

2002年10月10日

千代田大学河津地区水力調査

報告書

調査報告

YAMAGUCHI UNIVERSITY, YAMAGUCHI
KINOSHITA RIVER AREA SURVEY

YAMAGUCHI UNIVERSITY, YAMAGUCHI
KINOSHITA RIVER AREA SURVEY

100191011

国際協力事業団

ブラジル連邦共和国

イタジャイ河流域包蔵水力調査

第三部

主報告書

SALTO PILÃO (1), DALBERGIA 及び
BENEDITO NOVO 発電計画

プレフィージビリティ スタディ

JICA LIBRARY



1093903(1)

22960

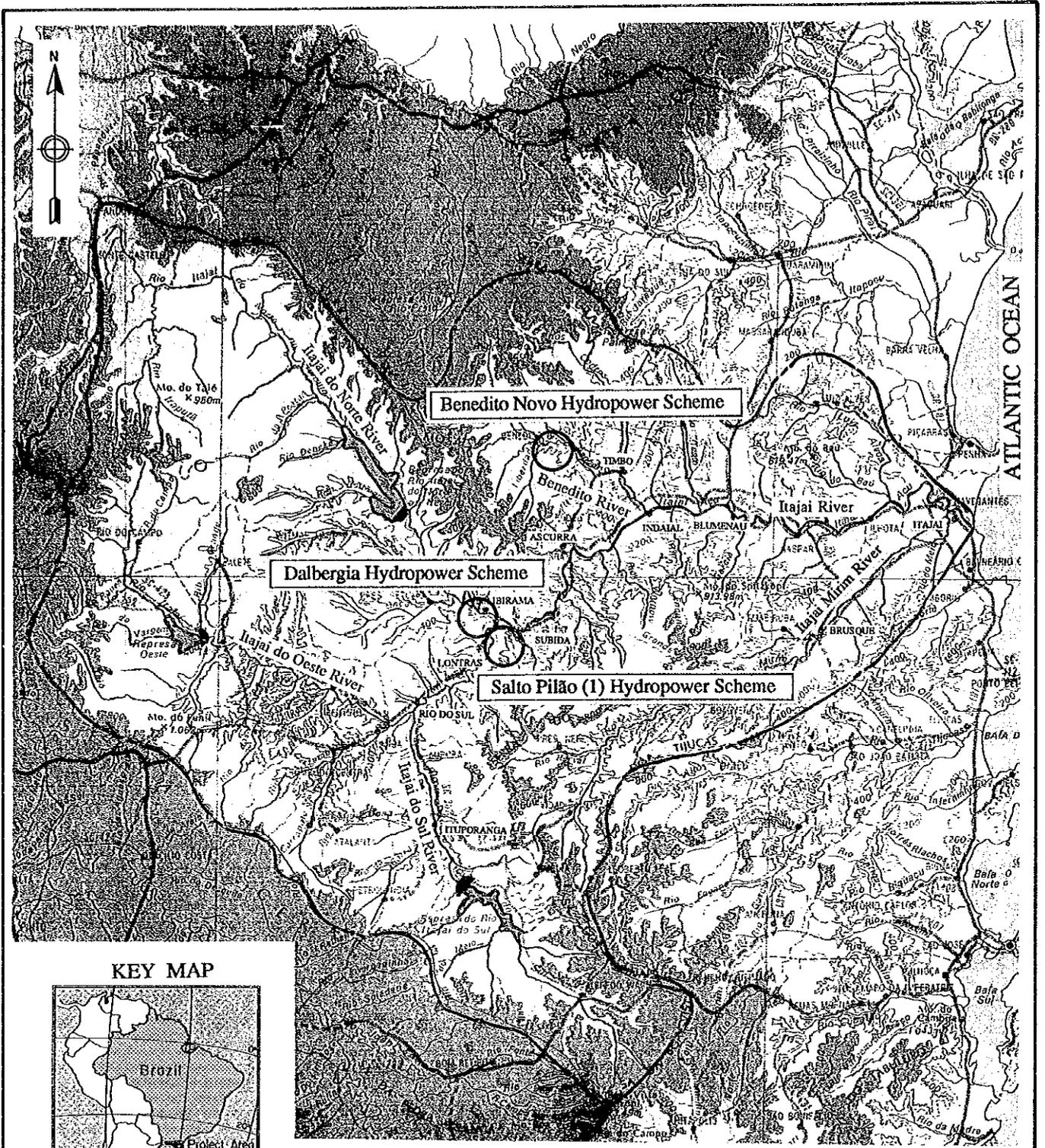
1991年10月

国際協力事業団

報告書の構成

1. 第一部 要約報告書
2. 第二部 主報告書 (マスタープラン スタディ)
3. 第三部 主報告書 (Salto Pilao (1), DalbergiaおよびBenedito Novo
発電計画に対するプレフィージビリティ スタディ)





選定された3発電計画地点の位置図

各発電計画に対する諸元

I. Salto Pillaio (1) 水力発電計画

(1) 開発構想

発電の目的； CELESC系統への電力供給
開発方式； 調整池付流れ込み式

(2) 水文

集水面積； 5,602 km²
年平均雨量； 1,530 mm
年平均流量； 109.9 m³/sec
200年確率洪水； 5,700 m³/sec

(3) ダムおよび貯水池

最高運転水位 (F S L) ； 319 m
最低運転水位 (M O L) ； 317 m
湛水面積 (F S L) ； 0.40km²
日調整容量； 620,000 m³
型式； コンクリート重力式
天端標高； 320.5 m
堤 高； 20.5m
堤 長； 260 m
堤体積； 70,600m³

(4) 余水吐

型式； ゲート付越流型
設計洪水量； 5,700 m³/sec
越流部天端標高； 306.1 m
越流幅； 66m
ゲート型式； ローラーゲート
ゲート寸法； 幅16.5m×高さ14.0m
ゲート門数； 4門

(5) 取水口

取り入れ口寸法； 幅30.0m×高さ13.5m
取り入れ口標高； 307.0 m
取水ゲート； 幅6.0 m×高さ13.0m×2門
スクリーン； 幅6.0 m×高さ13.5m×4門

(6) 沈砂池

幅； 18.0m × 2池

長さ； 48.0m

排砂ゲート； 幅1.0 m × 高さ1.0 m × 2門

土砂吐ゲート； 幅15m × 高さ4 m × 1門

(7) 導水路トンネル

型式； 円形断面、コンクリート巻立圧力式

長さ； 6.305 m

内径； 5.2 m

(8) 調圧水槽

型式； 単動型

内径； 20m

頂部標高； 338.50m

底部標高； 283.46m

高さ； 55.04 m

(9) 水圧鉄管路

型式； 地下傾斜式内張鉄管

内径； 5.2 m ~ 2.7 m

条数； 1 条

長さ； 505 m

(10) 発電所

型式； 地上式

寸法； 幅34.0m × 長さ50.0m × 高さ33.2m

(11) 発電力および発電力量

(i) 流量

水車平均流入量； 50.3m³/sec

最大使用水量； 71.9m³/sec

放水位； 110.50m

(ii) 落差

総落差； 208.5 m

定格落差； 191.9 m

(iii) 出力および発生電力量

設備容量； 113.6 MW

常時電力量； 726.9 GWh
 保証電力量； 654.2 GWh
 2次電力量； 63.0 GWh

(12) 発電機器

タービン型式； 縦軸フランシス型
 台数； 2台
 定格出力； 58.8 MW
 発電機型式； 縦軸半傘型
 台数； 2台
 定格出力； 58.8 MW
 定格容量； 66.8 MVA
 定格電圧； 13.8 kV
 変圧器型式； 3相、2巻線、油入、送油風冷、屋外使用型
 変圧器容量； 66.8 MVA × 2台

(13) 放水路

型式； 開水路
 寸法； 幅35m × 長さ45m

(14) 送電線

既設138kV送電線間 138kV； 7km

II. Dalbergia 水力発電計画

(1) 開発構想

発電の目的； CELESC系統への電力供給
 開発方式； 調整池付流れ込み式

(2) 水文

集水面積； 3.203 km²
 年平均雨量； 1,510 mm
 年平均流量； 52.7 m³/sec
 200年確率洪水； 4,100 m³/sec

(3) ダムおよび貯水池

最高運転水位 (FSL)； 227 m
 最低運転水位 (MOL)； 226.2 m

湛水面積 (F S L) ;	0.37km ²
日調整容量 ;	240,000 m ³
型式 ;	コンクリート重力式
天端標高 ;	228.5 m
堤 高 ;	22.5m
堤 長 ;	392 m
堤体積 ;	113,500 m ³
(4) 余水吐	
型式 ;	ゲート付越流型
設計洪水量 ;	4,100 m ³ /sec
越流部天端標高 ;	218.5 m
越流幅 ;	87.5m
ゲート型式 ;	ローラーゲート
ゲート寸法 ;	幅12.5m×高さ9.5 m
ゲート門数 ;	7 門
(5) 取水口	
取り入れ口寸法 ;	幅18.5m×高さ8.0 m
取り入れ口標高 ;	220.5 m
取水ゲート ;	幅4.0 m×高さ7.0 m×2 門
スクリーン ;	幅8.25m×高さ8.0 m×2 門
(6) 沈砂池	
幅 ;	12.5m×2 池
長さ ;	26.0m
排砂ゲート ;	幅1.0 m×高さ1.0 m×2 門
土砂吐ゲート ;	幅10m×高さ11.5m×1 門
(7) 導水路トンネル	
型式 ;	円形断面、コンクリート巻立圧力式
長さ ;	8,720 m
内径 ;	3.6 m
(8) 調圧水槽	
型式 ;	単動型
内径 ;	14m
頂部標高 ;	243.5 m
底部標高 ;	182.59m

高さ ; 60.91 m

(9) 水圧鉄管路

型式 ; 地下傾斜式内張鉄管
内径 ; 3.6 m ~ 1.7 m
条数 ; 1 条
長さ ; 524 m

(10) 発電所

型式 ; 地上式
寸法 ; 幅 23.6 m × 長さ 35.0 m × 高さ 30.4 m

(11) 発電力および発電力量

(i) 流量

水車平均流入量 ; 19.3 m³/sec
最大使用水量 ; 27.6 m³/sec
放水位 ; 133.50 m

(ii) 落差

総落差 ; 93.5 m
定格落差 ; 74.1 m

(iii) 出力および発生電力量

設備容量 ; 16.8 MW
常時電力量 ; 117.0 GWh
保証電力量 ; 105.3 GWh
2次電力量 ; 12.2 GWh

(12) 発電機器

タービン型式 ; 縦軸フランス型
台数 ; 2 台
定格出力 ; 8.7 MW
発電機型式 ; 縦軸普通型
台数 ; 2 台
定格出力 ; 8.4 MW
定格容量 ; 9.9 MVA
定格電圧 ; 6.6 kV
変圧器型式 ; 3相、2巻線、油入、自冷、屋外使用型
変圧器容量 ; 9.9 MVA × 2 台

(13) 放水路
型式； 開水路
寸法； 幅25m×長さ25m

(14) 送電線
既設イピラマ送電所間 23KV； 2km

III. Benedito Novo 水力発電計画

(1) 開発購送
発電の目的； CELESC系統への電力供給
開発方式； 調整池付流れ込み式

(2) 水文
集水面積； 586 km²
年平均雨量； 1,620 mm
年平均流量； 14.5m³/sec
200年確率洪水； 1,500 m³/sec

(3) ダムおよび貯水池
最高運転水位 (F S L) ； 277 m
最低運転水位 (M O L) ； 270 m
湛水面積 (F S L) ； 0.029 km²
日調整容量； 160,000 m³
型式； コンクリート重力式
天端標高； 278.5 m
堤高； 24.5m
堤長； 130 m
堤体積； 53,100m³

(4) 余水吐
型式； ゲート付越流型
設計洪水量； 1,500 m³/sec
越流部天端標高； 236.9 m
越流幅； 34m
ゲート型式； ローラーゲート
ゲート寸法； 幅17.0m×高さ14.0m
ゲート門数； 2門

- (5) 取水口
- | | |
|----------|--------------------|
| 取り入れ口寸法； | 幅18.0m×高さ11.5m |
| 取り入れ口標高； | 267.0 m |
| 取水ゲート； | 幅4.0 m×高さ11.0m×2 門 |
| スクリーン； | 幅8.0 m×高さ11.5m×2 門 |
- (6) 沈砂池
- | | |
|---------|--------------------|
| 幅； | 12.0m×2 池 |
| 長さ； | 40.0m |
| 排砂ゲート； | 幅1.0 m×高さ1.0 m×2 門 |
| 土砂吐ゲート； | 幅4.0 m×高さ8.0 m×1 門 |
- (7) 導水路トンネル
- | | |
|-----|------------------|
| 型式； | 円形断面、コンクリート巻立圧力式 |
| 長さ； | 1,815 m |
| 内径； | 2.8 m |
- (8) 調圧水槽
- | | |
|-------|---------|
| 型式； | 単動型 |
| 内径； | 10m |
| 頂部標高； | 286.4 m |
| 底部標高； | 255.09m |
| 高さ； | 31.31 m |
- (9) 水圧鉄管路
- | | |
|-----|-------------|
| 型式； | 地下傾斜式内張鉄管 |
| 内径； | 2.8 m～1.2 m |
| 条数； | 1 条 |
| 長さ； | 455 m |
- (10) 発電所
- | | |
|-----|------------------------|
| 型式； | 地上式 |
| 寸法； | 幅21.1m×長さ30.8m×高さ21.6m |
- (11) 発電力および発電力量
- (i) 流量
- | | |
|----------|-------------------------|
| 水車平均流入量； | 8.4 m ³ /sec |
| 最大使用水量； | 13.9m ³ /sec |
| 放水位； | 154.20m |

(11) 落差

総落差； 122.8 m
定格落差； 115.0 m

(iii) 出力および発生電力量

設備容量； 13.2MW
常時電力量； 72.7GWh
保証電力量； 65.4GWh
2次電力量； 11.4GWh

(12) 発電機器

タービン型式； 縦軸フランス型
台数； 2台
定格出力； 6.8 MW
発電機型式； 縦軸普通型
台数； 2台
定格出力； 6.6 MW
定格容量； 7.8 MVA
定格電圧； 6.6kV
変圧器型式； 3相、2巻線、油入、自冷、屋外使用型
変圧器容量； 7.8 MVA×2台

(13) 放水路

型式； 開水路
寸法； 幅23m×長さ40m

(14) 送電線

既設チンボ送電所間 69KV； 17km

イタジャイ河流域包蔵水力調査

第三部 主報告書

Salto Plião (1), Dalbergia及びBenedito Novo 発電計画

プレフィージビリティ スタディ

選定された3発電計画地点の位置図

各発電計画に対する諸元

略号

目次

	頁
1. 序 論	1
2. 背 景	3
2. 1 ブラジルにおける自然状況	3
2. 2 ブラジルにおける社会状況	4
2. 3 ブラジルにおける電力供給状況	5
3. 電力についての検討	6
3. 1 ブラジルにおける電力供給組織	6
3. 2 既存の電力供給組織	6
3.2.1 発電及び送電施設	6
3.2.2 南部/南東部電力系統及びCELESC電力系統	7
3. 3 電力供給市場	7
3.3.1 CELESCにおける電力需要	7
3.3.2 負荷曲線	8
3.3.3 電力料金制度	8
3. 4 電力需要予測	9
3.4.1 全ブラジル及び南部/南東部系統における需要予測	9
3.4.2 CELESCシステムにおける需要予測	10
3. 5 電力の需給	10
3.5.1 電力拡張計画	10
3.5.2 電力の需給	11
3. 6 水力開発計画に対する構想	12

	頁
4. 計画地点の状況	13
4. 1 これまでに実施された現地調査	13
4.1.1 現地調査の範囲と工程	13
4.1.2 地形図化作業	13
4.1.3 地質調査	13
4.1.4 その他の調査	14
4. 2 地 質	14
4.2.1 地域の地質概要	14
4.2.2 各サイトの地質	15
4. 3 工事用材料	22
4.3.1 Salto Pilao (1) 計画に対する材料調査	22
4.3.2 Dalbergia 計画に対する材料調査	22
4.3.3 Benedito Novo 計画に対する材料調査	22
4. 4 水 文	23
4.4.1 気象、水文	23
4.4.2 河川流量解析	23
4.4.3 洪水流量解析	24
4.4.4 流砂量	25
4.4.5 水 質	25
4. 5 計画地点へのアクセス	26
4.5.1 既設の港湾施設	26
4.5.2 既設の道路網及び考えられ得る運搬ルート	26
4.5.3 既設道路に対し必要とされる改修工事	26
5. 環境影響評価	27
5. 1 Salto Pilao (1) 計画に対する環境影響評価	27
5.1.1 現 況	27
5.1.2 環境に対する影響	29
5.1.3 マイナス要因を最少限にするための提言	31
5. 2 Dalbergia 計画に対する環境影響調査	33
5.2.1 現 況	33
5.2.2 環境への影響	35
5.2.3 マイナス要因を最少限にするための提言	37
5. 3 Benedito Novo 計画に対する環境影響調査	38

	頁
5.3.1 現 況	38
5.3.2 環境への影響	40
5.3.3 マイナス要因を最少限にするための提言	42
5. 4 政府による規程	43
5.4.1 環境保護に関する政府の規程	43
5.4.2 その他の規程	44
6. 計画策定	46
6. 1 計画策定検討の作業の流れ	46
6. 2 計画検討のための仮定及び条件	46
6.2.1 使用水量	46
6.2.2 発電計画の評価に対する基準	47
6. 3 Salto Pilao (1) 水力発電計画	49
6.3.1 ダム地点及び型式	49
6.3.2 施設に対する最適案検討及びプレフィージビリティ設計	51
6.3.3 発電出力及び発電力量の算定	55
6. 4 Dalbergia 水力発電計画	56
6.4.1 ダム地点及び型式	56
6.4.2 施設に対する最適案検討及びプレフィージビリティ設計	58
6.4.3 発電出力及び発電力量の算定	62
6. 5 Benedito Novo 発電計画	62
6.5.1 ダム地点及び型式	62
6.5.2 施設に対する最適案検討及びプレフィージビリティ設計	64
6.5.3 発電出力及び発電力量の算定	68
7. 工事計画及び工事費積算	69
7. 1 Salto Pilao (1) 発電計画に対する工事計画及び工事費積算	69
7.1.1 工事計画に対する条件	69
7.1.2 工事工程	69
7.1.3 工事計画	69
7.1.4 工事費積算	72
7. 2 Dalbergia 発電計画に対する工事計画及び工事費積算	72
7.2.1 工事計画に対する条件	72
7.2.2 工事工程	72

	頁
7.2.3 工事計画	73
7.2.4 工事費積算	75
7. 3 Benedito Novo 発電計画に対する工事計画及び工事費積算	75
7.3.1 工事計画に対する条件	75
7.3.2 工事工程	75
7.3.3 工事計画	75
7.3.4 工事費積算	78
8. 経済評価	79
8. 1 概 要	79
8. 2 保証電力量に他するMWh 当りのコスト	79
8. 3 E I R Rによる経済評価	80
9. 発電計画に対する総合評価	81
9. 1 概 要	81
9. 2 発電計画の経済性	81
9. 3 工事実施のタイミング	81
9. 4 地域に対する社会、経済開発の貢献度	82
9. 5 環境への影響	83
9. 6 総合評価	83
10. 今後のフェージビリティ調査のためのプログラム	84
10. 1 概 要	84
10. 2 現地調査	84
10.2.1 地形測量	84
10.2.2 環境及び補償物件調査	84
10.2.3 地質調査	85
10. 3 計画検討及びフェージビリティ設計	86
10.3.1 水文解析	86
10.3.2 社会経済	86
10.3.3 電力についての検討	86
10.3.4 環境影響評価	87
10.3.5 主要施設の最適案検討及びフェージビリティ設計	87
10.3.6 工事計画及び工事費積算	87

	頁
10.3.7 経済評価及び財務評価	88
10. 4 人員稼働計画	88

付 表

	頁
表3. 1 1989年12月31日現在におけるブラジル内の発電設備容量	89
表3. 2 ブラジル内における発電設備容量	89
表3. 3 ブラジルにおける過去10年間の発生電力量	90
表3. 4 ブラジルにおける送電施設	90
表3. 5 CELESC系統内の年発電電力量の需給状況 (1979年-1989年)	91
表5. 1 各発電計画区域内の人口	92
表5. 2 上流域の水需要	93
表5. 3 農業と汚染源	94
表5. 4 河川維持用水	95
表5. 5 水没面積と補償面積	96
表5. 6 影響区域の詳細	97
表6. 1 各ダム軸案に対する保証電力量に対するコスト	98
表7. 1 Salto Pilao (1) 水力発電計画の工事費 (1/3)	99
表7. 1 Salto Pilao (1) 水力発電計画の工事費 (2/3)	100
表7. 1 Salto Pilao (1) 水力発電計画の工事費 (3/3)	101
表7. 2 工事費の年支出額	102
表7. 3 Dalbergia 水力発電計画の工事費 (1/3)	103
表7. 3 Dalbergia 水力発電計画の工事費 (2/3)	104
表7. 3 Dalbergia 水力発電計画の工事費 (3/3)	105
表7. 4 Benedito Novo 水力発電計画の工事費 (1/3)	106
表7. 4 Benedito Novo 水力発電計画の工事費 (2/3)	107
表7. 4 Benedito Novo 水力発電計画の工事費 (3/3)	108

付 図

		頁
図1. 1	全体作業実施過程	109
図1. 2	全体作業の流れ図	110
図3. 1	電力需要予測と供給曲線	111
図3. 2	電力量需要予測と供給曲線	112
図5. 1	補償区域の定義	113
図5. 2	Salto Pilao (1) 計画の水没区域 (1/5)	114
図5. 2	Salto Pilao (1) 計画の水没区域 (2/5)	115
図5. 2	Salto Pilao (1) 計画の水没区域 (3/5)	116
図5. 2	Salto Pilao (1) 計画の水没区域 (4/5)	117
図5. 2	Salto Pilao (1) 計画の水没区域 (5/5)	118
図5. 3	Dalbergia 計画の水没区域	119
図5. 4	Benedito Novo 計画の水没区域	120
図6. 1	作業手順	121
図6. 2	最大使用水量と常時使用水量の相関図	122
図6. 3	南部及び南東部電力系統における最渇水期間	123
図6. 4	Salto Pilao (1) 計画の代替ダム軸の位置図	124
図6. 5	Salto Pilao (1) 計画の比較案の一般配置図	125
図6. 6	Salto Pilao (1) 計画のダム及び取水口一般平面図	126
図6. 7	Salto Pilao (1) 計画の発電水路一般平面図及び縦断図	127
図6. 8	Salto Pilao (1) 計画の調圧水槽、水圧鉄管一般平面図及び縦断図	128
図6. 9	Salto Pilao (1) 計画の発電所	129
図6.10	Dalbergia 計画の代替ダム軸の位置図	130
図6.11	Dalbergia 計画の比較案の一般配置図	131
図6.12	Dalbergia 計画のダム及び取水口一般平面図	132
図6.13	Dalbergia 計画の発電水路一般平面図及び縦断図	133
図6.14	Dalbergia 計画の調圧水槽、水圧鉄管一般平面図及び縦断図	134
図6.15	Dalbergia 計画の発電所	135
図6.16	Benedito Novo 計画の代替ダム軸の位置図	136
図6.17	Benedito Novo 計画の比較案の一般配置図	137
図6.18	Benedito Novo 計画のダム及び取水口一般平面図	138

	頁
図6.19	Benedito Novo 計画の発電水路一般平面図及び縦断図 139
図6.20	Benedito Novo 計画の調圧水槽、水圧鉄管一般平面図及び縦断図..... 140
図6.21	Benedito Novo 計画の発電所 141
図7. 1	Salto Pilao (1) 計画の実施計画 142
図7. 2	Salto Pilao (1) 計画の工事工程計画 143
図7. 3	Salto Pilao (1) 計画の工事仮設備配置図 144
図7. 4	Dalbergia 計画の実施計画 145
図7. 5	Dalbergia 計画の工事工程計画 146
図7. 6	Dalbergia 計画の工事仮設備配置図 147
図7. 7	Benedito Novo 計画の実施計画 148
図7. 8	Benedito Novo 計画の工事工程計画 149
図7. 9	Benedito Novo 計画の工事仮設備配置図 150
図10.1	Salto Pilao 計画のF/S 作業工程計画 151
図10.2	J I C A 調査団要員計画 152

略号

(1) 機関及び機構

JICA	: Japan International Cooperation Agency
ACARESC	: Associacao de Credito e Assistencia Rural de Santa Catarina
CASAN	: Companhia Catarinense de Aguas e Saneamento
CEDEC	: Coordenacao Estadual de Defesa Civil
CELESC	: Centrais Eletricas de Santa Catarina
CEPA	: Instituto de Planejamento e Economia Agricola de Santa Catarina
CIDASC	: Companhia Integrada de Desenvolvimento Agricola de Santa Catarina
DNAEE	: Departamento Nacional de Agua e Energia Eletrica
DNER	: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DER	: Departamento Estradas de Rodagem
DNOS	: Departamento Nacional de Obras de Saneamento
ELETOBRAS	: Centrais Eletricas Brasileiras S.A.
ELETROSUL	: Centrais Eletricas do Sul do Brasil S.A.
EMATER	: Empresa de Assistencia Tecnica e Extensao Rural
EMBRAPA	: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria
EMPASC	: Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Santa Catarina
FATMA	: Fundacao de Amparo a Tecnologia e Meio Ambiente
FGV	: Fundacao Getulio Vargas
GAPLAN	: Gabinete de Planejamento e Coordenacao Geral
GCPS	: Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Eletricos
IBDF	: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
IBGE	: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica
IBRD	: International Bank for Reconstruction and Development
ITAG	: Instituto Tecnico de Administracao e Gerencia
MA	: Ministerio da Agricultura
MDUMA	: Ministerio do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente
PORTOBRAS	: Empresa Brasileira de Portos
SAMAE	: Servico Autonomo Municipal de Agua e Esgoto
SUDEPE	: Superintendencia do Desenvolvimento da Pesca
ITAIPU BINATIONAL	: Entity for hydropower development of Rio Parana, which was established based on the treaty between Brazil and Paraguay

(2) 度量衡略号

長さ		時間	
mm	: millimeter	s or sec	: second
cm	: centimeter	min	: minute
m	: meter	h or hr	: hour
km	: kilometer	d	: day
		y or yr	: year

面積		その他	
cm ²	: square centimeter	%	: percent
m ²	: square meter	°C	: degree centigrad
ha	: hectare	10 ³	: thousand
km ²	: square kilometer	10 ⁶	: million
		10 ⁹	: billion
容積			
cm ³	: cubic centimeter	m ³ /s	: cubic meter per second
l	: liter		
m ³	: cubic meter		
重量		通貨	
g	: gram	Cr\$: Cruzeiro
kg	: kilogram	US\$: US dollar
ton	: metric ton	¥	: Japanese Yen
電気			
Hz	: Hertz		
kV	: Kilovolt		
kVA	: Kilovolt Ampere		
MW	: Megawatt		
kW	: Kilowatt		
GWh	: Gigawatt hour		
MWh	: Megawatt hour		
kWh	: Kilowatt hour		
V	: Volt		
W	: Watt		

(3) 換算率

1991年5月末における換算率 US\$ 1 = Cr\$ 285.5 = ¥ 140

(4) その他

GDP	: Gross Domestic Product
GRDP	: Gross Regional Domestic Product
GVA	: Gross Value Added
VA	: Value Added
PV	: Production Value

1. 序 論

イタジャイ川流域における包蔵水力調査は1990年6月より17ヶ月に亘り実施された。調査は2段階によって行われ、第1段階では流域内における包蔵水力のインベントリーを作成、次の段階のプレフィージビリティ調査対象プロジェクトを選出する事とし、第2段階では第1段階で選出されたプロジェクトに対するプレフィージビリティ調査を実施した。

第1段階における現地調査及び計画検討は1990年12月まで実施された。この調査計画において16包蔵水力地点が図上検討において確認された。これらの確認された16包蔵水力計画に対し、第1次、第2次スクリーニングを行い、第2段階で実施すべきプレフィージビリティ調査対象プロジェクトとしてRio do Sul市下流部のItajai川でのSalto Pilao (1) 計画、Dalbergia 市下流のItajai do Norte 川でのDalbergia 計画及びAlto Benedito Novo市下流部のBenedito川でのBenedito Novo 計画の3計画が選定された。選定された3計画は全て急河川勾配を利用した流れ込み式開発である。

3発電計画に対するプレフィージビリティ調査は1990年12月より1991年8月までの9ヶ月に亘って実施された。この調査では各計画案に対し最適計画を策定すると共にその経済的妥当性を検討した。調査は2段階で実施され、第1段階では追加現地調査を、第2段階ではプレフィージビリティ設計及び検討を行った。追加現地調査は3地点に対する地形図化作業、ボーリングを含む地質調査、環境調査及び補償物件調査を1990年12月より1991年6月の期間に実施した。これらの調査のうち、地形図化作業及び地質調査はJICA調査団の監理のもとに選定された現地業者によって実施され、環境及び補償物件調査はCELESCによって行われた。引き続きプレフィージビリティ設計および検討が1991年8月まで行われ、最適計画案が検討された。策定された最適案に基づいて工事費を算定し、各計画案についての経済評価を行うとともに環境評価を実施した。第1段階、第2段階の作業を含む全作業実施状況及び作業の流れは、図1.1及び図1.2にそれぞれ示されている。

以上の2段階における調査の結果は5部より成る最終報告書にとりまとめられている。第一部は調査結果の全体をとりまとめた要約報告書である。第二部は第1段階でのマスタープランスタディに対する主報告書で、包蔵水力計画検討結果が要約されている。第三部は第2段階での調査結果に対する主報告書で、Salto Pilao (1)、Dalbergia及びBenedito Novo 発電計画についてのプレフィージビリティスタディの結果が要約されて

いる。第四部は第1段階での調査結果についての付属報告書で水文、地質調査、地域経済、電力調査、環境調査及び発電計画についての詳細が述べられている、第五部は第2段階での調査結果についての付属報告書で、3発電計画についての地形測量、地質調査、発電計画及び環境影響評価についての詳細が記載されている。

今回の調査実施にあたり、調査団に対し示された関係各位よりの絶大なる協力に対し、深く感謝の意を表すると共に、この調査における協力機関であるCELESCよりの数知れぬ支援に対して深く感謝の意を表する次第である。

2. 背景

2. 1 ブラジルにおける自然状況

ブラジル連邦共和国は日本の国土の約22.5倍にあたる 8,511,965km²の国土をもつ。その大きさは東西に 4,160km、南北に 4,190kmの広がりをもつ。国土は北西部でギアナ・ベネズエラに、西部はコロンビア、ペルーに、南西部はボリビア、パラグアイに、南部はアルゼンチン及びウルガイにそれぞれ接している。又、北部、南部は大西洋に面している。ブラジルの地勢は平坦なアマゾン地帯と東部及び南部地区の高原地帯に大別されている。高原地帯は東部海岸に近づくにつれその標高が漸次高くなっている。東部海岸地帯の平地部は極く限られたものであるが、この海岸部に沿って多くの都市部が位置している。

ブラジルの地勢の起伏は極めて低い。国土の約41%は標高 200m以下であり、3%が標高 900mである。標高 200～ 300mの低地部は国土の17%を占めている。

地勢的にブラジルは6地域即ちギニア台地、北部地区のアマゾニアン平原及び低地部、中央海岸部及び南部地区のブラジリアン台地、西部地区のパンタナル台地、東部地区の海岸部及び低地部に分けられる。このうち最大の面積をもつブラジリアン台地はさらに結晶変成岩台地及び堆積台地より成る中央台地、堆積及び玄武岩台地をもつ南部台地、隆起堆積バルナイバ流域に相当するマラニオンーピイアウ台地、結晶変成岩及び遊離堆積帯の北東部台地及びブラジリアン台地の複合山岳部及び結晶変成帯より成るオリエンタル及び南部オリエンタル台地に分けられる。

ブラジルの河川流域のうち最大なものとして北部地区のアマゾン及びサンフランシスコ川流域があげられ、それぞれ国土の56%、8%を占める。有数の滝として知られているパウローアホソはサンフランシスコ河に位置している。南部のパラナ河流域は国土の約10%を占め、ブラジル国内の水力発電のかなりの割合を占めている。ブラジルの包蔵水力は世界第4位にランクされている。

ブラジル内の気象状況をみると年平均気温は南東部のリオデジャネイロで25.9℃、南部地区のポートアレグレで19.5℃である。月平均最高気温はリオデジャネイロ及びポートアレグレで1月に発生しており、それぞれ26℃及び24.8℃となっている。又、北部ベレンでは11月に26.5℃となっている。又、月平均最低気温はリオデジャ

ネイロ、ポータレグレで7月に発生しており、それぞれ20.8℃、14.2℃である。年降雨量はベレンで 2,770mm、リオデジャネイロで 1,074mm、ポータレグレで 1,813 mmである。

2. 2 ブラジルにおける社会状況

1985年におけるブラジルの人口は1億3千6百万人と推定されており、1970-1980年間の年平均人口増加率は 2.7%であった。人口密度は全国平均で16人/km²であるが、特に南東部及び北西部に人口が集中している。南西部のサンパウロ及びリオデジャネイロの人口密度は高く、それぞれ 119人/km²、 289人/km²となっている。主な都市部の1980年の人口はサンパウロでの12.6百万人、リオデジャネイロでの9百万人、ベロホリゾンテの 2.5百万人、レシフェの 2.4百万人、ポータレグレの 2.2 百万人、サルバドールの 1.8百万人、フォトレザの 1.6百万人及びクリチバの 1.4百万人であった。1985年における総労働人口53.2百万人のうち各セクター別の労働人口は農業の15.2百万人 (28.6%)、製造業の 7.8百万人 (14.7%)、建設業の 3.9百万人 (7.3%)、サービス業の 5.8百万人 (10.9%) 及び交通、運輸部門の 1.9百万人 (3.6%) であった。

ブラジル全国土の土地利用状況をみると国土面積 8,511,965km²のうち政府所有地 3,700,000 km² (43.5%)、農業用地 2,236,030km² (26.3%)、森林 1,006,700km² (11.9%) 及びその他用地 1,569,235km² (18.3%) となっている。農業農地はさらに耕作地 491,040km²と牧草地 1,744,990km²とに大別される。

ブラジルにおける経済状況をみると1988年におけるGDPは1980年プライスレベルで14.587百万Cr\$ で2.77億ドル相当と見積られている。又、1988年における一人当りの国民総生産は 1,919ドルであった。各セクター別のGDPの構成は農業 7.7 %、工業37.5%及びサービス部門の54.8%となっている。

ブラジルの経済は1970年代は極めて順調な伸びを示した。この年代における年平均成長率は 8.6%であった。しかしその後世界的な景気後退の影響をうけ、1981、1983、1988年のマイナス成長により1980年代は2%に減退した。1970-1988年間の各セクター別のGDPの内訳をみると、GDPの減少傾向が農業部門でみられ、又工業、サービス部門で増大の傾向を示している。現在ブラジルの経済は停滞の状況にあるが、ある程度の回復のきざしが一人当りのGDPにみられる。又貿易バラン

スにおいても同様の傾向がみられ、1981年の貿易収支 1,202百万US\$ が1988年には 19,096百万US\$ に増大している。

2. 3 ブラジルにおける電力供給状況

ブラジルにおける発電及びその供給は基幹産業省で管理されている。電力分野における国家計画方針を策定、実施するために同省は2つの機構、即ちDNAEE 及び ELETROBRASを設立している。

DNAEE は河川利用についての許認可を担当すると共に電力の供給者、及び利用者間の調整業務を取扱っている。一方ELETROBRASはブラジル国内電力系統の運転、及び電力拡張についての計画、融資及び調整等の業務を担当している。ELETROBRASはその傘下に4つの電力組織、即ちELETRONORTE, CHESF, FURNAS及びELETROSUL をもっている。これら4つの電力組織は、それぞれ発電所設備、送電設備を所有しており、それぞれ北部、北東部、中央西部/南東部、南部地区での電力供給を担当している。さらに各地区では州所有の電力系統があり州内での送配電を担当している。

1980-1989年のブラジル全国の需要者別電力消費に関する記録によると電力消費量は同期間で年 6.6%の割合で増大し、1980年の114,305GWhから1989年の202,516GWhとなっている。各セクター別の中で住宅用が最大の伸びを示している。各消費別による電力消費の割合をみると工業53%、住宅用21%、その他26%となっている。将来の電力消費予測では次の10年間の年伸び率は 5.8%としている。

一方1980-1989年のブラジル全国の発電別電力供給記録によると水力が全体発電設備の90%以上を占めている。1985年度に運転が開始された原子力発電施設は全体の1%を占めているに過ぎない。電力需要量の伸びに対応すべく発電設備は年 6.5%の割合で拡張されつつある。

3. 電力についての検討

3. 1 ブラジルにおける電力供給組織

DNAEE 並びに ELETROBRAS の機能は前節に述べた通りである。ELETROBRAS は ELETRONORTE、CHESF、FURNAS 及び ELETROSUL の 4 地域電力会社を傘下においている。これらはそれぞれの地域内で連邦政府の政策の実施を担当している。又それらは発電設備と地域送電線をもち運営している。

又、主要州政府は、ELETROBRAS グループとは別に州独自の電力会社を有している。州政府は DNAEE の承認の下で当該地区での発電計画の開発権を有している。

ITAIPU Binational は、ブラジル連邦政府とパラグアイ政府間で合意したパラナ河の水力開発の業務方針に基づいて設立された国家間の電力公社で、12,600MW の設備容量をもつイタイプ発電所を建設・操業を行う事としている。同発電所は ELETROSUL と連結されている FURNAS 系統のサンパウロ変電所と 600KV 直流及び 750 KV 交流送電線で結ばれている。

3. 2 既存の電力供給組織

3.2.1 発電及び送電施設

1989年度におけるブラジル国内の発電施設の総設備容量は 53,883MW でその内訳は 49,219MW の水力（総設備容量の 91%）及び 4,664MW の火力（9%）となっている。又、これらの設備容量の行政区別割合は ELETROBRAS グループの 23,992MW、その他の電気事業者の 19,391MW 及び ITAIPU Binational の 10,500MW となっている。1989年における発電所の構成は表 3. 1 に示されている。

1980-1989年における水力、火力の設備容量の経年的開発状況が表 3. 2 に示されている。又、水力及び火力発電の経年的シェアの推移状況が表 3. 3 に示されている。1980-1989年間の水力発電の設備及び発電状況の経年シェアの状況をみるとそれぞれ 89-91%、94-97% の範囲にある。

ELETROBRAS 電力系統、ITAIPU Binational 及びその他電力会社の電力系統は 2 つの系統即ち北部/北東部及び南部/南東部系統に分割されている。これらの 2 つの系統はそれぞれ別個に操業されており、少なくとも 2000年以前には連けいされる事はないものと思われる。

これら系統における電力消費中心地と発電所は 230KV 以上の超高压の主幹送電線で結ばれている。これらの送電線延長の詳細は表 3. 4 に示されている。345KV、440KV 及び 500KV 級の送電線は、主要な基幹線送電線として使用されて

いる。一方、230KV 及び138KV 級送電網は準幹線送電線として使用されている。138KV、69KV及び69KV以下級の送電網は局地的な送電線として使用されている。前述の750KV AC及び600KV DC送電線は、ITAIPU発電所より電力をサンパウロに送電するためにそれぞれ1982年、1985年にその操業を開始している。

3.2.2 南部／南東部電力系統及びCELESC電力系統

ITAIPU Binational を含む南部／南東部電力系統の1989年における発電施設の総設備容量は41,034MWで、これはブラジル全体の76%に相当する。この内訳はFURNAS、ELETROSUL 系統の11,345MW、その他電力会社の19,854MW及びITAIPU Binationalの10,500MWとなっている。又、これらの総設備容量は発電形態別に水力37,988MW（全体の93%）、火力の3,046MW（原子力の657MW を含む、全体の7%）となっている。

CELESCはサンタカタリナ州内95,483km²での全電力需要に対応した電力供給を行っている。1989年においてCELESCが所有し運営している既存の発電設備は12の流れ込み式発電所より成り、その設備容量は74.3MWであった。1989年のCELESC発行の年次レポートによると12発電所による発生電力量は385,758MWhとなっている。一方、所要電力量は7,060,613MWhであった。CELESCでは所要電力需要に対処すべく不足分6,674,855MWh（所要量の95%）をELETROSUL、ITAIPU Binational 及びその他の発電源よりの買電で賄っている。

CELESCの送配電線は州内のELETROSUL の変電所を通じて南部／南東部電力系統の送電システムと結合されている。CELESCは総延長 2,975kmに及ぶ送電線、総設備容量2,934MVAの変電施設を所有している。CELESCとELETROSUL 間の電力売買はCELESC又はELETROSUL の14変電所において実施されている。

3.3 電力供給市場

3.3.1 CELESCにおける電力需要

CELESCにおける電力需給の経年的状況は表3.5に示されている。電力需要は1979-1989年間で年平均 9.2%の割合で増加している。これは1979年以後9年間のGDPの年平均伸び率 0.6%及びGRDPの 3.3%より高い伸び率となっている。1980-1989年間における各セクター毎の電力需要状況を表3.5に示す。これによると電力需要の54%は工業用で占められ、21%が住居用となっている。電力需要が年10%以上の伸び率を示すセクターとして住居用と非都市部での利用があげられる。

1989年におけるCELESC 電力需要状況は以下の通りである。

	合 計	1人当りの需要量
最大需要電力	1.228MW	0.285KW
需要電力量	7,060.613MWh	1.640KWh
自己発電	(385.758MWh)	(90KWh)
売電量	(6,674.855MWh)	(1,550KWh)
供給量	6,559.686MWh	1.524KWh
損失	500.927MWh	116KWh
年負荷率	65.6%	-
人口	4,305,883	-

3.3.2 負荷曲線

過去におけるCELESCの日及び月電力需要資料を吟味検討した。その結果、以下の事項が明らかにされた。

- (1) 昼間部に対する夜間部のピークの割合は週単位で0.83~0.95と算出された。日負荷曲線のパターンをみると、ピーク負荷が夜間部より昼間部へと移行しつつあるが、現在は依然として夜間部ピーク型となっている。
- (2) 日負荷率は週単位で0.74~0.82、土曜日は0.72、日曜日は0.66となっている。
- (3) 月ピーク需要の変化の状況をみると、月ピーク電力需要は4, 5, 6月にそのピークに達している。1970年以後19年間の年負荷率をみると1973年の53%より1980年の62%へと変化し、1983年以後は年率1%の割合で66%まで改善されて来ている。

3.3.3 電力料金制度

一般消費者及び電力会社間の電力売買に対し電力及び電力量料金制度がDNAEEにより設定されている。電力料金は1990年5月15日、6月7日に改訂され官報により公布されている。料金構成は一般消費者向の料金と電力会社向の料金より成る。

一般消費者向けの電気料金制度は大口向けと小口向けに分けられる。大口向けの電気料金は需要料金と電力量料金より成り、需要料金は5US\$/KW より14US\$/KW間で推移し、電力量料金は36US\$/MWh より85US\$/MWh間で推移している。一方、小口向け料金は電力量料金のみより成り56US\$/MWh より186US\$/MWhで推移している。

CELESCとELETROSUL及びCELESCと他の電力会社間の電力売買に対しては限界費用料金制度が適用されている。この料金制度は T_1 、 T_2 、 T_3 の合計より成る。料金 T_1 はGCPSにより設定された長期契約電力量(E_1)に対する料金である。料金 T_2 はCELESCにより見積られた短期契約電力量(E_2)と E_1 の差に対する料金である。料金 T_3 は実際に使用した電力量(E_3)と E_2 の差に対する料金である。適用された料金は料金 T_1 に対し電力量で29US\$/MWh、ピーク電力で5.5US\$/KW、 T_2 に対し電力量で9.6US\$/MWh、ピーク電力で1.8US\$/KW、 T_3 に対し電力量で1US\$/KWh、ピーク電力で0.2US\$/KWとなっている。1988年におけるブラジル内での平均電気料金は53US\$/MWhであった。これは他の中南米諸国のそれに比べ依然として低料金と言える。

3. 4 電力需要予測

3.4.1 全ブラジル及び南部/南東部系統における需要予測

1987/2010年の国家電力量計画がELETROBRASにより設定され、これがGCPSによって発行された10ヶ年発電拡張計画で改訂され1990年1月、関係省庁で承認されている。これによると今後10ヶ年に対する全ブラジル及び南部/南東部系統の電力需要予測は以下の様に要約される。

地 区	1989	1990	1995	2000
(全ブラジル)				
電力量 (GWh)				
北 部	7.801	9.107	15.962	22.576
北 東 部	30.251	32.408	47.810	62.884
南 東 部	122.647	128.484	164.354	209.074
中央西部	8.000	8.827	14.122	20.161
南 部	26.687	27.959	38.109	49.562
合 計	195.386	206.785	280.357	364.257
(南部/南東部)				
電力量 (GWh)	149.334	156.443	202.463	258.636
電 力(MW) /1	25.990	27.140	33.890	41.940

注 /1: 電力は負荷率を0.656 ~0.704 に想定して算出した。

3.4.2 CELESCシステムにおける需要予測

サンタカタリナ州の電力需要予測は、CELESCにより毎年州内経済動向及び過去の電力供給状況等を参考に改訂されている。CELESCでは需要予測にあたり電力消費量の年増加率を5%、人口増加率を1.8%、GRDGの伸び率を年3%と仮定した。CELESCによる消費別の2001年までの需要予測は以下に要約されている。

	1989/1	1990	1995	2000
電力量 (GWh)				
消費量	6.457	6.564	8.596	10.985
- 住居用	1.327	1.482	2.081	2.736
- 工業	3.507	3.380	4.309	5.500
- 商業	593	641	825	1.030
- 非都市部	585	602	812	1.022
- 一般照明用	216	223	269	314
- 一般電力	117	122	153	191
- 一般サービス	104	105	139	182
- その他	8	9	9	10
卸し売り	103	110	137	169
損失その他	501	502	657	840
合計消費量	7.061	7.176	9.390	11.994
所要電力 (MW)	1.228	1.246	1.571	1.938

注 /1: 実績値

3.5 電力の需給

3.5.1 電力拡張計画

電力需要増に対応すべく ELETROBRAS は 1987/2001 年までの国家電力量計画を設定し、1989 年 GCPS がこれを改訂した。

この国家電力量計画で選出されている発電所はインベントリースタディの中より選出された大型発電所で、既存のもの、建設中のもの、又、州内及び南部/南東部系統内で建設が予定されているものより構成されている。この拡張計画で設置予定の容量は次の通りである。

開 発 年	サンタカタリナ州内		南部 / 南東部系統内			
	設備容量 (MW)		設 備 容 量 (MW)			常時電力量 (GWh/year)
	CELESC	ELTROSUL	水 力	火 力	合 計	
(既設発電所)						
南東部			21,870	1,907	23,777	96,600
南 部			5,617	1,140	6,757	27,400
ITAIPIU Binational			10,500	-	10,500	42,600
(進行中及び新規発電所)						
1990	4	-	2,482	-	2,482	10,078
1991	1	350	1,206	350	1,556	6,318
1992	-	-	846	350	1,196	4,856
1993	-	-	683	450	1,133	4,600
1994	45	-	1,686	1,050	2,736	11,109
1995	20	1,620	3,039	1,720	4,759	19,323
1996	-	-	1,894	-	1,894	7,690
1997	-	880	2,894	350	3,244	13,171
1998	-	1,200	3,219	1,245	4,464	18,125
1999	-	72	2,668	350	3,018	12,254
2000 to 2004	-	2,307	6,039	-	6,039	24,520

注) 常時電力量はキャパシティファクターを0.4635に仮定して算出した。

2000年までに設置予定の発電所の数は水力62、火力11、原子力2と見積られている。

3.5.2 電力の需給

CELESCシステムを含む南部/南東部系統の国家電力量計画によって供給される電力と電力需要との関連は図3.1、3.2に示されている。これらの図より電力及び電力量とも適切な余裕をもってバランスしている事が分かる。又、2000年における全需要量に対する水力発電のシェアは約88%と見積られている。CELESC自身による発電供給量は1995年に144MWとなり、総需要量の9%となる。但し、その後の開発計画が進められない場合、2001年には全需要量に占めるCELESC自身の発電量のシェアは7%に低下する事となる。

3. 6 水力開発計画に対する構想

1989年における南部／南東部系統における総設備容量に対する水力のシェアは93%と見積られている。この数値は他の国の一般的な電力系統からみると極めて高いものであり、今後このシェアは少なくとも2010年までは続くものと考えられる。

一般的な電力系統の運転では、原子力及び火力発電はベースロードに対応すべく運転され、水力及びガスタービン、ジーゼル発電はピーク時に対応させる様な形態をとっている。南部／南東部系統では流れ込み式水力発電は原子力、石炭火力発電所と共に連動させてベースロードに対応する運転をし、貯水池式水力発電によりピークロードをまかなっている。

南部／南東部系統における電力及び電力量の需要予測と電力拡張計画による供給との関連をみると、電力量の余裕の割合が電力のそれに比べ小さい事がわかる。この事より、今後の発電計画では電力量を供給する発電所を開発する必要がある事が示唆される。

現在、CELESCでは12の流れ込み式水力発電所を有しており、ELETROSUL よりの受電と合わせ電力供給を行っている。これらの発電所は河川水量に相当する一定負荷運転で需要量の6%に相当する電力量を供給している。

この様な状況を勘案すると、イタジャイ河流域で開発される水力発電は、CELESC電力系統へより安い電力量をベースロードとして供給しうる発電所を計画する必要があると考えられる。

4. 計画地点の状況

4. 1 これまでに実施された現地調査

4.1.1 現地調査の範囲と工程

Salto Pilao (1)、Dalbergia 及び Benedito Novo 発電計画地点に対する追加現地調査は地形図化作業、地質調査、環境影響調査及び補償物件調査より成る。

第1次段階での調査に引き続き、地形図化作業及び地質調査が1990年12月より2.5ヶ月に亘って現地業者により実施された。環境影響調査及び補償物件調査は CELESCによりそれぞれ1991年1月と3月に開始され、6月までに終了した。

4.1.2 地形図化作業

3発電地点に対し、縮尺1/10,000、5mコンターの地形図作成のための図化作業を実施した。図化範囲は合計268.8km²で、Salto Pilao (1) 地点182.5km²、Dalbergia 地点74.1km²、Benedito Novo 地点12.2km²となっている。

4.1.3 地質調査

3発電地点に対する地質調査は、計画ダム地点、水路及び発電所地点に対するボーリング、ダム地点での透水試験及び地表踏査による建設材料調査より成る。ボーリング作業は延長285mで以下の地点に対し実施された。

(単位 ; m)

	計 画 地 点		
	S. Pilao (1)	Dalbergia	B. Novo
ダム地点	20	30	20
水路地点	60	75	—
発電所地点	30	25	25
合 計	110	130	45

透水試験はルジオン試験によって15回実施された。建設材料調査は主としてコンクリート用骨材に対し、ボーリングなしの地表踏査によりダム地点周辺で実施された。

4.1.4 その他の調査

3発電地点に対する環境影響調査及び補償物件調査はCELESCにより実施された。環境影響調査は自然環境と社会環境に分けて実施された。補償物件の対象項目は社会環境での調査項目とほぼ一致しており、環境調査の結果を流用した。

これらの調査は今回入手した縮尺1/10,000、5 mコンターの地形図に基いて実施した。

4.2 地質

4.2.1 地域の地質概要

3つのプロジェクト地域における主要構成地質は、地質時代上プレカンブリアン紀のサンタカタリナ複合岩体層、ガスパル層、カンボ層およびスピダ貫入岩層であり、部分的に石炭紀のリオドスルあるいはイトラエ層が認められる。

岩石的には、これらの地質はサンタカタリナ複合岩体層－片麻岩、花崗岩、一部輝緑岩、ガスパル層－粘板岩、ホルンフェルス、カンボ層－流紋岩、そしてスピダ貫入岩層－花崗岩、片麻岩よりなる。また、リオドスル層、イトラエ層は頁岩からなる。プロジェクト地域における地質形態上の特徴は、河床に露岩が連続している事と急角度の川の蛇行があげられるが、これは、断層の地層劣化帯に沿って生じている。

Salto Pilao (1) 地域における地質の概要は以下の通りである；スピダ貫入岩体層－花崗岩がダムサイトから導水路トンネルにかけて分布する。一方、カンボ層－流紋岩およびガスパル層－粘板岩、ホルンフェルスがサージタンク、ペンストックおよび発電所のサイトに分布する。ダムサイト周囲では現河床堆積物や段丘堆積物が散在している。

Dalbergia 地域における地質の概要は以下の通りである；サンタカタリナ複合岩体層の片麻岩がプロジェクト全域の地質を構成する。一方、リオドスル層、イトラエ層の頁岩が部分的に導水路トンネルルートの地表部において見られる。断層に沿う深層風化が地質上の特徴であるが、この現象は特にダムサイトの左岸側で顕著である。

Benedito Novo 地域における地質の概要は以下の通りである；地層はサンタカタリナ複合岩体層の片麻岩（一部に輝緑岩を伴う）から構成される。また比較的厚い崖錐堆積物が取水ダムやペンストックに沿って分布している。

4.2.2 各サイトの地質

(1) Salto Pilla (1) 計画

(1) ダム地点

当初提案されたダム地点に加え、さらに2つのダム地点を比較案として選定し、検討した。3つの比較案の位置を図6.4に示す。

(a) ダム地点-A

河川の中央部に約30m幅の河床堆積物が存在する。花崗岩の露頭が河床部に点在している。両岸では花崗岩の風化がやや厚い。この花崗岩は全体として塊状で、破碎帯を伴うオープクラックはわずかでダム軸左岸川岸以外には見られない。基礎岩盤までの掘削深度は河床部で約2m、両岸アバット部で約10mと推定される。岩盤の工学的性質は以下の通りである。

岩級区分	: A、B
一軸圧縮強度	: 800 kg/cm ² 以上
静弾性係数	: 80,000kg/cm ² 以上
せん断強度	: 40kg/cm ² 以上
内部摩擦角	: 55° - 60°
静ポアソン比	: 0.2 以下

透水試験の結果、堅岩線以深の漏水量は水頭差20mに対して0.1ℓ/分/mである。以上の事より基礎処理のコンソリデーションおよびカーテングラウトは左岸川岸の断層部にのみ必要であろう。コンソリデーショングラウトについては4m間隔、深さ5m、一方カーテングラウトについては2m間隔、深さ20mの施工が提案される。

(b) ダム地点-B

花崗岩が河床部全域に露岩するが、両岸では風化層が被覆している。この花崗岩は非常に硬質で塊状である。鉛直節理が2m~5m間隔で存在するが、割れ目は密着しており、大きいオープクラックや破碎帯は見られない。基礎岩盤までの掘削深度は河床部で2m、両岸アバット部で約10mと推定される。岩盤の工学的性質はダム地点-Aとほぼ同様である。漏水量は0.1ℓ/分/m以下と少く、基礎処理のためのコンソリデーション、カーテングラウトははぶいても良い。

(c) ダム地点-C

花崗岩の露岩が河床部の右岸側に存在する。一方、河床部左岸側では幅約70mの河床堆積物が見られる。両岸では風化し、劣化した花崗岩が厚く地表を被覆している。花崗岩は硬質で塊状であるが、処々にオープクラ

ックがダム軸を横切っている。岩盤の工学的性質は次の通りである。

岩級区分	:	B to CH
一軸圧縮強度	:	800 kg/cm ² 以上
静弾性係数	:	80,000 to 40,000kg/cm ²
せん断強度	:	40~20kg/cm ²
内部摩擦角	:	40° ~50°
静ポアソン比	:	0.2 ~ 0.3

基礎岩盤までの掘削深度は河床部で約2m、アバット部で約15mと推定される。透水性が大きく、またオープクラックに沿って掘削によるゆるみが増大すると想定される。従って、基礎処理のためのコンソリデーション及びカーテングラウトが必要である。グラウトの施工パターンとしてコンソリデーションについては4m間隔、深度5m、一方カーテングラウトについては2m間隔、深度40mが提案される。

(ii) 導水路トンネル

花崗岩がトンネルルートほぼ全域にわたり分布する。一方、地表踏査によれば、小破砕帯を伴う断層が数箇所存在する。断層破砕帯の累計長さは約110mと推定される。A地点およびB地点の取水地点では、花崗岩が分布しているが、風化土に覆われ、トンネルの底部標高では堅岩は見出されない。

トンネルルートの主要地質である花崗岩は最高の地質を有し、A級岩盤に分類される。従って、トンネル掘削における技術上の問題点は断層部(約110m)以外には生じないと判断される。この断層部においては支保工およびコンソリデーショングラウトが必要であろう。コンソリデーショングラウトの施工パターンとして、3m間隔で深度3mが提案される。A地点、B地点に比較してC地点においては取水地点から風化の厚い部分が長く続き(約550m)、その区間では支保工が必要である。

(iii) サージタンク及びペンストック

サージタンク地点の地表部は約10m厚さの風化土及び風化した流紋岩に被われているが、その下部は流紋岩が存在するので、サージタンクは地表より10m深さの流紋岩の中に構築される。この流紋岩は非常に硬質で岩級上B級に区分される。従って掘削においては特に問題は生じないと判断される。一方、基礎処理として3m間隔、深度3mのコンソリデーショングラウトが要求される。

ペンストックラインは硬質で塊状、B級の流紋岩体の中を通る。この流紋岩にはオープクラックや破砕帯がみられないので、掘削上の問題点はない

と判断される。しかし3m間隔、深度3mのコンソリデーショングラウトは必要であろう。

(iv) 発電所及び放水口

提案された発電所地点では破碎帯を伴う風化流紋岩（岩級C_L）および破碎された流紋岩（岩級C_L - C_M）が地表から11.6mの深度まで分布する。これらの破碎部は11.6m以深では新鮮な流紋岩に移行する。発電機の基礎は深度11.6mの堅岩線に付けるべきと判断される。放水口は河岸の平坦面に位置している。この平坦面は厚さ約2mの河床堆積物およびその下の約5m厚さの風化、破碎した流紋岩から成る。この流紋岩はかなり硬質であるため放水路の基礎をこの流紋岩に置くことが考えられる。

(2) Dalbergia計画

(i) ダム地点

3つのダム地点を選定し比較検討を行った。3つのダム地点の位置は図6.10に示される。

(a) ダム地点 - A

片麻岩が河床部に露岩し小滝をつくる。左岸には幅約50mの河岸段丘が分布する。両岸アバット部では風化が激しく土壌化が進んでいる。断層が左岸川岸にダム軸と直交して存在する。この片麻岩は比較的硬質で岩級上CH級に区分される。基礎岩盤までの掘削深度は河床部で2m、左岸部で15m、右岸で10mと推定される。岩盤の工学的性質は次の通りである。

岩級区分	:	CH
一軸圧縮強度	:	800 ~ 200 kg/cm ² 以上
静弾性係数	:	80,000 ~ 40,000 kg/cm ²
せん断強度	:	40 ~ 20 kg/cm ²
内部摩擦角	:	40° - 50°
静ポアソン比	:	0.2 ~ 0.3

透水試験の結果、漏水量は水頭差20mの状態では3ℓ / 分 / m以上である。さらにオープクラック状態の鉛直節理が数箇所、河床部において存在する。このことから基礎処理のためのコンソリデーションおよびカーテングラウトが必要であろう。グラウトパターンとしては、コンソリデーションについては4m間隔で深さ10m、カーテンについては2m間隔で深度30mが提案される。一方、左岸川岸の断層部に対する地盤強化のため、カットオフトレンチとコンクリート置換が必要とされる。

(b) ダム地点－B

ダム軸上河床部においてほぼ全体にわたって片麻岩が分布露岩する。ダム地点の上流右岸では、川岸が洗掘され河床堆積物が溜っている。またダム地点の右岸斜面部は崖錐堆積物に覆われる。一方、左岸側は風化が激しい。鉛直もしくは高角度の断層がオープンクラックおよび深層風化を伴って川の両岸にダム軸と交差して存在する。岩盤の工学的性質はダム地点－Aとほぼ同様である。基礎岩盤までの掘削深度は河床部で2m、左岸部で15m、右岸部で10mと推定される。透水試験の結果、漏水量は水頭差20mの下で3ℓ /分/m以上で、この透水状態は深度30mまで続くと推定される。従って基礎処理のためのコンソリデーションおよびカーテングラウトが必要である。グラウトパターンとしてコンソリデーションについて4m間隔で深度10m、カーテンについては2m間隔で深度30mが提案される。さらにダム地点左岸川岸断層部の地盤改良のためにカットオフならびにコンクリート置換が必要とされる。

(c) ダム地点－C

片麻岩がダム軸に沿って分布し、河床の右半分の範囲に露岩がみられる。また左岸河床では河床堆積物が溜っている。両岸の斜面部では片麻岩の風化が進み土に変朽している。河床部では角度80° - 90° および10° - 20° の2種のオープンクラックが20-30m間隔で発達しているのがみられる。岩盤の工学的性質はダム地点Aとほぼ同様である。基礎岩盤までの掘削深度は河床部で2m、左岸部で8m、右岸部で5mである。透水試験の結果、水頭差20mに対する漏水量は深度20mまでは10ℓ /分/m、深度20m以深では3~5ℓ /分/mである。このようにクラッキーかつ透水性の高い状態を考慮すると、コンソリデーションならびにカーテングラウトが必要である。グラウトのパターンとして、コンソリデーションについては4m間隔で深度10m、カーテンについて1m間隔で深度30mが提案される。さらに左岸河床部の断層処理のため、カットオフならびにコンクリート置換が必要である。

(ii) 導水路トンネル

トンネルルート of 地表の一部に頁岩がみられるが、トンネル底部標高では全域片麻岩で構成される。この片麻岩はトンネルの入口付近においてのみ風化を受け劣化している。地表踏査によれば、トンネルを横切る支流において断層が存在する。ダム地点Bに対する取水口では、崖錐堆積物が地表を覆っている。そしてダム地点Cに対する取水口位置では片麻岩が広範囲に見出さ

れる。トンネルルート的大部分は非常に硬質で緻密な片麻岩（岩級A～B）の中を通過する。従ってトンネル掘削においては特に問題はないと判断される。しかしながら断層箇所では支保工が必要と判断される。その長さは累計110 mと見積られる。コンソリデーショングラウトは断層箇所が必要と考えられ、そのパターンとして3 m間隔、深度3 mが提案される。またダム地点Bに対するトンネルにおいては取水口から約300 m区間にわたり、支保工と3 m間隔、深度3 mのコンソリデーショングラウトが必要とされる。

(iii) サージタンク及びペンストック

サージタンク地点では片麻岩が分布する。地表部約10 mは風化帯に覆われるが破碎帯は見られない。この片麻岩は硬質かつ塊状で、岩級の点ではB級に区分される。従ってサージタンクの建設において特別な問題点はないと判断されるが、3 m間隔、深度3 mのコンソリデーショングラウトは基礎処理のために必要であろう。

ペンストック地点においても片麻岩の中を通過する。そのルート沿いには破碎帯は見られず、ペンストックトンネル掘削に際しては問題が生じないと判断される。基礎処理として間隔3 m、深度3 mのコンソリデーショングラウトはトンネルの全区間において必要であろう。

(iv) 発電所及び放水口

発電所付近は段丘に位置し、幅約50 mにわたり厚さ9 mの段丘堆積物が分布する。段丘堆積物に続き約2 m厚さの風化片麻岩が存在する。硬質かつ塊状である片麻岩の堅岩は地表から11 mの深さに存在する。以上の点より発電機の基礎は堅岩の上に、そして発電所建屋の基礎は段丘堆積物の中に構築すれば良いと判断される。放水口は段丘堆積物中に位置するが、この地層は巨礫を含む砂層からなり、相当に圧密を受けており放水口の基礎としては充分地耐力があると考えられる。

(3) Benedito Novo計画

(i) ダム地点

最適の地点を選定するために、3つの比較案が検討された。それらの位置は図6.16に示される。

(a) ダム地点-A

片麻岩がダム軸の下流に露岩し、一方厚さ約3 mの河床堆積物がダム軸上流に分布している。土に変化した強風化片麻岩が左岸側にみられる。右岸側では崖錐堆積物が緩斜面をつくって分布している。基礎岩盤までの掘

削深度は河床部で5m、両岸で10mと見積られる。岩盤の工学的性質は次の通りである。

岩級区分	: CH~B
一軸圧縮強度	: 800 kg/cm ² 以上
静弾性係数	: 80,000~40,000kg/cm ²
せん断強度	: 40~20kg/cm ²
内部摩擦角	: 40° ~55°
静ポアソン比	: 0.2 ~ 0.3

透水試験の結果、漏水量は水頭差20mの状態では23Q /分/mである。従って、基礎処理としてコンソリデーション及びカーテングラウトが必要である。グラウトのパターンとしてコンソリデーションについて幅4m、深さ5m、一方カーテンについて幅2m、深さ15mが提案される。さらに右岸側の崖錐部分に対しては長さ30m、幅50mの斜面保護工が必要とされる。

(b) ダム地点-B

当ダム地点は落差約25mの急勾配の中間地点に位置する。片麻岩が河床のいたる所で階段上の小滝を形成して露岩する。この片麻岩は左岸側では強風化を受け土に変化している。一方、右岸側では幅100mにわたり崖錐堆積物が分布する。基礎岩盤までの掘削深度は河床部で2m、左岸側で10m、そして右岸側では5~10mと推定される。岩盤の工学的性質はダム地点-Aとほぼ同様である。ダム地点-Cにおいて行われた透水試験の結果から判断すると、基礎処理としてコンソリデーション及びカーテングラウトが必要である。グラウトパターンについてはコンソリデーションについて幅4m、深度5m、カーテンについては幅2m、深度15mが提案される。さらに加えて、右岸斜面において崖錐堆積物に対する崩壊防止対策工事が必要である。

(c) ダム地点-C

当ダム地点は落差25mの急勾配箇所の直下流に位置している。河床部には片麻岩が一部に花崗岩を伴って分布する。左岸側は風化した片麻岩に覆われる。また右岸側は崖錐堆積物が地表を覆っている。河川の流向と同じ方向を持つ断層が、右岸川岸部に存在し、そこではオープクラックが見られる。基礎岩盤までの掘削深度は河床部で2m、左岸側で5m、右岸側で3~5mと見積られる。岩盤の工学的性質はダム地点-Aとほぼ同一である。透水試験の結果、基礎処理としてコンソリデーション及びカーテン

グラウトが必要と判断される。グラウトのパターンとしてコンソリデーションは間隔4 m、深さ5 m、そしてカーテンは間隔2 m、深さ15 mが提案される。さらに、右岸斜面において崖錐堆積物の崩壊防止のため、幅50 m、長さ30 mの斜面保護工が必要とされる。

(ii) 導水路トンネル

片麻岩がトンネルの始点側の一部を除き、全ルートにかけて分布する。始点側ではわずかに崖錐堆積物が存在する。地表踏査によれば3つの断層がトンネルルートを横切る支流において存在する。また崖錐堆積物が取水口付近の地表部をA、B、Cいずれの地点においても覆っている。トンネルルートの大部分は、岩級の点でCH～B級の硬質かつ塊状な片麻岩中を通り、ここでは破砕帯や湧水が存在しない。しかしながら、断層や取水口付近の崖錐堆積物分布区間では、支保工が必要である。さらにこれらの断層および崖錐分布箇所ではコンソリデーショングラウトも必要である。そのパターンとして間隔3 m、深度3 mが提案される。

(iii) サージタンク及びペンストック

サージタンク位置付近は厚さ約10 mの片麻岩風化帯に覆われ、10 m以深に片麻岩の堅岩が存在する。この片麻岩は硬質かつ塊状で岩級上B級に区分され、また破砕帯は存在しない。それ故にサージタンクの建設に際しては特に問題は生じないと判断される。基礎処理としてのコンソリデーショングラウトとして、3 m間隔、深度3 mは必要である。

ペンストックラインはサージタンクと同様、硬質かつ塊状、B級の片麻岩中に構築される。破砕帯の存在はないと想定されるので、ペンストックトンネル掘削については特に問題は発生しないと判断される。しかし基礎処理としてのコンソリデーショングラウト（パターンとして間隔3 m、深さ3 m）は必要である。

(iv) 発電所及び放水口

発電所は河床堆積物の分布する平坦地に位置し、その堆積物の厚さは5 mである。そしてその下に片麻岩が分布する。この片麻岩は硬質で地表から5～14 mの深度ではCH～B級岩盤に、14 m以深ではB～A級岩盤に区分される。水平方向の密着した節理が1 m間隔で存在するが、オープンクラックや破砕帯は見出されない。以上の点を考慮して発電機の基礎は深度5 m以深の片麻岩の中に置かれる。また放水口に関しても地表には河床堆積物があるが5 mの深さに片麻岩が分布するので、その基礎は岩盤に設置される。

4. 3 工事用材料

今回提案された3つの水力発電計画箇所に関して、そのいずれにおいてもコンクリート重力式取水ダムが計画されている。そのため工事用材料としてコンクリート骨材調査を実施した。

4.3.1 Salto Pilao (1) 計画に対する材料調査

材料調査はプロジェクト地域近傍における地表地質踏査に基づいて行われた。粗骨材原石山の探索の結果、ダム地点-Bの約1km上流右岸側にある丘陵山地が原石山として選定される。この原石山においては、非常に硬質かつ塊状の花崗岩の露頭が高さ20m、幅200m、奥行き100mにわたってみられる。山頂部では約10mの風化土に覆われるが、新鮮な花崗岩の容量は400,000m³と見積られる。

細骨材についてはイタジャイ川に沿って調査が行われた。現河床および段丘堆積物がプロジェクト地域付近に点在するが、これら堆積物の組成はシルト質土からなるために、骨材には不適であり、細骨材は原石山においてクラッシングにより生産する必要がある。

4.3.2 Dalbergia 計画に対する材料調査

粗骨材に関する原石山はダム地点-Cの上流右岸側約0.5kmの丘陵地に選定される。この原石山地点は川に面して高さ約50mの急崖斜面をもち、そこでは全面に片麻岩が露出している。原石山山頂部は約5mの風化帯に覆われるが、約500,000 m³の新鮮な片麻岩が存在する。

細骨材については、イタジャイドノルテ川に沿って調査が進められた。その地域内には現河床堆積物や段丘堆積物が散在するが、いずれもシルト質土が多く砂分が少ない。それ故細骨材は、原石山においてクラッシングにより生産することが必要である。

4.3.3 Benedito Novo 計画に対する材料調査

ダム地点-Cの上流左岸側の約3kmの丘陵地が粗骨材の原石山として選定される。この原石山地点では片麻岩の露頭が小さな崖を作って現われている。崖以外の範囲では厚さ約5mの風化層で覆われているが、新鮮な片麻岩の容量は約200,000 m³と見積られる。

細骨材のための採取場についてはベネディトノーボ川に沿って調査が行われた。現河床および段丘堆積物の分布が数箇所において見出されるが、その堆積物の組

成は粘土およびシルトが多い細粒土で、骨材には不適である。従って、細骨材については原石山でのクラッシングによる生産が必要である。

4. 4 水 文

4.4.1 気象、水文

イタジャイ河流域における年平均気温は流域下流部のイタジャイで19.7℃、ブルメナウで20.1℃、山間部イトボランガで18.4℃である。最低気温は6月のイトボランガで13.8℃、最高気温は1月のティンボで25.5℃となっている。

流域での年平均雨量は1976-1985年の期間で 1,630mmであり、Benedito川上流山間部での 1,500mmよりイタジャイ本川部での 1,800mmに亘っている。

年平均蒸発量は約 800mmで、これは日蒸発散量 2.2mmに相当する。月最大蒸発量はイタジャイ及びティンボでの 104mmでこれは 3.3mm/日に相当する。

年平均相対湿度はイタジャイで85.7%、インダイアルで77%で、これは流域内での最大と最小値である。6月より8月までの月平均相対湿度は他の月のそれより高い。

1976-1985年間の月平均河川流量はイトウボランガで50.9m³/sec、リオドスルで135.1 m³/sec、インダイアルで286.3 m³/sec、ブルスケで31.5m³/secである。7月より翌年2月までの月平均流量は年平均流量より多い。この事より7月より翌年2月までを雨期、3月より6月までを乾期と定義できる。雨期の月平均流量は乾期のその 1.2倍である。推定される流出係数はイタジャイ本川で0.38~0.41である。

流域内での大規模な洪水は過去4回発生しており、その大きさは1984年8月時にイピラマで 2,100m³/sec、アピウナで 4,300m³/sec、インダイアルで 5,000m³/secであった。

4.4.2 河川流量解析

3発電水力地点での計画検討のための基礎資料を得るため、これらの地点での河川流量を算定した。計画地点での流量資料がないので河川流量は次の手順で算出した。

(i) 計画地点での流量を算定するための基準観測所の選定

(ii) 計画地点と基準観測所間の水文的な相関関係に基づく計画地点での日流量の算定。

算定された日流量に基づき最渇水期間における流量頻度曲線を作成した。この検討では最渇水期間は6.2.2 項に説明されている如く、1949年4月より1956年11月までの期間と定義した。

次に示す観測所を各々の包蔵水力地点の流量算定のための基準観測所に選定した。これはこれらの観測所が40年以上もの記録をもつ事及び計画地点に最も近い事による。

河川名	基準観測所名	資料保有期間	位置
a) Itajai river	Rio do Sul and Rio do Sul Novo	1941-1987 (49years)	Just downstream of confluence of Itajai do Oeste and Itajai do Sul river
b) Itajai do Norte river	Ibirama	1934-1987 (54years)	Upstream of confluence of Itajai river
c) Benedito river	Timbo	1934-1987 (54years)	Confluence of Benedito river and Rio dos Cedros river

基準観測所の日平均流量は、年降雨量及び基準観測所と計画地点の流域面積等により計画地点の日平均流量に換算した。流量頻度曲線は日平均流量を基に算定した。各計画地点における 365日に対する割合によって表わされた流量を以下に示す。

(単位：m³/sec)

計画名	最大	365 日に対するパーセント						
		10%	25%	50%	75%	97%	100%	平均
Salto Pilao(1)	1,498	204.0	102.0	53.1	31.6	11.9	7.3	91.1
Dalbergia	894	82.8	40.7	20.8	11.9	3.9	1.2	38.7
Benedito Novo	174	20.6	12.4	7.6	5.1	2.4	1.9	11.3

4.4.3 洪水流量解析

設計基準として余水吐に対しコンクリートダムの場合 200年確率洪水が、又、フィルダムの場合 200年確率洪水の 1.2倍が適用される。又、仮排水路に対しコンクリートダムの場合 2年確率洪水が、フィルダムの場合 20年確率洪水が適用される。

これらの確率洪水は次の手順で算出された。

- (i) 基準観測所における確率洪水ピーク流量の算定
- (ii) 流域面積と算定した確率ピーク流量の比流量との相関関係の設定
- (iii) 計画地点の流域面積と(ii)で求めた相関に基づく計画地点での確率ピーク洪水流量の算定

以上の手順によって算定されたいくつかの確率年に対する計画地点での洪水ピーク流量は次の通りである。

計画名	(単位：m ³ /sec)		
	2	20	200
Salto Pillao(1)	1,300	3,200	5,700
Dalbergia	890	2,300	4,100
Benedito Novo	330	900	1,500

4.4.4 流砂量

ウォッシュロード及び浮遊砂算定のための公式を設定するため、流砂量の検討を5観測所での流砂資料及び流量記録に基づいて実施した。求められた公式は次の通りである。

$$Q_s = 0.096 Q^{1.759}$$

Q_s ; 浮遊砂量 (ton/day)

Q ; 河川流量 (m³/sec)

イタジャイ河での流砂量はインダイアルでの1935-1988年の54年間の日平均流量を上記公式に適用し算出した。算定されたウォッシュロード及び浮遊砂量の合計は879,000tonである。流砂量の密度を1.2t/m³と想定し、年流砂量は733,000 m³と算定した。イタジャイ河での掃流砂に関する資料はないので、年掃流砂量はウォッシュロードと浮遊砂量の合計の20%と想定した。従って、合計流砂量はインダイアルで年 879,000m³、76m³/km²/年と算定された。

4.4.5 水質

イタジャイ河の河川水々質に関する資料として、DNAEE による化学試験結果が利用できる。この試験結果のうち酸度が発電施設のうちの鋼鉄構造物の腐食に対し重要な要素となる。資料によるとPH値は5~7.5を示している。この値はほぼ中性の範囲にあり、鋼鉄構造物に対し殆ど影響はないものと判断される。

4. 5 計画地点へのアクセス

4.5.1 既設の港湾施設

イタジャイ港湾施設はイタジャイ河河口部右岸に位置している。この施設は800 mのメインデッキをもち、喫水8 mで20,000DWT級の船舶を係留可能である。施設には20 t級ジブクレーンと37 tフォークリフトが設置されている。

車輛に対するフェリーポートが同様にイタジャイ河河口に設置されている。このフェリーはイタジャイ市と対岸のナベガンテス市を結ぶものでその載荷容量は20-30 tである。フェリーは30分おきに運転され、運航時間は約10分である。

4.5.2 既設の道路網及び考えられ得る運搬ルート

Salto Pilao (1) 計画地点はリオドスル市下流のロントラスの町の下流部に位置している。Dalbergia 計画地点はItajai do Norte 川沿いのイビラマとダルベルジア町の間地点に位置している。Benedito Novo 計画地点はBenedito川沿いのベネディトノボ市の約4 km上流に位置する。

イタジャイ河流域には2つの国道網があり、その1つは国道-101でブラジルの南北を結ぶ幹線道路でイタジャイ河河口部より18 km上流でイタジャイ河を横断している。他の1つは国道-470でイタジャイ市を起点とし、イタジャイ河に沿って設置されている。Salto Pilao (1) 地点には国道-470からロントラスより分岐する州道を通してアクセスが可能である。Dalbergia 地点には国道-470よりItajai河とItajai do Norte 川との合流点附近より分岐する州道-421でアクセスできる。Benedito Novo 地点には国道-470よりイタジャイ河とBenedito川との合流地点より分岐する州道-477を通してアクセスが可能である。

4.5.3 既設道路に対し必要とされる改修工事

国道-470は維持状況が極めて良好に思われるが、国道から分岐している州道は未舗装で特に橋梁は幅員・荷重条件とも発電地点への物資の運搬には不十分で改修が必要と考えられる。改修工事は極端に曲折した箇所及び狭く部での拡幅、及び既設橋梁の補強が主体となるものと考えられる。

5. 環境影響評価

5. 1 Salto Pilao (1) 計画に対する環境影響評価

5.1.1 現況

(1) 自然環境

(i) 地形と景観

計画地点はイタジャイ河流域のほぼ中心のイタジャイ河に位置している。ダム地点周辺は相対高さが30～100mの丘陵地より成る。丘陵部の低地部は牧畜地及び畑作用として利用されている。河床はかなりの急勾配で小規模の急流部となっている。このため河川の流速は極めて速い。河床部全体が露岩部となっている。

ダム上流部に観光保養地がある。これはダム軸-Aの直上流左岸部に位置しており、全体面積は1km²以上とみられる。この保養地はホテル、レストラン、ピクニック場、水泳場、キャンプ場、その他施設を備えている。

(ii) 植生

計画地点周辺の植生は多くの二次林から成る。河川の両岸には植林の一部がみられ、又、松が生育している。農耕地は自家消費用としての畑作となっている。

(iii) 野生生物

地区内には貴重な鳥類、シャクケイ及びスズドリがみうけられる。前者はブラジル政府によって絶滅の危機にさらされ、又、絶滅した鳥類として指定されているものであり、後者はその危機にある品種である。この他にキツツキ類及びその他の種類ルロカリス類(学名)、カササギサイチョウ類、コジュウカラ類、ピレオアオドリ類、コビトタイランチョウ類、ロクミアス類(学名)が主としてダム地点の左岸部森林地帯に生息している貴重な鳥類である。

一方、魚類として二つのタイプが生息する。その1つは急流部に、又、一方は水の滞留部に生息する。前者はアンシストラス類(学名)、ヘミブシリチャテス類(学名)、ピメローダス類(学名)で、後者はクレニシククラ類(学名)、ジェオフアーガス類(学名)である。これらは地区の住民の食用として採取されている。その他の3種の魚類、ナンペイナマズ、ピメローダス類、ランバリ類(3種類の亜種がある)は、川を周遊している。

野生動物として南米熱帯雨林に生息する食肉動物、例えばクロヒョウ、ピ

ユーマは地区の山岳部に生息すると言われている。しかし、調査期間中その様な確証は得られなかった。又、草食動物も見つけられていない。

(iv) 水資源

ダム地点の上流部は農耕地として開発されている。灌漑地区では12月より翌年の3月にかけて灌漑用水を必要としている。水需要量を表5. 2に示す。

地域住民の殆どが個々に開発した浅井戸を利用している。集落を形成している所では上水施設が開発されている。孤立して生活する住民は河川よりの水を利用している。集落部での水処理のシステムは標準を下回っており、計画地区周辺の水による病気もごく一般的な例としてみられる。

(v) 鉱物資源

特に経済的に開発可能な鉱物資源はみうけられない。

(vi) 自然公園及び動物保護区

計画影響圏内に自然公園及び動物保護区はみられない。

(2) 社会環境

(i) 人口

当計画により直接影響をうける最も大きな人口集中地区はダム地点の数km上流に位置するロントラスである。この計画地区は行政的にロントラスに属しているが、ダム軸-A又はB案が採用された場合、87家族が移動を余儀なくされる。ロントラスの人口は1989年に7,623人で、そのうち都市部人口は64%、残りは非都市部人口となっている。過去19年の間に人口は非都市部より都市部へと移行しつつある。その結果、工業、商業及びサービス業の人口が増加しつつある。ロントラスの人口構成は表5. 1に示されている。もしダム軸-A又はB案が採用された場合、湛水位はダム地点の約15km上流のリオドスル市上端部まで達する。リオドスルの人口は1989年で44,108人で、そのうち95%は都市部に住む。リオドスルの人口構成を表5. 1に示す。

(ii) 土地利用

ダム地点では起伏の激しい地形となっているため、農地は比較的緩やかな勾配の地区に限定されている。農業規模は小規模な家族単位のものとなっている。牧畜は1haに2~3頭の畜牛程度である。当計画によって影響をうける地区は主として農耕地であり、一部小面積の森林を含む。行政区分では影響圏内に都市部も含まれているが、これは河岸部で森林、草地及び荒廃地等である。

(iii) 経済活動

ロントラスにおける経済活動は牧畜を主体とした農業で 807の土地所有者がいる。農地面積は10,595haで平均所有面積は13.1haである。牧畜として畜牛及び羊を飼育しており、ミルクが地区の主たる収入源となっている。第二次セクターにおける工業は家具製造、非鉄製品の輸送及び製靴等である。

(iv) 公衆衛生

水による病気、例えば下痢などは地域住民の間でごく一般的な状況にある。一説によると計画地区上流部で魚類が死滅したと伝えられている。この根拠は明らかではないが農業がその主たる要因と言える。又、小規模ではあるが工業による水の汚染もその一要因と言える。表5. 3に農薬の使用状況と汚染源についての資料を示す。

(v) 歴史的及び考古学的遺跡地

学術的価値又は観光目的に値する様な歴史的、考古学的な遺跡は存在しない。

5.1.2 環境に対する影響

(1) 自然環境に対する影響

(i) 景観

保養地の対岸部は原石山として計画されている。保養地からの景観に対し、原石山による景観変化は大きなマイナス要因となる。又、工事期間中の原石山での工事は漁業へも影響を与えるものと思われる。

工事に伴ない土捨場、発電所用地、工専用道路等が必要となるが、これらは農地及び牧草地に位置している。荒地及び未利用地が主としてこれらの目的に利用される。

(ii) 自然植生

計画により水没する地区は河岸部地区に限定されるが、これらは既に自然植生の生態的関連よりかけ離れた状況にある。又、水没するごくわずかの森林地区も経済面よりの価値はないと考えられる。

(iii) 野生動物

貴重な鳥類であるシャクケイ及びスズドリ及びその生息地は、もしダム軸-A又はB案が採用された場合失なわれる事となる。ダム軸-C案の場合、鳥類の生息地に対して建設工事によって多少の影響が考えられる。静水部に住む魚類は貯水池により増加する事が考えられる。

(iv) 水資源

貯水池形成により通常貯水池内の堆砂及び富栄養化、また、下流での河床低下が生ずる。本計画の貯水池は河川流量を変えるほど大きなものではないが、ダム地点と発電所間の河川流量は河川流量の一部を発電用に取水するため減少する。DNARE は河川維持用水 (RMF) を全観測期間での月最少流量 (MMD) の80%と規定している。本計画の水文解析による1941年から1987年間の月平均流量での MMD, RMF 及びダムより放流される流量の関係を表5. 4に示す。本表は放流量は必要量より大きいことを示している。しかしながら渇水期において放流量は必ずしもRMF を満たさない。環境影響評価によるとダム地点と発電所放水口間には水利用は存在しない。また、この間の河川沿いには数軒の家屋が存在するのみである。このような状況より発電用河川水利用による下流への影響は発生しないと判断される。

ダム軸A又はBが採用された場合、貯水池周辺の地下水位上昇、地下水水質の改善が考えられる。地下水位上昇は、いままでに地下水を利用していなかった地区では浅井戸の開発が増加するため、貯水池周辺の多くの住民に便益をもたらすことが考えられる。また、ダム軸-Cの場合は何も影響はもたらさない。プロジェクトにより上、下流地域の農業には影響をもたらさない。しかしながら地下水位の上昇は長期的には貯水池沿いの農地における土壌水分に影響することが考えらる。

(v) 既存の自然公園及び動物保護区

計画により影響をうける地区内に既存の自然公園又は動物保護区はみあたらない。

(2) 社会環境への影響

(i) 人口

連邦政府の規定及びサンタカタリナ州の都府県の規定によれば、補償地区は貯水池の河岸より15mの余裕をもたせた地区とされている。しかし地区の地形によっては河岸部を除き水位上昇によっても殆ど影響を及ぼさない状況もある。ここで図5. 1に示す様な補償面積への定義を設定した。これによると、ダム軸-A又はB案が採用された場合、87世帯の移住が必要となる。ダム軸-Cの場合9世帯の移住となる。又、ダム軸-A又はB案が採用された場合、その湛水池の上流端はダム地点より約15km上流のリオドスル市にまで達する。但し、水位上昇は1~2m程度で、河岸内に制約される。影響圏内の状況は表5. 5、5. 6及び図5. 2に示されている。又、ダム軸-A

又はB案を採用した場合、既存道路の移設により数世帯が影響をうける。ダム軸-C案ではその影響はない。ダム軸-Cを採用した場合には既存道路の移設の必要はない。一方、不正当な補償により、移住に関与しない住民の土地投機を助長することは避けるべきである。資産を失なうことに対して連邦政府の規定を守ることは補償に対する投機熱を助長することにつながり、これはまた補償費用の高騰を引き起こす。ゆえに補償に対する評価は経験豊かな専門家の助力とともに注意深く行なうべきである。

(ii) 土地利用の変化及び経済活動

計画実施後も現況の土地利用が継続するものと考えられる。どのダム軸が選定されても水没する面積は非常に小さい。ダム軸-A又はB案の場合でも、87世帯の移住が必要となるが農業活動の変化は最少のものにとどまると考えられる。当計画により森林活動への影響は考えられない。又、将来においても水辺漁業活動の増加又は減少はないと考えられる。但し、上記2案のいずれかを採用した場合、牧草地の一部が完全に失われる事になる。

ダム軸-A又はB軸を採用した場合、上流部に位置する保養地が水没する事となる。この周辺にはこれに相当する代替地は見当らない。この水没によるロントラス地区の観光への損失は極めて大きいものと思われる。従って、計画実施前にこの問題に対する考慮が必要不可欠である。

計画地区周辺の住民は日常生活用として燃料用木材を採取している。工事による植林地区の伐採は、これら住民の生活に影響を与える事が考えられる。

ダム軸-A又はB案の場合、既存の道路への影響が考えられる。この場合、約1,500mの新設道路が必要とされる。一方、C案では影響はない。

(iii) 公衆衛生

上流部での農業使用に鑑み、河川水的生活用水又は農業用への利用に際しては十分な水質試験を行う必要がある。魚類の死滅がいくつか報告されているが、農業との関連は十分に調査されていない。

(iv) 文化遺跡

計画地区内には特筆すべき文化遺跡はみあたらない。

5.1.3 マイナス要因を最少限にするための提言

(1) 自然環境

(i) 景観

原石山となる河川沿いの景観美は失なわれることが予想されるため、計画に際しては景観を損なわない様な十分な対策が考慮されるべきである。

(ii) 植 生

ダム地点左岸部に残存する自然林を絶滅に瀕している鳥類の生息地として検討する必要がある。もし調査の結果、その重要性が見出された場合は保護のための対応策を検討する必要がある。又、既存の樹種も確認する必要がある。これらはブラジル政府或いはその他機関によって指定された貴重な鳥類のリストと照合する必要がある。

(iii) 野生生物

河川沿いの森林に生息する鳥類に対する影響を最小限におさえるべく、森林の水没面積を最小限にすることが望まれる。ダム軸-A及びBがダム軸-Cよりも経済的に特に優れていなければ、ダム軸-Cを選択すべきである。静水に住む魚類の増加が考えられるため、これを利用し魚類の養殖を計画すべきである。しかしながらこの実施に当たっては、富栄養化及び移殖魚類の過剰な捕食による既存魚類の減少に特別な配慮が必要である。

(iv) 水資源

河川内の土砂は非常に少なく、ダム地点上下流に堆砂が存在しないことから、貯水池内の堆砂及び下流の河床低下はダムに設置されるゲートを適正に操作することによって解決される。富栄養化の問題もゲート操作によって解決されると考えられる。現況河川沿いの状況より、ダム地点と発電所放水口間の河川状況は河川水量が減少しても影響はないと判断される。悪影響が起これるとしてもゲート操作により解決可能である。発電所下流域の水位変動は放水を警報することによって解決される。貯水池付近の地下水位上昇については、地下水利用方法を湛水後の調査に基づき計画する必要がある。公衆衛生の悪化は農業の使用、工場排水によって引き起こされる。上流域都市部からの排水による汚染は適正に処理されなければ、富栄養化を引き起こす。水質調査も含め、河川環境に対する総合的な管理が必要である。

(2) 社会環境

(i) 人 口

ダム軸-A及びBが経済的に特に優れていなければ、移住問題が最小のダム軸-Cを選定すべきである。

代替地への移住計画において、既存の社会経済基盤及び基本政策の変化を最少限とする様な検討案を考慮する必要がある。移住地に対する地方及び連邦政府機関からの情報を吟味する必要がある。

(ii) 土地利用及び経済活動

ダム軸-A及びBが経済的及び環境的見地から特に優れていなければ、ダ

ム軸-Cを選定すべきである。原石山地点の対岸からの景観美が損なわれることが予想されるため、計画に際しては景観を損なうことのないよう適切な手段を講じる必要がある。

計画地区周辺での詳細な土地利用図を作成する必要がある。

(iii) 公衆衛生

水質試験を含んだ水環境に対する総合的な管理が必要である。又、家庭用排水及び工場排水についても調査を行う必要がある。地区によってはこれらの排水処理方法の改善も必要と思われる。既存の政府の公衆衛生に関する規定の強化も行う必要がある。

5. 2 Dalbergia 計画に対する環境影響調査

5.2.1 現況

(1) 自然環境

(i) 地形と景観

計画地点はイタジャイ川流域のほぼ中心のItajai do Norte 川に位置している。ダム周辺は相対高さ80~100 mの丘陵部より成り、自然及び二次林によって覆われている。河床は一般に緩勾配で流速もそれ程速くはない。この地点には滝や瀑布はないが河床全体に岩が露頭している。計画地周辺では観光客を誘致できる程の景観地は見当らない。

(ii) 植生

計画地点周辺の植生は二次林、草地、牧草地を含む農業用地より成る。二次林は河岸の急傾斜部に植生している。農業用地は自家消費の畑作が主体である。牧草地が景観を形作っている。

(iii) 野生生物

計画地区周辺でかなりの種類の鳥類が生息している。これらの殆どはブラジル南部で一般的なものである。数少ない品種であるアイサ及びトラフサギは生息すると言われているが確認はされていない。地区内河川には2つのタイプの魚類即ち急流部及び静水に住む魚類が生息している。野生動物は見出されていない。

(iv) 水資源

計画地区周辺の殆どの住民は、生活用水として個々に開発した浅井戸よりの水を利用している。集落を形成している所では、用水施設が開発されている。数少ない分離した地区の住民は河川よりの水を利用している。殆どの住

民が使用している水の水質は標準以下で、水による病気も一般的に多い。

(V) 鉱物資源

経済的に採掘の価値のある鉱物資源は見当たらない。

(Vi) 自然公園及び動物保護区

計画により直接又は間接的に影響をうける自然公園又は動物区は存在しない。

(2) 社会環境

(i) 人口

当計画によって直接影響をうける人口集中地区はダム上流数kmに位置するダルベルジアである。ダム周辺地区は行政的にダルベルジア地区に属しており、ダム軸-A又はB案を採用した場合5世帯が水没する事になる。ダム軸-C案では8世帯水没する。ダルベルジアの人口を確実に把握する事は人口統計がイピラマ市に含まれている事により不可能である。イピラマ市はダム地点の下流7kmに位置しており、1989年の人口は25,814人である。同市における都市人口は1970年の4,180人より1989年時の11,470人と急激に増加している。これは主として農業セクターの雇用機会の減少によるものである。ダルベルジア地区における人口推移状況を表5.1に示す。

(ii) 土地利用

ダム上流部での灌漑施設はSalto Pilao (1) 計画でのそれに比べそれ程発達していない。表5.2に示される様に灌漑用水量はSalto Pilao 地区の約1/5程度である。ダム地点の地形は起伏が多いため、農地の開発はごく一部の平坦地区に限られている。農業規模も極めて小さい。牧畜も1haに2~3頭の畜牛又は羊が一般的である。ダム地点付近にごく小規模の植林地区が存在する。

(iii) 経済活動

イピラマ/ダルベルジアでの経済活動は、牧畜を含む農業が主体である。タバコは農業産品のうちの58%をしめる。牛乳は地域住民の主たる収入源である。ダルベルジアでの第2次セクターの工業は木材及び繊維業である。これらの2つの工業は第2次セクターの労働力の50%以上を占める。

(iv) 公衆衛生

一般にダム上流地区での魚類が減少したと言われている。これは多分に農業に影響があるものと推定される。又同時に野放しになっている工場からの排水もその一要因と考えられる。

(V) 歴史及び考古学的遺跡

過去に計画地区付近で矢じりが発見されている。ダム軸-B案の右岸部に住む住民は農耕地より発見した54個の矢じりを所有している。これらが考古学的に価値のあるものか否かは明確ではない。他には注目すべき歴史上又は考古学上の遺跡は見当たらない。

5.2.2 環境への影響

(1) 自然環境への影響

(i) 景観

この発電計画を実施してもその周辺の景観を損なわない。原石山、土捨場、発電所建物、工事用道路他のプロジェクト施設は広い地域に散在し目立たない。

(ii) 自然植生

計画により水没する自然林は河岸のごく一部に限られ、その経済的損失も殆ど認められない。

(iii) 野生生物

静水に生息する魚類、例えばジェオフーガス類(学名)は貯水地区で増加するものと思われる。一方、急流に住む魚類は幾分減少すると考えられる。鳥類及びその生息地の当計画による影響は殆どないと考えられる。林業はダルベルジアの上流部で行われているが、当計画実施に伴う動物の増減は発生しないと予想される。

(iv) 水資源

貯水池形成により通常貯水池内の堆砂及び富栄養化、また、下流での河床低下が生ずる。本計画の貯水池は河川流量を変えるほど大きなものではないが、ダム地点と発電所間の河川流量は河川流量の一部を発電用に取水するため減少する。本計画の水文解析による1934年から1987年間の月平均流量でのHMD, RMF及びダムより放流される流量の関係を表5.4に示す。本表は放流量は必要量より大きいことを示している。しかしながら渇水期において放流量は必ずしもRMFを満たさない。環境影響評価によるとダム地点と発電所放水口間には水利用は存在しない。また、この間の河川沿いには数軒の家屋が存在するのみである。このような状況より発電用河川水利用による下流への影響は発生しないと判断される。

貯水池周辺の地下水位上昇、地下水水質の改善が考えられる。いずれのダム軸が採用された場合でも、地下水位上昇は限られた住民に便益をもたらす。

過去に地下水がなく、利用されていなかった地区では浅井戸は生活用水や灌漑用水を得る最も容易な方法の1つとなる。

(v) 既存の自然公園及び動物保護区

計画により影響を受ける自然公園又は動物保護区は存在しない。

(2) 社会環境

(i) 人口

ダム軸-A又はB案のケースでは5世帯の移住が必要となる。ダム軸-C案では8世帯となる。詳細は表5.5、5.6及び図5.3に示されている。既存の道路網への影響はないと考えられる。

(ii) 土地利用の変化及び経済活動

どのダム軸案が採用されても水没により限られた農業用地は損失となる。但し、水没地区が小さいので農業活動への影響はごく少ない。又、森林活動への影響も考えられない。

(iii) 公衆衛生

上流部での農薬使用及び工場排水により貯水池内にその一部が堆積する事が予想される。表5.3に上流部での農薬使用状況を示す。貯水池内の魚を食用にする事による弊害の発生もあり得る。

(iv) 文化遺跡

矢じりが発掘された地区が水没するので、考古学上の遺跡への影響が考えられる。

(v) 交通状況

計画実施による既設道路の変更は発生しない。但し、ダム軸-A又はB案のケースで一部既設道路が水没する。しかし、代替ルートが考えられるので大幅な既設道路の変更は発生しない。

(vi) 燃料用木材採取

計画実施による伐採により、住民の燃料用木材採取に影響を与える事が考えられる。

(vii) その他

工事に伴う土捨場、工事用敷地、取付道路等が農業用地区に設定されるが、特に自然及び社会環境に与える影響は小さいと考えられる。

5.2.3 マイナス要因を最少限にするための提言

(1) 自然環境

(i) 景 観

原石山及び土捨場は未利用地に広く点在するよう計画されているが、自然景観を損なわないよう計画する必要がある。

(ii) 植 生

ある特定の植生種が野生生物保存に必要とみなされない限り、植生に関する今後の調査は必要ないと考えられる。

(iii) 野生生物

静水に住む魚類の増加が考えられるため、これを利用した魚類の養殖を計画すべきである。しかしながらこの計画に当たっては、富栄養化及び移殖される魚類の過剰な捕食による既存魚類の減少に特別な配慮が必要となる。このため生態系に対する調査が必要となる。

(iv) 水資源

河川内の土砂は非常に少なく、ダム地点上下流に堆砂が存在しないことから、貯水池内の堆砂及び下流の河床低下はダムに設置されるゲートを適正に操作することによって解決される。富栄養化の問題も適正なゲート操作により解決される。現況河川沿いの状況よりダム地点と発電所放水口間の河川状況は、河川水量が減少しても影響はないと判断される。悪影響が起これどもゲート操作により解決可能である。発電所下流域の水位変動は放流警報によって対応する。貯水池付近の地下水水位上昇については地下水利用方法を湛水後の調査に基づき計画する必要がある。

公衆衛生の悪化は農業の使用、工場排水によって引き起こされる。上流域都市部からの排水による汚染は適正に処理されなければ、富栄養化を引き起こす。水質調査も含め、河川環境に対する総合的な管理が必要である。

(2) 社会環境

(i) 人 口

湛水池からの移住が必要であり、この影響はどのダム軸を選定しても同程度である。

移住地調査及び計画において、現況の社会経済基盤及び基本政策の変更を最少限に止める様な構想を考慮する必要がある。地方政府又は連邦政府による移住実施例を十分検討、これを計画に反映させる必要がある。

(ii) 土地利用

現地調査に基づき計画地区周辺での土地利用図を作成する必要がある。

(iii) 公衆衛生

公衆衛生上特にマイナス要因は考えられない。

(iv) 水資源

計画に伴う水資源への大きな影響は考えられない。

(v) 交通状況

既存道路網の大幅な路線新設は発生しない。

(vi) 歴史的及び考古学的な遺跡

考古学的調査を行う必要がある。ブラジルで適用されている調査方法に基づいてその調査手段を決める必要がある。

5. 3 Benedito Novo 計画に対する環境影響調査

5.3.1 現況

(1) 自然環境

(i) 地形と景観

計画地区はイタジャイ河流域のほぼ中心のBenedito川に位置している。計画ダム地点の周辺は相対高さが80~200 mの丘陵部と山岳部より成る。ダム地点両岸はV字形をなしている。河床は急勾配で流速も速い。数m程度の急流部が連続しており、河川全幅に亘って岩が露頭している。ダム地点および貯水池地区には特に重要な景観地は存在しない。

(ii) 植生

計画地区周辺の植生は二次林、点在する草地、牧草地を含む農耕地より成る。二次林は河岸部のみに植生している。農地は計画地区付近では自家用の高地作物が主体である。牧草地は河岸沿いに発達している。

(iii) 野生生物

かなりの種類の鳥類（ナンベイキジバト、ユミハシチドリ、ティイラ（学名）が計画地区周辺で確認されている。これらはイタジャイ川流域では一般的な種類である。しかし、オニキバシリ、カマドリ、アリドリと言った流域で多くみられる種類はこの地区では記録されていない。魚類は静水及び急流部に住む二種が生息している。これらは地域住民の食用として消費されている。野生動物の存在は確認されていない。

(iv) 水資源

殆どの住民は個々に開発した井戸により生活用水を得ている。アルトベネ

ディトノボの町が計画地区近くに位置しているが、他の都市部と比較できる程の上水施設は整っていない。個々に孤立した地区の住民は河川よりの水を生活用水として利用している。殆どの住民が利用している水の質は標準以下の状況にある。

(v) 鉱物資源

経済的に開発可能な鉱物資源は存在しない。

(vi) 自然公園及び動物保護区

計画により直接または間接的に影響を与える地区内には自然公園及び動物保護区は存在しない。

(2) 社会環境

(i) 人口

当計画により直接影響をうける人口集中地区はダム地点の直上流部に位置するアルトベネディトノボである。当計画地区は行政的に同地区に属するが、ダム軸-A案の場合93世帯が水没する事になる。又、ダム建設によって5世帯が、発電所建設によって14世帯が影響をうける。

アルトベネディトノボの人口はダム地点下流3kmに位置するベネディトノボの人口統計に含まれているため、正確に把握する事は不可能である。ベネディトノボの人口統計によると表5. 1に示す様に1989年時には約10,000人となっている。人口は1970年以来変わっていない。統計によると都市部人口は1970年の14%より1989年の47%と増加している。

(ii) 土地利用

上流部での農業開発は大規模には進んでいない。これは地形上起伏が多い事による。表5. 2に示す様に上流部での水需要は小さい。農地部は比較的勾配の緩やかな丘陵部や河岸部に限定されている。その規模も極めて小さい。牧畜も1ha当り1~2頭の畜牛が一般的である。計画により直接影響を受ける地区は主として農地である。比較的規模の小さい植林地区が計画地区付近にあるが、このうちの一部が計画による影響を受ける。

(iii) 経済活動

ベネディトノボ/アルトベネディトノボでの経済活動は主として牧畜を含む農業である。農地保有面積は平均28haである。両地区の第二次セクターの工業は木材業、家具業、非鉄製品輸送及び食品業より成る。近年の森林保護政策により木材業はその規模の縮小を余儀なくされている。地区内の約70%の労働人口が第二次セクターに集中している。

(iv) 歴史又は考古学上の遺跡

学術的価値のある歴史又は考古学上の遺跡は見当たらない。

(v) 公衆衛生

地域住民の間で水による病気、例えば下痢等は一般的とみられる。Salto Pillaio 地区とは異なり、魚類の死滅についての情報は聞かれない。

(vi) その他

計画地区内に2つの小規模水力発電所がある。その1つは地区共同体所有の設備容量3.12MWの水力発電所でもう一方は個人企業による設備容量0.15MW規模の水力発電所である。

5.3.2 環境への影響

(1) 自然環境への影響

(i) 景観

景観に対する損失は考えられない。建設用原石山、土捨場、発電所建設用地、アクセス道路他、建設付帯設備用地が4～5kmにわたり設置される。これらは主に農業用地に建設される。

(ii) 植生

計画により影響を受ける重要な開発中の土地及び荒地は存在しない。計画によって水没することが予想される自然林は右岸のみに限定される。これらは原生林の重要な環境生態系とはすでに隔離されている。一般に、このように隔離された地域は野生生物の数、種類に何ら影響はもたらさない。

(iii) 野生生物

当計画で影響をうける地区内には貴重な鳥類は見当たらない。貯水池により静水に住む魚類が増加すると思われるが、ジェオフーガス類(学名)はその主たる魚類である。一方、急流部に住む魚類はある程度減少すると思われる。野生動物の増減は発生しないものと思われる。

(iv) 水資源

貯水池形成により通常貯水池内の堆砂及び富栄養化、また、下流での河床低下が生ずる。本計画の貯水池は河川流量を変えるほど大きなものではないが、ダム地点と発電所間の河川流量は河川流量の一部を発電用に取水するため減少する。本計画の水文解析による1934年から1987年間の月平均流量でのMMD, RMF及びダムより放流される流量の関係を表5, 4に示す。本表は放流量は必要量より大きいことを示している。しかしながら渇水期において放流量は必ずしもRMFを満たさない。環境影響評価によるとダム地点と発電所

放水口間には小水力発電所を除き水利用は存在しない。また、この間の河川沿いには数軒の家屋が存在するのみである。このような状況より発電用河川水利用による下流への影響は発生しないと判断される。

貯水池周辺の地下水位上昇、地下水水質の改善が考えられる。ダム軸-Aが採用された場合、地下水位上昇は貯水池周辺の多くの住民に便益をもたらすことが考えられる。ダム軸-Bが採用された場合は地下水位上昇は限られた住民に便益をもたらす。またダム軸-Cの場合は何も便益をもたらさない。後に述べる様に地下水位上昇は既存井戸に生活排水による汚染を引き起こす可能性がある。

(v) 既存の自然公園及び動物保護区

計画実施により影響をうける自然公園及び動物保護区は存在しない。

(2) 社会影響への影響

(i) 人口

ダム軸-A案では112世帯、B案では28世帯、C案では23世帯の移住が必要となる、これらの詳細は表5.5、5.6及び図5.4に示されている。

(ii) 土地利用の変化及び経済状況

本プロジェクト実施後も現況の土地利用パターンは継続されるものと思われる。ダム軸-A案の場合、製材所を含む112世帯の移住が必要となり、地域の社会基盤に大きな変化を及ぼす事になる。農業生産に与える影響は少ない。漁業に与える影響はない。野生生物・森林の減少は発生しないであろう。しかしダム軸-Aが採用された場合、一部の酪農業及び牧畜業に損失を与える事になる。

ダム軸-A又はBが採用された場合、Alto Benedito Novo地区内の延長440mにわたる既存道路の移設が必要となる。さらに延長980mもの道路新設が必要となる。ダム軸-Cが採用された場合、延長200mの既設道路に影響を与える。

ごく一部の住民は日常生活用に燃料用木材を採取しているものと思われ、計画実施に伴う伐採で、これに対する影響が考えられる。

(iii) 水力発電

2ヶ所の既設発電所のうち上流部の1ヶ所は当計画により影響をうける。この発電所はSanta Maria 電力共同体の発電所で、ダム軸-Cの400m下流に位置し、現況の設備容量1.12MWより本年末には3.12MWに増設を予定している。どのダム軸が採用された場合でも河川流量のほとんどは本発電計画に使

用されるため Santa Maria電力共同体発電所用には十分な取水が不可能になる。一方、個人企業所有の発電所はダム軸-C案の下流 1,000m地点に位置する。設備容量は0.15MWであり、下流部への本計画の使用水量をさし引いた残留水量で発電可能な事より、影響はないと考えられる。

(IV) 文化遺跡

地域社会に対し国家的レベルでの歴史上、考古学上及び宗教上価値のある財産物は計画地区内には見当たらない。

5.3.3 マイナス要因を最少限にするための提言

(1) 自然環境

(i) 景観

原石山及び土捨場は未利用地に広く点在するように計画されているが、自然景観を損なわないよう計画する必要がある。

(ii) 植生

一般的な植生調査を事前に行い、発電計画による影響度の算定に供する必要がある。

(iii) 野生生物

静水に住む魚類の増加が考えられるため、これを利用し魚類の養殖を計画するべきである。しかしながらこの計画に当たっては、富栄養化及び移殖される魚類の過剰な捕食による既存魚類の減少に特別な配慮が必要となる。生態系に対する調査が必要となる。

(iv) 水資源

河川内の土砂は非常に少なく、ダム地点上下流に堆砂が存在しないことから、貯水池内の堆砂及び下流の河床低下はダムに設置されるゲートを適正に操作することによって解決される。富栄養化の問題も適正なゲート操作により解決される。現況河川沿いの状況より、ダム地点と発電所放水口間の河川状況は河川水量が減少しても影響はないと判断される。悪影響が起こるとしてもゲート操作により解決可能である。発電所下流域の水位変動は放流警報によって対応する。貯水池付近の地下水位上昇については地下水利用方法を湛水後の調査に基づき計画する必要がある。

公衆衛生の悪化は農業の使用、工場排水によって引き起こされる。上流域都市部からの排水による汚染は適正に処理されなければ、富栄養化を引き起こす。水質調査も含め、河川環境に対する総合的な管理が必要である。

(v) 自然公園及び動物保護区

計画実施に伴い直接・間接的に影響を与える様な上記施設はないので、今後の調査は必要ないと考えられる。

(2) 社会環境

(i) 人口

湛水地からの移住が必要となる。この問題はダム軸-Aの場合が最も大きく、ダム軸-B、Cはほとんど同程度である。

移住に対する基本構想、既存の社会経済基盤及び行政方針の変化を最少限に止める事を代替地調査及び計画に考慮する必要がある。地方自治団体又は連邦政府による移住の実施例を十分吟味し、これを計画に反映させる必要がある。

(ii) 土地利用

土地利用調査に基づき土地利用図を作成する必要がある。

(iii) 公衆衛生

水質調査を含んだ河川環境に対する総合的な管理が必要である。

(iv) 水力発電所

Santa Maria 発電所に対する補償が必要となるが、発生電力に対する補償は必要ないとする。これはこの発電所の発電料金がELETROBRASにより設定された料金と比較して非常に高く、今後は Santa Maria 発電所による発電に代わりCELESCが当該地域に配電する意向を持っている事による。また一方の個人企業所有の発電所に対しては、責任放流量に関する協定を結ぶ必要がある。

(v) 文化遺跡

特に今後調査の必要はないと考えられる。

5.4 政府による規程

5.4.1 環境保護に関する政府の規程

環境に関連して開発を規制し、又、環境保護を規定する数多くの政府による規程がある。連邦政府レベルから地方組織レベル及び各行政官庁が環境に関する各種の規程を公布している。以下にその中より特に当計画の環境問題に必要と思われる規程を表示した。

(1) 連邦による規程

(i) 環境に対する国家方針、1981年8月31日発行；

この規程はブラジル国内での環境について全般的な方針を述べたもので、この規程に基づき他の環境に関する規程が発行されている。CONAMAが設立され、環境に関する国家組織(SISNAMA)を定めている。CONAMAは環境に関し数多くの規程を発行している。

(ii) 生態学的領域の設立、1990年7月6日発行；

この規程を基にIBAMAが設立された。IBAMAの管轄の下に環境保護に対し各種の政府機構及び個人的な機構の活動が統一化された。各機構はSISNAMAに従って環境保護活動を行っている。

(iii) ブラジルの森林に対する規約、1965年9月15日発行；

この規約では森林及び自然植生保護についての規程が示されている。さらに野生生物保存、文化遺産の保存、又、考古学上、人類学的遺跡地等の保存に対しての対応策を提案している。

(iv) 水に関する規約、1934年7月10日発行；

この規約では水の多目的使用及び水資源の保存を規定している。水力発電に対する水利用に対し、魚類の自由周遊を規定している。

(2) 地方自治体による規程

サンタカタリナ州での環境保護に関する政令No.14, 250は1981年6月5日に発行されている。この規程では環境の保護と改善について規程している。これに関しFATMAがその実施に当たっている。この機構は環境保護に対し行政権をもっている。

(3) その他

環境影響調査に対する手引き；ELETROBRASは1986年6月に発電計画に関し、環境影響調査についての手引きを作成した。これには発電計画に際し事前に環境影響調査を行うためのガイドラインが示されている。

5.4.2 その他の規程

次に示す規程は今後見直す必要があると考えられる。示されている内容には計画に起因する影響から保護すべき事項についての提案が述べられている。

(1) 公衆衛生

貯水池設置に伴う湛水により地下水上昇が考えられるが、これにより公衆衛

生の状況が低下する事が予想される。即ち地下水の上昇により現在実施している家庭污水及び工業排水方法に対しさらに政府による規程の強化を図るため何らかの変更を行う必要がある。

(2) 水利権

貯水池の出現により灌漑用水利用への機運も高まる事が考えられる。これに対し、水利用についての新しい規程が必要になるものと思われる。又既存の規程を修正する必要がある。

(3) 地域住民の燃料様木材採取

政府による地域住民の燃料用木材採取についての規程を見直す必要がある。発電計画の実施に伴い、燃料用木材採取地がなくなる事が考えられるため、この事項についての規程を設定すべきと考える。

6. 計画策定

6. 1 計画策定検討の作業の流れ

第一段階で実施したマスタープランスタディで、3発電計画が第二段階でのプレフィージビリティスタディ対象プロジェクトとして選出されている。これらは全て流れ込み式開発であり、河川急流部での落差を最大限に利用した計画となっている。第一段階のマスタープランスタディでは、既存の5万分の1地形図（コンターインターバル20m）に基づいて最適ダム及び発電地点を選定し発電計画を実施したが、今回実施した地形測量による1万分の1地形図（コンター、5m）では発電所地点は地形的に制約されるものの、いくつかのダム軸比較案が考えられる。

従って、発電計画検討は2段階、即ち第一段階でのダム軸案の検討、第二段階では確定したダム軸それに伴う水路ルート、発電所地点等に対しプレフィージビリティ設計を実施した。

計画策定のための検討項目は次の通りである。

- (i) ダム軸の選定
- (ii) 発電諸施設に対する最適案の検討とプレフィージビリティ設計
- (iii) 工事施工計画及び工事費単価の検討
- (iv) 工事数量及び工事費積算
- (v) 電力及び電力量の算定
- (vi) 経済評価

以上の計画策定の検討作業の流れ図は図6. 1に示されている。

6. 2 計画検討のための仮定及び条件

6.2.1 使用水量

この計画検討での開発率は最大使用水量に対する水車平均流入量の比で定義されている。第1段階での発電施設の最適規模はこの開発率を指標として決定されており、3発電計画の最適規模はSalto Pilao (1) 及びDalbergia 計画については開発率0.7、Benedito Novo 計画は開発率0.6 に対する使用水量に基づいて選定されている。

今回実施された電力についての検討では南部/南東部系統内での電力供給状況より、今後イタジャイ河流域で開発すべき発電計画としてより安い電力量をベースロードとして、CELESCに供給しうる発電所を計画する事を提案している。第1

段階では最も安価な電力量を供給する発電計画が先に示した開発率をもとに選定されている。従って、今回の計画検討は第一段階で適用した開発比での使用水量に基づいて実施する事とした。適用された水車平均流入量、最大使用水量及び開発比は図6. 2に示されており以下の様に要約される。

計 画 名	水車平均流入量	最大使用水量	開 発 比
	(m^3/s)	(m^3/s)	
S.Pilao (1)	50.3	71.9	0.7
Dalbergia	19.3	27.6	0.7
B.Novo	8.4	13.9	0.6

6.2.2 発電計画の評価に対する基準

発電計画の策定においては、サンタカタリナ州の電力需要の90%以上を供給しているELETROSULの電力システムを考慮する必要がある。ブラジル南部の電力システムであるELETROSULは南東部地区の電力システムと連結されている。従って、計画策定に当っては、これら電力システムを統合しているELETROBRASが設定した基準に基づいて検討を進める必要がある。

南部/南東部電力システムではその電力供給源は主として総設備容量の92%を占める水力によって構成されている。この事は、発電が当該地区の水文状況によって大きく左右されている事を意味する。従って、ELETROBRASでは次の様な基準を設定した。

- (1) 常時電力は南部/南東部系統の水文的にクリティカルな期間における平均の発生電力量と定義する。
- (2) 水文的にクリティカルな期間とは上記系統で過去に最も渇水状況になった時期と定義し、1949年4月より1956年11月までの期間としている。この期間については図6. 3に示されており、縦軸には上記系統での全ての既設水力発電所及び提案されている発電所の貯水容量に相当する合計月電力(MW)を表わし、横軸は1931-1982年の期間が示されている。
- (3) 保証電力量は1,000年の統合解析に基づくクリティカルな期間に発生した平均電力に、この系統における電力不足量の一定量を加えたものと定義し、常時電力量の90%として算定される。
- (4) 二次電力量は、常時発生電力量を超えて発生し得る電力量として定義され、通常、長期平均発生電力量と常時電力量の差として算定される。
- (5) 南部/南東部系統での水力発電計画に対する経済評価は、保証電力量に対す

るMWh 当りのコストと電力拡張計画における限界費用との比較によって決定される。

保証電力量に対するMWh 当りのコストは次の式により求められる。

$$CUEG = \frac{CIA - 8.760 \times CRES \times ES - 1.000 \times CMP \times PG}{8.760 \times EG}$$

CUEG ; 保証電力量に対するMWh 当りのコスト (US\$/MWh)

CIA ; 年経費、建設費×0.1009 (耐用年数50年、利率10%の場合の資本回収係数)

CRES ; 2次電力に対する費用 (10US\$/MWh)

ES ; 2次電力(MW)

CMS ; ピーク電力に対する限界費用 (US\$/MW)

PG ; 保証ピーク電力(MW)

EG ; 保証電力(MW)

この公式のうち、ピーク電力に対する限界費用CMP は次の理由によりゼロとみなされている。即ち、南部/南東部系統における電力供給は大部分の水力発電所とごくわずかの火力発電所により行われている。従って、発電はこれら当該地区の水文状況に左右されている。過去の発電記録によると電力量は設備容量の大きさに比べ必ずしも増加していない。換言すれば、現在設備過剰の状況にあると言える。この様な状況よりピーク電力に対する限界費用はゼロとみなしている。

系統における電力拡張計画の限界費用は5年毎で表わされているが、1991年5月に改訂された。改訂された限界費用は次の通りである。

5ヶ年期間	電力拡張計画における限界費用 (US\$/MWh)
1991~1995	45
1996~2000	48
2001~2005	58
2006~2010	71
2011 以後	86

6.3 Salto Pilao (1) 水力発電計画

6.3.1 ダム地点及び型式

第一段階でのマスタープランスタディで提案されたダム軸に加え、2ダム軸比較案が考えられる。これら3ダム軸の位置図は図6.4に示されている。

これら3ダム軸案より最適ダム軸を選出するための比較検討を技術的・経済的観点及び環境上の観点の2点を考慮して行った。経済評価はELETROBRASで規定している保証電力量に対するMWh 当りのコストによって行った。この検討においてダムタイプはダム軸地点の地形及び地質上の状況を勘案し、コンクリート重力式と想定して行った。

ダム軸-Aは考えられる河道の最上流部に位置している。河道幅は約315mで、河道中央部に約30m幅の堆積物が存在する。ダム軸-Bはダム軸-Aの下流約450mに位置する。河道幅は約265mである。ダム軸-Cはダム軸-Bの下流約600mに位置しており、その河道幅は約220mである。これらのダム軸の基礎は花崗岩より成り硬質で締った性質をもつ。

これらのダム軸に対し、発電に対する日調整容量を考慮して次の様な貯水池最高水位(F.S.L)を設定した。

ダム軸	F.S.L (EL,m)
A	330
B	330
C	319

コンクリート重力式ダムに対し次の様な断面を適用した。

- 下流側勾配 ; 垂直
- 下流側勾配 ; 1 : 1
- 天端幅 ; 4.5 m

ダム軸と発電所を結ぶ水路ルートは、支流部の薄いかぶりを避け、極力山岳部の分水嶺に沿ったかぶりの厚い部分を選んで設定した。各ダム軸案に対する水路長は以下の通りである。

ダム軸	水路長 (m)
A	8,100
B	6,940
C	6,550

導水路の内径はマスタープランで適用した 5.2m を採用した。但し、巻き厚は地質状況を考慮して 0.45m とした。調圧水槽は単動式とし、その内径は導水路トンネル径の 4 倍とした。水圧鉄管は地下式とし延長 610m に対し 3.8m の平均内径管路 1 条を採用した。水圧鉄管に対しては地上式案も考えられたが、管路ルート上の地質は約 10m 厚の腐蝕土より成り非常にくずれ易い性質をもっているため、地上式案を採用した場合、これらの地層をとり除くための費用とその防護策費用が高むため、経済的に不利と考えられ、この案は除去された。発電所は幅 27m、長さ 49m の地上式を採用し、発電機器は有効落差及び設備容量の大きさよりフランシスタイプを採用した。送電線は計画地点近くに位置する既存の送電線と当該発電所を結ぶ延長 7 km、138KV 送電線を想定した。以上の計画施設の概要図は図 6. 5 に示されている。

これらの施設諸元に基づいて工事数量を積算した。これにマスタープランで適用した工事単価を乗じて工事費を算出した。算出された各ダム軸案に対する工事費は次の様に要約される。

ダ ム 軸	工事費 (Mill US\$)
A	143.8
B	126.1
C	128.3

これらのダム軸に対する発生電力量は次の様な放水水位 (T.W.L) を想定して算出した。

流 量	T.W.L (EL.m)
常時使用水量	110.5
最大使用水量	110.6

算出された常時発生電力量、保証電力量及び二次電力量は次の通りである。

ダム軸	(単位: GWh)		
	常時電力量	保証電力量	二次電力量
A	762.5	686.4	65.4
B	7661.5	689.5	66.4
C	727.6	654.9	63.1

算出された工事費及び発生電力量に基づいて保証電力量に対するコストを表6.1の様に算定した。算定の結果、ダム軸-BがUS\$ 17.5/MWhで3案中最も低い値を示している。

一方、環境影響調査によると、計画により影響をうける家屋数及び土地面積は次の様になっている。

ダム軸	家屋数	土地面積 (km ²)
A	87	2.59
B	87	2.88
C	9	0.33

上表に示す様にダム軸-A又はBが選定された場合、河岸沿い住民に対するかなりの影響が考えられる。又、ダム軸-Aの直上流左岸には保養地が位置しており、ダム軸-A又はBが選出された場合、その殆どが水没する恐れがある。又貴重な鳥獣類の生息に森林の保護は重要である。ダム軸-A及び-Bが採用された場合多くの森林が水没する。水没する森林面積はダム軸-Cの場合が最少となる。又、ダム軸-A及びBの場合の湛水位が上流部リオドスル市の上流まで達する。湛水位は現河道内に限定されるが通常水位に比べ1~1.5 m程度上昇するため、沿岸住民の洪水の脅威に対する心理的な影響が考えられる。一方、ダム軸-Cの場合の湛水位はおよそダム軸より 0.8kmに達するのみである。

保証電力量のコストで第2番目に低いケースはダム軸-C案のUS\$18.8/MWhである。ダム軸-B案とC案の保証電力量のコストの差はUS\$0.7/MWhでダム軸-B案のケースの保証電力量に対するダム軸-C案のそれは約5%減である。

以上の状況より今後のスタディに対し、ダム軸-C案を採用する事とした。

6.3.2 施設に対する最適案検討及びプレフィージビリティ設計

(1) 河流処理

本工事实施前の河流処理工事は仮排水路トンネル及び上下流仮締切り工事より成る。計画ダム地点は大きく左回する河道蛇行部の直下流部に位置しているので、仮排水路トンネルはそのルートを上流部でU型に曲げた形に設定した。ダムタイプがコンクリート重力式である事より、仮排水路トンネルの設計洪水ピーク流量は2年確率流量 1,100m³/secを採用した。仮締切り高を極力低くおさえるため、フリーフロータイプの仮排水路トンネルとした。仮排水路トンネル長は 560mである。仮排水路トンネルに対する水理計算の結果、トンネル径

は 9.8m、 $1,100\text{m}^3/\text{sec}$ を流下させるための最高水位は 319.3mとなった。ダム上流側にはコンクリート締切り堤を計画したが、その天端高は 0.7mの余裕高を見込み、標高 320mとした。この締切り堤の最大高さは17mである。

(2) ダム

ダム地点の両岸は相対的な高さが50m程の丘陵地をなしている。河道幅は 220 mである。ダムタイプとして地形、地質状況よりコンクリート重力式を採用した。

ダム基礎の地質状況より基礎の掘削深は河床部 2 m、両岸部10mと推定された。貯水池容量は乾期においても常時使用水量規模の河川流量で設備容量一杯までの出力が可能となる様に計画した。設定した日調整容量は $622,000\text{m}^3$ で満水位をEL.319mに設定した。ダムの断面は安定計算に基づいて検討され、次に示す断面が採用された。

- 上流側勾配 ; 垂直
- 下流側勾配 ; 1 : 1
- 天端幅 ; 4.5 m
- 余裕高 ; 1.5 m

計画されたダムは堤長 260m、天端標高320.5 m、最大高さ20.5mとなっている。

(3) 余水吐

地形的状況を勘案し、ゲート付溢流型余水吐をコンクリートダム内に計画した。このゲート付余水吐は洪水に対しダムの安全を確保する事と発電に対する日調整容量を確保する事の2つの機能をもつ。

余水吐は溢流堰、シュート部及び減勢池より構成される。余水吐の設計に対しては 200年確率洪水の $5,700\text{m}^3/\text{sec}$ が採用された。溢流堰の幅員はダム地点の上・下流の河道の流路面積及びゲートの縦横比等を考慮して16.5m幅のローラーゲート4門の66mとし、全幅を78mとした。溢流堰高は有効幅員及び設計洪水ピーク流量を基に水理計算を行い、標高 306.1mに設定した。ゲート操作台は標高 338mに設定した。溢流堰より流下した洪水のエネルギーを減少させるため、余水吐シュート部下部より長さ55mの水平減勢池を設置した。

この計画は発電単一目的であるので、洪水流量は原則として流入=流出のルールに基づいて流下させる事とし、又ゲートは発電のための満水位を維持する様に操作されるものとする。

(4) 取水施設

取水施設は導水路ルートをかぶりの厚い山岳部に位置させる関係上、貯水池方向にむけて設置した。導水路へ浮遊土砂が流入するのを避けるため沈砂池を設置した。沈砂池の規模及び底部標高は最高運転水位及び最低運転水位における流速及び地形的状況を勘案し決定した。その結果、長さ48m、幅36m、取り入れ口標高 307mの沈砂池とした。さらに高さ4m、幅15mの土砂吐ゲートを取水部に設置した。又、沈砂池及び導水路トンネルの維持管理上2門のローラーゲートを沈砂池前面に配置した。

ダム地点における各種施設の概要図は図6. 6に示されている。

(5) 導水路トンネル

発電所地点はスピタ附近のイタジャイ河右岸に位置している。ダム地点と発電所を結ぶ水路ルートは次の条件を考慮して決定した。

- (i) ダム地点と発電所を結ぶ距離は極力短い事
- (ii) トンネル掘削に必要なかぶりを確保し、さらに地質的な断層帯を避けるため山岳部の嶺線を結ぶルートを選定する事。

以上の条件を満たすため図6. 7に示すルートが設定された。導水路トンネル延長は 6,805mである。

導水路トンネルの内径は経済比較及びトンネル維持管理上よりみた制限流速の2点より検討し決定した。

導水路トンネルは圧力式タイプ、円形として設計した。経済比較はまず、各種内径を想定したトンネルに対する工事費より求めた年経費及び損失水頭に相当する年電力料金を算出し、その合計額が最少値となる内径を選定した。この経済比較の結果 4.5mが最低値となった。一方、トンネル内の許容流速は 2.5～3.5 m/secに規定されている。最大使用水量71.9m³/secは河川流量が十分利用し得る期間に流下する。この場合の流速は 4.5m/secとなる。許容流速以内に流速を下げるためにはトンネル内径を 5.2mとする必要があり、この場合の流速は 3.4m/secである。従って、導水路トンネル内径は 5.2mとした。

(6) 調圧水槽

4種類の調圧水槽が考えられるが、そのうちで水衝圧及び負荷変動による水位変化等に対し比較的安定性のある単動調圧水槽を採用した。調圧水槽の規模は動的安定条件を満足させる様に検討し決定した。その結果、内径20m、底部標高 283.5m、頂部標高 338.5mの単動調圧水槽を設定した。次に述べる水圧

鉄管路が地下傾斜式を採用している事を考慮し、図6. 8に示す様に地下埋設式コンクリート構造とした。水槽の巻き厚は調圧水槽が非常に堅固な性質をもつ流紋岩層に設置される事より1mとした。

(7) 水圧鉄管

水圧鉄管には地上傾斜式と地下傾斜式が考えられるが、地上式を採用した場合、鉄管ルート上の地質が約10mの腐蝕土より成り非常に崩壊し易い性質をもっているため、これらの莫大な掘削及びそれに伴う掘削面保護工が非常にコスト高となり経済的に不利となる。従って、この計画では地下傾斜式を採用した。管路長は上部水平部70m、傾斜部 232m、下部水平部 252mの総延長 505mより成る。

鉄管路の内径は経済比較と許容流速の両面より検討した。経済比較検討の結果、3.8mの平均内径のケースが最低値となった。一方、鉄管路の維持操作上よりみた許容流速は7m/sec以下とされている。平均内径3.8mのケースに対し最大使用水量71.9m³/secが流下した場合の流速は6.3m/secとなる。従ってトンネル平均掘削径はトンネル内巻厚部での作業スペース0.4mと余掘0.1mを見込んだ4.8mとした。水圧管路は一条とし発電所直上流部で二条に分岐する様に設計した。水圧鉄管路の一般概要図は図6. 8に示されている。

(8) 発電所及び放水路

地上式発電所をスピダ上流0.7kmのイタジャイ河右岸部に計画した。地質調査の結果によると発電所地点は破碎帯を含む流紋岩が地表より約12mまで分布している。

この様な地質条件及び河川水位を考慮し、常時放水位より3.3m低い標高107.2mに水車中心を設定した。ドラフト管路の最低標高を100mとした。又、発電所の数高は100年確率洪水にも対処しうる様にこれに対する洪水位より1.75m高い標高120mに設定した。決定した発電所規模は幅34m、長さ50m、高さ33.2mである。放水路はイタジャイ河まで延長40mの開水路構造物とした。発電所の一般概要図は図6. 9に示されている。

(9) 発電施設

水車発電機二基及びその付属機器を計画した。これらの機器設置のため130t容量移動式クレーン一基を設置した。屋外開閉所には138KV開閉施設を設置した。

有効落差及び定格出力などを考慮し、水車は縦軸フランシスタイプとし、その諸元を次の様に計画した。

(i) 水理条件

－貯水位

最高運転水位 ; 319 m

最低運転水位 ; 317 m

定格水位 ; 319 m

－放水水位 ; 110.5 m

－総落差

最大 ; 208.5 m

最少 ; 206.5 m

－定格落差 ; 191.9 m

－最大使用水量 ; 71.9 m³/sec

(ii) 水車

－型式 ; 縦軸フランシス型

－定格 ; 191.9 m

－台数 ; 2

－定格出力 ; 58.8MW

－速度 ; 360rpm

発電機は水車との連繫上、縦軸交流型とし、次の様な諸元とした。

－型式 ; 半傘型

－台数 ; 2

－定格出力 ; 56.8MW

－定格容量 ; 66.8MVA

－定格電圧 ; 13.8KV

(10) 送電線

138KV 送電線を計画し、これをリオドスルとブルメナウを結ぶ既設の138KV 送電線に連結させる事とした。計画された送電線延長は約7kmである。

6.3.3 発電出力及び発電力量の算定

これまでに決定した発電主要施設の規模に基づいて発電出力及び発電力量を次の条件に基づいて算定した。

- 常時水位 ; 319 m
- 放水水位 ; 110.5 m
- 常時使用水量 ; 50.3 m³/sec
- 最大使用水量 ; 71.9 m³/sec
- 最大使用水量を超える流量を除く長期平均流量 ; 55.1m³/sec
- 発電機器の総合効率 ; 0.84

以上の条件に基づいて算定された設備容量、常時電力量、平均電力量、二次電力量及び保証電力量は次の通りである。

- 設備容量 ; 113.6MW
- 常時電力量 ; 726.901MWh
- 平均電力量 ; 789.910MWh
- 二次電力量 ; 63.009MWh
- 保証電力量 ; 654.211MWh

6. 4 Dalbergia 水力発電計画

6.4.1 ダム地点及び型式

3ダム軸比較案を設定し、この中より先の6.3.1 項で述べた手法により比較検討を行い最適ダム軸案を選出した。3ダム軸案の位置図は図6. 10に示されている。

これら3ダム軸地点はV字形の河道に位置し、河床は堅固な岩盤となっている。又、3ダム軸地点とも地形的にダムに接近して余水吐を設置するスペースがないのでゲート付余水吐をもつコンクリート重力式ダムを想定した。

ダム軸-Aは考えられ得る河道の最上流部に位置している。河道幅は約 310mである。ダム軸-Bはダム軸-Aの下流約 800mに位置する。河道幅は約 240mである。ダム軸-Cはダム軸-Bより下流 1,000mに位置し、その河道幅は約 250 mである。3ダム地点とも基礎は比較的堅固な性質をもつ片麻岩より成る。

発電に対する日調整容量を確保するため貯水池の最高運転水位 (F.S.L) を次の様に設定した。

ダム軸	F.S.L (EL, m)
A	232
B	227
C	215

コンクリート重力式ダムに対し、Salto Pilla (1) 計画で適用したダム断面を3ダム軸案に適用した。

ダム地点より発電所までの水路ルートは、比較的かぶりの厚い山岳嶺線を選んで設定した。各案に対する水路長は以下の通りである。

ダム軸	水路長 (m)
A	9,800
B	9,000
C	9,000

導水路トンネルの内径はマスタープランで適用した 3.6mを採用した。但し、巻き厚は地質状況を勘案し 0.3mとした。調圧水槽は単動式を想定した。内径を導水路トンネルの4倍とした。水圧鉄管は地下式を採用し、その平均内径を 2.9 mとした。水圧鉄管路の総延長は 350mである。発電所は幅22.5m、長さ41.5mの地上式とし、発電機器は縦軸フランシス型を採用した。発電所よりイビラマの既存変電所まで23KV、延長2kmの送電線を想定した。計画の一般概要図は図6.11に示されている。

以上の計画施設規模に基づいて各ダム軸案に対する工事数量を算出した。これにマスタープランで適用した工事単価を乗じ工事費を積算した。積算結果は次の様に要約される。

ダム軸	工事費 (Mill US\$)
A	85.3
B	67.0
C	67.8

各ダム軸案に対する発電力量は次の様に放水水位 (T.W.L) を想定して算出した。

流 量	T.W.L (EL; m)
常時使用水量	133.5
最大使用水量	133.6

算定された常時電力量、保証電力量及び二次電力量は次の通りである。

(単位：MWh)

ダム軸	常時電力量	保証電力量	二次電力量
A	124.2	111.8	13.4
B	118.2	106.4	12.9
C	101.8	91.6	10.6

算出された工事費及び電力量に基づいて保証電力量に対するコストを表6.1の様に算定した。このうちで最も低い値はダム軸-B案の\$64.2/MWhである。

一方、環境影響調査によると、計画によって影響を受ける家屋数及び土地面積は次の様になっている。

ダム軸	家屋数	土地面積 (km ²)
A	17	0.19
B	17	0.25
C	20	0.16

上表でみる限り3案とも影響度はほぼ同じと考えられる。

以上の事よりダム軸-B案を今後の検討対象として選定した。

6.4.2 施設に対する最適案検討及びプレフィージビリティ設計

(1) 河流処理

ダム地点は大きく左回した河道蛇行部の中間部に位置しているため、仮排水路トンネルをこのV字形河道部をショートカットする形で左岸部に設置した。設置されたトンネル延長は155mである。次の項で述べてある様にダムタイプとしてコンクリート重力式が採用されているので仮排水路トンネルの設計洪水流量として2年確率流量770m³/secを採用した。

上流側仮締切り堤の高さを極力低くおさえるため、フリーフロータイプの仮排水路トンネルとした。水理計算の結果、トンネル内径は6.8m、776m³/secが流下する時の最高水位は222.2mとなる。上流側のコンクリート重力式仮締切り堤高は0.8mの余裕高を見込み、標高223mとした。設定された仮締切り堤の最大高は13mである。

(2) ダム

ダム地点の両岸は相対的高さが50～60mの丘陵部より成る。河道幅は約240mである。河岸全幅に亘って片麻岩が分布している。ダム地点右岸は崖錐で覆われ、左岸は強風化岩である。地形及び地質状況よりコンクリート重力式ダムとした。ダム基礎の掘削深さは河道部で2m、左岸部15m、右岸部10mを見込んでいる。余水吐の中心を河心に位置させるためダム軸は鈍角に曲げて設定した。発電に対する日調整容量 239,000m³を確保するため満水位を標高 227mとした。ダム断面は安定計算に基いて次の様に決定した。

- 上流側勾配 ; 垂直
- 下流側勾配 ; 1 : 0.85
- 天端幅 ; 4.5 m
- 余裕高 ; 1.5 m

上記に基いて計画されたダムは堤長 392m、天端高EL 228.5m、最大高さ 22.5mである。

(3) 余水吐

地形的な制約より溢流型ゲート付余水吐をコンクリートダム内に設置した。余水吐に対する設計洪水量として 200年確率洪水量の 4,100m³/secを適用した。溢流幅はダム地点の上、下流の河道の通水面積及びゲートの縦横比を勘案して計画した。その結果、12.5m幅のローラーゲート7門より成る87.5mの溢流幅とした。総溢流幅は 111.5mである。溢流堰高は6.2.3 (3) 項で述べた手法により検討し、標高 218.5mとした。ゲート操作台は標高 241.5mとした。溢流堰より流下した洪水のエネルギーを減少させるため長さ50mの水平減勢池を設置した。

(4) 取水施設

取水施設はダム地点右岸部に河道に対しほぼ直角の方向に設置した。取水口よりの浮遊砂の流入を避けるため沈砂池を設置した。沈砂池の規模及びその敷高は最高運転水位及び最低運転水位における流速及び地形条件を基に計画し、長さ26m、幅25m、敷高をEL 220.5mとした。さらに取水口前部に高さ11.5m、幅10mの土砂吐ゲートを設置した。又、沈砂池及び導水路トンネルの維持管理上、沈砂池前部に2門のローラーゲートを配置した。ダム地点における主要施

設の概要は図6. 12に示されている。

(5) 導水路トンネル

発電所地点はイピラマ市の下流 Itajai do Norte川の右岸に位置している。ダム地点と発電所を結ぶ水路ルートは6.3.2 (5) 項の条件を考慮して図6. 13に示すルートを決した。導水路トンネル延長は 8,720mである。

トンネル内径は経済比較及び許容流速の2点より検討した。トンネルは圧力式円形断面とした。経済比較の結果、3.6mが最低値となった。一方、最大使用水量 $27.6\text{m}^3/\text{sec}$ が流下した場合の流速は $2.7\text{m}/\text{sec}$ でこれは許容流速 $2.5\sim 3.5\text{m}/\text{sec}$ 以内にある。従って、導水路トンネル内径は 3.6mとした。

(6) 調圧水槽

調圧水槽の型式として単動式を採用した。水槽内径は動的安定条件を満たす様に検討し決定した。その結果、内径は14m、底部標高 182.6m、頂部標高 243.5 mとした。次項に述べてある様に水圧鉄管が地中式である事より図-6. 14に示す様に調圧水槽を地中埋設式とした。水槽地点が堅固な片麻岩より成る事より巻き厚を1 mとした。

(7) 水圧鉄管

水圧鉄管路は地上傾斜式と地下傾斜式が考えられるが、地上案の場合、ルート上の地質が10m以上の腐蝕土より成り非常に滑動し易い性質をもつため、全て除去する必要があり、このために莫大な掘削と法面保護が必要となることから経済面よりみて不利と考えられる。従って、地下式案を採用した。鉄管ルート長は上部水平部23m、傾斜部71m、下部水平部 430mの全長 524mとした。

水圧鉄管路平均内径は、経済比較と許容流速の2点より検討した。経済比較では、2.9mのケースが最低値となった。一方、この場合の最大使用水量 $27.6\text{m}^3/\text{sec}$ に対する流速は $4.1\text{m}/\text{sec}$ となり、許容流速 $7\text{m}/\text{sec}$ 以内となっている。従って、トンネル平均掘削径は巻厚部での作業スペース 0.4m、余掘り 0.1mを見込んだ 3.9mとした。水圧鉄管路は発電所直上流部で2条に分岐する様に計画した。水圧鉄管の一般概要図は図6. 14に示されている。

(8) 発電所及び放水路

発電所は地上式とし、イピラマ市下流約2kmのItajai do Norte川右岸に位置する。地質調査によると地表より11m以下に新鮮で堅固な片麻岩が分布して

いる。

河川水位及び地質状況より水車中心標高を常時放水位より 3.6m 低い標高 129.9 m に設定した。ドラフト管の最低標高は 125.4m とした。発電所敷高は 100 年確率洪水に対処すべく、これに対する洪水位より 2m 高い 145m とした。計画された発電所は幅 23.6m、長さ 35m、高さ 30.4m である。発電所より Itajai do Norte 川まで延長 25m の開水路型放水路を配置した。発電所の一般概要図は図 6. 15 に示されている。

(9) 発電施設

水車発電機二基及びその付属機器を計画した。これらの機器設置のため 30 t 容量移動式クレーン一基を設置した。屋外開閉所には 23KV 開閉施設を設置した。

有効落差及び定格出力等を考慮し、水車は縦軸フランシスタイプとし、諸元を次の様に計画した。

(1) 水理条件

—貯水位

最高運転水位 ; 227 m

最低運転水位 ; 226.2 m

定格水位 ; 227 m

—放水位 ; 133.5 m

—総落差

最大 ; 93.5m

最小 ; 92.7m

—定格落差 ; 74.1m

—最大使用水量 ; 27.6m³/sec

(11) 水車

—型式 ; 縦軸フランシス型

—定格 ; 74.1m

—台数 ; 2

—定格出力 ; 8.7MW

—速度 ; 514rpm

・発電機は水車との連繫上縦軸交流型とし、次の様な諸元とした。

—型式 ; 縦軸普通型

—台数 ; 2

- 定格出力 ; 8.4MW
- 定格容量 ; 9.9MVA
- 定格電圧 ; 6.6KV

(10) 送電線

当発電所とイピラマの既設変電所を結ぶ延長2kmの23KV送電線を計画した。

6.4.3 発電出力及び発電力量の算定

これまでに決定した発電主要施設の規模に基づいて発電出力及び発電力量を次の条件に基づいて算定した。

- 常時水位 ; 227 m
- 放水水位 ; 133.5 m
- 常時使用水量 ; 19.3 m³/sec
- 最大使用水量 ; 27.6 m³/sec
- 最大使用水量を超える流量を除く長期平均流量 ; 22.1m³/sec
- 発電機器の総合効率 ; 0.84

以上の条件に基づいて算定された設備容量、常時電力量、平均電力量、二次電力量及び保証電力量は次の通りである。

- 設備容量 ; 16.8MW
- 常時電力量 ; 117.048MWh
- 平均電力量 ; 129.248MWh
- 二次電力量 ; 12.200MWh
- 保証電力量 ; 105.343MWh

6.5 Benedito Novo 発電計画

6.5.1 ダム地点及び型式

3ダム軸比較案を設定し、この中より最適ダム軸案を6.3.1項に述べた手法により選定した。3ダム軸の位置は図6.16に示されている。

3ダム軸地点の地形はほぼV字形で基礎岩盤も堅固な片麻岩より成る事より、ダム型式としてコンクリート重力式を採用した。

ダム軸-Aは考えられ得る河道部最上流部に位置しており、河道幅は約130mである。ダム軸-Bはダム軸-Aの下流約250mの約25m高の急傾斜部の中間部

に位置する。河道幅は約 170mである。ダム軸-Cはダム軸-Bの約 250m下流の急傾斜部直下流部に位置する。河道幅は約 130mである。

これらのダム軸案に対し発電のための日調整容量を確保するため、満水位 (F.S.L) を次の様に設定した。

ダム軸	F.S.L (EL. m)
A	290
B	287
C	277

ダム断面はSalto Pilao (I) 計画と同じものを採用した。

ダム地点より発電所地点までの水路ルートは山岳部のかぶりの厚い嶺線を選んで設定した。それぞれのケースに対する水路長は次の通りである。

ダム軸	水路長 (m)
A	2,800
B	2,560
C	2,000

導水路トンネルの内径はマスタープランで適用した 2.8mを採用した。巻き厚はルート上の地質状況を考慮し 0.3mとした。調圧水槽は単動式とし、その内径を導水路トンネル径の4倍とした。水圧鉄管は地下傾斜式とし全延長 390mとした。鉄管平均内径は 2.2mを採用した。発電所は幅21m、長さ38.5mの地上式とし、発電機器は縦軸フランス型を採用した。送電線はイビラマの既設変電所まで延長17km69KV送電線を想定した。計画の一般概要図は図6. 17に示されている。

それぞれのケースに対する施設規模に基づいて工事数量を算出した。これにマスタープランで適用した工事単価を乗じ工事費を積算した。積算された工事費は次の様に要約される。

ダム軸	工事費 (Mill US\$)
A	32.2
B	33.3
C	31.1

各ダム軸案に対する発生電力量は次に示す放水水位 (T.W.L)を想定して算出した。

ダム軸	T.W.L (EL, m)
常時使用水量	154.2
最大使用水量	154.3

算定した常時発生電力量、保証電力量及び二次電力量は次の通りである。

(単位: GWh)

ダム軸	常時電力量	保証電力量	二次電力量
A	80.6	72.6	12.8
B	78.9	71.0	12.5
C	73.1	65.7	11.7

算定した工事費及び電力量に基づいて保証電力量に対するコストを表6. 1の様に算定した。この表によると、コストの最低値はダム軸-A案でUS\$43/MWhとなっている。

一方、環境影響調査によると、計画によって影響をうける家屋数及び土地面積は次の様になっている。

ダム軸	家屋数	土地面積 (km ²)
A	112	0.31
B	28	0.17
C	23	0.03

上表によるとダム軸-Aを適用した場合、その影響が極めて大きく、ダム軸-C案の影響度が最も小さい。保証電力量のコストが第二番目に小さいのは、ダム軸-B案のUS\$45.6/MWhである。ダム軸-C案の保証電力量のコストはUS\$45.9/MWhでダム軸-Aとの差はUS\$2.9/MWhで、又、ダム軸-Aの保証電力量に対するダム軸-C案のその減少は約9%である。

以上の検討結果より今後の検討対象としてダム軸-C案を採用する事とした。

6.5.2 施設に対する最適案検討及びプレフィージビリティ設計

(1) 河流処理

ダム地点は河道が大きく左回した蛇行部の中間部に位置しているため、仮排水路トンネルはその蛇行部をショートカットする形で設定した。設定されたト

ンネル延長は 155m である。ダム型式は次項で述べてある様に、コンクリート重力式を適用しているため、仮排水路トンネルに対する設計洪水量は 2 年確率洪水量の 280 m³/sec とした。

上流側仮締切り堤としてコンクリート重力式を採用する事とした。この堰高を極力低くするため仮排水路トンネルはフリーフロータイプとした。水理計算の結果、トンネル内径は 4.5m、280m³/sec を流下する時の最高水位は 269.7m となる。上流側仮締切り堤天端高は 0.8m の余裕高を見込み EL.270.5m とした。最大堰高は 10.5m である。

(2) ダム

ダム地点の両岸は相対的な高さが左岸部で 40m、右岸部で 160m 程の山地部より成る。河道幅は約 130m で花崗岩を混じえた片麻岩より構成されている。左岸部は風化した片麻岩に覆われており、又、右岸は崖錐の堆積物が覆っている。ダム地点の地形はほぼ V 字形となっている。このような地形、地質状況より、ダム型式としてコンクリート重力式を採用した。掘削深さは河床部で 2m、左岸部で 5m、右岸部で 3~5m を見込んでいる。発電のための日調整容量 158,000 m³ を確保するため最高運転水位を EL.277m に設定した。ダム断面は安定計算により検討し、次の断面を適用した。

- 上流側勾配 ; 垂直
- 下流側勾配 ; 1 : 0.9
- 天端幅 ; 4.5 m
- 余裕高 ; 1.5 m

設定されたダムは堤長 136m、天端高 EL.278.5m で最大高は 24.5m である。

(3) 余水吐

地形的に余水吐をダムに接近して設置する事は不利と考えられるので、溢流型ゲート付余水吐をダム堰体内に設置する事とした。余水吐に対する設計洪水量として 200 年確率洪水量の 1,500m³/sec を適用した。溢流幅はダムの上、下流の河道の通水面積とゲートの縦横比等を勘案して決定した。計画された溢流幅は 17m 幅のローラーゲート 2 門より成る 43m とした。溢流天端高は 6.3.2 (3) 項で述べた手法により検討し、EL.263.9m とした。溢流堰より流下した洪水流量を減勢させるため長さ 50m の水平減勢池を設置した。

(4) 取水施設

取水施設はダム右岸部にダム軸に対しほぼ直角の位置に設置した。取水口よりの浮遊砂の流入を防ぐため沈砂池を計画した。沈砂池の規模及びその敷高は最高運転水位及び最低運転水位での流速及び地形的状況を基に検討した。その結果、長さ40m、幅24mの沈砂池2基を配置する事とした。沈砂池の敷高はEL. 267mである。さらに幅4m、高さ8mの土砂吐ゲートを取水口前部に配置した。沈砂池及び導水路トンネルの維持管理用として2門のローラーゲートを沈砂池前部に設置した。ダム地点での主要施設の概要は図6. 18に示されている。

(5) 導水路トンネル

発電所地点はベネディトノボ市の上流のBenedito川の右岸部に位置している。ダム地点と発電所を結ぶ水路は6.3.2 (5) 項で述べた条件を勘案し、図6. 19に示すルートが設定された。トンネル全長は1,815mである。

導水路の内径は経済比較と許容流速の2点より検討した。導水路トンネルは圧力式で円形断面とした。経済比較の結果、内径2.8mのケースが最低値となった。このケースに対し最大使用水量13.9m³/secが流下した場合の流速は2.3 m/secで、これは許容流速2.5~3.5 m/sec以内となっている。この事より内径2.8mを採用した。

(6) 調圧水槽

単動調圧水槽を6.3.2 (6)項で述べた理由により適用した。調圧水槽の内径は動的安定条件を基に検討し、10mに決定した。計画された調圧水槽は底部標高255.1m、頂部標高286.4mである。次に述べる水圧鉄管が地下式を採用している事を勘案し、調圧水槽は地下埋設式とした。水槽の巻き厚は地質状況を考慮して1mとした。

(7) 水圧鉄管

水圧鉄管は鉄管ルート上の地質状況より地下傾斜式を採用した。鉄管ルートの総延長は上部水平部10m、傾斜部135m、下部水平部310mの455mとした。鉄管内径は経済比較と許容流速の2点より検討した。経済比較の結果、平均内径2.2mのケースが最低値となった。このケースに対し最大使用水量が流下した場合の流速は3.7m/secで、これは許容流速7 m/sec以内にある。従って、トンネル巻厚部の作業スペース0.4m、余裕0.1mを見込み平均掘削内径は3.2mとした。鉄管路の概要図は図6. 20に示されている。

(8) 発電所及び放水路

地上式発電所をベネディトノボ市直上流のBenedito川右岸部に計画した。地質調査の結果では堅固な片麻岩が地表より5～14mに分布している。

この地質状況及び河川水位を考慮の上、水車中心標高を常時放水位より2.1m低い標高152.1mに設定した。ドラフト管の最低標高は147.9mとした。又、発電所の敷高は100年確率洪水にも対処しうる様、これに対する洪水位より1.85m高い標高159mとした。決定した発電所規模は幅21.1m、長さ30.8m、高さ21.6mである。放水路はベネディト川まで延長45mの開水路構造物とした。発電所及び放水路の一般概要図は図6. 21に示されている。

(9) 発電施設

水車発電機二機及びその付属機器を計画した。これらの機器設置のため20t容量移動式クレーン一基を設置した。屋外開閉所には69KV開閉施設を設置した。

有効落差及び定格出力等を考慮し、水車は縦軸フランシスタイプとし、その諸元を次の様に計画した。

(i) 水理条件

－貯水位

最高運転水位 ; 277 m

最低運転水位 ; 270 m

定格水位 ; 277 m

－放水位 ; 154.2 m

－総落差

最大 ; 122.8m

最少 ; 115.8m

－定格落差 ; 115.0m

－最大使用水量 ; 13.9m³/sec

(ii) 水車

－型式 ; 縦軸フランシス

－定格 ; 115m

－台数 ; 2

－定格出力 ; 6.8MW

－速度 ; 720rpm

発電機は水車との連繫上縦軸交流型とし、次の様な諸元とした。

- 型式 ; 縦軸普通型
- 台数 ; 2
- 定格出力 ; 6.6MW
- 定格容量 ; 7.8MVA
- 定格電圧 ; 6.6KV

(10) 送電線

当発電所とTimboの既設変電所を結ぶ延長17km、69KV送電線を計画した。

6.5.3 発電出力及び発電量の算定

これまでに決定した発電主要施設の規模に基づいて発電出力及び発電量を次の条件に基づいて算定した。

- 常時水位 ; 277 m
- 放水水位 ; 154.2 m
- 常時使用水量 ; 8.4 m³/sec
- 最大使用水量 ; 13.9 m³/sec
- 最大使用水量を超える流量を除く長期平均流量 ; 9.8 m³/sec
- 発電機器の総合効率 ; 0.84

以上の条件に基づいて算定された設備容量、常時電力量、平均電力量、二次電力量及び保証電力量は次の通りである。

- 設備容量 ; 13.2MW
- 常時電力量 ; 72.689MWh
- 平均電力量 ; 84.097MWh
- 二次電力量 ; 11.408MWh
- 保証電力量 ; 65.420MWh

7. 工事計画及び工事費積算

7. 1 Salto Pilao (1) 発電計画に対する工事計画及び工事費積算

7.1.1 工事計画に対する条件

工事計画に対し次の条件を設定した。

- (i) 工事規模の大きさを勘案し、工事は国際入札により選定された業者により実施されるものとする。
- (ii) リオドスル観測所における日雨量記録及び国内での祭日及び日曜等を勘案し、年間稼働日数を日降雨量が10mm以下の 250日と設定する。日作業時間は8時間とした。但し、トンネル工事に対しては2シフト制を採用し、合計作業時間を15時間とする。
- (iii) 使用する工事用機械は部品の調達のを考え、原則として一般に普及しているものを採用する。

7.1.2 工事工程

図7. 1に当計画のフェージビリティスタディより工事終了までの全工程を示す。工事工程は6ヶ月間の準備工事を含む4年間で実施する事とした。工事工程の詳細は図7. 2に示されている。

7.1.3 工事計画

(1) 河流処理工事

ダム地点の左岸部に建設される仮排水路トンネルは馬蹄形断面の内径 9.8m、延長 560mである。施工期間は6ヶ月を予定する。主な工事量は掘削 160,600 m³、コンクリート工26,600m³である。岩盤状況を考慮し、全断面掘削工法を採用し、6ブーム型ドリルジャンボ、サイドタンブ型ショベル、ダンプトラックの組合せにより掘削を行い、1.2mピッチでH-鋼支保工を設置する。コンクリートはスライディング型枠、コンクリートポンプ、アジテータートラックの組合せにより打設する。

上下流の第一次仮締切は仮排水路トンネル完成後直ちに土堰堤により建設する。引き続き上流側に高さ17mのコンクリート重力式の第二次仮締切堤を建設する。所要コンクリート量は32,300m³である。シュートによる打設方法を採用し、コンクリートポンプ及びアジテータートラックを使用し打設を行う。

全工事終了時、仮排水路トンネルはローラゲートにより閉塞し、プラグコン

クリートによりトンネルの閉塞を行う。プラグコンクリート工事はアジテータートラック、コンクリートポンプ、グラウトポンプを併用して実施する。

(2) 主要工事

i) ダム及び余水吐

最大高さ20.5m、70,600 m^3 のコンクリート重力式ダムを建設する。ダム基礎掘削はその両岸部を河流処理前より開始する。河床部掘削は第一次仮締切堤の建設に引き続き実施する。

掘削数量は110,000 m^3 である。掘削はリッパ付32tブルドーザー、10 m^3 /分クラスのクローラードリル、2.2 m^3 のトラクターショベル、11t級ダンプトラックを使用し実施する。掘削ずりは土捨場に運搬する。基礎処理としてコンソリデーション及びカーテングラウティングをクローラードリル、ボーリングマシン、グラウトポンプ、コンクリートミキサーを用いて行う。グラウト総量は6,400 m^3 である。基礎処理後、コンクリート打設をシュート方式によりコンクリートポンプを使用して行う。このため、コンクリートプラント(90 m^3 /時間)をダム付近に設置するものとする。余水吐部のコンクリートはダムコンクリートに引き続いて打設する。余水吐ゲートの据付けはダムの土木工事が終了後行う。ダム工事全体を41ヵ月で完了させるものとする。

ii) 取水口施設及び導水路トンネル

沈砂池付取水口施設をダム右岸部に建設する。取水施設のための掘削は317,000 m^3 となる。掘削はブルドーザー、クローラードリル、クローラローダー、ダンプトラックにより行う。コンクリート打設量は40,800 m^3 でシュート方式によりコンクリートポンプを使用し打設する。取水施設は上流貯水池方向に建設されるので、構造物の基礎部分にリムグラウトを実施する。取水施設に対するゲートは取水施設の土木工事終了後その据付けを行う。

全長6,305m、内径5.2mの円形断面導水路トンネル工事はこの発電工事のクリティカルな工事となると考えられるので、準備工事完了後直ちに実施する。主な工事量は掘削217,000 m^3 、コンクリート57,300 m^3 である。極力工事期間を短縮するために図7.3に示す様に2ヵ所に作業横坑を設置し、2区間に分けて施工する。横坑長はそれぞれ900m、150mである。導水路トンネル工事は41ヵ月で完了させるものとする。掘削工事は全断面掘削工法を採用し、6ブーム型ドリルジャンボを使用して行う。掘削岩のうち60%はコンクリート骨材用として骨材集積場に運搬される。残りは土捨場へ運搬する。運搬はクローラローダー、ダンプトラックを使用して行う。支保工は110

m区間の断層部と 500mのかぶりの薄い坑口部分に設置する。コンクリートはアーチ部とインバート部分に分けてコンクリートポンプ、アジテータートラックを併用して打設する。3 mピッチのコンソリデーショングラウトを前述の 110m、500m区間に実施する。

iii) 調圧水槽

内径20m、高さ55mの単動調圧水槽を導水路末端部に建設する。工事数量は掘削 183,200 m^3 、コンクリート 4,150 m^3 である。掘削工事はパイロット先行拡大方式によりレイズクライマー、レグドリル、クローラーローダー等を併用して行う。掘削は導水路トンネル部より行い、No.2の横坑を通じて掘削岩を土捨場へ運搬する。コンクリート打設はコンクリートポンプ及びアジテータートラックにより下端より上方に向けて進めるものとする。コンクリート打設後3 mインターバルのコンソリデーショングラウトを実施する。

iv) 水圧鉄管

全長 505m、平均内径 3.8mの地中式水圧鉄管を建設する。主要工事量は掘削19,000 m^3 、コンクリート 4,100 m^3 、1,710 tの鉄管据付け工事である。工事は19ヵ月で行うものとする。掘削工事は上部水平部と下部水平部より調圧水槽下部近くに設けられたNo.2作業横坑及び発電所近くに設けられた長さ250 mのNo.3作業横坑を通じて行うものとする。傾斜部分の掘削はパイロット先行拡大方式により行う。

掘削岩土はNo.2、No.3横坑を通じて土捨場へダンプトラックにより運搬される。掘削完了後、鉄管路の据付を行い、鉄管と掘削岩盤との間にコンクリートポンプ及びアジテータートラックによりコンクリートの充填を行う。さらに3 mピッチのコンソリデーショングラウティングを実施し、鉄管工事を完了させる。

v) 発電所及び放水路

スピダ附近のイタジャイ河の右岸部に地上式発電所及び開水路式放水路を建設する。主要工事量は 282,400 m^3 の掘削と発電所下部及び放水路用のコンクリート25,000 m^3 である。工期は38ヵ月を予定している。掘削工事はクローラドリル、ブルドーザー、ローダー及びダンプトラックを併用して行う。コンクリート打設のため50 m^3 /h容量のコンクリートプラントを発電所付近に設置する。コンクリート打設はシュート方式によりコンクリートポンプにより行う。発電機器の設置は発電所土木工事終了後より18ヵ月の期間に実施予定である。

7.1.4 工事費積算

(1) 積算条件

工事費は次の条件に基づいて積算した。

- (i) 工事単価は1991年5月の公定価格を基準とし、CELESC又は他の機関で実施した類似のプロジェクトの単価を参照、吟味し適用した。
- (ii) 各主要工事に対する諸掛として5%を計上した。
- (iii) 水没及び工事に起因する補償費用はCELESCにより実施された調査結果を参照した。
- (iv) 工事に対する技術経費は国外コンサルタント要人費、国内コンサルタント要人費及び諸経費を計上した。
- (v) 工事に対する経営費として直接工事費の5%を計上した。
- (vi) 工事の予知不可能な事態に対応すべく予備費ととして合計費用の15%を計上した。

(2) 工事費

以上の条件に基づいて積算された工事費は、表7. 1に示す様に 178.2百万US\$ と見積られた。

工事工程計画に基づき各工事年に支出される工事費を表7. 2の如く算定した。プロジェクトは国際競争入札により選定された工事業者により実施されるものと仮定し、工事費の20%が前渡金として支払われるものとした。

7. 2 Dalbergia 発電計画に対する工事計画及び工事費積算

7.2.1 工事計画に対する条件

工事計画に適用すべき条件はSalto Pilao (1) 計画に採用した条件と同一とした。

7.2.2 工事工程

当発電計画に対するフィージビリティスタディより工事完了までの工程を図7. 4に示す。又、工事工程の詳細は図7. 5に示すが、6ヵ月の準備工事を含めて3年7ヵ月の工事期間を予定している。

7.2.3 工事計画

(1) 河流処理工事

ダム地点左岸部に建設される仮排水路トンネルは馬蹄形断面の内径 6.8m、全長 155mである。工事期間は5ヵ月を予定している。主要工事数量は92,000 m^3 の掘削、6,400 m^3 のコンクリート打設である。岩盤状況を勘案し、全断面掘削工法を採用し4ブーム型ドリルジャンボ及びダンプトラックを併用して掘削を行うものとする。コンクリートはコンクリートポンプ及びアジテータトラックを使用して打設する。

第一次上・下流仮締切り堤は土堰堤により仮排水路トンネル完成後直ちに建設する。又、引き続き高さ13mのコンクリート重力式第二次上流側仮締切り堤を建設する。コンクリート量は18,700 m^3 でシュート方式によりコンクリートポンプ、アジテータトラックを併用して打設する。仮排水路トンネルは全工事終了時プラグコンクリートにより閉塞する。プラグコンクリート工事はコンクリートポンプ、グラウトポンプ、アジテータトラックを併用して実施する。

(2) 主要工事

(i) ダム及び余水吐

最大高さ22.5m、コンクリート量 113,500 m^3 のコンクリート重力式ダムを建設する。予定基礎掘削量は 368,700 m^3 である。工期は37ヵ月を予定するものとする。基礎掘削は河流切換え前にダム両岸部より開始する。河床部掘削は第一次仮締切り堤の建設に引き続き、リッパ付きブルドーザー、クローラードリル、クローラローダー、ダンプトラックを併用して行う。掘削岩土は全て土捨場へ運搬される。基礎処理に対しては、コンソリデーション及びカーテングラウティングを行う。予定数量は 8.460mで基礎掘削後、クローラードリル、ボーリングマシン、グラウトポンプ、コンクリートミキサーを併用して行う。基礎処理完了後、シュート方式によりコンクリートポンプを使用してコンクリート打設を行う。大量コンクリート打設に対処するため90 m^3 /時間の容量のコンクリートプラントをダム地点近くに設置する。余水吐の減勢池、ゲート巻上げ機部のコンクリート打設はダム工事に引き続いて実施する。余水吐ゲートはダムの土木工事終了後にその据付けを実施する。

(ii) 取水施設及び導水路トンネル

沈砂池付取水施設をダム右岸部に建設する。予定主要工事量は掘削 90,400 m^3 、コンクリート打設 9,200 m^3 である。掘削はリッパ付きブルドーザー、クローラードリル、クローラローダー、ダンプトラックを併用して

行う。コンクリート工事はシュート方式によりコンクリートポンプ、アジテータートラックを使用してその打設を行う。取水ゲートは土木工事完了後その据付けを行う。

導水路トンネルは内径 3.6mの円形断面、全長 8,720mで、この工事が全工事のクリティカルパスとなると思われるので、準備工事完了後直ちに工事に着手するものとする。予定主要工事量は掘削 149,300m³、コンクリート 35,800m³である。工事期間は37ヵ月を予定するものとする。このため、図 7. 6 に示す 3本の作業横坑を設け、工区を 3分割して工事を行うものとする。横坑長はそれぞれ 650m、550m、100mである。掘削は岩盤状況を勘案して全断面工法を採用し、4ブーム型ドリルジャンボを使用して行うものとする。掘削岩の50%はコンクリート骨材用として骨材集積場へ運搬し、残りは土捨場へ運搬する。運搬は畜電池式機関車と運搬車を使用するものとし、トレインローダーをロッカーショベル後方に設置するものとする。支保工は 110 m区間の断層部と 300mの坑口部に使用するものとする。コンクリートはアーチ部とインバート部に分けてコンクリートプレーサ及びアジテーターカーにより打設する。打設後 3mピッチのコンソリデーショングラウティングを支保工設置区間に行うものとする。

(iii) 調圧水槽

内径14m、高さ61mの単動調圧水槽を導水路末端部に建設する。主要工事数量は掘削54,200m³、コンクリート 3,400m³である。掘削工事はパイロット先行拡大方式を採用しレイズクライマー、レグドリル、ロッカーショベルを併用して行うものとする。掘削土はNo.3横坑より土捨場へ運搬される。コンクリート巻立てはコンクリートポンプ、アジテータートラックを使用して導水路トンネル部より上方に向けて打設を行うものとする。引き続き 3mピッチのコンソリデーショングラウティングを行う。

(iv) 水圧鉄管

全長 524m、平均内径 2.9mの地中式水圧鉄管路を建設する。主要工事量は掘削41,900m³、コンクリート 3,350m³、645 tの鉄管据付けである。トンネル掘削工事は上部及び下部水平部より導水路トンネルの掘削と同様の方法で開始するものとする。掘削岩はNo.3作業横坑及び発電所近くに設置した全長 150mのNo.4作業横坑を通じて土捨場へ運搬される。傾斜トンネル部はパイロット先行拡大方式により掘削するものとする。掘削完了後鉄管路を設置し、鉄管路と掘削面との間をコンクリートでてん充する。コンクリートてん充後 3mピッチのコンソリデーショングラウトを行うものとする。

(V) 発電所及び放水路

イピラマの下流部 Itajai do Norte 川の右岸部に地上式発電所及び開水路式放水路を建設する。予定主要工事量は掘削 $30,000\text{m}^3$ 、コンクリート $15,300\text{m}^3$ である。工事期間は31ヵ月を予定している。下部工の掘削はクローラドリル、ブルドーザー、ローダー、ダンプ・トラックを使用して行う。上部工、下部工および放水路のコンクリートはシュート方式により、コンクリートポンプを使用して打設する。大量のコンクリート打設に対し 50m^3 /時間容量のコンクリートプラントを発電所近くに設置するものとする。発電機器の設置は全ての土木工事終了後、17ヵ月間の期間に実施する。

7.2.4 工事費積算

工事費は Salto Pilao (1) 計画で採用したものと同一条件を適用して積算した。算定された工事費は 102.2百万US\$ で、表7. 3にその内訳が示されている。工事工程に基づき工事年毎に支出すべき費用を表7. 2の様に算定した。

7. 3 Benedito Novo 発電計画に対する工事計画及び工事費積算

7.3.1 工事計画に対する条件

工事計画策定のための条件は Salto Pilao (1)計画で採用した条件と同じものを適用した。

7.3.2 工事工程

当発電計画のフィジビリティスタディより工事終了までの実施計画は図7. 7に示されている。そのうち工事工程表は図7. 8に示されており、工事は6ヶ月の準備工事を含め3年での実施を予定している。

7.3.3 工事計画

(1) 河流処理

ダム地点左岸部に内径 4.5m、延長 155mの仮排水路トンネルを建設する。工事期間は5ヵ月を予定する。主要工事量は掘削 $15,700\text{m}^3$ 、コンクリート $3,100\text{m}^3$ である。トンネルルート部の岩盤状況を勘案して、全断面掘削工法を適用し、2ブーム型ドリルジャンボ及びダンプトラックを併用し、掘削を行う。コンクリートはコンクリートポンプ、アジテータートラックを使用し打設する。第一次上下流仮締切り堤は土堰堤により仮排水路トンネル完成後直ちに着手す

る。引き続き上流部に高さ10.5mの第二次コンクリート重力式締切り堤を建設する。コンクリート量は 8,930 m^3 である。コンクリート打設はシュート方式によりコンクリートポンプ、アジテータトラックを併用して行う。

仮排水路トンネルは全工事終了時に閉塞する。閉塞用プラグコンクリート工事はゲートで閉塞後、コンクリートポンプ、グラウトポンプ、アジテータトラックを併用して実施する。

(2) 主要工事

(i) ダム及び余水吐

最大高さ24.5m、コンクリート量53,100 m^3 のコンクリート重力式ダムを建設する。基礎掘削量は68,500 m^3 である。工事期間は24ヵ月を予定している。基礎掘削は河流処理前に両岸部より開始する。河床部の掘削は第一次締切り堤工事に引き続き行う。掘削はリッパ付きブルドーザー、クローラードリル、クローラーローダー、ダンプトラックを併用して実施する。掘削ずりはすべて土捨場へ搬送される。基礎処理は、コンソリデーション及びカーティンググラウティングを河床部、両岸部に実施する。予定グラウト長は 1,900mである。基礎処理後シュート方式によりコンクリートポンプを使用してコンクリートを打設する。多量のコンクリート打設量に対応するため70 m^3 /時間容量のコンクリートプラントをダム地点付近に設置する。余水吐減勢池及び巻上げ用タワーに対するコンクリートはダムコンクリート工事に引き続いて打設する。余水吐ゲートはダムの土木工事終了後設置する。

(ii) 取水施設及び導水路トンネル

沈砂池付取水施設をダム右岸部に建設する。予定主要工事量は掘削114,300 m^3 、コンクリート21,300 m^3 である。掘削工事はクローラードリル、ブルドーザー、クローラーローダー、ダンプトラックを使用して実施する。コンクリートはシュート方式によりコンクリートポンプ、アジテータトラックを使用して打設する。取水ゲートは土木工事完了後その据付けを実施する。

導水路トンネルは内径 2.8mの円形断面、延長 1,815mでこの工事が全工事のクリティカルパスとなると思われるので、準備工事終了後直ちに着手する。予定主要工事量は掘削21,500 m^3 、コンクリート 6,100 m^3 である。工事期間は30ヵ月を予定する。このため、図7. 9に示す約 130mの作業横坑を導水路末端部に設置し、工事を2地点より進める事とする。掘削はルート沿いの岩盤状況を勘案して全断面工法を採用し、2ブーム型ドリルジャンボを使

用して掘削を行う。掘削岩土の運搬は蓄電池式機関車と運搬車を使用する事とし、トレインローダーをロッカーショベル後方に使用する事とする。支保工は110m区間の断層部とかぶりの薄い300m区間の呑口附近に使用する事とする。コンクリートはアーチ部とインバート部分に分けて、コンクリートブレーサーとアジテーターカーにより打設する。打設後、3mピッチのコンソリデーショングラウトを支保工設置区間に実施する。

(iii) 調圧水槽

内径10m、高さ31mの単動調圧水槽を導水路末端部に建設する。予定主要工事量は掘削29,600 m^3 、コンクリート1,070 m^3 である。掘削工事はパイロット先行拡大方式を採用し、レイズクライマー、レグドドリル、ロッカーショベルを併用し実施する。掘削岩土は作業横坑を通じて土捨場へ運搬する。コンクリートはコンクリートポンプ、アジテータートラックを使用して導水路トンネルより上方に向けて打設する。打設後3mピッチのコンソリデーショングラウティングを行う。

(iv) 水圧鉄管

平均内径2.2m、延長455mの地中式水圧鉄管を建設する。予定主要工事量は掘削16,000 m^3 、コンクリート2,340 m^3 、350tの鉄管据付け工事である。トンネル掘削工事は上部水平部及び下部水平部より導水路トンネルと同じ工法で実施する。掘削岩土は調圧水槽地点の横坑と発電所近くに設置する長さ200mの作業横坑を通じて土捨場へ運搬する。傾斜トンネル部はパイロット先行拡大方式を採用し掘削するものとする。掘削終了後、鉄管を設置し鉄管と掘削面の間のコンクリートでん充を行う。てん充工事後3mピッチのコンソリデーショングラウトを行う。

(v) 発電所及び放水路

ベネディトノボ上流のBenedito川の右岸に地上式発電所と開水路式放水路を建設する。予定主要工事量は発電所下部工及び放水路掘削の13,600 m^3 及びコンクリート10,300 m^3 である。工事期間は30ヵ月を予定する。基礎掘削はクローラドリル、ブルドーザー、ローダー、ダンプトラックを併用して行う。コンクリートはシュート方式によりコンクリートポンプを使用し打設する。発電所、水圧鉄管、調圧水槽のためのコンクリート量を勘案し、50 m^3 /時間容量のコンクリートプラントを発電所付近に設置する。発電機器は土木工事終了後19ヵ月の期間で実施する。

7.3.4 工事費積算

工事費はSalto Pilao (1) 計画で述べた条件と同じ条件に基づいて積算した。算定された工事費は56.5百万US\$ で、その内訳は表7. 4に示されている。工事工程に基づいた工事年毎の支出額は表7. 2に示されている。

8. 経済評価

8. 1 概要

発電計画に対する経済評価は、保証電力量に対するMWh 当りの費用とELETROBRASで規定した電力拡張計画に対する限界費用を比較してその経済性を評価した。更に電力拡張計画でのいくつかの限界費用を基に内部収益率 (EIRR) を算定した。

8. 2 保証電力量に対するMWh 当りのコスト

保証電力量に対するMWh 当りのコストは、6.2.2項で示されたELETROBRASにより規定されている公式を用いて算定した。算定結果は次の様に要約される。

計画名	設備容量 (MW)	保証電力量 (MWh)	2次電力量 (MWh)	工事費 (MILL US\$)	保証電力量に 対する費用 (US\$/MWh)
S.Pilao(1)	113.6	654.211	63.009	178.2	26.5
Dalbergia	16.8	105.843	12.200	102.2	96.7
B.Novo	13.2	65.420	11.408	56.5	85.4

上表に示される様にSalto Pilao(1)案は経済性及び設備容量の大きさより他の2計画案より極めて優れている。1991~1995年の限界費用はUS\$ 45/MWhとされており、Salto Pilao(1)案の保証電力量のMWh 当りのコストはこれを大きく下回っている。この事はSalto Pilao(1)案が早期に開発する価値がある事を示している。Benedito Novo案の保証電力量に対するMWh 当りのコストは US\$85.4/MWhで、これは2011年以後の限界費用 US\$86/MWhに近い。この事よりBenedito Novo 案は開発の価値はあるものの、その開発は地域の経済が向上し計画がフィジブルになる時点まで延期すべきである事を意味している。一方Dalbergia 案はその保証電力量のコストがELETROBRASで規定した限界費用を越えており現時点ではフィジブルでないと判断する。

8. 3 EIRRによる経済評価

内部収益率による経済評価は、算定された総建設費と保証電力量に限界費用を乗じて求めた便益をもとに検討した。

限界費用はUS\$45/MWh、UA\$48/MWh、US\$58/MWhを適用した。算出された3ケースに対する発電便益は次の通りである。

(単位：Mill US\$)

計画名	保証電力量(MWh)	限界費用(US\$/MWh)		
		45	48	58
S.Pilao (1)	654,211	29.44	31.40	37.94
Dalbergia	105,343	4.74	5.06	6.11
B.Novo	65,420	2.94	3.14	3.79

発電計画に対する維持管理費用は南部/南東部電力系統での過去の実績を基に次の様に想定した。

- Salto Pilao (1) : US\$ 510,000/年
- Dalbergia : US\$ 240,000/年
- Benedito Novo : US\$ 210,000/年

耐用年数は工事完了後より50年とした。算定された建設費と発電便益に基づいて内部収益率を次の様に算定した。

計画名	EIRR (%)		
	限界費用(US\$/MWh)		
	45	48	58
S.Pilao (1)	13.3	14.1	16.5
Dalbergia	3.4	3.7	4.8
B.Novo	4.0	4.4	5.6

9. 発電計画に対する総合評価

9. 1 概要

3 発電計画に対する総合評価は次の4 観点、即ち経済性、実施のタイミング、地域に対する社会、経済発展への貢献度、及び環境上への影響等を考慮して検討した。

9. 2 発電計画の経済性

経済評価検討の結果、保証電力量に対するコスト及び限界費用としてUS\$ 45/MWh を適用した場合の内部収益率は次の通りである。

計画名	保証電力量のコスト (US\$/MWh)	E I R R (%)
S. Pilao (1)	26.5	13.3
Dalbergia	96.7	3.4
B. Novo	85.4	4.0

9. 3 工事实施のタイミング

ELETROBRASは系統の電力拡張計画に対する限界費用とその開発時期について規定している。この関係より計画の実現のタイミングは次の様に考えられる。

- (1) Salto Pilao(1)計画の保証電力量のコストはUS\$ 26.5/MWhと極めて低い値を示す。この事はこの計画が早期開発の価値がある事を示している。フィージビリティスタディより工事完了まで約8年が必要と考えられ、1992年にフィージビリティスタディを実施しても営業運転は2001年となる。
- (2) Benedito Novo 計画の保証電力量に対するコストはUS\$ 85.4/MWhでこれは2011年以後の限界費用US\$86MWhに近い。2011年に運転開始を考えるとこの計画に対するフィージビリティスタディの開始は少なくとも2003年まで延期する必要がある。
- (3) Dalbergia 計画の保証電力量に対するコストはUS\$ 96.7/MWhで、ELETROBRASで規定している限界費用をはるかに超えている。この事よりこの計画実施は少く

とも地域の経済が向上し、計画がフィージブルになる時点まで延期する必要がある。

以上の3発電計画の実施のタイミングをみると、Salt Pilao(1) に対するフィージビリティスタディはなるべく早い時期に開始すべき考えられる。

9. 4 地域に対する社会・経済開発の貢献度

イタジャイ河流域における発電開発計画は地域に対し2つの面、即ち電力の安定供給及び雇用機会の拡大の面での貢献が考えられる。

過去10年におけるCELESC電力系統における電力消費記録によると、電力量は年率9.21%の割合で増加しており、そのうちの50%以上は工業部門で占められている。工業部門における電力消費量は年率8.5%の割合で増加し今後も引き続き増加が見込まれる。CELESCは現在ELETROSULより電力需要性の65%以上を買電している。ELETROSULは大規模発電プロジェクトの開発をめざしているが、財政面及び補償問題等で予定される程の進捗をみていない。この事は将来CELESCへの電力供給制限につながる恐れがある。

これに鑑み、イタジャイ河流域でのより規模の大きい水力開発を促進させる事は電力の安定供給の観点より地域に対し大きく貢献するものと考えられる。地域への貢献度の大きさは発電計画の規模の大きさに比例するものと考えられる。従って、貢献度の順位は Salto Pilao (1)、Dalbergia、Benedito Novo となろう。Salto Pilao (1) 計画はサンタカタリナ州の電力需要の約10%又は工業部門のその20%をカバーする事が可能である。

発電計画の実施は地域に対し雇用機会の増大をもたらす。工事のための労務者及び工事資材は流域の内外より調達されるものと思われ、又工事に必要な資機材も流域内で生産される。これらの支援業務は雇用機会を作り、地域経済の活性化に寄与するものと思われる。プロジェクトに対する投資により関連する経済セクターから新しい生産を誘導する事が可能となる。日本の事例によれば1投資により関連産業より2.36倍の生産が誘発されると言われている。国情によりその比率は異ると考えられるが、少くとも1つの投資が同額の付加価値をもたらす事は明らかである。雇用機会の大きさ及び地域経済の活性化の大きさは、発電計画の工事量の大きさに比例すると考えられる。従って貢献度の大きさは Salto Pilao (1)、Dalbergia、Benedito Novo の順となる。

9. 5 環境への影響

発電計画実施による環境への影響は、ダム建設及びその他施設建設により影響を受ける家屋数及び土地面積で代表されるものと思われる。これらは次の様に算定されている。

計画名	家屋数	土地面積 (ha)
S Pilao (1)	9	0.33
Dalbergia	17	0.25
B.Novo	23	0.03

上表によると家屋数ではDalbergia 及びBenedito Novo 計画がほぼ同じ程度であり、土地面積よりはSalto Pilao (1) とDalbergia 計画がほぼ同程度である。しかし3計画ともきわだって注目すべき程の環境上への影響はないと考えられる。

9. 6 総合評価

4つの観点よりの評価より判断するとSalto Pilao(1)発電計画が最も有望とみなされる。従って次期に実施されるべきフィージビリティスタディ対象プロジェクトとして同計画を選定する事が提案される。

10. 今後のフィージビリティ調査ためのプログラム

10. 1 概要

これまでに検討された結果によれば、Salto Piliao(1)発電計画が最も有望と考えられる。従って今後のフィージビリティ調査対象を同計画と想定しそのプログラムを作成した。調査作業は現地調査と計画検討及びフィージビリティ設計より成り、そのプログラムは図-10.1に示されている。

10. 2 現地調査

現地調査は地形測量、環境及び補償物件調査及び地質調査より成る。それぞれの内訳は次の通りである。

10.2.1 地形測量

地形測量は貯水池及び主要発電施設を含む計画予定地点に対する航空写真図化作業とダム及び発電所地点に対する地形測量より成る。

図化作業は次の基準で行うものとする。

図化面積 : 83km²
図化縮尺 : 1 : 5,000
コンター間隔 : 2 m

ダム及び発電所地点に対する地形測量は次の基準により行う。

測量面積

ダム及び取水地点 : 1,200m × 1,200m
発電所地点 : 500m × 1,000m
図面の縮尺 : 1 : 2,000m
コンター間隔 : 2 m

10.2.2 環境及び補償物件調査

環境影響調査はブラジル政府の規定に基づいて行うものとする。

(1) 環境影響地区の確認

影響地区は直接影響地区と間接影響地区に大別し、これを確認する必要がある。さらに直接影響地区は永久影響地区と一時的な影響地区に区別しこれのための確認調査を行う。調査結果は 5千分の1又は 2千分の1地形図にプロットするものとする。

(2) 環境影響調査

直接及び間接影響地区に対し自然及び社会環境に対する調査を次の事項について行う。

1) 自然環境

(i) 景観；ダム近辺での景観についての調査

(ii) 植生；森林、未利用地、牧草地等に対する調査及び植生図の作成

(iii) 野生生物；動物区系と区分される野生動物、魚類鳥類に対する分布調査及び分布図の作成

(iv) 土壌；地区内の土壌調査、植生成長能力調査及び土壌図作成

(v) 鉱物；一般鉱物資源図の作成

(vi) 既存保養地及び動物保護区に対する調査

2) 社会環境

(i) 人口；直接影響地区の人口及び家族数、年齢、性別、職業、収入、補償物件と価格、家屋のタイプ別数及びその価格についての調査

(ii) 土地利用；農業地区、牧草地、未利用地、森林等の区分とその価格、農業生産物、収穫及びその価格等についての調査。

(iii) 経済活動；直接及び間接影響地区での全ての経済活動についての調査

10.2.3 地質調査

地質調査はダム地点、調圧水槽、水圧鉄管路、放水路及び原石山におけるコアボーリング、ダム地点での透水試験（ルジオンテスト）及び原石山での岩盤試験より成る。

コアボーリング及びルジオンテストは次の通りである。

(I) ダム地点；

左岸部 L = 25m、ルジオンテスト；4回

右岸部 L = 25m、ルジオンテスト；4回

河床部 L = 30m、ルジオンテスト；6回

仮排水路トンネル部 L = 30m

(2) 水路地点

調圧水槽地点 L = 50m

水圧鉄管路地点 L = 50m

(3) 発電所地点

放水路地点 L = 25m

(4) 原石山地点 L = 30m

原石山における岩盤試験はロスアンゼルステストにより行う。

以上の現地調査結果に基づき、主要施設地点の地質的評価を行う。

10. 3 計画検討及びフェージビリティ設計

10.3.1 水文解析

発電計画に必要な水文情報を整えるため以下の作業を行う。

- (i) 追加気象水文資料の収集
- (ii) 既の実施された解析のレビュー
- (iii) ダム地点での長期日流量の算定及び水文的にクリティカルな期間における流量頻度曲線の作成
- (iv) フェージビリティ設計に必要な設計洪水量の算定

10.3.2 社会経済

発電計画検討に必要な地域の社会経済状況の把握及び今後の問題点を明確にするため、次の調査、検討を行う。

- (i) 流域における社会経済指標に関する資料収集
- (ii) ブラジル全体、サンタカタリナ州及びイタジャイ河流域についての社会経済状況についての検討
- (iii) 発電計画実施に際し社会、経済的な制約問題についての検討

10.3.3 電力についての検討

以下に述べる事項についての調査検討を行う。

- (i) 全ブラジル、南部/南東部系統及びCELESC系統の電力需給状況を知るための追加資料の収集

- (ii) 上記系統での電力需給状況とその特性検討
- (iii) 発電機器及び送電線についての設計

10.3.4 環境影響評価

自然及び社会環境について以下の事項についての評価を行う。

(1) 自然環境

- (i) 景観；リクリエーションに対する景観の損失評価
- (ii) 植生；貯水池の出現による水性植物の増大についての評価
- (iii) 野生生物；影響を受ける動物、鳥類、魚類の種類、動物の生息地の損失、ダムによる水位上昇に伴う野生動物類の増減、及び動物の減少に伴い動物及び人間の活動にマイナス要因となる事項についての評価
- (iv) 地勢；直接影響地区での農業、牧畜、森林等の土地利用に与える地勢上の変化についての評価
- (v) 水資源；飲料水、工業及び農業用水に対する水資源の変化についての評価

(2) 社会環境

- (i) 居住地区；プロジェクトによる影響をうける居住地の代替地の確認
- (ii) 土地利用及び経済活動；土地利用への損失及び森林生産の損失等の評価
- (iii) 公衆衛生；地下水上昇による水に伴う病気の発生の増減についての評価
- (iv) 交通状況；既存道路の変更及び新設道路等についての評価
- (v) 文化遺産；歴史的及び考古学的地区の損失の評価

10.3.5 主要施設の最適案検討及びフィージビリティ設計

地形測量及び地質調査結果に基づいてダム軸、ダムの満水位とダム高、水路の規模等について最適案の検討を行う。さらに土木、電気、機械関連の施設についてフィージビリティ設計を行う。決定した施設規模に基づいて発電計算を実施する。

10.3.6 工事計画及び工事費積算

策定された計画に基づき、気象、水文及び地形状況を考慮して工事計画を策定する。

土木、電気、機械関連の工事に対する工事単価は、工事計画、材料費、労務費及び機器の市場価格を基に算定する。算出された工事数量と工事単価により工事費を積算する。

10.3.7 経済評価及び財務評価

算定された発電力量及び工事費に基づいて発電計画の経済評価を行う。評価はELETROBRASで規定している限界費用と算定した保証電力量のコストの比較によりその経済性を評価する。さらにいくつかの限界費用に基づいて、内部収益率（EIRR）を算定する。プロジェクトの感度分析をコストオーバーラン、便益の低下等について行う。

最新の電力料金に基づき営業収益を算定する。この算定値と工事費に基づき財務内部収益率（FIRR）を算定する。

10.4 人員稼働計画

Salto Pilao (1) 発電計画のフィージビリティスタディに必要な調査団の人員稼働計画を図-10.2に示してある。所要人月は46 M/Mである。

付 表

表3.1 1989年12月31日現在におけるブラジル内の発電設備容量*

	(Unit: MW)							Total
	Hydraulic	Diesel	Fuel Oil	Thermal Coal	Uranium	Firewood	Natural Gas	
ELETROBRAS System	20,900	570	1,191	554	657	-	120	23,992
FURNAS	6,800	-	666	-	657	-	120	8,123
CHESF	6,894	143	290	-	-	-	-	7,447
ELETROSUL	2,602	-	66	554	-	-	-	3,222
ELETRONORTE	3,623	427	169	-	-	-	-	4,219
ESCELSA	159	-	-	-	-	-	-	159
LIGHT	822	-	-	-	-	-	-	822
Other Companies	17,819	431	653	486	-	2	-	19,391
ITAIPU	10,500	-	-	-	-	-	-	10,500
TOTAL	49,219	1,001	1,844	1,040	657	2	120	53,883

* Private produces not included

表3.2 ブラジル内における発電設備容量*

Year	(Unit: MW)						Total
	Hydraulic	Diesel	Fuel Oil	Thermal Coal	Uranium	Other (**)	
1980	27,081	859	1,876	748	-	1	30,565
1981	30,596	915	1,992	748	-	-	34,251
1982	32,542	947	1,992	748	-	-	36,229
1983	33,556	937	1,972	730	-	2	37,197
1984 (***)	35,001	922	1,966	730	-	8	38,627
1985 (***)	37,503	1,004	1,966	730	657	8	41,868
1986 (***)	39,262	967	1,972	890	657	16	43,764
1987 (***)	42,843	1,019	1,835	1,040	657	16	47,410
1988 (***)	45,783	1,107	1,842	1,040	657	36	50,465
1989 (***)	49,219	1,001	1,844	1,040	657	122	53,883

* Private producers not included.

** Includes firewood, coal and natural gas.

*** Includes Itaipu's total operating capacity.

表 3.3 ブラジルにおける過去10年間の発生電力量*

	Hydro		Thermal		Total (GWh)
	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)	
1980	126,151	(96.5)	4,960	(3.8)	131,111
1981	128,119	(95.6)	5,943	(4.4)	134,062
1982	138,463	(96.4)	5,138	(3.6)	143,601
1983	148,567	(97.1)	4,512	(2.9)	153,079
1984 (**)	163,525	(96.3)	6,261	(3.7)	169,786
1985 (**)	178,136	(95.2)	9,028	(4.9)	187,164
1986 (**)	189,321	(93.8)	12,489	(6.2)	201,810
1987 (**)	198,829	(95.1)	10,171	(4.9)	209,000
1988 (**)	213,414	(96.3)	8,274	(3.7)	221,688
1989 (**)	223,865	(96.2)	8,840	(3.8)	232,705

Note; *: Private producers not included
 **: Includes ITAIPU supply

表 3.4 ブラジルにおける送電施設*

Year	(Unit: km)					
	230 kV	345 kV	440 kV	500 kV	600 kV *	750 kV
1980	18,298	6,486	5,778	6,546	-	-
1981	20,527	6,547	5,778	7,037	-	-
1982	21,110	6,853	5,788	8,149	-	568
1983	21,942	7,056	5,788	8,372	-	568
1984	22,615	7,177	5,763	9,548	-	568
1985	23,210	7,300	5,763	9,560	792	568
1986	24,014	7,304	5,763	9,569	792	890
1987	24,888	7,323	5,763	10,470	1,612	890
1988	25,415	7,174	5,649	13,303	1,612	890
1989	26,554	7,203	5,652	14,753	1,612	1,782

Note; *: Direct current