

フィリピン共和国
電力公社

アゴス河水力発電開発計画
フィージビリティ調査

主報告書

1981年3月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1045945E1J

フィリピン共和国
電力公社

アゴス河水力発電開発計画
フィージビリティ調査

主報告書

1981年3月

国際協力事業団

國際協力事業団	
箱 584.8.27	118
登録No. 014016	5643
	IMPV

アゴス河水力発電開発計画 フィージビリティ報告書

主 報 告 書

概 要 報 告 書

主 報 告 書 (英 文)

付 属 書 A 水 文 及 び 貯 水 池 操 作 計 画 (英 文)

付 属 書 B 地 質 及 び 建 設 材 料 (英 文)

付 属 書 C 電 力 調 査 (英 文)

付 属 書 D アゴス河開発の最適化 (英 文)

付 属 書 E 計 画 施 設 (英 文)

付 属 書 F 計 算 結 果 (英 文)

資 料 集 I 地 形 測 量 (英 文)

資 料 集 II 気 象 及 び 水 文 (英 文)

資 料 集 III 地 質 調 査 (英 文)

資 料 集 IV 建 設 材 料 試 験 結 果 (英 文)

は し が き

日本政府はフィリピン共和国政府の要請に基づいて、同国ルソン島アゴス河水力発電開発計画のフィージビリティ調査を行うこととし、この実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、津田誠氏（日本工営株式会社）を団長とする調査団を1979年6月より二次に亘り派遣し現地調査を行った。

調査団はフィリピン共和国政府及び関係機関の協力を得て、プロジェクト関連地域の現地踏査、関係資料の収集等の現地調査を実施した後、それによって得られた結果及び資料に基づき、データの検討、解析等の国内作業を行った。

本報告書はこの成果をとりまとめたものである。

本報告書がフィリピン共和国、なかんずく首都マニラ市を擁するルソン島の電力需要増に対応する電源開発に貢献できれば幸いである。

終りに本調査の実施に際し多大の御協力をいただいたフィリピン共和国政府関係各位、フィリピン電力公社関係各位、在フィリピン日本国大使館各位及び外務省並びに通商産業省関係各位に対し心より感謝の意を表するものである。

1981年 3月

国際協力事業団

総裁 有 田 圭 輔

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 有 田 圭 輔 殿

日本政府とフィリピン政府の間に締結された協定に従い、アゴス河水力発電開発計画に関するフィージビリティ調査報告書を提出致します。

仕様書に定めるところにもとづき、調査団は、昭和54年6月から約2年間にわたり現地調査ならびに計画基本案策定作業を行い、この成果にもとづき、昭和55年11月末日、報告書草案を事業団に提出しました。調査団は同年12月7日より同月16日の間、フィリピン国を再訪し、NAPOCOR(National Power Corporation)の関係者と会議をもちました。提出された質疑事項等は全て本報告書に盛り込まれております。技術的ならびに経済的な検討の結果、本計画が技術的に妥当であり、経済的にも十分妥当性を持つものであることを確認いたしました。したがって、私共調査団員は、本報告書で提案した実施計画にもとづいて、詳細設計と本計画の実施が一刻も早く着手される事を心から望むものであります。

本報告書を提出するにあたり、現地調査および国内作業の間、多大な援助と協力を供与された貴事業団ならびに外務省、通産省関係者各位、フィリピン日本大使館の方々、およびフィリピン政府関係者に対し、心から感謝の意を表するものであります。

昭和56年 3月

フィリピン共和国アゴス河水力発電開発計画調査

団 長 津 田 誠

要 約

計 画 地 域

集水面積940km²のアゴス流域は、マニラの東90kmのルソン島中央部に位置する。アゴス流域は、その2つの支流カナン河とカリワ河を含めて、年間平均5,000mm以上の降雨に恵まれて、豊富な清流を生み出す密林に覆われている。更にマニラより非常に近いということ、水力発電及びマニラへの水道用水供給の開発を更に魅力的にしている。

特にカナン流域は、豊富な雨ばかりでなく、雨の季節分布が非常によい。つまり、はっきりした乾季をもたず、その結果として比較的信頼度の高い流量が一年中利用可能である。

最適化の検討

この恵まれた自然条件に焦点をあて、JICA調査団は、この河のもっている水資源の最も有効的な利用を考慮した開発計画の立案に力を注いだ。この目的のために、JICA調査団はカナン河に5ヶ所、カリワ河に2ヶ所及びアゴス河に2ヶ所という数多くの開発可能なダムサイトを調査した。

一方、カリワ水道用水供給計画が1993年までのマニラの用水需要を満たす最も望ましいプロジェクトとして選定され、更にカナン水道用水供給計画が1994年以降のマニラの水道用水需要を満たす第2期計画として提案されている。

これらの点を考慮の上、アゴス河水系の開発案について次の4つの案が検討された。

Plan A-1 : カリワ水道用水供給計画+カナン第1とアゴス水力発電計画

Plan A-2 : カリワとカナン第2水道用水供給計画+アゴス水力発電計画

Plan A-3 : カリワ水道計画(この場合カリワ貯水池とアゴス貯水池の間にポンプ揚水設備を設ける)+カナン第1とアゴス水力発電計画

Plan B : カリワ水道計画+カナン第5水力発電計画

この開発案のうちで、カリワ水道計画は確定しているものと看做され、一方カナン水道計画は変更可能なものとして取扱われた。

Plan A-2の場合、1994年以降の水道用水はカリワとカナン貯水池間を結ぶトンネルにより導水され、一方Plan A-3ではアゴスとカリワ貯水池の間に設けられた水路によりポンプ揚水される。Plan A-1とBの両方とも、カナン水道用水供給計画が廃棄された場合にのみ実現可能である。

この検討では、工事費、運営維持費及び発電便益はそれぞれの案について算出された。

検討の結果、Plan A-3が4つの比較案のうち、最も高い現在価値純便益をもたらす、水資源利用の点より判断すれば最適開発案といえる。しかしながらPlan A-2で考えられたカナン水道計画はMWS Sによって第2期水道拡張計画として強く望まれている。

この状況において、アゴス水力発電開発計画はアゴス河の水力発電について可能性のある唯一のプロジェクトである。アゴス水力発電計画は、従って、アゴス河水系の他の水力開発案のなかから選定され、詳細なフィージビリティ検討が実施されることとなった。(アゴス水力発電計画では、カリワとカナン貯水池により、それより上流の水は全て、それぞれ1988年と1994年からマニラの水道に使用されるものとした。)

アゴス水力発電計画

アゴスプロジェクトは、アゴスダム、余水吐、転流工、発電用導水トンネル、設備容量140 MWの発電所とマニラ外周の幹線とを結ぶマラヤ変電所を含む約43 kmに亘る230 kV送電線工事から成る。

年間発生電力量は、カリワダムによりマニラ市へ水が引水されるとした場合、平均で622.6 GWhと見積られる。更にカナン水道用水供給計画が実施され、水が全てそのために使用された場合、年間発生電力量は395.5 GWhに減ずる。

流域面積867 km²のダムサイトはカリワ河とカナン河の合流点の直下流に位置する。年平均流量は108.2 m³/secである。河幅は120 mであり河床標高は42 mである。基礎岩盤は、まれに薄い頁岩が認められるグレイワックと礫岩の互層より成る。

アゴス貯水池の総貯水容量は955 × 10⁶ m³であり、そのうちの570 × 10⁶ m³が有効貯水容量である。満水位は標高165 mで低水位は標高128 mで利用水深は37 mである。満水位標高165 mで貯水池の湛水面積は21.5 km²である。

ダムは中央しゃ水壁型のロックフィルタイプで河床上からのダムの高さは130 mである。仮締切ダムを含む総盛立て量は17 × 10⁶ m³である。余水吐は4門のテンターゲートと2本の横越流せきからなる。発電用導水路は取水塔、長さ225.8 m、直径6.8 mから9.0 mの導水トンネルと直径6.1 m、長さ350 mの水圧鉄管よりなる。発電所はダムの下流法尻に位置し70 MWの水車発電機を2台設置する。

プロジェクトの工費工程は1981年から1988年の8年間を要すると算定され、それは詳細調査・設計に2年と工事の6年である。全ての工事は国際指名入札により選定された

工事業者により実施されるであろう。そして1989年の初期に営業運転を開始する。

価格変動に対する予備費を含む全工事費は米ドル456.6百万相当と見積られ、そのうちの外貨分は米ドル374.1百万相当で現地貨分は、米ドル82.5百万相当（またはペソ618.5百万）である。

費 目	金 額 (× 1 0 ³ US\$)		
	外 貨	内 貨	総 額
1. 土 地 取 得	—	2,700	2,700
2. 土 木 工 事	177,500	30,500	208,000
—ダム及び付属構造物	167,800	28,600	196,400
—発 電 設 備	9,700	1,900	11,600
3. 発電機器及び機械工事	35,600	7,200	42,800
—発 電 機 器	27,800	5,000	32,800
—機 械 工 事	7,800	2,200	10,000
4. 工事に対する予備費 〔(1+2+3)の10%〕	21,300	4,000	25,300
5. 技術供与及び政府管理	14,100	2,700	16,800
小 計 (1 - 5)	248,500	47,100	295,600
6. 物価上昇に対する予備費	125,607	35,370	160,977
総 計 (1 - 6)	374,107	82,470	456,577

プロジェクトの評価

プロジェクトの最大の便益は水力発電によって得られ、その便益は、最小費用の代替火力によって得られる設備価値と電力量価値によって評価される。その価値は1980年始めの価格である石炭火力発電所の建設費米ドル790/kWとその燃料費米ドル0.0234/kWhと算定される。

50年間の便益の現在価値は割引率を10%として米ドル384.6百万と見積られ、純便益の現在価値と便益費用比は、それぞれ米ドル46.03百万と1.14と算定され、経済的内部収益率は50年の経済評価期間で12.5%と算定され、本計画の経済的フィージビリティを示している。感度分析では、費用の増加はプロジェクトの実現性に敏感に反応するが、ア

ゴス計画とカナン水道用水供給計画の完成の遅れは、本計画の実現性に影響しない。

	E I R R (%)
I 工事費から 1 5 % 増加した場合	9. 8
II アゴス発電計画が 1 9 9 4 年に完成した場合	1 1. 5
III カナン水道計画が 2 0 0 4 年に完成した場合	1 3. 1
IV (II + III)	1 2. 5
V 火力発電の燃料費が 1 5 % 増加した場合	1 3. 6
VI カナン水道計画が中止の場合	1 8. 2

財務的内部収益率は 1 1. 4 % と算定され、プロジェクトは財務的に健全であることを物語っている。プロジェクトの収支解析では、電力収入により債務は返済され、剰余金は全ての債務が返済される 2 0 0 8 年には米ドル 3 3 6 百万相当に達すると算定された。収入債務比率は 1. 3 を越え、プロジェクトの財務的健全さを示している。

結 論 と 勧 告

最適化の検討で示されたように、アゴス河の可能な開発案はアゴス水力発電開発計画とカリワ・カナン水道用水供給計画の組み合わせである。各々のプロジェクトは単独に開発した場合でも何れも技術的経済的にフィージブルである。アゴス水力発電計画は水資源開発について第 1 位の優先度を与えられているカリワとカナンの水道計画に影響を及ぼさない。アゴス水力発電計画によってもたらされる便益は、PICOREM により提案されたカリワとカナンダムによりマニラの水道用水用として引水されたとしても、十分に堅固なものである。

加えてアゴス計画の発電便益は 1 9 8 0 年始めの低い燃料価格で評価している。(報告書で例えば C 重油は米ドル 2 8 / バレルと見積っているが、価格は既に米ドル 3 2 / バレルである。) 価格は 2 から 3 年以内に更に 1 5 から 2 0 % 程度上昇すると予想されている。従ってプロジェクトは現在のエネルギー事情及び将来の予測より判断すると、ここで述べられている内部収益率よりも高い値が得られることが容易と想像されよう。

更に、このプロジェクトは既設のマラヤ変電所に僅か 4 3 km の送電線で連結することができる。 1 9 8 1 年までに完成が予定されているマニラとインファンタを結ぶマルコスハイウェイが竣工すれば、建設予定地は車で 2 時間半でマニラと結ばれることとなる。従って建設用機械と材料の輸送にはなんら問題ない。

アゴス水力発電開発計画は以上の通り全ての面で開発可能であり、早急に詳細調査、設計及び入札書類作成を含むエンジニアリングサービスを実施することが強く推奨される。

アゴスプロジェクトの計画諸元

水 文

流域面積	8 6 7 km ²
年平均流入量	1 0 8. 2 m ³ / sec
余水吐設計洪水流量	1 0, 6 0 0 m ³ / sec
転流工設計洪水流量	5, 2 1 0 m ³ / sec

貯 水 池

満水位	1 6 5 m
低水位	1 2 8 m
洪水位	1 6 9. 7 m
利用水深	3 7 m
総貯水量	9 5 5 × 1 0 ⁶ m ³
有効貯水量	5 7 0 × 1 0 ⁶ m ³
死水量	3 8 5 × 1 0 ⁶ m ³
満水位湛水面積	2 1. 5 km ²

転 流 工

仮排水トンネル

型式	円型コンクリート巻き
本数	2
直径	9 m
延長	8 1 6 / 8 1 7 m
門扉	9 m (H) × 4. 5 m (H) × 2 門

第1トンネルの1部は発電用トンネルに利用される

仮縮切ダム

上流縮切ダム頂部標高	9 3 m
下流縮切ダム頂部標高	5 1 m

ダ ム

型式	中心遮水壁型ロックフィル
----	--------------

堤頂標高	172 m
基礎上堤高	172 m
堤頂長	762 m
堤頂幅	12 m
ダム法面勾配	上流面 1:2.5
	下流面 1:1.9
ダム体積	
	コア材 $2.2 \times 10^6 m^3$
	フィルター材 $1.44 \times 10^6 m^3$
	外部シェル材 $1.23 \times 10^6 m^3$
余水吐	
型式	ゲートとゲート無し開水路
ゲート部	
ゲート	14.5 m (H) × 1.4 m (W) × 4門
越流頂	154 m
ゲート無し部	
延長	210 m × 2条
越流頂	165 m
延長(頂部よりフリップエンドまで)	425 m
発電用導水トンネル	
取水工	
型式	コンクリート塔
敷標高	114 m
導水トンネル	
型式	円型コンクリート巻
直径	6.8 / 9.0 m
延長	225.8 m
水圧鉄管	
型式	鉄管
直径	6.1 m

延長	350 m
発電所	
型式	半地下式
幅、長さ、高さ	30 m × 56 m × 3.9 m
総落差	123.4 m
最低有効落差	83.5 m
発電機器	
水車	
型式	立て軸、フランス型
ランナー中心標高	38 m
定格落差(貯水池水位146.5 m)	10.2 m
定格流量	81.5 m ³ /sec
設備容量	72,000 kW × 2
水車定格速度	225 rpm
年平均出力(1994)	622.6 GWh
最大流量時の放水路水位	41.5
発電機	
型式	立て軸、準かさ型
容量	78,000 kVA × 2
電圧	13,800 V
周波数	60 Hz
力率	0.9
主変圧器	
型式	3相 屋外、油入、風冷式
電圧	13.8 kV / 230 kV
容量	78,000 kVA × 2
送電線及び変電所	
送電線	2回線単導体
電圧	230 kV
電線	795 mm ² ACSR

延 長

4.3 km

マラヤ変電所

アゴス線はマラヤ変電所に変圧器を設置しないで230 kV送電線によりルソン系統に連結可能である。

謝 辞

この機会に J I C A 調査団の全員が NAPOCOR 及びその職員の方々，就中，高温多湿のジャングルの中で我々と一緒に作業に従事した人達，貴重なる情報と資料を戴だいた気象庁，公共事業庁，林野局，水産局，土地局とそれぞれの支局等のフィリピン政府機関に我々の心からなる感謝の意を表します。

我々の調査に協力し援助を戴だいたケソン州のジェネラルナカール，インファンタ，リアル町当局及びフィリピンコンスタボリーの職員の方々，地図，情報及び貴重なる資料を戴だいた PICOREM ，地理局，F.F.Cruz社，CERTENZA 社及びインファンタ材木会社に対して深く感謝いたします。

最後に調査期間中，日本大使館及び J I C A マニラ事務所の職員の方々から戴だいた種々の援助と助言は忘れることのできないものであったことを記しておきます。

主 報 告 書

目 次

頁

は し が き	
伝 達 状	
要 約	1
アゴス水力発電計画主要諸元	6
謝 辞	10
第1章 序 文	1-1
1.1 プロジェクトの背景	1-1
1.2 調査の目的及び範囲	1-2
1.3 フィージビリティ調査及び報告書	1-3
第2章 計 画 地 域	2-1
2.1 フィリピンの社会・経済	2-1
2.2 計 画 地 域	2-1
2.2.1 概 要	2-1
2.2.2 行 政 区 分	2-3
2.2.3 人口及び土地利用	2-3
2.2.4 地 方 経 済	2-4
2.2.5 公 共 施 設	2-4
第3章 電 力 部 門	3-1
3.1 フィリピンの電力系統	3-1
3.2 ルソンの電力	3-2
3.2.1 発送電系統	3-2
3.2.2 発電及び消費	3-2
3.2.3 電気料金及び収入	3-4
3.3 電力需要の予想	3-4

3.3.1	既存の検討結果	3-4
3.3.2	将来の需要予測	3-5
3.4	系統の増設計画とアゴス計画	3-7
第4章	調査成果	4-1
4.1	地形測量	4-1
4.2	気象	4-1
4.3	水文	4-4
4.3.1	一般	4-4
4.3.2	流量	4-4
4.3.3	洪水	4-6
4.3.4	堆砂	4-8
4.4	地質	4-9
4.4.1	一般地質	4-9
4.4.2	プロジェクトサイトの地質	4-9
4.5	建設材料	4-12
4.5.1	築堤材料	4-12
4.5.2	コンクリート骨材	4-14
第5章	アゴス河開発の最適化の検討	5-1
5.1	種々の開発案	5-1
5.2	単独プロジェクトの比較検討	5-2
5.2.1	アゴス水力発電計画	5-2
5.2.2	カナン水力発電計画(カナン第1ダム)	5-4
5.2.3	カリワ揚水計画	5-5
5.2.4	カリワ水道用水供給計画	5-6
5.2.5	カナン水道用水供給計画	5-7
5.2.6	カナン第5水力発電計画	5-7
5.3	最適開発計画の選定	5-8
第6章	アゴス水力発電計画	6-1
6.1	計画の樹立	6-1
6.1.1	主構造物のレイアウトの検討	6-1

6.1.2	最適案の選定	6-5
6.2	計画施設	6-6
6.2.1	転流工	6-6
6.2.2	ダムと貯水池	6-7
6.2.3	余水吐	6-8
6.2.4	発電用水路	6-9
6.2.5	発電所及び放水路	6-10
6.2.6	発電設備及び送電線	6-10
6.2.7	水力機械	6-11
6.3	工事工程及び施工計画	6-11
6.3.1	工事工程	6-11
6.3.2	工事形態	6-12
6.3.3	施工計画	6-12
6.4	工事費	6-14
6.4.1	概要	6-14
6.4.2	総工事費	6-15
6.4.3	運転維持費	6-16
6.4.4	更新費	6-16
6.5	プロジェクト実施のための組織	6-16
第7章	経済及び財務分析	7-1
7.1	プロジェクトによる便益	7-1
7.1.1	一般	7-1
7.1.2	発電便益	7-1
7.2	経済評価	7-3
7.2.1	経済的費用	7-4
7.2.2	経済評価	7-4
7.3	財務分析	7-5
7.3.1	概要	7-5
7.3.2	投資額の算定	7-6
7.3.3	収支報告書及び財務収益率	7-6

7.3.4	資金繰表	7-7
第8章	環境調査	8-1
8.1	環境の現状	8-1
8.1.1	自然的条件	8-1
8.1.2	生物学的条件	8-1
8.1.3	社会・経済条件	8-2
8.2	計画実施による環境影響	8-2
8.2.1	貯水池周辺へのインパクト	8-2
8.2.2	下流地域へのインパクト	8-4
8.2.3	地域開発へのインパクト	8-5
8.3	環境のインパクトに対する対策	8-6
8.3.1	移 転	8-6
8.3.2	水 質 管 理	8-6
8.3.3	洪水警報装置と地すべり防止	8-6
第9章	詳細設計及び調査	9-1
9.1	詳 細 設 計	9-1
9.2	詳細設計及び調査の範囲	9-1

添 付 表

	頁
表 1 - 1 J I C A 調査団専門家とカウンターパート一覧表	1
表 3 - 1 ルソン島の既設発電所	2
3 - 2 ルソン島の電力販売の実績	3
3 - 3 N A P O C O R の電力販売収入	4
3 - 4 ルソン系統の電力量とピーク負荷の実績と予測	5
3 - 5 ルソン島の電力消費量とピーク負荷の将来予測	6
表 4 - 1 モルタルとコンクリートの強度試験	7
表 5 - 1 アゴス河の開発計画案の便益・費用解析	8
表 6 - 1 アゴス水力発電計画の比較案の主要諸元	9
6 - 2 アゴス水力発電計画の比較案の工事費	10
6 - 3 財務的費用	11
6 - 4 年度別所要財務的費用	12
表 7 - 1 経済的費用	13
7 - 2 年度別所要財務的費用	14
7 - 3 発電便益の算定	15
7 - 4 費用と便益のキャッシュフロー	16
7 - 5 年度別投資額と借款計画	17
7 - 6 収支報告書	18
7 - 7 資金繰表	19

添 付 図

- 図 3 - 1 ルソン系統の負荷曲線
- 3 - 2 系統の電力需要と供給
- 3 - 3 系統のピーク需要と供給容量
- 図 4 - 1 既設と推奨される雨量観測所
- 4 - 2 年平均等雨量線図
- 4 - 3 アゴス河水系の月別流量較差
- 4 - 4 バスガオ G・S のアゴス河の確率洪水曲線
- 4 - 5 アゴスダム の P.M.P. , 単位図, P.M.F.
- 4 - 6 マハバンラリム G・S のアゴス河の浮遊砂曲線
- 4 - 7 材料調査採集位置
- 4 - 8 粒 度 分 布
- 図 5 - 1 1978年10月26日, カディン台風洪水によるアゴス河の
洪水痕跡
- 5 - 2 開発案 A - 1
- 5 - 3 開発案 A - 2
- 5 - 4 開発案 A - 3
- 5 - 5 開発案 B
- 5 - 6 水道用水供給曲線
- 図 6 - 1 アゴスダム の安定解析
- 6 - 2 工事工程表
- 6 - 3 工事实施の組織図
- 図 7 - 1 代替火力の発電費用の比較
- 7 - 2 経済的内部収益率
- 7 - 3 財務的内部収益率
- 図 8 - 1 土 地 利 用
- 8 - 2 灌 漑 地 域

添 付 図 面

- 図面 1 位 置 図
- 2 地 形 及 び 測 量
- 3 流 域 地 質 図
- 4 アゴスダムサイト地質図
- 5 貯 水 池
- 6 一 般 平 面 図
- 7 仮 排 水 路
- 8 ダ ム
- 9 余 水 吐
- 1 0 取 水 口 及 び 発 電 水 路
- 1 1 発 電 所
- 1 2 単 線 結 線 図 と 屋 外 開 閉 所
- 1 3 送 電 線 路 線
- 1 4 マ ラ ヤ 変 電 所

略 語 及 び 単 位

JICA	国際協力事業団
NAPOCOR(NPC)	フィリピン電力公社
NK	日本工営(株)
PICOREM	マリキナ多目的ダム再検討のための大統領令による委員会
NEA	電化管理局
MOE	エネルギー省
MERALCO(MECO)	マニラ電力会社
MWSS	マニラ都市水道局
PAGASA	フィリピン気象庁
BPW	公共事業庁
ECAFE	アジア極東経済委員会
CDM	Camp, Dresser and McKee International, Inc.
M+E(M&E)	Metcalf and Eddy, Ltd.
\$	米ドル
₱(P)	フィリピンペソ
¥	日本円
FC	外 貨
LC	内 貨
EIRR	経済的内部収益率
FIRR	財務的内部収益率
O&M	運転維持費
L.F.	負荷率
AMSL	中等潮位
EL.	標高 <i>m</i>
W.L.(WL)	水 位
H.W.L.(HWL)	満水位
L.W.L.(LWL)	低水位

F. W. L. (FWL)	洪水位
D. F. W. L. (DFWL)	設計洪水位
P. M. F. W. L. (PMFWL)	可能最大洪水位
mm	ミリメートル
cm	センチメートル
m	メートル
km	キロメートル
m ³	立方メートル
km ²	平方キロメートル
ha	ヘクタール
m ³ /sec (cms)	立方メートル/毎秒
m ³ /sec・month	1月間1立方メートル/毎秒の水量
kg	キログラム
t (ton)	メートルトン
ℓ	リットル
%	パーセント
℃	摂氏度
°	度
N	北
r pm	回転/毎分
Hz	ヘルツ
kcal	キロカロリー
kV	キロボルト
kVA	キロボルトアンペアー
MVA	メガボルトアンペアー
W	ワット
kW	キロワット
MW	メガワット
kWh	キロワット・時
MWh	メガワット・時

GWh

キガワット・時

V

ボルト

BTU

英国熱量単位

第 1 章 序 文

1.1 プロジェクトの背景

アゴス河開発の構想は1915年General de las Heras. によって調査が提案されたことに始まり、引続き1920年MERALCOの委託を受けたMr. G. E. Schreiber (J. G. ホワイトエンジニアリング)は概略検討を実施した。彼の提案に基づき最初の流量観測所は河口から上流、6kmのケソン川インファンタ市のバヌガオ地点に設置された。2年間の流量測定により水文資料が収集されたが、具体的な開発構想の立案はなされなかった。

1936年発足したNAPOCOR (NPC) は流量及び雨量観測所を3ヶ地点、即ち、カリワ河のドライタン、カナン河のマタティオ、アゴス河のバヨカンにそれぞれ設置した。この水文資料に基づく検討の結果、1943年に水力発電所の候補地6ヶ地点が取り上げられた。しかし、1940年代は太平洋戦争、その他の社会混乱によって継続的な水文観測さえも支障をきたした。1953年8月NPC調査計画局によりドライタンに出力、67.5 MWの水力発電計画が提案され、詳細調査と設計が推奨されたが、1950年代の社会経済事情により実現に至らなかった。

1960年代のフィリピンの高度経済成長は電源開発を必要とし、石油火力発電を主とする火力発電所の建設がこの期間に推進され、また、火力発電所の設備容量はルソン島の全容量の80%を占めるに到った。しかし1974年に発したオイル危機は石油に替る国内エネルギー源の開発政策を強力に促進することとなった。この政策に添って、NAPOCORは電力開発のための「ルソン電力系統拡張計画」を立案した。第一次10ヶ年長期開発計画が制定され、カナン水力発電開発計画は10ヶ地点緊急プロジェクトの1つとして最初に取り上げられた。

ダムサイトの選定地は流域面積357km²を持つアゴス河合流点から上流約5kmにあり、予備計画によればダム高164mのロックフィルダムを建設し480×10⁶ m³の有効貯水容量を擁する。発電所はアゴス河の左岸に位置し、7kmの導水トンネルによって取水を行い91 MWの年平均発生電力即ち800 GWhの年間発生電力量が得られる。設備容量は暫定的に280 MWと計画された。

これに続いて、1978年2月アゴス河開発計画に関する現地踏査の提案が日本工営㈱に

より成された。同年3月、踏査団がプロジェクトサイトに派遣され、数種の比較案が提案された踏査報告書がとりまとめられた。

フィリピン政府はこのプロジェクトを促進するために日本国政府に対して、1978年アゴス河水力発電開発のフィージビリティ調査の技術援助を要請した。日本国政府は要請を承認し、1979年1月NAPOCORとタームズ オブ リファレンスを協議のために国際協力事業団のスタッフを派遣した。1979年1月18日両者により調印された合意タームズ オブ リファレンスに基づき、JICAは9名の専門家からなる予備調査団を1979年2月8日から3月28日まで派遣した。

JICA予備調査団は現地踏査後、考えられる水力発電開発の予備検討を実施した。必要とされる後続作業と調査内容についてNAPOCORと討議された。全ての結果は踏査報告書にまとめられ1979年3月に提出された。フィージビリティ調査作業に関するタームズ オブ リファレンスはJICAとNAPOCORによって同意された。

アゴス河水力発電開発計画のフィージビリティ調査団をJICAは1979年5月30日から現地に派遣した。詳細調査と予備検討は現地において行われ、調査結果と予備評価は中間報告書にまとめられ、1979年12月提出された。詳細調査と検討は1980年まで続けられ、それに基づくアゴス河水系開発の最適化の解析を1980年6月まで実施した。全ての調査、解析の成果はこの最終報告書にまとめられた。

このアゴス河開発検討と並行してアゴス河支流のカナン河、カリワ河の水をマニラ市に供給する上水道計画がMWS Sによって検討された。この検討の成果は吟味され当最終報告書に考慮されている。

1.2 調査の目的及び範囲

フィージビリティ調査の目的は現地調査と詳細検討により、プロジェクトの技術的な堅固さを調査し、経済・財務的な健全さを判定することにある。作業は2段階に区分され、検討の第一段階は開発計画の最適組み合わせを明確にしたアゴス河水力発電の総合開発計画、第二は最有望計画として選定されたプロジェクトの詳細フィージビリティスタディーの実施である。

第一段階に必要な調査及び解析は次の通りである。

- a) 既存の資料、報告書及び情報類の再検討
- b) 地形測量
- c) 航空写真測量及び図化作業

- d) 地質調査
- e) 建設材料調査
- f) 気象及び水文調査
- g) 電力調査
- h) 工事費調査
- i) 移住計画を含む経済・環境調査
- j) 開発計画の比較検討と最適開発計画の事前選定

第二段階に必要な調査及び解析は次の通りである。

- a) 追加地質調査及び解析
- b) 追加建設材料調査，試験及び解析
- c) 気象及び水文解析
- d) 貯水池操作計画
- e) 電力需給の検討
- f) 水力発電計画のダム，発電所，主要構造物のフェージビリティレベルの設計
- g) 工事計画及び積算
- h) プロジェクトの経済及び財務分析

1.3 フェージビリティ調査及び報告書

JICAは津田団長以下調査団を1979年5月から現地に派遣し，NAPOCORスタッフの緊密な協力を得てフェージビリティ調査を実施した。（JICA調査団及NAPOCORスタッフの名簿は表1-1参照）

検討，解析の全成果はフェージビリティ調査報告書にとりまとめられ，そして報告書は以下の如くに構成されている。

主報告書

- 付属書 A 水文及び貯水池操作計画
- 付属書 B 地質及び建設材料
- 付属書 C 電力調査
- 付属書 D アゴス河開発の最適化
- 付属書 E 計画施設
- 付属書 F 計算結果

- 資料集 I 地形測量
- 資料集 II 氣象及び水文
- 資料集 III 地質調査
- 資料集 IV 建設材料試験結果

第 2 章 計 画 地 域

2.1 フィリピンの社会一経済

フィリピンは北緯 5° より 21° 、東経 117° より 127° の間であって、約 30 万 km^2 の国土を持ち、その自然条件は農業生産に非常に適した国である。総人口は 1975 年時点で約 $4,210$ 万人、人口密度 140 人/ km^2 であり、 1970 から 1975 年間の平均人口増加率は 2.8% であった。 1975 年の労働人口は約 $1,450$ 万人で、約 50% 以上が農業及び農業関連産業に従事している。

1978 年のフィリピンのGDPは $1,711$ 億ペソ、又は米ドル 230 億相当であり、国民 1 人当りのGDPは約 $3,700$ ペソ(米ドル 500)であった。GDPの約 39% はサービス部門、次いで工業部門で 35% を占めている。農業部門は非農業部門に比較しGDPの占める割合は相対的に低く 26% である。 1974 年から 1978 年の過去 5 年間の実質GDPは年間 6.3% の伸びであった。

フィリピン政府は 10 ヶ年計画($1978-1987$)の政策の基に、第 1 次 5 ヶ年計画($1978-1987$)に乗り出した。計画は第 1 次 5 ヶ年計画期間に 7.7% のGDP平均年間実質成長率及び 10 ヶ年計画期間のそれを 8% に引き上げることを目標としている。この高い目標を達成するために、工業化、農業の近代化及び人材能力等に対する強力な官民投資が計画されている。

2.2 計 画 地 域

2.2.1 概 要

アゴス河は流域面積 940 km^2 あり、北緯 $14^{\circ}-32'$ より 15° 、東経 $121^{\circ}-18'$ より $121^{\circ}-40'$ のルソン島中央部東海岸側に位置している。アゴス河は 2 つの支流カナン河とカリワ河の合流点から下流部クソン州のジェネラルナカール市とインファンタ市の間を流下し太平洋に注ぐ河口までの約 23 km を言う。

アゴス河の流域はカナン河流域面積 393 km^2 、カリワ河の 473 km^2 及び下流部本流域の 74 km^2 である。東部支流のカナン河は水源を北緯 15° に発し、 2 つの山脈の間を北から南へ流下する。山脈の 1 つは東側の太平洋海岸を隔てており、一方西側は隣接する 2 つのカリワとウミライ河流域を隔てている。この山脈は海拔 800 m から $1,500$ m である。アゴス

のもう一つの支流のカリワ河はカナン河流域の西側に位置し、V字形の流域を有し、その西側は標高400mから1,300mの南北を走る山脈により隔てられている。更に山脈を越えると、マリキナ河がマニラ平野まで西方地域へ流下している。南部は標高400mから700mの丘陵地帯で、カリワ河流域とラグナ湖流域の分水嶺となっている。

カナン河流域は村落が少なく、深い原始林と厚い表土に被われている。降雨量は年間6,000mm以上と非常に多い。唯一の林道はジャングルをぬってマヤビガ川とカナン河合流点近くまで約5.0km延びている。又上記合流点から約6km上流に小さい村落のラグマックには簡易滑走路が設備されている。従って、山岳住民の主な交通手段はカヌーによる運行に限られている。しかしボート輸送は河川のいくつもの瀬により容易でなく、洪水期の運行は殆んど不可能である。

これに反して、カリワ河流域は多くの開拓者と材木の切り出し等によって比較的開発が進んでいる。カリワ河は2つの支川のルナテン川とリムタン川を有し、マリキナ河と隣接するルナテン川流域は森林開墾による小耕地が多数あり椰子、バナナ、穀物等を栽培し、更に開発が進んでいる。リムタン川流域は、アプローチがむずかしくそれほど開発されてない。リムタン川が合流した後のカリワ河本流では、その南側丘陵地域は耕地、農園の開発が進んでおり、又北側森林地帯は原木伐採が行われている。カリワ流域はジープの通れる林道が多数発達しているが、橋梁は架設されていない。従って全ての交通は、雨季の洪水時は中断する。

3つの市、インファンタ、リアル、ジェネラルナカールは全てアゴス河最下流地域の沖積層平野に位置する。インファンタ、リアルの両市は山脈を越えてファミリー市まで砂利道が通っており、その先はハイウェイでマニラ市に続いている。マニラからインファンタまでは延長14.3kmあり、そのうちの約3.4kmの山間部は雨季最盛期には土砂崩れによって時々寸断される。

公共道路省は、地方発展のためにマリキナ市及びインファンタ市を結ぶ新設道路を延長計約110kmの2車線の道路新設計画を策定した。建設工事は1977年から開始され、竣工は1980年末と予定されている。この新設道路の開通により、インファンタはマニラまでわずか2時間で結ばれるようになる。新設道路はアゴスタム附近の丘陵地帯を通るため、ダム建設時は工事用資材の輸送には非常に便利になる。

インファンタ市とマニラ間の通信は無線連絡を除いて、この地域には電話回線を備えている町はない。従って将来建設工事を円滑に進めるためには、工事専用の無線装置を設置する必要がある。

2.2.2 行政区分

カナンとカリワ河の流域を含むアゴス河流域はケソン州とリサール州にわたっている。アゴス河流域の80%以上はケソン州に所属し、残りの流域がリサール州に属する。ケソン州内の流域は、ジェネラル ナカール、インファンタ及びリアルの各市で構成されている。リムタン支川、カナン河及びカリワ河左岸側の流域はジェネラル ナカール市に所属し、ルナムタン支川の流域のほぼ全域はリサール州に属する。又カリワ河の右岸側流域はインファンタ市に所属する。アゴス本流域はジェネラル ナカール、インファンタ、リアルの3市に属し、アゴス河の流域はジェネラル ナカール市に所属する地域が最も広く占めてある。

2.2.3 人口及び土地利用

アゴス河水系流域内の3自治体の総人口は1978年時点で約57,600人と推定される。これらはジェネラル ナカール市の14,220人、インファンタ市の27,800人及びリアル市15,600人である。1970年より1978年間の総人口の年平均伸び率は4.6%の高率であった。最も高い人口増加は平均伸び率6.5%のジェネラル ナカール市であり、次いで5.6%のリアル市、3.1%のインファンタ市と記録された。

3つの自治体の平均人口密度は30.6人/km²であり、各都市別ではインファンタ市の114人/km²、リアル市の53人/km²と高密度に対しジェネラル ナカール市は平坦地が少なく10人/km²と低い人口密度である。

3市の住民のほとんどが東海岸地帯に居住している。比較的開発されているカリワ河流域には約4,000人から5,000人住んでいるが、一方カナン河流域は1,000人以下の住民しかいない。

ドマガットと呼ばれる原住民はカナン、カリワ両流域内に総数約1,000人が居住していると推定される。

3市の所轄土地面積の合計は約1,900km²であり、この80%以上は森林地である。前節で記されているように、カナン河流域の森林は原始林であって、一方カリワ河流域は主に椰子園の二次林地帯である。農耕地はわずか180km²、全面積の9%に過ぎない。約15km²、全面積の0.8%のインファンタ市及リアル市周辺の土地は現在養魚池に利用され、8km²の土地は牧草地に使われている。その他の土地は農耕地、宅地、商業地等に利用されている。

2.2.4 地方経済

地方における最も重要な経済活動は農業、漁業及び林業である。農業部門では米、椰子、バナナが3大農作物である。1971年の農業統計によれば、3自治体で、米3,270t、椰子1,000万個、バナナ1,720tが生産されており、その他農作物はトウモロコシ、砂糖キビ、大豆及びコーヒーである。家畜の飼育は地方農産業の主流ではなく、水牛、豚、牛、馬、山羊、ニワトリ及びアヒル等で数が限られており、耕作用や自家用食として飼育されている。漁業もこの地方における重要経済活動の一つであり、近海及び沿海漁業の漁獲高は年間約66tである。ラモン湾やポリリオ海峡で保獲される魚の種類はアジ、トビウオ、ヒシコ、サバ、イワシ、Shipmouth、マンボウ、pogy、cavalla、memipteried 等である。

淡水魚類は養魚池で養殖され、年間生産高はこの地区から750tと見積られている。養殖魚はbangus、小エビ及び車エビのような淡水魚である。保獲量は極く限られるが、milkfish、どじょう、うなぎ、鯉、カニなどの淡水魚が自家用食として主にアゴス河から採れる。

この地区には3林業会社、De Dios Enterprise Logging Corporation、Infanta Logging corporation及びEastern Pluwood Corporation がある。しかし現在 Infanta Logging Corporation のみが営業しており、最高木材生産高は年間約22,000m³と定められており、主な材種はラワンである。

2.2.5 公共施設

アゴス河かんがい事業は、農業かんがい局(NIA)によって1959年竣工した。かんがい施設はバヌガオの取水設備、幹線水路8.1km、支線39.7km及び末端水路の15.7kmである。取水設備はアゴス河口より上流6kmの右岸に建設され、計画かんがい面積1,200haの内、現在1,000haが開発されている。アゴスかんがい事業とは別に、小さなかんがい事業がジェネラル ナカール市で営まれており、この事業もかんがい用水をアゴス河からポンプ揚水し約250haに供給している。

電気は1964年10月、インファンタ市ポブラシオンに設立されたインファンタ電燈電力組合によってインファンタ市内のみに給電が行われている。現在ディーゼル発電機100kVA、2台及び30kVA、1台が運転され、月間発生電力量37,000kWhの発電を行っている。1979年の平均電気料金は1kwh当り1.2ペソであった。消費者は住宅の621軒、商店の129軒、街燈75ヶ所及び工場の1件である。ジェネラル ナカール市とリア

ル市には発電設備が無く、照明として主に燈油ランプが使われている。

市営上水道施設はインファンタ、リアル及びジェネラル ナカールの各市で整備されている。しかし施設を利用している家庭の割合は非常に低く、水道料は現在月当り 5.0 ないし 10.0 ペソである。上水道の主な水源は井戸及び泉である。この地域の市外部には上水道施設は全く無く、住民は河水、沢水、湧水、井戸及び雨水から水を使っている。

第 3 章 電 力 部 門

3.1 フィリピンの電力系統

現在、フィリピンの電力事業はNAPOCOR（国営電力公社）、MERALCO（マニラ電力会社）及び民間の協同組合により運営されている。大統領令^{<1>}（1977年、10月6日、第1206号）によりエネルギー省（MOE）が創設され、この省の管轄の下にNAPOCORはフィリピンの大型発電、送電、変電等を行う唯一の公社となった。

地方の配電と販売事業はNEA（電化管理局）の管理下に協同組合が行っている。これらの協同組合はディーゼル発電又は他の電力系統より購入した電力により運営されている。

フィリピン全体の設備容量は1979年現在360万kWであり、この83%の約300万kWはルソン島にあり、4%約15.2万kWはビサヤ地区に、残りの13%即ち45.5万kWは南部のミンダナオ地区に設置されている。これらの電力系統では、石油火力発電所が全体の62%と最も多く、次に水力発電所が26%を占めている。1979年には地熱発電所22.3万kWが完成して全設備の6%となっている。ディーゼル発電は離島又は主系統から離れた地域に設備され、それは6%を占めるにすぎない。1978年以前には火力発電所の大部分はマニラ地区のMERALCOの設備であったが1978から1979年の間に170万kW約85%のMERALCOの発電設備はNAPOCORに取得され、NAPOCORの管理となった。

現在のフィリピン国内の送電線の総延長は、約9,800回線^{<3>}kmであり、このうち、1,525kmは230kV、824kmは138kV、1,087kmは115kV、69kV以下は合計6,363kmである。この送電線の82%はルソン島に、13%はミンダナオ島に、5%はビサヤ地区に位置する。

フィリピン全体の発電電力量、及び電力消費量は、1978年で夫々12,488GWh、10,887GWh^{<4>}であった。これらの電力量の89%はルソン島に、9%はミンダナオ島に、僅か2%がビサヤ地区で消費されている。1978年の国民1人当りの電力消費量は235

<1 1977年10月6日付の大統領令第1206号

<2 NAPOCORの設備とMERALCOの設備

<3 回線km 回線数×延長(km)

<4 NAPOCORとMERALCOのみ

kWh であった。

この国全体の電気普及率は 32% と非常に低く、約 200 万世帯が電気を享受しているにすぎない（電力供給系統、電力消費、電力普及等の詳細は付属書 C の電力調査に記述した）。

3.2 ルソンの電力

3.2.1 発送電系統

ルソン島の電力は、主として NAPOCOR 及び MERALCO が供給しており、これらの供給の及ばない所は小規模な発電設備で協同組合が電力供給を行っている。

この系統の合計設備容量は、1979 年で 300 万 kW であった。このうち 54 万 kW は水力発電、火力発電所は地熱発電所の 22 万 kW も含めて 245 万 kW であった。これらの設備容量から判る様にルソン系統は大部分の電力を石油火力発電所により供給されている。

石油消費を節約しようとする国家の方針に沿って、石油エネルギーでない水力、地熱等の開発の調査に力を注いでいる。現在建設中の発電容量は合計 151 万 kW であり、このうち 67 万 kW は水力、62 万 kW は原子力、22 万 kW は地熱発電所となっている。現在のルソン島の発電設備を表 3-1 に示す。

発電設備の増加と並行に、NAPOCOR はルソン系統の送電線の増設を行っており、1979 年現在のルソン系統の 13.8 kV 以上の送電線の総延長は 8,060 km であり、このうち 230 kV は 1,525 km、115 kV は 1,087 km、6.9 kV 以下の送電線は 5,450 km となっている。1981 年末迄には、約 2,511 km の送電線が発電施設拡張計画と合わせて、そして未電化地域への拡張計画として増設される事になっている。拡張計画に含まれる送電線は 230 kV 線の 1,513 km、115 kV 線の 35 km、及び 6.9 kV 線の 961 km である。

既設発電所、送電網及び変電所等の位置は、付属書 C の図-1 に示す。

3.2.2 発電及び消費電力量

1978 年の全送電端発生電力量はルソン島で 11,239 GWh でこのうち 3,641 GWh は NAPOCOR、7,145 GWh は MERALCO、残りの 453 GWh は協同組合又は自家発電を行っている工場等の発電量である。この発電量の 80% の 9,041 GWh は重油火力発電所による発電であり、16% の 1,745 GWh は水力発電所、4% の 453 GWh は自家

発電である。これらの点よりルソンの電力は、大部分輸入した石油燃料により発電されている。

合計の電力消費は1978年には10,217GWhであった。このうち、23%の2,354GWhはNAPOCORにより、73%の7,433GWhはMERALCOにより、4%の430GWhは協同組合により供給された。この使用電力を需要家の業種別にすると、工業需要が最大で38%、次に家庭用需要34%、商業需要23%、その他（NAPOCORの雑需要及MERALCOの街灯等を含む）5%である。

電力発電、電力消費はともに年平均10%と比較的高い率で増加している。1960年より1969年間は13%以上の高い年間伸び率を記録したが、1969年より1973年間の伸び率は約8%と低下し、1973年より1974年の間は石油危機とその後の経済不況が影響して、需要の伸びは沈滞した。1974年より1978年迄の伸び率は平均年間7%と再び上昇した。年間発電量及び電力消費量等の伸び率を次に示す。（詳細は表3-2に記載）

期 間	発電電力量	消費電力量
1960-69	13.5%/年	13.8%/年
1969-73	8.2	8.5
1973-74	0.7	0.9
1974-78	7.9	0.4
(1960-78)	(10.4)	(10.6)

ルソンの最大電力需要は1978年に1,860MWを記録した。過去18年間に、電力需要の平均伸び率は年間9.3%であった。電力需要の年間増加率は、1960年より1969年間で最も高く11.7%であった。この増加率はその後段々と下り1969年より1972年迄は9.3%、1973年より1978年迄は6.4%となっている。

この発電システムの年負荷率は、1960年の58.2%より徐々に増加して1978年には69%を記録した。一方、システムの電力損失は1960年代始めは13.7%であったが、徐々に減少して1978年には9.1%と算定された。

ルソンシステムの典型的な日負荷曲線を度数分布の形にして図3-1に示す。この曲線によれば、ピーク負荷は朝10時から夜の8時の8から10時間であることを示している。この時間帯では、負荷曲線は概ね平らであり、顕著なピークはない。この条件より水力発電所に要求されるピーク時間は8から10時間と見積られる。

3.2.3 電気料金及び収入

NAPOCOR の電力の卸し料金は系統により率が変わっており、ビサヤ地区のセブ、バナイ系統が3つの系統のうちで一番高く、ミンダナオ系統はその開発状況及び発電コスト等を考慮して一番安くなっている。

NAPOCOR の料金制度は計算需要電力に比例する需要料金と使用電力量に比例する電力料金とより成っている。その上発電に使用した油の価格が規準価格より上下への変動に比例して電力料金は変えられる事となっている。

NAPOCOR の売電による1978年の収入は9億2千100万ペソであった。^{<1>}合計収入のうち80%、即ち7億3千800万ペソはルソン系統の収入である。1972年より1978年の間に年間45%の率でルソン系統の売電による収入は増加している。1 kWh の平均収入は1978年は0.2ペソ^{<2>}であった。これはフィリピン全体の kWh 当りの平均値より少し高い値となっている。経年のNAPOCOR の電力販売収入を表3-3に示す。

3.3 電力需要の予想

3.3.1 既存の検討結果

ルソン系統全体の電力開発^{<3>}について、1976年から1977年の間に、過去の実績の調査及び将来2000年迄の建設予定等が調査された。この調査のうち、電力消費予想は(i)人口、(ii)実際に配電を受けている人口、(iii)燃料油の価格、(iv)ルソン地区の1人当りの総生産額等を考慮して作成した指数関数を用いて行われた。予想される1977年より2000年までの全体的な年平均増加率は9.2%で詳細は次表の通りである。

期 間	年平均増加率
1977-1980	11.7%
1981-1985	10.7%
1986-1990	9.3%
1991-1995	8.1%
1996-2000	7.2%

<1> 燃料価格調整を含む

<2> 1980年9月より平均電力料金は1 kWh 当り0.4ペソになった。

<3> ルソン電力系統拡張計画, Lahmeyer Internation GmbH

この予想された増加率が1978年前期のNAPOCORによる系統の増設計画に採用され、それによるとルソンの電力消費は平均年増加率で10.6%であり、1990年には34,960 GWhと予想された。

上記の予想ののち、NAPOCORは1979年6月と1980年の2回にわたり最近の電力需要の増加傾向と、次の10年間の比較的緩やかな経済成長等を考慮して見直しを行った。新しい改定された計画によると、電力消費は1990年まで年平均増加率は7%と前の計画の時の予想より、比較的低い値を採用している。この変更された電力需要予想を表3-4に示す。

3.3.2 将来の需要予測

ルソンの将来の需要予測を行うために過去の電力消費量及び最大負荷が再び検討された。前節で説明した様に、電力消費量と最大需要電力は1960年より1969年迄の間は高い増加の傾向にあったが、1969年以降の電力消費は、1972~1973年を除いても、7~9%という低い伸び率を示した。1969年以降のこの変化は、ルソンの電力消費が社会・経済構造の変化を反映して低成長時代に入ったことを示唆している。

期 間	電力量消費	ピーク負荷
1960-1969	13.8%/年	11.7%/年
1969-1972	8.5	9.3
1972-1973		0.3
1973-1974	0.9	6.5
1974-1978	7.4	

電力消費の再調査の結果、電力消費の増加と国の経済成長との相互関係が再調査点検された。人口1人当りの電力消費量と、1人当りの収入の相互関係は既に他の多くの国々について値が求められており、これが将来の予想に利用されているので、これらの2つの値がこの需要予測に利用された。この解法の1番の利点はその国の開発の状況を関数として組入れることにより、この方法により比較的長期の予測が出来ることである。

入手した資料を基として、ルソン本島の1人当りの電力消費量と1人当りのGNPは^{<1}1960年より1978年までの期間求められた。GNPと電力弾性値を求めるために付属書

<1 ルソン本島：マレンドケ、東西ミンドロ、バラワン、カタドアンとマスベイトを除くIからIV地区

Cの電力調査の中で人口1人当りのGNPとルソン系統の1人当りの電力使用量の関係を両対数目盛りで示した。ランダムな要素を除くために最小自乗法を用いた。

この曲線によると電力需要の収入弾性値は1960年以降に3回大きな変動があった事が判る。1960年から1963年の間と1964年から1970年の間は、1970年以降より高い弾性値各々3.60と5.13であり、1970年より1978年迄は減少して1.01となった。

(1) 電力消費の予想

将来の電力消費は以下の仮定に基づき、電力弾性値の最近の傾向を用いて予測した。

a) 1979年より1995年迄の期間は低い弾性値1.01と予想した。

b) ルソン本島の人口の増加はNEDAの予測によると次の様になる。

1978-1980 3.09%/年

1981-1985 2.90

1986-1990 2.76

1991-1995 2.43

c) 人口1人当りの収入の年間の増加率は次の様に予想した。

1978-1983 4.05%/年

1983-1987 5.25

1988-1995 5.10

この予想によると、電力消費量は表3-5に示す様に、1985年には17,140GWh、1990年には25,350GWh、1995年には36,900GWhとなる。

(2) 最大電力需要

最大電力需要は次の様な想定に基づいて行った。

a) 所内使用電力を除いた系統損失は、1979年より1982年の間は7.5%、この損失は減少して1983年より1987年間は7.0%、1988年より1995年迄は6.5%になる。

b) 負荷率は1979年より1982年までは69%、その後少し増加して1983年から1995年は70%を保つであろう。

この想定によると予想される最大電力需要は1985年に3,000MW、1990年には4,420MW、1995年には6,430MWになるであろう。予想される電力消費量と最大電力需要の詳細を表3-5に示す。

将来予想される電力消費量、最大電力需要をNAPOCORの予測とともに図3-2と3-3に各々示した。これらの図によると、この報告書の予想とNAPOCORの予想との間には大きな違いはなく、本報告書の方が少し高い事を示している。NAPOCORの予想は将来の増設計画を立てるための資料として充分信頼性のある事を示している。

3.4 系統の増設計画とアゴス計画

予想される電力需要増加を満すために、1980年より1990年迄の長期の建設計画がNAPOCORにより定められた。この計画は1990年にはルソン系統は5,571 MWの発電容量で28,033 GWhの電力量を発電することを目標としている。発電電力量と最大電力需要のこの計画期間中の年平均増加率は各々6.4%と4.8%である。

この計画の最も著しい特徴はこの計画期間中、国産のエネルギー資源、即ち水力、地熱、石炭を発電に使用して、現在の輸入石油に頼る発電を少なくする事である。このため水力開発に力を入れて、この計画期間の終りには水力発電設備は全設備容量の46%を占めるものと予定されている。地熱発電と、石炭火力もまた各々10%と5%を占めるまでに拡張されるものと予定される。これとは反対に石油火力は、現在の72%より27%と、その占有率は減少している。

この発電所の増設計画と並行に送電線、変電所等の増設も計画されている。1990年迄の建設目標は送電線の総延長はルソン系統でアブルグーチコ水力発電所とマニラを結ぶ超高压500 kVの503kmを含む、4,625kmとなっている。

アゴス水力発電所は設備容量140 MWとして、この増設計画に含まれている。アゴスは建設が1983年に開始され、1989年には運転開始の予定となっている。図3-3に予想最大需要と発電所の増設計画の関係を示す。この図より、例え前節で予想した電力需要より高い伸び率を示したとしても、発電設備は十分な余裕がある。

図3-2に発電可能な電力量と必要な電力量の関係を示す。これによると余剰電力量は1985年と1990年には火力発電所の定期点検、補修等を考慮すると充分とは言い難い事がわかる。

第 4 章 調 査 成 果

4.1 地 形 測 量

アゴス水力発電計画の予備検討当時、利用可能な地図は計画地域全体をカバーする縮尺 5 万分の 1 の 2.0 m コンターの国土基本図のみであった。それ故、詳細検討のため以下の測量作業を実施することが必要とされた。

- a) 貯水池地域の航空写真図化 (5 m 等高線の縮尺 1 : 5,000)
- b) 基準点の三角測量
- c) アゴス河口からダムサイトまでの水準測量
- d) アゴス河口からダムサイトまでの河川縦横断測量
- e) 縮尺 1 : 1,000, 等高線 1 m の以下の範囲の平面測量
 - i) アゴスダムサイト (1.92 km²)
 - ii) 逆調整ダムサイト (0.32 km²)
 - iii) カナン~~ル~~1ダムサイト (0.83 km²)

上記測量の外に、カナン河沿いの貯水池域の航空写真図化地図作成は、PICOREM が実施した。1979年10月にこの地図のコピーを取得している。残りのカリワ河の貯水池地域の航空写真図化地図はNAPOCOR が作成し、1980年7月この地図を入手した。その他の地形測量は J I C A 及び NAPOCOR 測量隊により実施された。

地質調査、建設材料調査及物理探査用測線等に要する測量は、上記測量と別作業で実施し、なお、Lahmeyor Consult Co., が選定したカナン~~ル~~5ダムサイトの縦断測量も参考のために実施した。地形測量の全作業は1980年8月末までに完了し、計画地域における測量全体の略図を Dwg. 2 に添付した。

4.2 気 象

ルソン島は北緯 12°より 19°の間に位置し、熱帯性気候で、一般に北東モンスーンが 11 月より 2 月まで、南西モンスーンは 7 月より 9 月までに主に吹き、その他の期間のモンスーンが弱い時は東方からの貿易風が吹いている。ルソン島の山脈は一般に北から南に走っており、大気の流入方向に面した山の斜面に強い雨をもたらす湿った大気を上昇させる役割を果たしている。一方、山脈は、その湿った大気を山脈を越えた内陸部へ入りこみにくくする役

目をもっている。

カナン河流域はルソン島中央部の東海岸に位置しており、この流域の雨季は主に北東モンスーンの影響をうけて、10月より1月までの間に多くの雨をもたらす。又カリワ河流域はその位置的理由から北東及び南西両モンスーンの影響をうけて、その結果として8月と11月の2つの雨の多い月を有している。更に、カナン河流域は貿易風の影響で乾季でさえも平均月雨量が160 mm以上である。一方カリワ河流域は1月から4月までの4ヶ月間の明確に区分される乾季を有している。

アゴス河流域にはNAPOCORにより1937年より1950年まで観測の行われた4つの雨量観測所があった。更にPAGASAは1926年から現在までインファンタ市にて気象観測を実施している。5地点の平均月雨量記録は次表にまとめられている。

今まで説明された降雨特性は下表に明確に示されている。マタティオ観測所において観測された平均年降雨量6,170 mmはカナン河流域内の豪雨と大洪水が発生していることを示唆している。

インファンタ観測所における日雨量10 mm以下の日数は年間約265日で、2月から8月までの乾期では約173日である。アゴス河流域のほとんどの降雨は、熱帯性スコールによるものでなく、モンスーン、貿易風及び台風による降雨であるので、長期間を平均すると午前の降雨、午後の降雨という時間パターンは明確には区別されない。

28年間中断していた雨量観測を再開するために、NAPOCOR 水文チームは1978年6月、7月、5ヶ所に手動雨量計を設置し、1979年8月、9月にはNAPOCOR-JICAの水文チームが3ヶ月巻きの最新自記雨量計を図4-1に示される標高の高い接近可能な6地点に設置した。

アゴス河流域平均年降雨量の等雨量分布図は既存降雨量資料及び新設雨量計観測資料をもとに図4-2に示す如くに作成した。カナン河流域の豪雨状態はこの図に明確に表われており、平均年間降雨量はカナン河流域の5,890 mm及びカリワ河流域の3,550 mmである。

アゴス河流域の月平均雨量

観測所	インファンタ	バヨカン	マタティオ	ドライタン	サンタ イネス
流域	アゴス	アゴス	カナン	カリワ	カリワ
期間(年)	44	5	7	5	3
期間	1927-1979	1939, 1947-1950	1937-1939 1947-1950	1937-1939 1947-1948	1937-1939
1月	367	424	682	124	63
2	232	281	364	61	15
3	184	213	326	62	54
4	191	186	289	93	84
5	227	180	237	165	249
6	220	195	164	206	325
7	240	250	275	352	607
8	203	314	326	482	616
9	304	348	354	341	316
10	511	605	658	382	346
11	598	801	1,342	531	566
12	561	872	1,153	418	359
計	3,838	4,669	6,170	3,217	3,600

以上の検討から、アゴス河流域は場所によって年間6,000mmを越える豊富な雨に恵まれているが、その分布は位置と地勢状況の影響をうけてカナン及カリワ河流域では全く違っていると見える。

インファンタ測候所の平均気温及び湿度は26.8℃及び83.1%である。アゴス河流域は北緯14°32'より15°00'に位置しているため気温は年間を通してそれほど変動しない。通常最低気温は1月に、最高気温は6月に起こる。1月と6月の月平均気温の差は4℃程度とわずかである。

瞬間風速52.5m/sec, 189km/時相当の強風がインファンタ測候所で記録されている。

年間1,420mmの平均蒸発量がカリワダムサイトの南西約8kmのクヤンバイ観測所にて記録されている。

4.3 水 文

4.3.1 一 般

アゴス河流域には4地点の水位観測所があり、そのうち1950年迄3水位観測所が観測を中止した。長期間の確実な流量資料は流域面積9.11km²のアゴス河の河口より上流6kmのバナガオG.S.のみである。この水位観測所は1950年より1973年までの26年間と1977年より1978年の完全な流量資料を備えている。(付属書A参照)

年最大流量の記録は1949年より1970年までの22年間のバナガオG.S.のみである。自記水位記録は1956年7月13日から1972年7月26日まで観測されているが、雨と洪水を関連づける資料は全くない。

カナン河流域は部分的に年間6,000mmを越える豪雨地域であるにもかかわらず、密林が土地浸食を防ぐ役割を果たしている。一方カリワ河流域は西部地方、Lenatin川から林業及び開拓者によって比較的開発が行われている。従って、特にカリワ河の生産土砂量はカナン河よりは多量である。アゴス河の水質は豊水期の混泥流量以外は全くの清流であり、アゴスの水はいずれの目的にも使用可能である。

NAPCORは観測を再開するために1978年3地点に量水標の水位観測所を建設した。観測所は、アゴス河のマハバンラリムG.S.、カリワ河のグライタンG.S.とカナン河のマラソランG.S.である。しかし後者の2地点は仮観測所である。NAPCORはJICAチームの提案で1980年、カリワ河のニオ地点とカナン河のピヌガワン地点に水位観測所を設置した。マハバンラリム、ニオ及びピヌガワン各観測所は合流点より3km以内にあり、自記水位計が据えられている。1979年9月にマハバンラリムG.S.及び1980年6月にはニオG.S.に流量、浮遊砂の観測及び洪水期に水位計へ接近できるようケーブル線を架設した。

上記既存資料と新設雨量、流量観測所にて観測された記録をもとに、次節から述べられるようにアゴス河の流出量、洪水、堆砂の解析を実施した。

4.3.2 流 量

バナガオ観測所に於ける流量は年間有効雨量3,940mm、比流量12.5m³/sec/10.0km²である。カナン河の平均月流量では12月にピークがあり、カリワ河は第一ピークを12月に、第二のピークが8月に発生する。それを図4-3に示す。

バヌガオG.S.の26年間流量記録には50年確率値に相当する豊水年が2回含まれている。バヌガオ地点の平均流量は対数平均の $118.1 m^3/sec$ である。しかし実際的な水利用の観点からは26年間に2回の豊水年発生を期待するのは楽観的すぎるといえるので、バヌガオG.S.の利用可能流量は2つの豊水年流量を除いた対数平均の $113.8 m^3/sec$ とした。それぞれのダムサイトの利用可能流量は、上記バヌガオG.S.の $113.8 m^3/sec$ 、CDMによって算定されたカリワ河のダライタンG.S.とアゴス河流域の年等雨量線分布図を基に求められた。それぞれのダムサイトとバヌガオG.S.の月平均流量を以下に示す。

それぞれのダムサイトとバヌガオG.S.における平均月別流量

(m^3/sec)

月	カリワ ダムサイト ($279 km^2$)	カナン第1 ダムサイト ($285 km^2$)	アゴス ダムサイト ($867 km^2$)	逆調整池 ($894 km^2$)	バヌガオG.S. ($911 km^2$)
1月	14.97	89.55	151.49	158.05	162.03
2	6.61	66.23	105.19	110.04	112.98
3	3.55	49.50	76.50	80.12	82.32
4	2.64	30.99	48.52	50.79	52.17
5	3.02	26.79	43.08	45.04	46.23
6	5.66	25.11	44.73	46.57	47.68
7	35.33	8.90	66.97	67.62	68.02
8	48.88	7.98	86.45	87.03	87.39
9	44.47	15.36	90.25	91.38	92.06
10	37.57	62.91	147.91	152.51	155.31
11	50.53	89.27	205.63	212.16	216.13
12	58.77	98.61	231.68	238.90	243.28
年平均	26.00	47.60	108.20	111.68	113.80
100km ² 当りの比流量	9.30	16.7	12.5	12.5	12.5

アゴスダムサイト及び逆調整サイトの26年間連続月流量は、単純にバヌガオG.S.の流量を乗じて算出した。

カリワとカナン第1ダムの26年間の月別流量は上記の平均月流量とバヌガオの流量記録を基に算出され、それには50年以上の確率洪水年を含む適当なばらつきをもった流量である。それ故に、この算出された流量は最適規模選定のための水資源開発検討に充分利用可能といえる。

4.3.3 洪水

バヌガオG.S.の1966年11月20日の既往洪水第二番目のピーク流量 $6070 \text{ m}^3/\text{sec}$ ハイドログラフの記録が新たに発見された。最大洪水は1978年10月26日に発生し椰子の木に痕跡をとどめていた。これから1979年3月9日この観測所の水位流量曲線をもとに解析した結果、ピーク流量 $6,650 \text{ m}^3/\text{sec}$ と算出された。バヌガオG.S.に記録された5つの大洪水は次の通りである。

アゴス河バヌガオG.S.地点の5大洪水(流域面積 911 km^2)

№	年 月 日	ピーク流量 (m^3/sec)	摘 要
1	Oct. 26, 1978	6,650	-1979年3月9日の痕跡
2	Nov. 20, 1966	6,070	-記録紙あり
3	Nov. 26, 1921	4,890	-水位流量曲線は不明確
4	Dec. 31, 1950	4,250	
5	Dec. 10, 1956	3,510	

バヌガオG.S.の1949年より1970年までの22年間の年最大流量資料をもとに4種類の方法を用い統計処理を実施し、その結果を下表に示す。

対数ピアソンタイプⅢ法による度数曲線は図4-4に示す如くに洪水資料の分布によくのっており、対数ピアソンタイプⅢ法により得られた結果は、1971年から1977年までの期間の洪水記録が得られなかったという理由で1978年に発生した既往最大洪水を含んではないが、十分に信頼のおけるものといえる。各ダムサイトの確率洪水は、流域面積及び年降雨量を修正し、バヌガオG.S.の確率洪水をもとに算定した。

アゴス河バヌガオG.S.の洪水の確率統計解析

(m^3/sec)

生起確率(年)	対数極値 タイプA	対数ピアソン タイプⅢ	岩井法	ガンベル法	最大値
2	1,700	1,660	1,660	1,830<1	1,830
30	4,760	5,340 <1	5,150	5,340<1	5,340
100	6,770	7,500 <1	7,140	6,760	7,500
200	8,220	9,080 <1	8,450	7,570	9,080
1,000	12,700	13,600 <1	12,000	9,440	13,600
10,000	23,000 <1	22,600	18,500	12,100	23,000

註：<1；最大値

一方、異常洪水の包絡線はフィリピン全国に設置されている409個所の流量観測所の1969年までの資料をもとに解析し、作成した。この曲線はクリーガーの洪水算出式の $C=140$ とした場合に相当する。

それぞれのダムサイトの余水吐の設計洪水流量は、200年確率洪水を基に算出された。フィルタイプダムの場合は、設計洪水流量は、日本のダム設計基準に従って1.2倍された。フィルタイプダムの最終的な安全性については、図4-5に示される可能最大洪水(PMF)により確かめられた。各々のダムの余水吐の設計洪水流量は、既往最大洪水、200年確率洪水、フィリピン及び極東の包絡線、PMFそして10,000年確率洪水とともに次頁の表に掲げる。

アゴスダムの余水吐設計洪水流量とPMFは、それぞれ400年と3,000年確率に相当する。表より明らかなように、200年確率とフィリピン国の異常洪水の包絡線は互いに概ね近い値を示し、アゴスダムの余水吐設計洪水流量は極東の異常洪水流量の包絡線に近い。10,000年洪水流量はPMFと比較し異常に大きい値となっている。

種々の洪水に対する余水吐の設計洪水流量の比較

	バヌガオ G.S.	アゴスダム	逆調整池	カナン 第1ダム	カリワダム
流域面積 (km ²)	911	867	894	285	279
ダムタイプ	—	フィル	コンクリート	コンクリート	フィル
1 余水吐の設計洪水流量	—	10,600<1	8,970	6,450	5,170<1
2 既往最大洪水流量	6,650	6,490<2	6,590<2	—	—
3 200年洪水	9,080	8,830	8,970	6,450	4,310
4 フィリピンの異常洪水の包絡線	9,530	9,300	9,440	5,220	5,160
5 極東のC地域の異常洪水の包絡線 <3	11,000	10,800	11,000	6,170	6,100
6 P.M.F.	—	17,300	—	—	—
7 10,000年洪水	23,000	22,500	22,800	16,400	11,000

- 註：<1 日本大ダム会議制定の規準に従って200年確率洪水流量に1.2を乗じたもの
 <2 クリーガの公式によりバヌガオの記録より求めたもの
 <3 台風の襲来する日本、韓国、フィリピン、台湾、ベトナム等の国々の1967年ECAFEにより求められた包絡線

4.3.4 堆 砂

アゴス河の浮遊土砂は、カナンとカリワ河の合流点の下流1,560mに位置するマハバンラム流量観測所で観測されている。1979年と1980年に行われた36回の測定結果に基づき、図4-6に示される堆砂-流量曲線が作成された。その曲線は次式で示される。

$$Q_s = 0.005802 \times Q^{2.4515}$$

ここに Q_s : 浮遊土砂量 (ton/日)

Q : 流量 (m³/sec)

上記の堆砂-流量曲線をバヌガオの26年間の日流量資料に適用し、日計算による不可避免的な誤差を見込んで1.2倍して求められたアゴス河のアゴスダム地点に於ける年平均浮遊土砂量は423,000m³又は比浮遊堆砂量464m³/km²/年と算定された。掃流砂は簡単のために浮遊土砂量の20%と推定された。従って合計比堆砂量は557m³/km²/年と算定される。

アゴス貯水池の100年間の堆砂量は、カリワとカナン第1ダムの補促率を考慮し17.9

百万 m^3 と見積られ、これは貯水池の死水量378百万 m^3 の僅か5%でしかない。例え全ての土砂が有効貯水容量552百万 m^3 の範囲に堆積したと仮定しても、有効貯水容量の97%は、建設後100年以降も使用できることとなる。更にカナンとカリワダムは補促率を無視したとしても、全堆砂量は有効貯水量の8%にあたる46.3百万 m^3 に過ぎない。従って貯水池堆砂についてはアゴスダムにとって、何ら実際上の問題を生じない。同様な結論はカリワとカナン第1ダムについても導かれる。

4.4 地 質

4.4.1 一 般 地 質

アゴス河流域に分布する岩石は、塩基性溶岩と火砕岩を伴うグレイワックと礫岩・頁岩との互層である。時代は白亜紀～古第三紀のものと考えられる。グレイワックは分級度の悪い角礫～亜角礫の岩片から構成されるが、固結度は良く、新鮮な部分は堅硬である。部分的に層理面が不明瞭な塊状を呈することがある。グレイワックの一部は中～大礫を、非常に多く含む礫岩として分類される。これもグレイワック同様、新鮮な部分では堅硬である。グレイワックと礫岩層には、頁岩と細粒砂岩の薄層がはさまれる。これらは暗青～明褐色で固結度の良い均質な岩石である。

塊状石灰岩はカリワ河上流のドライタン近傍に分布する。この石灰岩の岩体は高い山陵を形成して、南北方向に延びている。

一般的な地層の走向は、N-SからNE-SWである。傾斜は多くの小規模なしゅう曲及び断層によって、方向及び角度が変化している。この地域における主な地層構造は、ポリリオ海峡をN-Sに走るフィリピン地溝と、インファンタの西方約5kmをN-Sに走るインファンタ断層であり、このインファンタ断層は、フィリピン地溝の西端を形成している。他の小規模な断層は、NE-SW～ENE-WSWの走向を有しており、これらのうちの1本は、ほぼアゴス河に沿って走っている。

激しくねじれた小規模なしゅう曲が、ドライタンの上流のカリワ河流域に頻りに認められる。これは断層運動と関係したものと考えられる。

4.4.2 プロジェクト サイトの地質

(1) アゴス ダムサイト

a) 地質状況

ダムサイトの基盤岩は、白亜紀～古第三紀のグレイワックグループの堆積岩より構成されている。これらは、グレイワックを主体とした礫層、細粒砂岩と、やや変成を受けた頁岩より成る。一般的に、層理面は不明瞭であるが、部分的に細粒砂岩及び、頁岩によって識別される。平均的な走向/傾斜は、 $N30^{\circ}\sim 35^{\circ}E / 30^{\circ}\sim 45^{\circ}S$ である。節理や小断層は $N70^{\circ}\sim 80^{\circ}W / 60^{\circ}\sim 90^{\circ}NE$ である。

崖錐堆積物は川沿いの下方斜面に分布している。段丘堆積物及び、洪水堆積物の分布は、ダムサイトの付近に限られる。河床堆積物は予定ダム軸付近で、約 $30\sim 40\text{ cm}$ の厚さを有している。この大きな厚さは、前記した地溝の広域的な沈降運動と関係するものと考えられる。

b) 土木地質

下記の三点が、アゴスダムサイトにおける基礎処理に関する問題点である。

- i) 右岸側アバットにおける厚い残留土あるいは変質岩層。
- ii) 河床部における厚い河床堆積物。
- iii) 河床部及び右岸における断層。

少なくとも、河床部と標高 120 m 以下のアバットにおける風化岩層は、掘削除去されなければならない。不透水のコアゾーンに対する基礎は、右岸において 30 m 、河床部で 45 m 、左岸側で $10\sim 25\text{ m}$ の深さに存在する新鮮岩が相当する。新鮮な基礎岩は、コンクリート重力ダム及び、ロックフィルダムのいずれに対しても、十分な安定性と堅さを有している。

基礎はセメントグラウティングによって処理できる。グラウティングは、新鮮岩の上面から連続的にほとんどの部分について実施する。クラックからの漏水は、普通のセメントグラウティングによって処理できる。カーテングラウトの予定深度は、河床部において 60 m であるが、これはダム高の $\frac{1}{3}$ よりわずかに多く、従って、予想される漏水の大部分をカバーすることになる。グラウトカーテンの深さは、ダムのアバット部分においては 30 m まで減少される。コンソリデーションとブランケットグラウティングは、新鮮堅硬岩に対して、ほぼ 5 m の深度で充分と考えられる。

不透水性コアの基礎の底敷に監査用とカーテングラウティング用を兼ねたギャラリーの構築が推奨される。

c) 湛水域の地質

計画されるアゴスダムの湛水域は、満水位を標高165mとしてカナン河沿いに22km、カリワ河沿いには28kmの上流まで達する。

湛水域のほとんどは、地質的にグレイワッケ、礫岩、頁岩の分布域に相当する。

(2) 逆調整ダム

a) 地質状況

予定ウェアースイトは、アゴスダムサイト下流8km地点に位置している。左・右両岸の斜面は、比較的緩斜面で河床幅は約260mである。

基盤岩は砂岩と頁岩層を挟在するグレイワッケと礫岩より構成され、これらの岩層は、アゴスダムサイトに分布するものとはほぼ同様のものである。層理面は不明瞭であるが、部分的に、細粒砂岩層がWNW-SES~ENE-WSWの走向、35°~45°Sの傾斜を有する。左岸に沿って走る主要断層は、N70°Eの走向を有する直線として空中写真に現われている。河床堆積物は予定堤軸上で最大約50mの深さを有する。

b) 土木地質

最大の問題は、厚い河床堆積物の処理である。逆調整ダムが小規模であることを考慮に入れると、ダム構築のために大量の河床堆積物を掘削することは経済的ではない。従って、逆調整ダムとしては、フローティングタイプダムが推奨される。しかしながら、水門を取り付ける部分は基盤岩に基礎を置いたコンクリートパイルによって、支える必要がある。

ウェアークリープ長は、河床堆積物中にパイピングが発生することを避けるため、長くされなければならない。ウェアの両岸アバットは、堅硬な基盤岩に着岩することができる。

(3) カナン Ⅱ 1 ダムサイト

ダムサイトはカナン河、カリワ河の合流点より約21km上流のV型峡谷に選定されている。河床の標高は約168mである。この地域は、細粒砂岩の薄層を伴う非常に堅硬で塊状のグレイワッケから構成される。地層は一般的に、N-Sの走向と50°E~60°E傾斜を有する。

いかなるタイプのハイダムでも十分な安定性をもって建設可能と考えられる。しかしながら、ダムサイトにおける非常に狭い河床断面から推察される大きな洪水の発生を考慮すると、フィルダムの代りに、コンクリート重力ダムを建設することが望ましい。

(4) カナン Ⅱ 5 ダムサイト

ダムサイトは、カナン・カリワ河の合流点より約5km上流に位置している。河床の標高は

約 95 m で、河床幅は左岸側から押し出した甚大な量の崖錐堆積物により狭ばめられ、約 80 m となっている。ダムサイトは、アゴスダムと同様なグレイワッケによって構成される。層理面は明瞭ではないが、ほぼ N 30° E の走向と 50° E の傾斜を有する。N 23° E / 48° W の走向・傾斜を有し 10 ~ 30 cm 中の破碎帯を伴う断層が、左岸斜面の小峡谷に見られる。

左岸上の風化岩や崖錐堆積物は非常に厚いため大量の掘削が必要と考えられる。従って、ダムの体積はアゴスダムとほぼ同程度に達する。

(5) 原 石 山

アゴスダムのための原石山はダムサイトの西方に選定された。原石山とアゴスダムサイトの距離はわずか 2 km である。地形は急峻で約 30° の傾斜を有する。基盤岩は河床や山腹斜面に部分的に露出している。

約 3.5 百万 m³ の原石材料はこの原石山から得られ、他に 6 百万 m³ が余水吐きの掘削から得られる予定である。

カナン No. 1 ダムとカナン No. 5 ダムの原石は、それぞれのダムサイト周辺より得られると考えられる。また不透水性コア材は、カナン No. 5 ダム付近では得られると思われるが、カナン No. 1 ダムでは急峻な地形から判断して、容易には見い出されないと考えられる。

4.5 建設材料

4.5.1 築堤材料

堤体築造に必要とされる材料は、リップラップ材を含む 13.41 百万 m³ のロック材、フィルター材 1.44 百万 m³ と不透水性コア材料 2.17 百万 m³ からなる。

(1) 土質材料

土取り場予定地は厚い土壌層及び変質岩層で覆われており、これらは全体で 10 ~ 15 m の厚さに達する。土壌は強烈な日射と激しい熱帯の降雨によって風化されたラテライトが赤褐色を呈している。このラテライトは多量のシルトと粘土を含むものと考えられる。事実、200 番フルイを通過するシルトと粘土の含有率は非常に高く、ほとんどが 45% から 50% に達する。この高含有率は透水係数で、 1×10^{-7} cm/sec のオーダーという低い値を得る結果となっている。自然含水比も極めて高く、ほとんどが 50% ~ 70% の値を占めている。標準突固めの試験では、ほとんどが 34% 以上という非常に高い最適含水比のもとに、 $1.10 \sim 1.40$ g/cm³ という非常に小さい乾燥密度を示している。上記の試験の結果から、

この土壌は統一分類法で、ほとんどがMHないしCHに相当する、細粒分の非常に富んだラテライトに属するものと判断できる。

上記の様な、物理的、力学的性質により、この土はアゴスダムのコアゾーンに使用する土質材としては、不適當であると結論される。この材料の材質を向上させるためには、ある程度の風化岩片や砂と礫等を混合することが必要である。

ボーリングと弾性波探査の結果から、風化岩層は表土の直下にあることが判明した。異なる割合の土と風化岩との混合サンプルについて、数種類の土質試験が行われ、1:1の混合比が土質試験の結果に基づいて決められた。この材料のシルトと粘土の含有量は18~27%で、塑性指数は10以上である。突固め試験による乾燥密度は、約 $1.439/cm^3$ である。

他の地域と比較して、ダムからの距離が近いこと、ストックパイル用地のための広い敷地があること、それに自然含水比が低いこと等から判断して、アゴス下流I地域が土と風化岩層の土取り場として望ましいと考えられる。

(2) フィルター材料

フィルター材料については、合流点から河口の間に分布する沖積堆積物を対象として調査した。この堆積物は若干のシルトを含む大礫から細粒砂に至る、円い形をした粒度分布のよい混合物から成る。

比重は2.62で、吸水率は1.5%である。ロスアンジェルス試験による、すりへり率は平均16.5%である。図4-8に見られる様に、河床堆積物の粒度組成はフィルター材として適合している。従って、河床堆積物の砂・礫はフィルター材として使用できる。これら河床堆積物の分布域のうち逆調整ダムのすぐ上流側の地域が、予定地として選定された。更にアゴスダムの基礎掘削により、 $900,000m^3$ のフィルター材対象の河床堆積物が採取される。

(3) ロック材料

アゴスダムの原石山は、カナン川とカリワ川の合流点より、約500m上流の溪谷の両岸が選定された。アゴスダムからの距離は約2kmである。余水吐き及び、導水路から掘削される岩石は建設費を下げるために、ロック材としても使用されることになる。リップラップ用の巨礫は原石山と余水吐きの掘削によって採掘される。

この原石山の岩石は、主としてグレイワック、暗緑色の玄武岩、火砕岩、輝緑凝灰岩等で構成されている。ボーリングコアより3個の供試体を採取し、NAPOCORの試験室で一軸圧縮試験を行った。この3個の供試品は、6個の一軸圧縮試験用のサンプルに分けられ試

験は行われたが、その結果は $1,160 \text{ kg/cm}^2 \sim 1,430 \text{ kg/cm}^2$ の強度を有し、この岩石がシェルブーンにとって充分、堅硬かつ安定であることが明らかとなった。

4.5.2 コンクリート骨材

仮排水トンネル、余水吐き、導水路、それに発電所で使用されるコンクリートの合計量は、ほぼ $310,000 \text{ m}^3$ と推定される。

河床沖積堆積物は、合流点から河口の間のアゴス河沿いに散在する。沖積堆積物は、主として礫岩と石灰岩を伴うグレイワックから構成される。

河床堆積物のほとんどは、砂及び礫から構成される。砂地は非常に希れにはあるが、川沿いに点在する。従って、これらの堆積物は経済的には採掘できず、ほとんどの砂質材は比較的粗粒砂が分布する河口付近及び細粒砂が分布する海岸地域より採取されることになる。

(1) 細骨材

安定性試験（化学的耐久性試験）を Na_2SO_4 溶液の洗滌により、5回法で砂について行った。損失率は比較的高く海岸砂で、 $10 \sim 13\%$ 、川砂で $13 \sim 16.3\%$ であった。海岸砂のアルカリ反応による減少量は、ASTM規格により行った結果、満足できるものであった。洗い試験の結果、シルトや粘土等の 0.074 mm 以下の細粒物質の含有量が川砂で平均 6.1% 、海岸砂で 2.8% であることが明らかとなった。7個の供試体についてのモルタル強度試験の結果、7日強度、28日強度のいずれにおいても、洗滌した砂を使用したモルタルの供試体の方が、未洗滌の砂を使用したものより約 1.0% 大きな値をとることが分った。建設に当って、砂はスクリーニング・プラントで洗滌されなければならない。

粒度組成については、川砂と海岸砂のいずれの粗粒率も、 3.1 と 2.4 で、いずれも推奨される値 $2.30 \sim 3.1$ を満足している。一般的に、海岸砂が細粒であるのに対し、川砂は粗粒である。従って材質の向上を計るため、両方の砂を混合して使用することが望ましい。

(2) 粗粒骨材

河床堆積物より得られる粗骨材は、洗い試験を除いてJSC E規準と照らして、満足できるものと言える。フルイ試験の結果は、コンクリートに対して良好な粘土組成を示している。 50 mm 以下の河床礫の粗粒率は $6.0 \sim 7.5$ である。

細骨材の化学的耐久性試験の結果が、やや大きな値を示すことと関連して、グレイワック、砂岩、それに石灰岩の岩片について、どの物質が最もよく反応するかを見つけ出すため、特に化学的耐久性試験とロスアンジェルス試験等を行った。

上記のものうち、グレイワッケが硫酸ナトリウムに最も敏感に反応し、また、ロスアンジェルス試験の結果も弱いことが判明した。

そこで、グレイワッケの供試体2個を日本に持ち帰り、日本工営協の技術研究所において化学的耐久性試験及び、X線回折試験を行った。その結果、化学的耐久性試験の損失率は1.6と1.2%で、NAPOCOR試験所によって行われた結果とほぼ同じ値を示した。X線回折の結果、グレイワッケは主として石英・ソーダ長石・葉ろう石から成り、若干の粘土鉱物を含むことが判明した。1回だけの試験結果から判断することは困難であるが、葉ろう石が硫酸ナトリウム溶液に反応する可能性が判明した。詳細設計の段階では、さらに多くの試験を行うことが望ましい。

コンクリートの強度試験では粗骨材として、河床礫を細粒骨材として川砂と海岸砂を1:1の比率で混合したものを使用し、水とセメントの比率は40~50%と変化させて行った。その結果は、モルタル強度試験の結果とともに、表4-1に示した。28日強度とC/Wの関係は、日本土木学会で推奨している $\sigma_{28} = -210 + 215C/W$ の直線式にのっている。上式から得られる強度は最小値であるが、予定された地点から得られる骨材は建設材料として、十分な強度を有するものと判断できる。

第5章 アゴス河開発の最適化の検討

5.1 種々の開発案

アゴス河水力発電開発計画のタームズオブリファレンスに示されるように、最適化計画の目的は、アゴス水系のなかで最も便益をもたらす案を策定することにある。この目的を達成するためにアゴス河水力発電開発計画のJICA調査団は調査を開始し、カナン河に5ヶ所、カリワ河に2ヶ所そしてアゴス河に2ヶ所を含む数多くの開発可能と考えるダムサイトのチェックを行った。カナン河の5ヶ所のダムサイトのなかには、ラーメイヤーコンサルタンにより提案されたカナン河に於ける最下流案のカナン第5計画も検討される。

一方、PICOREMは、マニラ市への水道用水供給のための調査を1978年より開始した。その結果カリワダムより引水しマニラへ流域変更を行うカリワ水道プロジェクトが、1993年までの水需要を満たす最適計画として選定された。加えて1994年以降のマニラ市の水道需要を満たすために第2期計画としてカナン水道用水供給プロジェクトが提案された。

従って、アゴス河水系での最適開発計画の立案は上記JICA調査団とPICOREM案の両方の予備計画の結果を考慮してなされなければならない。

予備検討と解析は、アゴス水系について次の4ケースの開発案に対して行われた。

Plan A-1 : カリワ水道計画+カナン第1とアゴス第1・第2発電計画

Plan A-2 : カリワとカナン第2水道計画+アゴス第1・第2発電計画

Plan A-3 : カリワ水道計画(但しカリワとアゴス貯水池との間を揚水発電所によって連結)+カナン第1, アゴス第1・第2発電計画

Plan B : カリワ水道計画+カナン第5とアゴス第2発電計画

上記の開発案中で、カリワ水道計画はアゴス水系開発計画のうちで必ず開発されるものとしてとらえられている。Plan A-2では、1994年以降必要な水道用水は、カリワとカナン貯水池を結ぶ導水トンネルにより送水され、一方Plan A-3では、水道用水はカリワとアゴス貯水池間の水路を通してポンプで送水される。Plan A-1とBでは1994年以降の水需要は無視されて(又はカナン第2水道計画が廃棄される場合)カナン河の全流出量は水力発電にのみ使用されるものと想定した。

上記以外の開発案については技術的、経済的及びプロジェクトの規模を考慮すれば検討に

値しない。

予備フェージビリティ段階での経済比較によればPlan A-3が最も高い純利益を与えて最適計画であるとされた。Plan A-2はPlan A-3に続いて第2位であった。しかしながら中間報告書ではこれら2つの有望計画案について最適案選定のために尚一層の詳細検討が行なわれるべきと提言されている。

本報告書では、上記4つの案は再検討され、NAPOCORとの協議及び中間報告書での検討結果を参考とし必要な修正が加えられた。アゴス第2ダム計画はその経済性が劣るため、とりあげないこととし比較案から外した。種々の開発案はこのように修正が加えられた。開発案を図5-2から図5-5に示す。

提案された開発案の比較検討の前に、まず予備設計と算定された費用と便益に基づく開発案を構成する例えばアゴス水力発電計画、カナン第1発電及びカリワ揚水発電計画という個々のプロジェクトの最適開発計画規模の算定が行われた。この場合、建設工事費と維持管理費は第6.5節及び第7.2節で使用されたものと同様の単価と条件を用いて算出された。発電便益はカリワ揚水発電所より得られる便益を除き、第7.1節に述べられている如く最小費用代替案である石炭火力発電により評価した。水道用水供給により得られる便益については、最小費用代替案より得られる用水単価により算定した。全ての費用と便益は1980年当初価格である。

従って個々のプロジェクトを合成することにより、各開発案から得られるであろう純便益の比較の結果と社会の必要性を熟慮の上、アゴス河水系における最も望ましい開発案が提案される。

5.2 単独プロジェクトの比較検討

個々のプロジェクトの比較検討の要旨は以下に述べられる通りであり、詳細な検討は付属書Dに掲載する。

5.2.1 アゴス水力発電計画

比較検討のために、4ケースのアゴス貯水池の満水面、すなわちEL. 175m, EL. 165m, EL. 155m, EL. 145mを実施した。この満水面に基づき、個々のケースについて、ダムのレイアウト・付帯設備及び発電所と設備容量が作成された。各満水面に対応する設備容量と年平均発生電力量を以下に示す。

アゴス満水位	AG-175	AG-165	AG-155	AG-145
<u>Plan A-2とA-3</u>				
設備容量 (MW)	152	140	128	116
年平均発生電力量 (GWh)	486.6	450.5	413.5	376.9
<u>Plan A-1</u>				
設備容量 (MW)	200	185	170	155
年平均発生電力量 (GWh)	739.0	682.9	626.9	572.3

予備設計に基づく、アゴス計画の各々の規模に対する建設費は、維持管理費を含めて算定された。建設期間は1983年から1988年の6年間と推定される。

発電による便益は、Plan A-2とA-3の場合については、カリワとカナン水道用水計画が、それぞれ1986年と1993年に完成するものとし、全水量が水道用水に使用される以前の余剰水はアゴス発電所で発電するものと仮定し算定された。(Plan A-2とA-3)

比較のために、割引き率10%とし1989年時の便益と費用の現在価値が求められた。純便益と便益・費用比は以下に示すように算出された。

純便益と便益・費用比

アゴス満水位	AG-175	AG-165	AG-145	AG-145
<u>Plan A-2</u>				
B-C ($\times 10^6$ US\$)	61.83	65.87	64.18	50.46
B/C	1.19	1.23	1.25	1.21
<u>Plan A-1</u>				
B-C ($\times 10^6$ US\$)	150.62	154.18	145.66	129.7
B/C	1.44	1.51	1.53	1.51

表より明らかなように、最も大きい純便益を与えるアゴス計画の規模はPlan A-2とA-1の両方とも、満水位165mの場合である。しかしながらアゴス計画の最適規模は、アゴスの満水面が、例えばカナン水力発電計画とカリワ揚水発電計画のようなアゴス河水系の他のプロジェクトに影響を与えるため、アゴス河の他のプロジェクトの組合せで決定することとする。

5.2.2 カナン水力発電計画（カナン第1ダム）

カナン水力発電計画の最適規模を決定するために、比較検討はカナンの3種類の満水位とアゴスダムの満水面による4種類の放水位の12ケースの検討が実施された。ダムと付帯構造物の基本設計は各々の規模について、それぞれ異なる設備容量をもつ発電所のレイアウトとともに策定された。満水位と放水位に対応する設備容量と年間平均発生電力量を次表に示す。

カナン計画の各々の規模の建設費は維持管理費とともに、予備設計と一部概算数量算定式と図表に基づき見積られた。カナン発電計画の建設は1989年に開始され1993年に完成するものと想定した。発電により得られる便益は、それぞれの計画規模について計算された。

満水位\放水位	AG-175	AG-165	AG-155	AG-145
<u>満水位 300 m</u>				
設備容量 (MW)	188	149	158	168
年間平均発生電力量 (GWh)	411.6	439.2	466.9	500.8
<u>満水位 290 m</u>				
設備容量 (MW)	127	138	147	157
年間平均発生電力量 (GWh)	380.7	413.5	435.8	463.8
<u>満水位 280 m</u>				
設備容量 (MW)	115	127	135	144
年間平均発生電力量 (GWh)	349.0	383.0	404.5	432.7

各々の規模に対する費用と便益の現在価値は割引率10%として、1994年時点で求められた。純便益と便益・費用比は下表に示すごとくに求められた。

取

純便益と便益・費用比

満水位 \ 放水水位	AG-175	AG-165	AG-155	AG-145
KN-300 B-C ($\times 10^6$ US\$)	80.34	103.71	111.34	127.91
B/C	1.34	1.44	1.45	1.50
KN-290 B-C ($\times 10^6$ US\$)	82.66	105.27	110.73	125.46
B/C	1.40	1.50	1.50	1.55
KN-280 B-C ($\times 10^6$ US\$)	78.94	102.65	106.87	120.18
B/C	1.43	1.55	1.53	1.58

満水位：カナンダム の満水位

放水水位：発電所の放水水位

上表より明らかなように、12ケースの開発案のなかで、カナン水力発電計画の最適規模は、満水位300mで放水水位145mの計画である。しかしながらカナン計画の最適規模の決定は、アゴス計画との関連及びアゴス河水系全体の枠組みのなかでなされることとする。

5.2.3 カリワ揚水計画

アゴス貯水池とカリワ貯水池は導水路により連結することが可能であり、その長さは4kmである。この計画の場合、マニラで必要な水道用水はアゴス貯水池からカリワ貯水池へ、この導水路を通してポンプ揚水されることとなり、水道給水に加えてピーク発電も可能である。

マニラ水道給水用のカリワ揚水計画の最適規模の決定を行うために、2ケースの異なるポンプ容量(250MWと100MW)が比較された。ポンプ揚水計画の放水水位はアゴスダムの満水位により変化するため、比較は250MWと100MWについて各々4つの放水水位について行われた。設備容量250MWの場合は、水力発電を行うことも検討され、一方設備容量100MWの場合は、PICOREMにより計画されたカナン水道用水供給計画で供給されると同量の水をマニラへポンプ揚水することだけが考慮される。

上記条件に基づき、諸設備のレイアウトが各々の計画規模について作成された。パンタイに第2期工事分として設備される浄水施設と発電所増設分についてPICOREMにより計画され、そしてそれは、この比較検討にそのまま用いられている。建設費は各々の規模について維持管理費を含めて見積られた。ポンプ揚水のための電力費用は1kWh当り米ドル

0.0471と見積られた。予想される便益は各々の規模について算出され、そしてそれは水道便益、パンタイの発電便益及びポンプ揚水発電（但し250 MWの場合のみ）からの便益から成っている。この場合のkW便益はガスタービン発電所の建設費で評価された。

比較のために全ての費用と便益は割引率10%を用いて1994年に戻された。純便益と便益・費用比は次表に掲げることくに算定された。

表に示される如く、100 MWの場合が高い純便益を与える。もし、この便益がカラヤハン揚水発電計画の第2期開発費用で評価されるのであれば、250 MWの場合の便益は更に下るであろう。従ってカリワ揚水計画は設備容量100 MWとして必要な水道用水をポンプ揚水する機能をもつものとして計画される。

純便益と便益・費用費

アゴス満水位	AG-175	AG-165	AG-155	AG-145
<u>250 MW</u>				
B-C ($\times 10^6$ US\$)	174.17	172.2	160.21	128.23
B/C	1.15	1.14	1.13	1.10
<u>100 MW</u>				
B-C ($\times 10^6$ US\$)	250.07	238.71	225.14	204.37
B/C	1.33	1.31	1.29	1.26

5.2.4 カリワ水道用水供給計画

カリワ計画はマニラ市への $22.1 m^3/sec$ の水道用水の供給と年間153 GWhの発電を目的とした多目的計画としてPICOREMにより計画された。カリワ水道用水供給計画は、ダムと余水吐、導水路、パンタイの発電所に浄水場及び配管鋼工事から成っている。計画は1986年までに竣工することが予定されている。

PICOREM作成の開発計画によれば、カリワダムはレナタン川とリムタン川の合流点下流0.5 kmでダライタン上流8 kmの地点に計画された。用水は長さ13.6 kmのトンネルを通過してパンタイの発電所と浄水場へ導びかれる。

<1 カラヤハン揚水発電プロジェクトは現在建設中であり、1982年に完成の予定である。プロジェクトの第2期開発のkW当りの建設費は米ドル46.44と見積られている。

総工事費は1989年時点で米ドル514.2百万と見積られている。パンタイの発電便益は本報告で用いられている最近の価値により修正された。そして開発の初期段階では余剰水はアゴス発電所で発電に使用されるものとしたため、発電便益はこの分減額されている。現在価値純便益と便益-費用比は、それぞれ米ドル235.1百万と1.46と見積られた。

5.2.5 カナン水道用水供給計画

カナン水道用水供給計画の予備検討は、カリワ水道用水計画が開発された後のマニラ市への水道用水供給の第2期計画としてPICOREMにより既に実施された。カナン計画もまたマニラ市への $36.7\text{ m}^3/\text{sec}$ の水道用水の供給と年間245 GWhの発電を目的とした多目的計画として策定された。プロジェクトは1993年までに竣工するものとして計画されている。

予備設計によれば、カナンダム(カナン第2ダムサイト)はJICAチームにより提案されたカナン第1ダムサイトの下流約1.3kmに位置する。用水はカリワ貯水池へ引水され、発電設備も設えられているパンタイ浄水場へ導びかれる。

総工費は1994年時点で米ドル888.3百万と見積られている。便益は第5.2.4句に述べたように発電便益を修正して米ドル954百万と推算された。現在価値純便益と便益・費用比は、それぞれ米ドル65.7百万及び1.07と見積られた。

5.2.6 カナン第5水力発電計画

ラーメヤにより作成された予備計画では、有効貯水容量4億8千万 m^3 をもつ高さ164m、盛立量19.8百万 m^3 のロックフィルダムを築造することとしている。取水された水はアゴス河に建設される発電所に長さ5.7kmの導水路と水圧鉄管を通して導水される。設備容量は280kWが提案されている。JICAチームにより実施された河川横断測量と検討に基づき、ダム体積と設計洪水流量は訂正された。

工事費はアゴスフィージビリティ検討に用いた単価を用いて算定された。プロジェクトは1988年に竣工するものと想定された。

カナン第5計画より得られる280MWのkW便益(信頼度95%は264MWである)と930.3 GWhのkWh便益は、1989年時点に割引いて米ドル635.3百万と見積られている。現在価値純便益と便益・費用比は、それぞれ米ドル206.8百万と1.48と見積られている。

5.3 最適開発計画の選定

アゴス河水系の開発のために作成された各々のプロジェクトの比較検討の結果に基づき、4ケースの開発案について総費用と便益の現在価値を求めて比較が行なわれた。現在価値の計算のために、全ての費用と便益は割引率年10%を用いて1989年(1月)時点に割引かれた。計算結果は下表に要約され、その詳細は表5-1に示す。

開発諸案の実便益と便益-費用比

	最適満水位		純便益 (10 ⁶ US\$)	便益・費用比
	アゴス (m)	カナ (m)		
Plan A-1	165	290	504.07	1.48
Plan A-2	165	295	391.17	1.27
Plan A-3	165	290	504.85	1.33
Plan B	-	260	491.30	1.47

費用と便益は割引率10%で1989年に割引かれている。

上表より明らかなように、僅少差ではあるがPlan A-3が4ケースの開発案のなかで一番高い純便益を示す。

マニラ市の2009年までの水道用水需要を満たすために計画された2つの開発案Plan A-2とA-3では、Plan A-3の方がPlan A-2より多くの便益を得られるといえる。2つの開発案の差は主としてカナンダムとカナン計画の発電便益に起因する。Plan A-2で用いられたPICOREMにより選定されたカナン第2ダムはPlan A-3に用いられたカナン第1ダムの費用より高いと算定される。カナン第1と第2ダムの工事費の相違は1989年の現在価値で米ドル73.1百万と見積られるが、もしPlan A-2にカナン第1ダムの費用を適用して比較を行ったとしても、Plan A-3の優位性は変わらない。

Plan A-1とBは両方とも、なんらかの理由によりカナン水道用水供給計画が不可能又は廃棄された場合にのみ実現可能である。従ってこの場合アゴス発電所ではカリワダム上流を除き全流域の流量を使用できることとなる。この場合にはPlan A-1がPlan Bよりも優れており、アゴス-カナン第1の段階開発が最優望計画と考えられる。

アゴス河水系の最優望計画の最終選定は経済比較のみばかりでなく社会的な側面をも考慮

して行われた。即ちマニラ市は近い将来、都市用水の不足をきたすであろうし、カリワとカナン河は最も経済的にして有効な水道水源とされている。この観点よりして、カナン水道用水供給計画に多少の遅れはあっても実現されるであろう。

この状況下において、アゴス水力発電計画はアゴス河の残された流域についての水力発電開発のための唯一の実現可能な計画である。アゴス計画はカナンの流量をマニラ市の都市用水のために引水されたとしても、その経済的優位性を保っている。アゴス水力発電開発計画案のなかで最も可能性のあるプロジェクトとして選定され、詳細なフィジビリティー検討が次章より実施されることとなった。

第6章 アゴス水力発電計画

6.1 計画の樹立

前章でアゴス河水系の最適開発計画が選定され、そしてアゴス水力発電プロジェクトが最も有利な計画であると位置づけられた。本章以降からは選定されたアゴス水力発電プロジェクトについて詳細検討がなされる。はじめに本プロジェクトの主構造物のレイアウトの検討がなされ、それは、いくつかの案の比較設計案を含んでいる。そしてダムの高さおよび発電設備容量を変えた考えられる比較案を検討し、最終的なアゴスプロジェクトの最適規模が決定される。

6.1.1 主構造物のレイアウトの検討

アゴスプロジェクトのレイアウトの検討は以下の基本的概念の基になされた。

- i) ダム軸は、地質および地形条件より、カナンおよびカリワ川の合流点から下流1kmの範囲内に選定される。
- ii) 余水吐は、地質および地形条件と費用の面より、できるだけ掘削量を減らすように計画する。
- iii) 仮排水トンネルのルートおよび能力は、建設後にトンネルが余水吐の一部そして／あるいは、圧力トンネルとして利用できるように決定する。

(i) ダム

ダム軸を選定する前に、技術的経済的比較を行ってダムのタイプが決定されることとなる。比較検討の結果、次の理由からアゴスダムはロックフィルと決定された。

- i) 使用材料を考慮するとロックフィルダムが最も経済的である。
- ii) コンクリートダムとした場合、ダムの堤体積は400万 m^3 以上になる。大規模なコンクリートおよび骨材プラントの設備、材料の円滑な供給またプラントや機材の奥地への輸送を考えると、このような大ダムを建設するのは難かしいであろう。
- iii) フィルダムに比して、コンクリートダムの場合、基礎処理や建設中のダム冷却を含む技術的に困難な問題が多い。

ダム軸の決定に際し、合流地点から下流1km以内で、種々のダム軸の物理探査およびコアボーリングによる地質調査をもとに比較が行われた。ダムサイト地域の地形測量も実施

され、縮尺1/1,000の地図が作成された。

調査・測量の結果に基づき比較検討が行われ、地質・地形的条件を考慮して、ダム軸は合流点から下流へ約400mの地点で河を直角に横断するように選ばれた。

(2) 余水吐

余水吐は地形的観点から左側アバットメントに選定された。余水吐を右岸側に設置した場合、ダムの盛り立てに利用しても余るほどの大量の掘削が必要となる。余水吐の中心線は河川の流線に沿う案が選ばれた。

余水吐のタイプとして、全面ゲート式、横越流型ゲート式、ゲート無し余水吐そして仮排水トンネルを利用するモーニング・グローリ形を考えた。これらの形式のうちゲート無し余水吐は、長い越流頂とより高いダムを必要とするため除かれた。モーニング・グローリ形はトンネルでの流れが自由流れでなければならない。したがってその流量は $500\text{ m}^3/\text{sec}$ ぐらいい限られ、後に述べるように仮排水トンネルが発電用圧力トンネルの一部として使用される方がより有利である。従って、モーニング・グローリ形を採用するスペースはない。余水吐のレイアウトは残りの全面ゲート式余水吐と横越流型ゲート式余水吐について行われた。

比較するにあたって、次の規準が適用された。

- i) $10,600\text{ m}^3/\text{sec}$ の計画洪水は調整効果なしで流下され、 $17,300\text{ m}^3/\text{sec}$ の可能最大洪水は貯水池の調節効果を考慮して流下される。
- ii) 計画洪水および可能最大洪水の余裕高はそれぞれ3.0m、2.1mとする。

次の4つの案に対し比較検討を行った。

第1案

余水吐に 12.5 m (高)× 12.0 m (幅)のラジアルゲートを10台設置する。これはプレフィージビリティでの設計で用いられた余水吐の原案である。

第2案

余水吐に 12.5 m (高)× 12.0 m (幅)のラジアルゲートを6台設置し、両側に長さ 100 m の横越流せきが設けられる。

第3案

余水吐に 12.5 m (高)× 12.0 m (幅)のラジアルゲートを6台設置し、両側に長さ 185 m の横越流せきが設けられる。

第4案

余水吐に 14.5 m (高) $\times 14.0\text{ m}$ (幅) のラジアルゲートを4台設置し、両側に長さ 210 m の横越流せきが設けられる。

各案の費用を比較すると下の表のようになる。

ダムおよび余水吐の建設費

(10⁶ US\$)

	代 替 案			
	I	II	III	IV
ダム	108.81	113.25	111.46	111.73
余水吐(土木)	5.59	6.51	7.56	6.74
〃(鋼構造)	4.08	2.45	2.45	2.45
合計	118.48	122.21	121.47	120.92

第I案が最低費用となる。ゲート無し横越流型の案のなかでは、第IV案が最低費用となる。最適案の選定のために、限界状態での安全性を考慮する。即ち何らかの理由でゲートが全部開かない状態において、200年洪水が襲来したものとして貯水池水位を計算した。堤頂を越流せずに洪水を流せるのは第IV案で、第I案は水位が堤頂を越えてダムに損害を与えるであろう。

これら両案の費用の差は米ドル1.4百万、全費用の0.6%であるから、安全性の面より最終的に第IV案が選定された。

(3) 仮排水トンネルと主締切ダム

仮排水路工事のときの設計洪水は30年洪水の $5,210\text{ m}^3/\text{sec}$ とする。(付属書E参照)。地形、地質的条件および大ダムということから、仮排水路工事としてトンネル案のみが適用可能である。また、 $5,210\text{ m}^3/\text{sec}$ の洪水を流すためトンネルが2本必要となる。トンネル1本の場合は直径 12 m 以上の大きな断面が必要となり、費用も高く効率的でない。

仮排水トンネルの直径は設計洪水に対する主締切ダムの高さに関係する。仮排水トンネルの最適径を得るため、 8 m から 12 m の範囲の径について締切ダムおよび排水ゲートの費用も考慮した費用比較を行った。その結果、最も経済的な直径は 9 m で、締切ダムの堤高は $\text{EL. } 93\text{ m}$ となる。

仮排水路工事の建設費

(10⁶ US\$)

トンネル径	8 m	9 m	10 m	11 m	12 m
仮排水トンネル	9.67	11.83	14.36	17.32	20.55
仮排水用ゲート	0.18	0.21	0.27	0.36	0.48
締切ダム	13.17	10.58	8.38	6.93	5.42
合計	23.02	22.62	23.01	24.61	26.45

仮排水トンネルの最適径が決まると、トンネルおよび水路のルート選定が検討された。水路のルートはプレフィージビリティースタディー（アゴス河川系の最適化スタディー）において仮排水トンネルから独立して計画されているが、ここでは水路の一部として仮排水トンネルを利用する可能性も検討した。

種々の比較案を検討の結果、地質条件、費用、施工上の問題及び操作上の問題を考慮し、仮排水トンネルを両岸に配置し、その1本を発電用圧力トンネルとして利用する案が熟慮のうえ採用された（詳細は付属書Eに示される）。

(4) 逆調整堰

プレフィージビリティースタディーの段階でアゴス発電所から放流される流量の調整機能と同時に下流の残りの落差を利用して設備容量30MWで約78GWhの発電を行う逆調整堰が計画された。しかし、現地調査が行なわれて、せきの地点の基礎岩盤が河床から40～50mもあることが明らかとなり、よって発電所を設置した高いダムを建設する計画は捨てられた。

川のそばに住む人々の習慣や人口から判断して、アゴス発電所から放出される流量を再調整する必要性は次の理由からほとんどないと推定される。

- a) アゴス発電所の設備容量は140MWであるから、カナン水道用水供給プロジェクトが実施される前は1日平均12時間以上、発電所は運転される。
- b) 急開放による非定常流の計算結果から、バヌガオの水面変動は1.05m (EL. 6.52 m ~ EL. 7.57 m) で1分間に5cmの割合で上昇する。更に、放出流量がバヌガオに到達するのに約2.5時間を要し、避難する時間は充分ある。警報装置がこれを補助する。
- c) 将来拡張する200haを含めて1,450haの面積に水を供給する灌漑用取水口が2つある。バヌガオの26年間の流量記録によれば、二番目に最も乾燥した月の流量

は $15.52 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。アゴスタムの下流の流域面積は 44 km^2 であり、そこからは $0.75 \text{ m}^3/\text{sec}$ の流量が予想される。

上記のことは、詳細設計段階で確認されるが、逆調整堰は今回の対象からは除外した。

6.1.2 最適案の選定

アゴス水力発電の最適規模を決定するため、詳細検討は上述のレイアウト検討結果と貯水池操作計画の結論に基づいて実施された。この検討では、貯水池満水位が標高 175 m 、 165 m 、 155 m 、 145 m となる4つの案を検討した。

発電所の設備容量は一般に貯水池容量と落差の関数として決定される。アゴスに対して必要とされる設備利用率はプロジェクト寿命50年間で平均33%程度（あるいは1日8時間運転）とすれば、それぞれの案の設備容量が得られる。4つの比較案の主要諸元は次表に要約する（詳細は表6-1参照）。

	比較案			
	AG-175	AG-165	AG-155	AG-145
貯水池 HWL (m)	175.0	165.0	155.0	145.0
堤頂 (m)	182.0	172.0	162.0	152.0
堤体積 (10^6 m^3)	20.1	16.8	13.95	11.4
設備容量 (MW)	15.2	14.0	12.8	11.6
発生電力量 ($\text{GW}\cdot\text{h}$)	677	625	572	521

<1 1994年時点の発生電力量で、カリワ貯水池の水は全部マニラ市へ供給される。

最適案を選定するに際し、比較案の費用および便益の計算を行った。建設費および運転維持費は、第6.4節で説明されているものと同じ基準を用い1980年初期の価格で見積られた。比較案の費用の要約は表6-2に示されている。発電便益は第7章の経済分析の中で用いられた最小費用の代替火力に基づいて計算された価値によって見積られた。比較に際し、プロジェクトの経済的寿命を50年とし、割引率を10%と仮定して費用および便益は1980年初期の価格に割引かれた。純便益および便益費用比は下表の如くである。

(10⁶ US\$)

	AG-175	AG-165	AG-155	AG-145
便益の現在価値	381.56	351.66	321.83	292.12
費用の現在価値	319.12	284.86	257.05	241.87
純便益(B-C)	62.44	66.80	64.78	50.25
B/C	1.20	1.23	1.25	1.21

この表から、最適案は純便益が最大となる案で、満水位は165m、設備容量は140MWと決定された。(最適案選定の詳細は付属書D、最適化計画を参照)

6.2 計画施設

プロジェクトは、堤高172mのアゴスダム、余水吐、転流工、発電用トンネル、設備容量140MWの水車発電機をもつ発電所、さらにマニラのまわりの幹線とを結ぶMalaya変動所を含む約43kmに亘る230kV送電線工事から成っている。計画施設の一般配置は図面-6に示す。

6.2.1 転流工

仮排水設備は堤体の一部として設計される上流側、下流側それぞれの締切ダムと2本のコンクリート巻きのトンネルから構成されている。転流工は流量5,210m³/s(30年確率洪水量)を流すように設計されている。

最終的に選択された2本の仮排水トンネルの概略及び詳細をそれぞれ図面6と図面7に示す。左岸に位置するNo.1トンネルは直径9m、長さ816mの円形トンネルである。トンネルの入口敷高は工事中に道路トンネルとして利用し、又水圧管の取り付けをより容易にするために川底より3m高くして標高45mとした。一方、トンネルの出口は河底に等しいEL.4.0mである。また、トンネルの中央部分は発電用水路として利用される。右岸のNo.2トンネルは直径9mの円形断面を有する長さ817mのトンネルである。

上流側締切ダムの頂部標高は93mである。大量かつ深い堤体基礎掘削から判断して、上流側締切ダム下部の基礎を通る漏水を最少に留め、さらに漏水の動水勾配を低下させるよう表面土質遮水壁が選定された。加えて、多数の排水井戸が締切ダム法先の河床部堆積層の中に埋設される。上流側締切ダムは、コア、フィルター、さらにロックの3層から構成され、

堤頂幅は8 m、法面勾配は上流側1 : 3、下流側1 : 2である。

下流側締切ダムは2層から成り、ゾーンIは粘土コア、ゾーンIIは河床砂利であり、また堤頂幅は6 m、法面勾配は上流、下流側共1 : 3である。

締切ダムは特に堤体の一部に併合され、また下流側締切ダムの一部は開閉所用に利用されるので、堤体と同様の方法で巻き出し、締め固められなければならない。

6.2.2 ダムと貯水池

提案されたダムサイトはカナン河とカリワ河の合流地点直下流のアゴス河に位置しておりアゴスダムの総貯水量は955万 m^3 、有効貯水量は570万 m^3 である。満水位はEL.165 m、最低水位はEL.128 mで有効水深は37 mであり、満水位EL.165 mでの湛水面積は約21.5 km^2 である。

アゴスダムの平面図を図面6に示す。ダム本体は中央コアを有するゾーン型ロックフィルダムとして設計されている。また、中央コアの勾配は上流側1 : 0.2、下流側1 : 0.1で堤頂幅は12 mである。コアの厚さはどの任意の高さに於いても、水深の30%以上となるように設計されており、コア材は高いダムに対して、十分な強度が得られるように、風化岩とシルト-粘土の混合材である。また、上流側、下流側には各一層ずつのフィルター層があり、ほとんどのフィルター材はダムサイト下流の河床堆積物及び基礎掘削から採取する。

余水吐からのほとんどの掘削岩及び原石山からの掘削岩はシェル層に流用され、またシェル層の法面勾配は上流側1 : 2.5、下流側が1 : 1.9である。

必要な余裕高の決定に当っては、以下2つの基準で比較検討を行った。

- i) 設計洪水流量は貯水池の貯留効果を考慮せずに、充分放流可能であること。
- ii) 可能最大洪水流量は貯水池の貯留効果を考慮し、放流可能であること。

i) の場合、余裕高は波高1.1 m、ゲートの余裕0.5 m、フィルタイプダムの余裕値1.0 m、さらに堤頂の舗装0.4 mから成る3 mと算出される。一方ii) の場合、余裕高は波高1.1 m、フィルタイプダムの許容値1.0 mから2.1 mと計算される。よって、余裕高は安全側の3 mを採用し、その結果、堤頂は標高172 mである。

コア及びフィルターゾーンの基礎に対する掘削線は堅硬な岩盤面で決定される。また、両アバットメントの全ての表土は、深さ2~5 mの範囲内でシェルゾーンでは掘削除去される。さらに、シェルゾーンのロックは、河床部では基礎掘削を行わず、河床堆積層上に直接盛立てる。断層のコンクリート置換を除いて、基礎処理はセメントグラウトによって施工され、

カーテングラウト孔は2列、2m間隔に設計されている。基礎表面の補強と亀裂を通る圧力水の遮水コア基礎表層部への浸透防止を目的としたコンソリデーション及びブランケットグラウトの必要な長さは堅硬な岩盤で5mでグラウト孔の計画間隔は3mである。カーテングラウト及び湛水後の検査の目的でコア下部には監査廊を設ける。

ダムの安定解析は円形滑り面法^{<1}によって解析されている。次表に示すように、勾配の最小安全率は平常時1.5以上、地震時で1.2以上である。それに対応する滑り面を図6-1に図示する。

最 小 安 全 率

ケース	条 件	上流・下流	最 小 安 全 率	
			平 常 時	地 震 時
1	満水位 (E.L. 165m)	上 流 側	2.64	1.20
		下 流 側	1.78	1.23
2	完 成 直 後	上 流 側	2.59	1.97
		下 流 側	1.77	1.45
3	急激な水深低下	上 流 側	2.28	1.54
4	最高水位 (E.L. 168m)	上 流 側	2.65	1.68

6.2.3 余水吐

余水吐は地形上の観点から左岸アバットメントに計画されている。余水吐の平面と縦断を図面9に掲載する。

余水吐は貯水池の貯留効果を全く考慮せずに設計洪水流量 $10,600\text{ m}^3/\text{s}$ の放流が可能である(流入量=流出量)。加えて、貯水池の調節効果を考慮する場合、ダムを危険にさらすことなく、最大確率洪水量 $17,500\text{ m}^3/\text{s}$ を流下することが可能である。

ゲート部の越流標高は154mであり、高さ14.5m、幅14mのテントゲート4組が取り付けられる。また、長さ210mの横越流堰2本がそれぞれ対称的に配置されており、その越流部頂部標高は165mである。越流した水は上流側で長さ110.5mの水平部と、下流側で1:3.71の勾配をもつ導流路に流れ込む。導流路の大部分は堅硬な岩盤上に構築され、側壁の高さは越流表面の空気混入に対する余裕を加えた設計洪水量に対して設計されている。さらに、2mの余裕高が、導流路全長に亘って考慮されている。導流路はE.L. 57.5

<1 大ダムに関する日本大ダム会議監修：「ダム設計基準」参照

mの位置で、水平に対し上方 20° の角度をもつフリップバケットで終わり、余水吐から放流された水はプールで減勢されてアゴス河に戻される。

詳細設計段階では、設計通りに余水吐が機能するか否かを照合し、又確認するために、水理模型実験が実施されなければならない。また、最終設計段階では、次のデータ及び状況を十分に考慮しなければならない。

- i) 降雨と水位の継続的な観測により得られる気象及び水文の追加データ。
- ii) 仮にカナン又はカリワ計画の様な上流域でのプロジェクトが実施される場合、上流域の貯水池は設計洪水流量の洪水到達時間及び貯水池調整効果に影響を及ぼす。

6.2.4 発電用水路

発電用トンネル及発電所は左岸に予定されている。水路のレイアウトは仮排水トンネルをできるだけ多く利用するよう計画された。発電用トンネルは直径が 6.8 m から漸次 9.0 m まで拡張されたトンネル及び直径 6.1 m 長さ 350 m の水圧管路から構成される。

最大流量は定格水位EL. 146.5 m に於いて $162.8\text{ m}^3/\text{s}$ であり、また定格水位での総落差は 105 m である。最大流量時の総損失落差は約 3 m で、有効落差の約 2% に相当する。

取水塔は鉄筋コンクリート構造で、EL. 172 m にサービスデッキ、EL. 180 m にホイスデッキ、さらに取水ゲートを内蔵したコントロールシャフトから構成される。

基礎コンクリートはベルマウスの入口と取水ゲートのトランジション部を有する取水口の敷として利用される。敷の標高はトンネル内に気泡が入り込まないように、最低水位より 14 m の深さを見込みEL. 114 m とした。

導水路の全長は入口部分を含み 225.8 m である。水は入口部の下流端から傾斜トンネル内に流入し、次に水平トンネルに流れ込む。また、導水路として利用される仮排水トンネルの長さは 80 m である。導水路は 6.8 m から 9.0 m の漸拡部分を通して仮排水路に接続し、トランジションを設けたトンネルプラグの前面で終る。

水圧管路は2つの部分に分けられる。上流側 256 m には、水圧鉄管が仮排水トンネル内に取り付けられ、一方下流側 94 m はトンネル内に埋め込まれる。水圧管路は発電所の前で2本に分かれ、入口弁、水車へ導びかれる。また、水圧管路の直径は 6.1 m である。最大圧力上昇はバルブの締切時間を7秒とし、満水位時の静水頭の 34% と計算される。

6.2.5 発電所及び放水路

発電所及び放水路は余水吐と下流側締切ダムの間でダムの下流側法先位置に計画され、発電所の位置は $\#1$ 仮排水トンネル最下流部より十分な距離をとって選定された。

(1) 土木工事

発電所は2台のタービンと発電機、さらにインレットバルブ、放水ゲート、天上クレーン等の付属機器を収容する幅 30 m 、長さ 56 m 、最大高さ 39 m の半地下式タイプとして設計された。水車の軸中心は最大放流時の放水路の水位よりも 3.6 m 低いEL. 38 m である。ほとんどの発電機器はEL. 51 m 以下に設置されている。

ドラフトチューブカルバートからの放流水は放水路を通過してアゴス河に戻される。放水路はできるだけ損失水頭を少なく抑えるように設計されており、放水路側壁は洪水時に減勢池から伝わる流水の変動を少なくするために高く設計されている。また、詳細設計段階でフリップエンドから放流される水の放水路に対する影響をモデルテストによって検査しなければならない。

(2) 建築工事

アゴスプロジェクトの建築工事は主に発電所地上部建家、発電所の付属建物、さらに堤頂の監視建物である。また、建築工事は構造、建築設備、造園、ゲート、さらにフェンス等の全ての工事を含んでいる。

6.2.6 発電設備及び送電線

発電設備は2台の水車発電機及び変圧器から構成される。水車は有効落差 102 m 、最大流量 $163\text{ m}^3/\text{s}$ 、回転数 255 r.p.m の定格出力 $72,000\text{ kW}$ の立て型フランシスタイプである。

発電機は定常励磁システムを持つ立て型準かさ型用同期発電機、さらに回転界磁型であり、定格出力は力率 0.9 で $78,000\text{ kVA}$ である。また、各ユニットの制御システムは主制御盤と必要な保護装置を持ったワンマン制御型である。

主変圧器は定格出力 $78,000\text{ kVA}$ 、定格電圧 $13.8\text{ kV}/230\text{ kV}$ の冷却ファンを持つ屋外強制油圧潤滑方式である。

屋外開閉所はダム本体と下流側締切ダム間に設置される。開閉所はリングバスシステムであり、2台の $70,000\text{ kW}$ 発電機とアゴス発電所から約 4.3 km 離れたマラヤ火力発電所までを2回線 230 kV 送電線が接続している。マラヤ変電所では南方送電線のアゴス線と

の交錯を防ぐために、再路線設定が必要である。地方の電力供給に対しては、定格電圧 13.9 kV / 6.9 kV の 5,000 kVA 変圧器 1 台が設置される。しかし、6.9 kV の送電線建設工事はこのプロジェクトの中には含んでいない。

6.2.7 水 力 機 械

4 組の余水吐用テンターゲートが余水吐堤頂に据え付けられる。ゲートの幅及び高さはそれぞれ 14 m, 14.5 m であり、トラニオンピン中心からゲート板内側までは半径 1.8 m である。また、定着はプレストレス鋼線型で設計されている。上方部には高さ 1.0 m 5 枚からなる角落し 1 組と 4 組のガイドフレームが余水吐ゲートに取り付けられる。

8 枚のパネルから構成される 6 組の縦型ちり除けスクリーンとバルクヘッドゲートが取水塔に取り付けられ、又 5.4 m × 6.8 m の固定ホイール型ゲート 1 組が取水塔内部に設置される。取水ゲートは通常の開閉や緊急時の閉塞さらに導水路を充水するために用いられる。

直径 6.1 ~ 3.1 m, 長さ約 340 m の水圧鉄管 1 条が設置される。水圧鉄管の両端部は鉄筋コンクリートで囲まれ、残りの部分は 1.2 m 間隔のリングガーダーによって支えられる。

4.0 m × 5.0 m のスライド型放水ゲート 2 組とガイドフレーム 4 組が放水路に取り付けられる。放水ゲートは検査及び修理のために水車の吸水管を閉じる目的に用いられる。また、4.5 m × 9.0 m のスライド型仮排水トンネルゲート 2 組が 2 仮排水トンネル入口に取り付けられる。

6.3 工事工程及び施工計画

6.3.1 工 事 工 程

アゴス水力発電プロジェクトの建設工事は 1988 年末までに完成するものと予定されている。この目標を達成するために、次の実施工程が計画される。

エンジニアリングサービス	:	1981年10月—1988年12月
入札及び契約	:	1982年 4月—1983年 1月
工事開始	:	1983年2月
発電機器の営業運転開始	:	1989年1月

ダム本体の工事を 1984 年半ばに開始しなければならないことを考慮した場合、1983 年初頭に建設工事を開始するためには、入札中に仮排水トンネル及び締切ダムの契約を終了

していなければならない。アゴスプロジェクトの全実施工程を図 6.2 に掲載する。

6.3.2 工事形態

全てのプロジェクト工事は国際若しくは国内の指名競争入札によって選定されるものとする。ある種の工事に対する契約は限られた工程を考慮すると指名競争入札あるいは随意契約によって選定される。プロジェクト工事の形態を次に示す。

工 種	内 容	工 事 形 態
1. 準備工事	工事用道路 仮設建物 給水及び電力供給設備等	国内入札
2. 仮排水トンネル及び縮切ダム	№ 1, № 2 仮排水トンネル 上流側及び上流側縮切ダム	国際指名競争入札
3. 主土木工事	ダム本体, 余水吐, 発電用トンネル, さらに発電所	国際一般競争入札
4. 発電機器	タービン, 発電機, 吸出管 天上クレーン, 変電所設備 他	国際一般競争入札
5. 送電線	送電線及び変電所	国際一般競争入札
6. 機械工事	余水吐ゲート及び角落し, 取水ゲート及び塵除けスクリーン, 放水ゲート, 門型クレーン, 仮排水トンネルゲート, さらに水圧管	国際一般競争入札
7. エンジニアリングサービス	詳細設計及び工事監督	随意契約

6.3.3 施工計画

(1) 仮排水トンネル及び縮切ダム

仮排水トンネル及び縮切ダム施工の基本計画を以下に示す。

- a) №1 仮排水トンネルの施工は1983年1月に開始し、転流の行なわれる1984年4月の乾期までに完成する計画である。
- b) №2 仮排水トンネルの施工期間は1983年4月から雨期直前1984年8月までの17ヶ月である。
- c) 主締切ダム盛立は1984年3月から約6ヶ月間に施工される。本流から№1 仮排水トンネルへの河川切替は№1 トンネルの完成する1984年5月に実施され、一方締切ダムの盛立は№2 トンネルが完成する1984年9月末までに施工される。
- d) №1 トンネルは1987年4月に閉塞され、同年5月から水圧管設置工事が開始する。№1 トンネルの閉塞に際し、ダム本体は $5,210 m^3/s$ 以下の洪水量は№2 トンネルだけを通して放流できるように、1987年8月末までにEL.110mの高さまで盛立てなければならない。また、湛水は1988年5月の№2 トンネル閉塞後開始される。さらに、洪水吐工事を含むほとんどのダム工事は仮排水路トンネル№2の最終閉塞のため、1988年の乾期末までに完成しなければならない。

上半先進及びベンチカット工法がトンネル掘削に推奨される。上半先進掘削は上下流の両坑口から行われる。ドリルジャンボやコンクリートライニング用スライドフォームのような主要施工機械費節約のために、トンネル施工計画には十分な配慮がなされなければならない。この点に関し、№2 トンネルの掘削開始時期は№1 トンネル掘削よりも3ヶ月遅れて計画されている。

約 $1,600,000 m^3$ の締切ダムは乾期の6ヶ月間に盛立られる計画であり、締切ダムの月予想工事量はダム本体の月予想工事量のほぼ50%である。

(2) ダム 本 体

ダム本体の全工事は1984年の始めから約5年間で施工する計画である。ダムの主な工事は掘削 $2,844,000 m^3$ 、盛立 $15,418,000 m^3$ 、全長 $1,100 m$ の監査廊、さらに $60,000 m$ に及ぶグラウト工から成る。既存の降雨データから、盛立工事の稼働日数はコア及びフィルターに対し年間152日、ロックに対し年間273日と概算される。ダム本体の月盛立量は、稼働時間1日14時間、2交代制を前提として平均 $350,000 m^3$ と計画される。

基礎掘削及び処理は以下に示すように計画されている。

- a) コア着岩部の基礎掘削は1984年3月から1985年9月までに施工される。
- b) 長さ $1,000 m$ の監査廊は1984年10月から2年以内に建設され、さらに河床部

160 mはコア盛立直前の1985年3月末までに建設される。

- c) 全長24,000 mのブランクettグラウト及び全長34,000 mのカーテングラウトから構成されるグラウト工は、ブランクettグラウトに対しては1984年9月から15ヶ月間、さらにカーテングラウトに対しては1986年11月から30ヶ月間に施工される。また、ほとんどのカーテングラウト工は監査廊から施工される。

(3) 余水吐

余水吐基礎掘削の総量は概算8.4万 m^3 である。余水吐基礎からの掘削岩6.4百万 m^3 はダム本体のロック盛立材料として流用される。そのため、余水吐岩掘削は、1984年の始めから開始する5ヶ年のダム本体盛立工程に沿うように施工される計画である。

余水吐の概算コンクリート総量は195,000 m^3 であり、またコンクリート工は、1985年10月から約3年で施工される。

(4) 発電用水路

仮排水トンネル $\#1$ の閉塞は1987年4月に、また水圧鉄管の据付け工事は上述されているように、1987年5月から開始される予定である。次に述べるトンネルは前記の閉塞前に建設されていなければならない。

- a) 取水口から $\#1$ 仮排水トンネルまでの傾斜トンネル110 m

- b) 発電所と $\#1$ 仮排水トンネル間の連結トンネル94 m

水圧鉄管に関し、その据付け工事は $\#1$ トンネル閉塞直後の1987年5月から14ヶ月以内に完成される計画である。水圧鉄管の全長及び全重量はそれぞれ350 m, 1,450 tonである。また、検査を含む全ての据付け工事は発電機器の最終検査直前の1988年8月末までに完了していなければならない。

6.4 工 事 費

6.4.1 概 要

プロジェクト工事費、運転維持費はフォージビリティ設計、施工計画及び工程を基に積算された。全ての工事費積算は1米ドル、7.5ペソ、250円の替為レートで1980年の始めの価格で積算された。積算に適用した基本条件を次に述べる。

- a) 土木工事は指名競争入札の契約を基に実施される。また、単価は同様のプロジェクトに関し、現在の建設工事の入札価格を参考に施工計画及び価格データを基に見積られ

た。

- b) 据付けを含む発電機器の価格は国際市場の同様なユニットに対する最近の入札及び価格を基準として見積られた。
- c) ほとんどの建設資材は請負業者が主に国内市場から調達し、その費用は国内費目として計上される。しかし、構造型鋼や鉄筋等の鋼材、セメント及び燃料費は外貨分として計上される。
- d) 予備品を含む建設機械、機器及び工事プラントは請負業者が搬入するものとし、その費用は外貨分に計上する。
- e) 輸入税関税及び輸送、保険、国内輸送費は輸入する全資材、プラント、機器の費用に含まれている。
- f) 水没及び建設地域の移住、土地補償費は土地取得費として計上されている。
- g) 自然条件の予期しえない変化に対し、直接工事費の10%相当額を工事に対する予備費として追加する。
- h) 詳細設計、工事監督を含むエンジニアリングサービス、さらにNAPOCORの管理費は直接工事費と予備費の総額の概算6%とした。
- i) 物価上昇に対する予備費は外貨分に対して年7%、内貨分については年10%の上昇率を適用する。

6.4.2 総工事費

物価上昇に対する予備費を除いた総工事費は、外貨分米ドル248.5百万、内貨分米ドル47.1百万(353.3百万ペソ)からなり、総額米ドル295.6百万と見積られる。物価上昇に対する予備費を加えた場合、総工事費は以下に示すように米ドル456.6百万である。プロジェクト工事費の支払表を表6-4に掲載する。

費 目	金 額 (× 1 0 ³ US\$)		
	外 貨	内 貨	総 額
1. 土 地 取 得	—	2,700	2,700
2. 土 木 工 事	177,500	30,500	208,000
—ダム及び付属構造物	167,800	28,600	196,400
—発 電 設 備	9,700	1,900	11,600
3. 発電機器及び機械工事	35,600	7,200	42,800
—発 電 機 器	27,800	5,000	32,800
—機 械 工 事	7,800	2,200	10,000
4. 工事に対する予備費 〔(1+2+3)の10%〕	21,300	4,000	25,300
5. 技術供与及び政府管理	14,100	2,700	16,800
小 計 (1 - 5)	248,500	47,100	295,600
6. 物価上昇に対する予備費	125,607	35,370	160,977
総 計 (1 - 6)	374,107	82,470	456,577

6.4.3 運転維持費

プロジェクトの年間運転維持費は以下の仮定と実績を下に積算された。

- a) ダム及び付属構造物に対する年間維持管理費は工事費の0.5%とした。
- b) 水力プラントに対する年間運転維持管理費は45.7ペソ/kWとした。
- c) 送電線に対する年間維持管理費は工事費の2.5%とした。

プロジェクトの年間運転維持管理費の概算総額は米ドル4.17百万である。

6.4.4 更 新 費

発電機器及び機械工事の経済寿命は設置後35年と仮定された。

更新費は通常これら機器のサルベージ価値を考慮の上、更新に必要とされる土木工事費と機器の据付け費を合計して積算されるが、ここでは更新費は機器の据付け費のみを計上した。

6.5 プロジェクト実施のための組織

全工事組織図を図6-3に掲載する。NAPOCORはプロジェクトの実施にあたり、全面

的な責任を持っており、またプロジェクトの設計及び施工を実施するものである。さらに、プロジェクト地域内の移転問題についても NAPOCOR により処理される。

建設工事の実施にあたって、アゴスプロジェクト事務所と呼ばれる NAPOCOR の現地事務所が必要となる。さらに、建設工事はプロジェクト事務所の監督の下に、国際もしくは国内請負業者との請負契約によって実施される。海外又は国内コンサルティング技術者による技術援助が建設工事を完全に遂行するために提供される。

プロジェクト工事の完成後、維持管理は NAPOCOR、ルソンプロジェクト事務所長に移管され、かつ管轄される。

