

フィリピン共和国

アンブクラオダム修復計画

調査報告書

昭和63年3月

国際協力事業団

鉦計資
CR(3)
88 — 53

フィリピン共和国

アンブクラオダム修復計画

調査報告書

JICA LIBRARY



1066072[E]

12714

昭和63年3月

国際協力事業団

17714

序 文

日本国政府は、フィリピン共和国政府の要請に基づき、同国ルソン島における既設アンブクラオダムラオダムの修復計画及び安全管理システムの策定とその評価を行うこととしその実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、株式会社新日本技術コンサルタント山田直明氏を団長とする各分野の専門家から成る調査団を編成した。

調査団は、1986年11月から1987年11月までの間、4回にわたり現地調査を行い、帰国後、これによって得られた結果と資料に基づいて、問題点の解析及び検討等の国内解析を行った。

本報告書は、この成果を取りまとめたものである。本報告書が、アンブクラオダムの修復及び安全管理システムの確立に役立つとともに、同国の社会的・経済的發展に寄与し、ひいては、同国とわが国との経済交流、友好親善をより一層深めることに貢献できれば幸いである。

終りに、本調査の任に当られた団員のご努力に敬意を表すると共に、調査に際し、多大のご協力を頂いたフィリピン共和国政府関係機関、電力公社（NAPCOR）在フィリピン日本国大使館、外務省及び通商産業省の関係各位に対し、深く感謝の意を表わすものである。

1988年3月

国際協力事業団

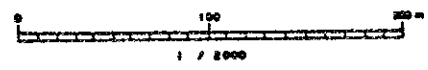
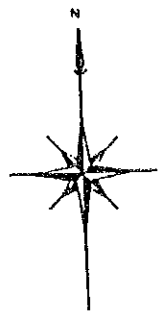
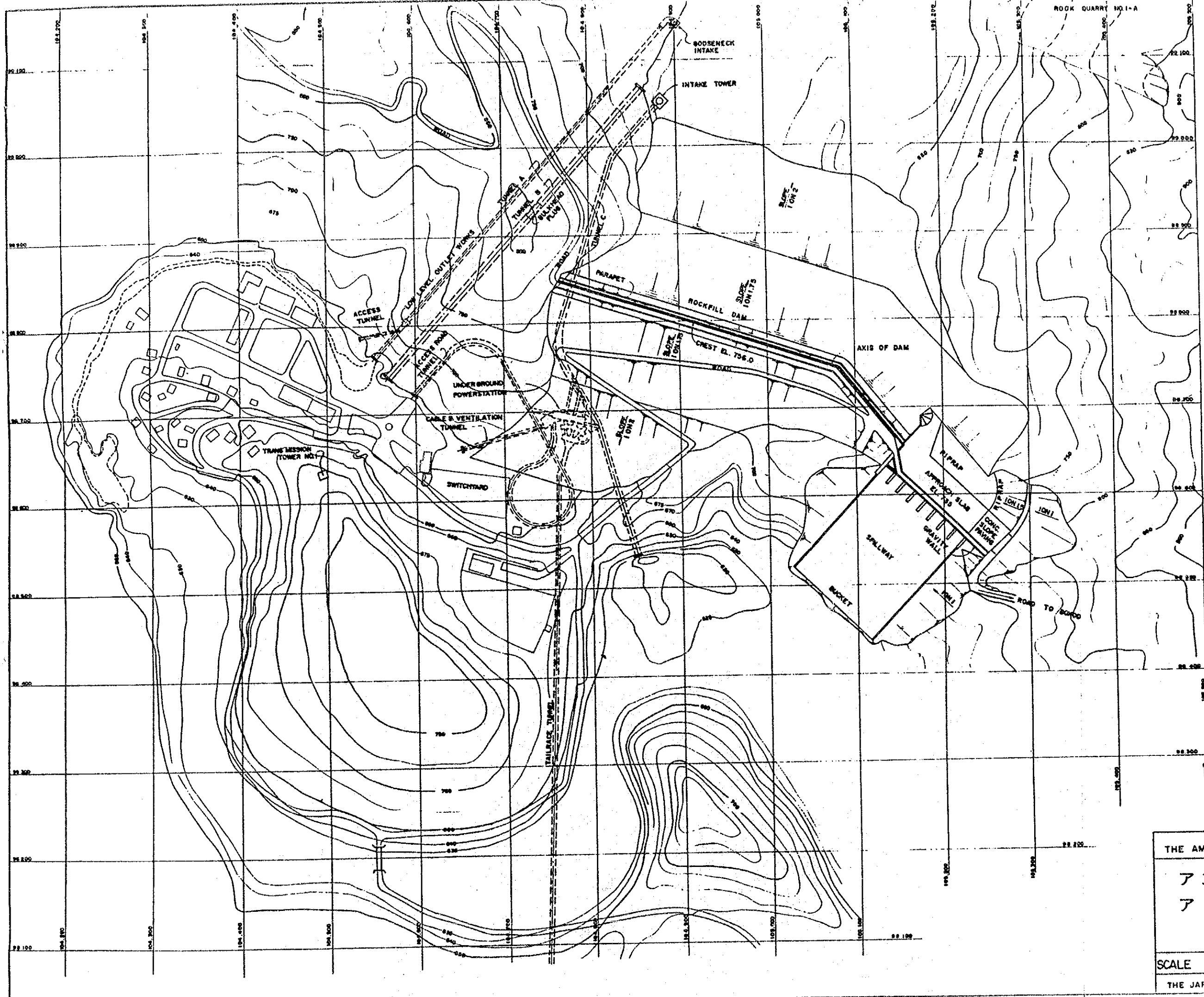
総裁 柳谷謙介



THE AMBUKLAO DAM REHABILITATION PROJECT

プロジェクト地域
一般平面図

SCALE AS SHOWN	DATE
THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	



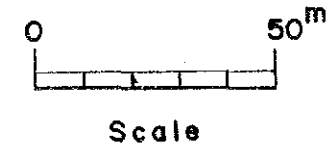
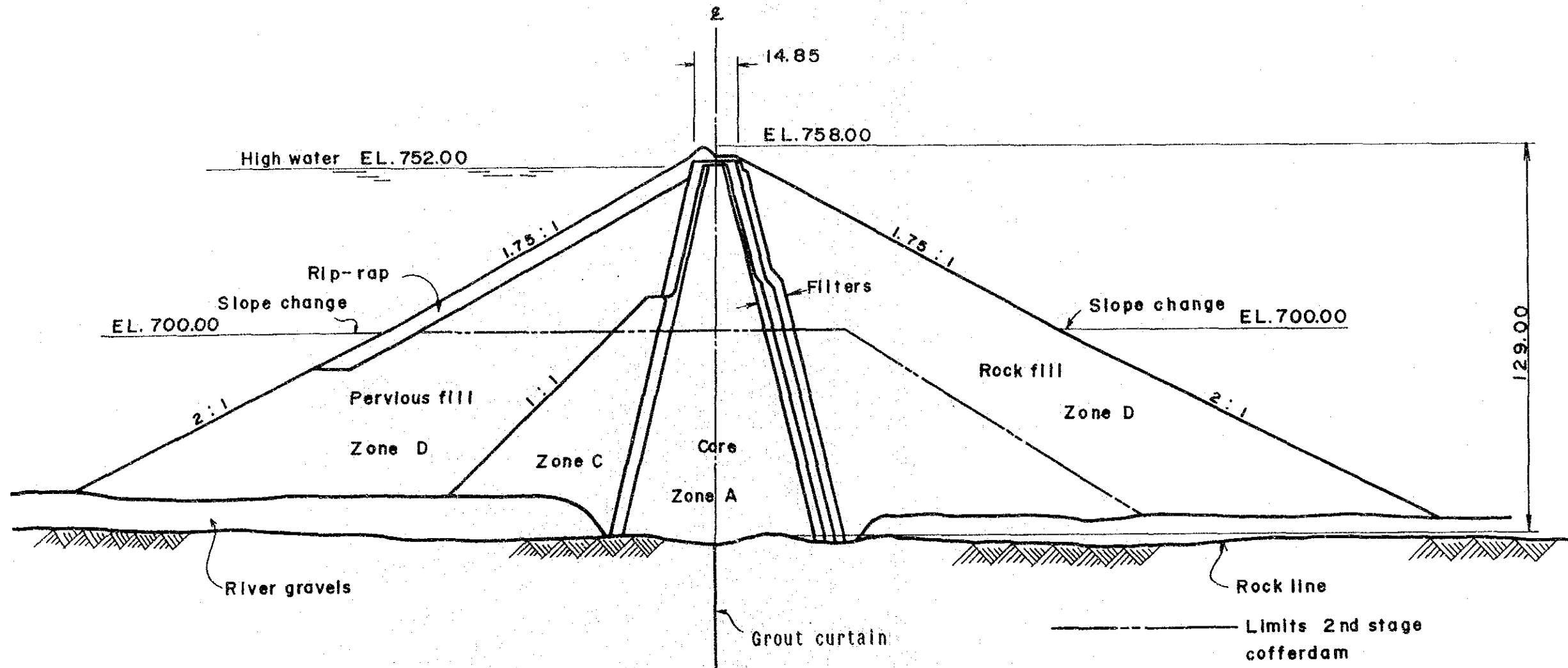
THE AMBUKLAO DAM REHABILITATION PROJECT

アンブクラオダム及び
アンブクラオ発電所
一般平面図

SCALE 1:4000 DATE

THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

アンブクラオダム標準断面図

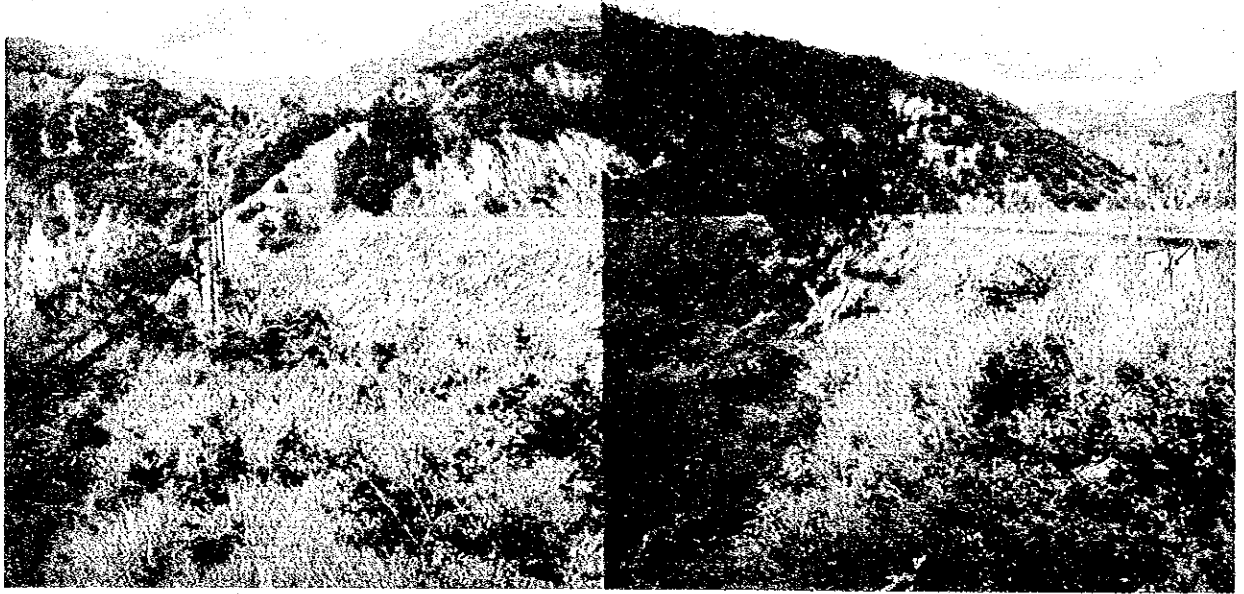


THE AMBUKLAO DAM REHABILITATION PROJECT	
アンブクラオダム標準断面図	
SCALE As shown	DATE
THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	

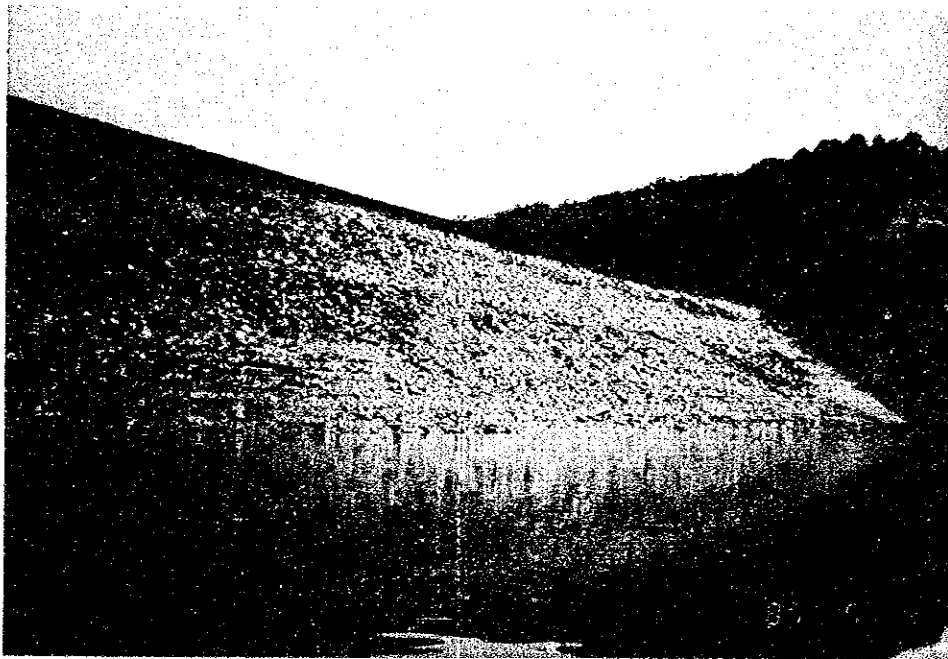
アソブクラオダム全景
(左岸県道より)



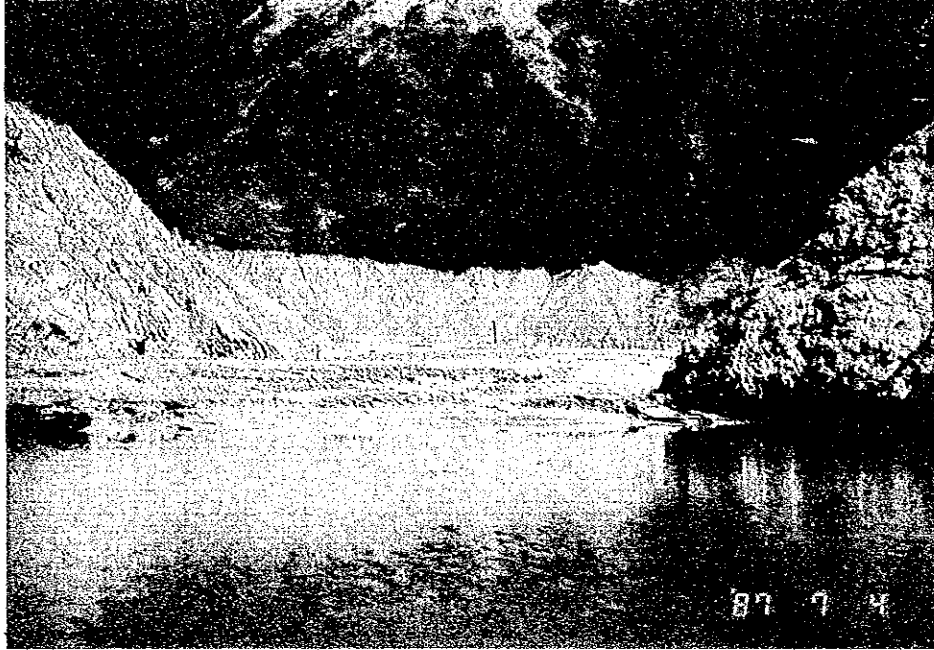
ダム下流面



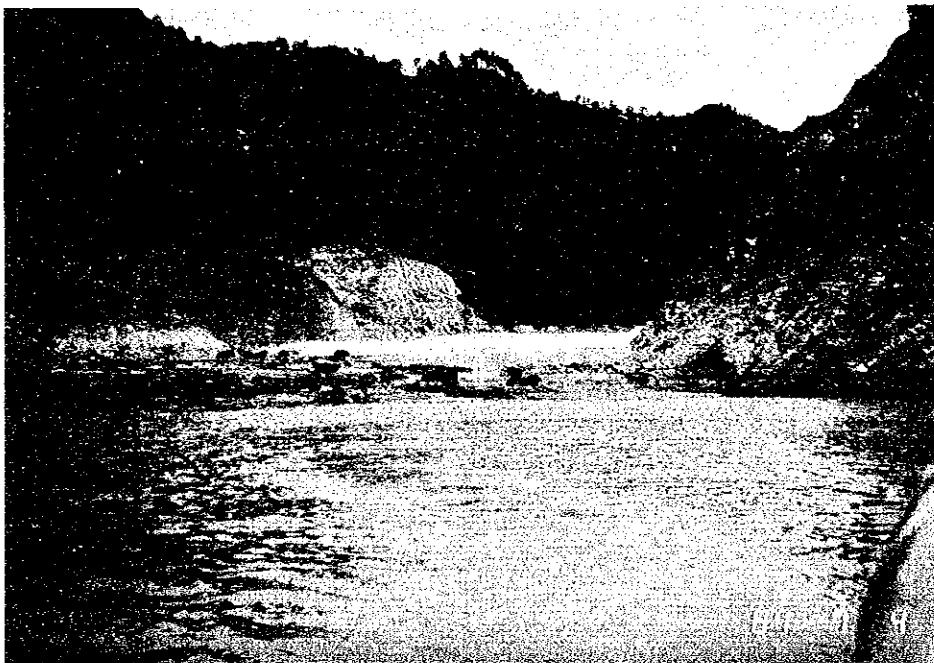
ダム上流面 (W.L. 717.00 m)



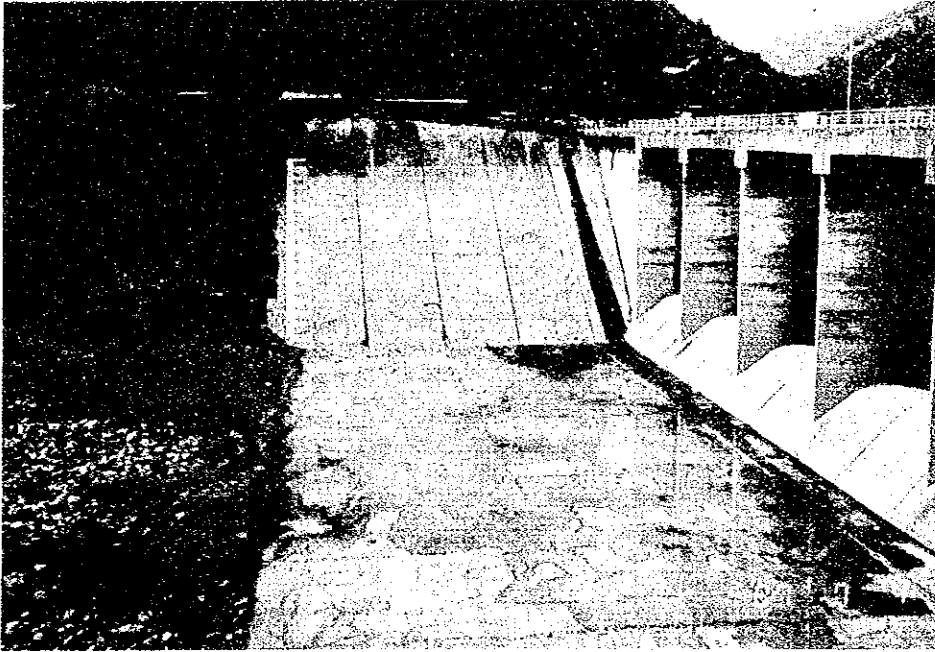
支川（LBEY川）の堆砂状況（W.L.717.10m）



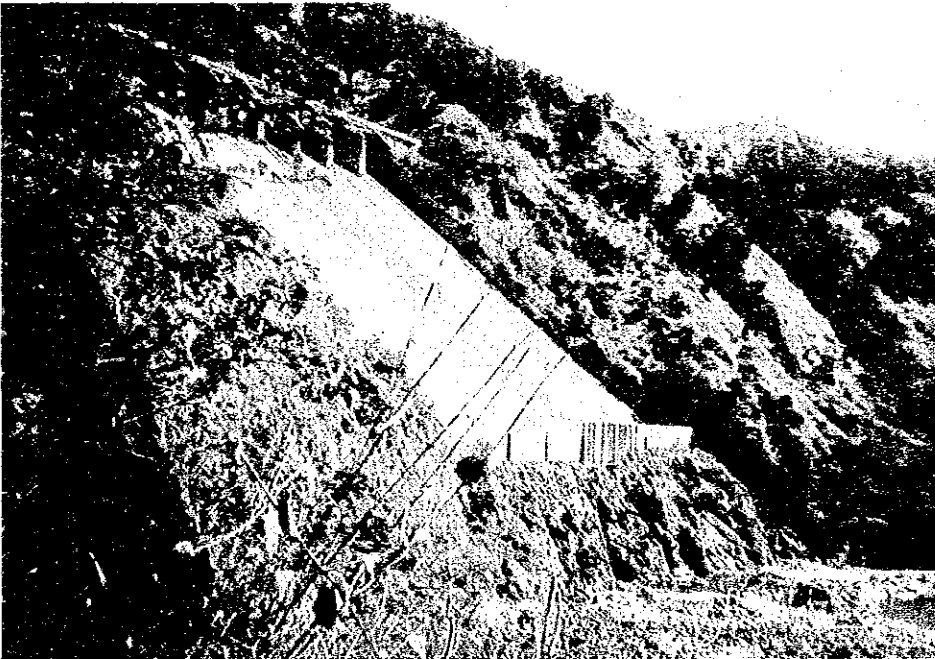
支川（BANTAY川）の堆砂状況（W.L.717.10m）



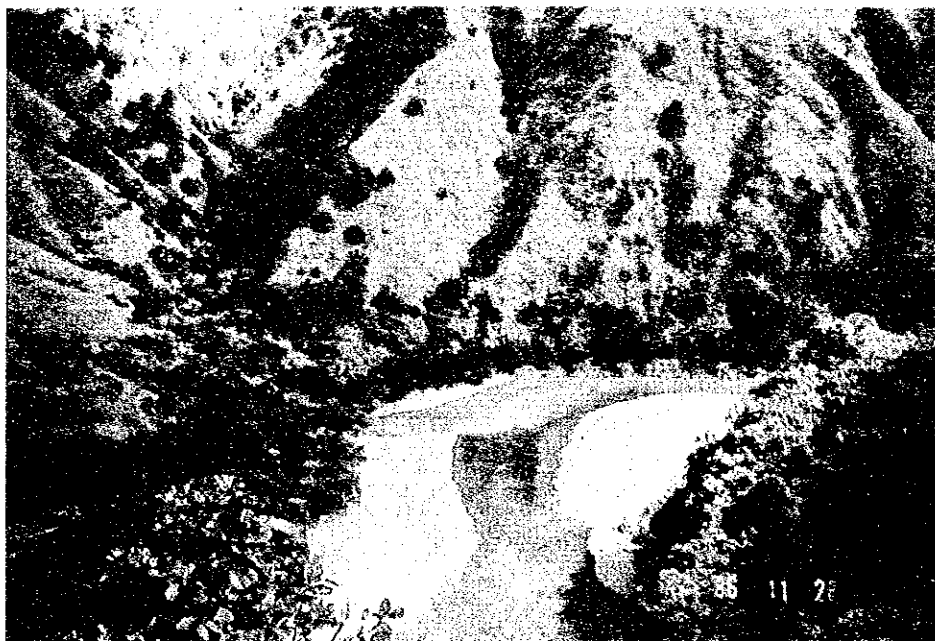
ダム左岸洪水吐



ダム洪水吐



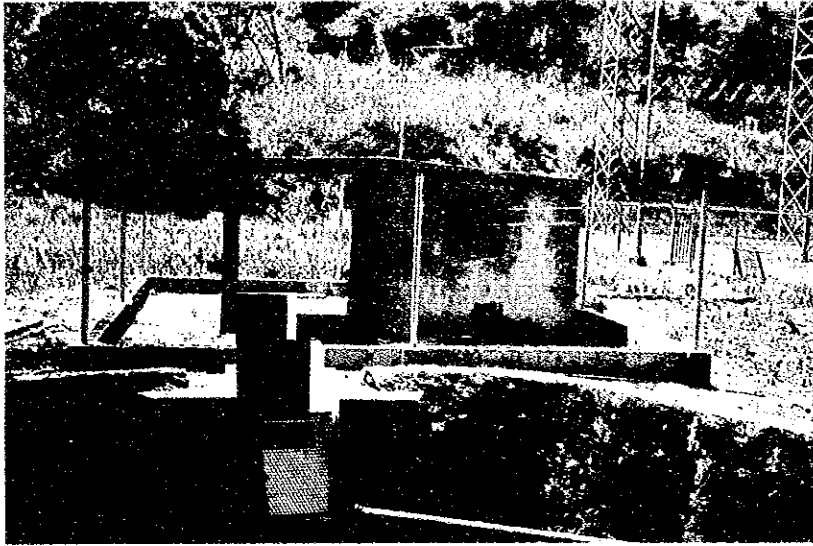
放水口付近の堆砂
状 況



放水口前面の河川状態



漏水計測装置



ダム計測点



アンブクラオダム修復計画 調査報告書(和文)

正 誤 表

頁	記 述 ケ 所	誤	正
8	8. 最下行	(12章参照)	(12.4.2参照)
9	8. 最下行	(12章参照)	(表-12.21参照)
8-2	8.1.2 下3行目	Fig-8.1(a), Fig-8.1(b)	図-8.1(a), 図-8.1(b)
8-3	8.1.2 最下行	l=	ℓ=
8-7	8.1.3 下3行目	Fig-8.4	図-8.4
8-13	8.1.4(2) 最上行	(P.8-2の参照*)	(P.8-2の*参照)
8-24	8.2.3(1) 下11行目	Fig-8.10	図-8.10
8-24	8.2.3(1) 下3行目	$\phi \geq 45^\circ$	$\phi \geq 40^\circ$
8-24	8.2.3(1) 下3-2行目	C=5~10 kg/cm ²	C=5 kg/cm ²
8-35	表8-11	Stability Evaluation	Stability Evaluation
8-39	8.3.3(2) 上3行目	t/m	t-m/m
8-39	8.3.3(2) 下4行目	Feild	Yeild
8-40	8.4 下5行目	Fig-8.17**	図-8.17**
8-44	8.5.1 上12行目	Bongel	BONGEL
8-47	8.5.3 下6行目	Table-8.12	表-8.12
8-50	8.5.3(2) 下5行目	Table-8.13	表-8.13
11-42	表-11.2 Note	実線地形図	実測地形図
12-4	12.13 下6行目	図-12.28	図-12.29
12-13	12.2.6 下12行目	図-12.21	図-12.19
12-76	12.5.5(1) 下15行目	表-12.5-7	図-12.5-7
12-77	12.5.5(2) 上10行目	(2×55 MW)	(2×150 MW)
13-1	13.1 上3行目	次下	以下
13-1	13.1 上7行目	起因	起因

目 次

位置図および現地写真

結論と勧告	1-10
本 文	
ま え が き	(1)-(4)
1. 各種資料の収集と分析	1-1~2
2. 現行モニタリングシステムの検討	2-1~2
3. 現 地 調 査	3-1~2
4. モニタリングシステムの確立	4-1~2
5. 追加調査工事と地質状況	5-1~10
6. 測定マニュアル	6-1~10
7. モニタリング	7-1~2
8. 構造物の安定解析	8-1~49
9. 構造物の安全性	9-1~21
10. ダムの安全管理体制組織	10-1~6
11. 堆砂に対する安全性	11-1~40
12. 修 復 計 画	12-1~103
13. ダム構造物管理基準	13-1~4

結 論 と 勧 告

結論と勧告

アンプクラオ発電所は、現状のまま運転が継続されると、1996年には貯水池内の堆砂のため、運転が不能となることが予想される。しかし、適当な修復工事と良好な保守ならびに十分な点検を行えば、貯水池が堆砂で埋まるまで、今後約40年にわたって、発電の機能は現状に近い能力を維持することが判明した。

修復計画としては、先ず堆砂対策として考えられる幾つかの修復案について、種々比較検討を行なった結果、取水塔改造案が最も経済的となることから、この案を選定し、ついでダムの安定性確保の面から要請されるダム上流面の修復工事および、放水口付近の河床整理ならびに水車入口弁の改良など必要な対策工事を併せ、アンプクラオダム修復計画として取りまとめた。

この修復計画についての経済性評価は、NAPOCORによって作成された2000年までの長期電力計画に基づき、システムワイドアナリシスによって検討された。その結果、この修復計画は他の代替案の何れよりも、より経済的であるとの結論に達した。

以下においては、本アンプクラオダム修復プロジェクトにおいて取り扱い検討された主な項目について、その要約を記述するとともに、必要とされる修復計画の提案を行なっている。

1. ダム

1985年4月のいわゆる直下型地震に起因するダムの損傷箇所については、ダムのり面を除いてはその殆どが良好に修復されている。ダムおよびその周辺についてみると、今のところ特別な異常は認められない。

しかしながら、特にダム本体の上流のり面の安定性に問題のあることが判明している。

(1) ダム本体の安定性について

a. 上流のり面

ダム上流のり面は、貯水池水位の上昇、下降および前記の地震などに起因したものが、各所に著しい損傷が認められる。とくに、EL.733.00mおよびEL.752.00m 辺りには、風浪による侵食の跡もあり、所定の地震の条件を考慮した場合、のり面のすべり安全率が著しく不足していることから、早急に応急処置を行なっておく必要がある。

b. 下流のり面

ダム下流面には、下流のり尻から堤頂までのり面に沿って幅10mの道路が設けられており、保守管理ならびに一般道路として使用されている。この道路は、ダム下流のり面の設計勾配の内に切り込んだ形で建設されているため、のり面のすべり安全率が局部的に1を割る部分がある。しかしながら、前期1985年4月地震により局部的なのり面崩壊の発生した形跡はあるものの、大事には至っていない。のり面のロック盛立材料の推定せん断強度と設計勾配を勘案した場合、所要の安全率を有しているので現状のまま十分であると思われる。

(2) ダム左岸下流のやせ尾根について

a. やせ尾根河岸の洗掘防止

尾根の河岸は、断層の存在により岩盤が脆く、洪水吐から放流が行なわれるたびに旋流によって河岸が洗掘され、崩壊が逐次的に進行するため護岸を施し、ダム基盤としての安定を計る必要がある。

b. やせ尾根地山の補強

同上やせ尾根の頂上に沿ってオープクラックと一部地盤の陥没が認められる。これらは、その直下にあるドレーン坑の天井の崩壊と、前a項で記述した現象などによって引き起こされているものと推定される。この地山は、ダムアバットメントとして重要であるため、これ以上ドレーン坑の天井崩壊の進まないよう補強することが必要である。

2. 洪水吐

洪水吐の周辺は、1976年の大洪水後と1985年の地震後に何れも異常が発見され、修復工事とモニタリングが行なわれてきた。

そのなかでも、洪水吐左岸地山および洪水吐呑口の導流壁のそれぞれ安定性が問題となった。また、1976年の洪水時における異常な貯水池水位の上昇に関連して、洪水吐の容量不足に懸念が持たれていた。

これらの項目について検討を行なった結果、何れも特別な措置を必要としないことが明らかとなった。

(1) 洪水吐左岸地山の安定性について

実測地形図をもとに、地山強度の推定値 $\phi=45^\circ$, $C=5\sim 10$ 軒により、その安定解析を行なった結果、1以上の安全率が確保されていることが確認された。しかし、引き続き地山内の地下水位や変位計などによる地山の挙動観測を含むモニタリングを行ない、監視体制を維持し続けることが必要である。

(2) 洪水吐呑口の導流壁の安定性について

一部分にクラックが見られるが、躯体もジョイントも十分に修復されている。また構造物の安定性については、転倒、滑動および支圧について解析を行なったところ、満足すべき結果が得られている。

(3) 洪水吐の容量について

洪水吐の流下能力については、200年確率流量の1.2倍の流量を流下する能力がある。なお、この確率年数はアグノ川流域内に降雨資料が十分でないこともあって、近傍(バギオ市)の資料から降雨量を過大に類推して算定した結果でもある。

この200年確率流量を、バギオ市の平均的なデータに換算すると2,000年確率流量に当たる。一方、アグノ川流域に関する資料だけから確率年数に逆算すると19,000年確率に当っており、確率年数の算定に大きな違いを示した。このため今後も、本流域での水文観測を継続し、資料の蓄積を計る必要がある。結論として、現在の洪水吐の容量は十分であると認められる。

3. 貯水池

アンブクラオダムが建設されて以来30余年の間に貯水池へ流入した土砂の量からアグノ川の流出土砂量を算出すると、年間平均で約3,600,000 m^3 である。この量は、東南アジアの各河川の実績にくらべて、非常に多量であるといえる。

一方、貯水池周辺の地形や地質状況から判断すると、現時点では地すべりなど大量の土砂が直接貯水池に流入するような危険性は認められない。

(1) 堆砂について

必ずしも十分ではないが収集された資料によって、年々貯水池に流入する土砂の状態を

解析すると、平均的に見ても前述のように膨大な量におよび、その量は河川水の流出量に比例する傾向を持っている。

1984年頃からは洪水時に、発電施設が稼働中、シルトや砂を吸い込んで、運転に支障を来たしたことが報告されている。

また、最近のデータである1986年の実測によると、発電用の取水塔付近の堆積は取水口敷と同じ高さまで迫っていた。

このような堆砂の影響を、堆砂の状況シミュレーションにより解析すると、早ければ1992年に、また砂シルト面の安定勾配を1/75とすると、1996年以降には常時、砂やシルトを吸い込んで発電に重大な支障を来たすことが予想される。

従って、早急に堆砂に対する発電施設の改善を行ない、発電所機能の維持を計らなければならない。

(2) 貯水池周辺の地すべりについて

貯水池周辺には地すべり地形が2,3か所あるが、目下のところ大規模崩壊の恐れのあるものは認められない。しかし、今後とも大規模地すべりにたいして、航空測量などにより経年的な監視が必要である。

4. 発電所

アンブクラオ発電所は、地下式発電所としてダムの直下に設置されている。このため、かなりの量の貯水池の水が地山を通じて、発電所へ漏水しているものと予見された。これらの漏水量を把握するため、発電所周辺に漏水測定か所を設け漏水量を測定してきたが、大きな問題となるような漏水は認められなかった。

(1) 水車の漏水について

1986年11月の調査時点においては、1,2号水車の封水装置から著しい漏水がみられた。

このような漏水は、取水に砂を伴っているため封水装置のカーボンパッキングの摩耗が激しく、そのために多量の漏水が生じているものと考えられる。したがって、砂の吸入を防がない限り水車の補修頻度は今後も増え続けるであろう。これは、取水塔改良工事によって大幅に改善されるが、別途冷却用水の取水系統に改良を加え使用する水の清浄化を計

る必要がある。

(2) 水車入口弁の漏水について

水車入口弁については、断水して調査することができなかつたため、定かではないが NAPO-COR 側の説明によると、弁1台について漏水量は 3,000ℓ/min である。30年間以上も使用されてきたバルブは、多分、戸当たり部が洗掘され、確実に閉鎖されないことが推測される。

断水のうえ調査し、この部分を補修するか、新しいバルブと取り替えるか、判断を要するところである。

修復計画には、最悪の状態を想定して全バルブを取り替えるものとした。

また、水車の良好な保守点検を行なうためには、水車入口弁の存在は不可欠である。

5. 放水路

放水路における問題点は、放水口付近の堆積土砂が発電に及ぼす影響である。

現在の放水位は約 EL. 579m で、当初の水位より約 4.00m 上昇している。これは、発電落差の損失になっているが運転には支障がない。

放水口付近の堆砂は、本川の残流域から流出する土砂（年間 450,000m³）をビンガ貯水池が堰あげているためである。したがって、抜本的対策はビンガ貯水池の堆砂対策と密接な関連がある。

(1) 堆砂の発電におよぼす影響について

現在、堆砂によりアンブクラオ発電所の放水位は約 4.00m 堰上げられている。これが発電におよぼす影響を吟味すると、起動時には放水路サージタンクの容量一杯となるが、発電機の運転には問題はないことが確認された。なお、緊急遮断の場合については先に行なった起動時のサージング水理計算の結果から推測すると、運転に支障はないものと推定される。しかし、E/S の段階においてはより詳細な水理検討を行なう必要がある。

(2) 放水路出口の堆砂について

放水位は現在、放水路出口付近の堆砂によって堰上げられ、常時落差を 3% 弱、損失している。これに対する対策を検討したが、工事費支出の割合ほど大きな利得が得られないので、経済的に得策であるとは言えない。したがって、発電に支障がないかぎり、こ

の件に対する積極的投資は行なうべきではないと判断される。

ビンガ貯水池の堆砂対策との関連において、抜本的対策が立案されるまで暫定的対策（河床整理など）で対応するのが得策である。

6. 修復計画

アンブクラオダム修復計画は、今迄述べてきた各種の検討の結果を踏まえて、考えられる対策工事のなかから、より経済的な対策を選び出し、修復計画として取りまとめ、システムワイドアナリシスによって経済評価を行なった。

(1) 修復計画について

対策工事のなかで工事費の大きなものは、堆砂対策工事とダム上流面修復工事である。

このうち堆砂対策工事は、考えられる次の

- A 案 大型浚渫船による排砂案
- B 案 既存取水塔の嵩上案
- C 案 大容量排砂設備案
- D 案 取水塔改造案（傾斜型）
- E 案 取水塔改造案（垂直型）

の中からスクリーニングテストにより最も経済的な案としてE案を選出し、またダム上流面修復工事は最小限の修復工事案を採用した。

水車入口弁改造工事は、最悪の条件として現バルブを全て新しいバルブに取り替える案を計上し、また放水口付近の堆砂対策には暫定措置として河床整理案を採用した。また年々堆砂に埋まってゆく現在の取水塔を守る応急処置として、取水塔周辺の浚渫工事を含めて修復計画として取りまとめた。

以下に、修復計画を構成する工事名と工事費を列記する。

工 事 名	工 事 費
取 水 塔 改 造 工 事	19,350,000 米ドル
ダ ム 上 流 面 修 復 工 事	7,333,000 米ドル
水 車 入 口 弁 改 造 工 事	2,133,000 米ドル
放 水 口 付 近 河 床 整 理 工 事	1,333,000 米ドル
取 水 塔 周 辺 浚 渫 工 事	5,456,000 米ドル
合 計	35,605,000 米ドル

上記修復工事費に、調査費、用地費、エンジニアリング費、NAPOCOR の管理費および予備費を加えた修復工事の総事業費は 4 2,4 3 6,0 0 0 米ドルとなる。そしてその工期は、取水塔改造工事が最も長く 5 年を要する。ダム上流面修復工事は、この期間内に完成できる。水車入口弁改造工事および放水口付近河床整理工事は、工事終了の最終年次に実施すればよい。

しかし、取水塔周辺浚渫工事は貯水池に流入する堆砂との競合であるから、1 日も早い着工が必要である。

(2) 経済評価について

1987 年 6 月に NAPOCOR が策定した Power Development Program (Original Plan) によれば、アンブクラオ発電所の機能喪失(または減退)は見込まれていない。しかし、今回の検討によれば同発電所をこのまま放置すれば、1996 年以降には著しい機能の喪失の起こることが判明している。

これの対策としては、基本的に次の二つの方法が考えられた。

- a. 原案として、アンブクラオ発電所を前記修復計画により修復する。
- b. 代替案として、アンブクラオ発電所を修復せず、同程度の規模の Geothermal (55 MW×1) を Original Plan に追加して建設する。

また、さらに参考として三番目のケースとしてアンブクラオ発電所を修復せず、かつアンブクラオ発電所の機能喪失対策を全く実施せず、Power System の信頼度は低下するが、Original Plan の供給力だけで凌ぐ場合の Cost 動向についても検討した。

そして、各ケースとも NAPOCOR の Luzon Grid 全体からみた、システムワイドアナリシスによって経済性を評価した。

その結果、アンブクラオダム修復計画は代替開発よりも経済的に有利であるばかりか、代替開発を行わずシステム全体の信頼度を低下させて凌ぐ場合に比べてさえ、経済的に有利となることが明かとなった。

即ち、アンブクラオダム修復計画を本案とし、代替開発案を対案として内部収益率(IRR)を求めると約 4.2% であり、代替開発も行わない場合に於いても内部収益率は 17.69% となり本修計画は投資効果が高い案と評価された。

7. ダムの安全管理体制組織の確立

アンブクラオダム の安全管理体制組織 に関しては、Northern Luzon Regional Center (北ルソン地方事務所) の Central Maintenance/Technical Services の Central Maintenance 内に機械係、電気係と並んで土木建築係を設置し、土木技術者2名、補助員3名を配属する必要がある。そして、アンブクラオ発電所のダムをはじめ、土木設備の保守、点検、修繕およびモニタリングを担当させる。

また、この係にはアンブクラオ発電所だけでなく、ビンガ、アンガットなどの管内全発電所の土木設備に関する保守、点検などをも担務させる。

一方、本店には Hydro Power Project Department 内に Project Design Division などと並んで保守課を設置する。そして数名の土木技術者を配置し、Regional Center の土木建築係との関係のもとに、保守、点検、修繕などの保守業務の統括に当たらせるとともに、Technical Services Department で集約したモニタリング結果の土木的見地からの解析、計画などの業務も担務させるものとする。

なお、ダムの運営と土木設備の保守業務のために、アンブクラオ発電所にも土木技術者1名を配置することが必要である。

8. 今後のアンブクラオダム修復計画の進め方

本修復計画の特徴は迫り来る堆砂との競争であり、一刻の猶予もゆるされない厳しいものである。即ち、1996年には最小限取水塔改造工事を完成することが、必須の条件とされているからである。また、これらの改造工事中においても、既設取水塔を砂やシルトから守らなければならないからである。

取水塔改造工事は、貯水池内で工事が実施されるため、通常の場合より長い工期である5年の歳月が必要となる。従って、1996年に工事を完成するためには、1992年秋には工事を始めねばならない。

通常、工事業者選定、入札から契約まで丸一年半の期間を要するので、1990年中には設計業務を終り、1991年夏には入札書類を整える必要があり、遅くとも1989年度から調査工事や設計の業務を始めないと、この工程を保持することは困難である。

調査測量業務は、一部貯水池内で行なう業務(ボーリング、測量)があるため、作業の工程は貯水池水位に支配されるので十分に時間的余裕をもって実施することが望ましい。(12章参照)

一方、現時点でも既に砂やシルトの吸入は次第に激しくなりつつあることは、アンブクラオ水力発電所のO&Mコストが他の同型の水力発電所に比べて、3倍にも達していることでも明白であり、一刻も早い対策が必要である。また、取水塔改造工事が完成するまで既設取水塔周辺を浚渫し、アンブクラオ水力発電所の運転を維持するため、ドレッシング設備を導入することが急がれる。

このドレッシングシステムは、早急な導入が望まれるのでアンブクラオダム修復計画として一括計上しているが、早期に手当ができるならば修復計画から切り放し単独でも、早期着手に踏み切るべきであることを勧告するものである。(12章参照)

ま え が き

ま え が き

本報告書は、フィリピン電力公社（NAPOCOR, The National Power Corporation）所属のアンブクラオダム修復計画調査業務のファイナルレポートである。

本業務は、アンブクラオダムおよびその発電設備についてその現状を調査し、NAPOCORが実施する追加調査を計画・指導し、さらに現地でダムモニタリングの指導を行い、技術的、経済的および財務的に最適な修復計画とダム管理基準を策定することを目的としている。

調査の背景 および調査内容

アンブクラオダムおよびその付帯設備は、フィリピン共和国マニラ市の北北西、約180kmにあるバギオ市の東36kmに位置し、米国ハルザ社の設計により1956年に建設された水力発電所である。

ダムは、高さ129m、堤頂長452m、中央しゃ水壁型ロックフィルダムであり、このダムによって造られる貯水池は流域面積690km²で、総貯水量3.29億m³、有効貯水量2.58億m³である。発電設備はこの貯水池を利用して最大出力75MWの電力を発電し、ルソン島における尖頭負荷に対応する主要電源として稼動している。

アンブクラオダムは、建設以来30年余を経過し、その保安管理業務・地すべり対策などのリハビリテーション計画が考えられていたが、1985年4月24日午前0時15分と9時7分の2度にわたり発生した地震によって、アンブクラオダムが一部被害を受けたことおよび貯水池への堆砂の進行ならびに放水口付近の堆砂が、発電に支障を来していることが問題となり、それらの修復計画策定が緊急かつ重要性を持つに至ったものである。

これらの問題についてNAPOCORは独自に調査を進める一方、フィリピン政府を通じ日本政府に対し技術援助の要請があり、その重要性に鑑み国際協力事業団は昭和61年8月事前調査団を現地に派遣し調査打ち合わせを行った。その結果、1986年11月よりNAPOCORとの間で締結されたScope of Workに基づき、アンブクラオダム修復計画の本格調査実施の運びとなったものである。

アンブクラオダム修復計画調査業務の内容は大略下記の通りである。

1. 各種データおよび情報の収集と分析
2. 現在行なわれているモニタリングシステムについての調査および検討
3. 貯水池（含取水施設）・ダム・洪水吐・洪水吐左右岸アバット・洪水吐右岸上流導流壁・

発電所（含取付道路トンネル）・放水路トンネルおよび出口等の現地調査

4. アンブクラオダム安全管理に関して最も適切なモニタリングシステムの確立

5. 追加調査工事

本業務遂行のために必要な下記追加調査工事の指導監督

1) 地形測量

2) ダム観測施設の設置

3) ボーリング・トレンチ・ピッチング調査および堤体材料試験

4) 漏水量測定施設の設置

6. 測定マニュアルの作成

測定項目は次の通り

1) 漏水量測定

2) ダム変形量測定

3) 地下水位測定

7. モニタリング

下記モニタリングの指導・監督を行なう。

1) 漏水量測定

5) 貯水池流量・流出量調査

2) ダム変形量測定

6) 降水量・気温観測

3) 地下水位測定

7) 地震観測

4) 貯水池水位測定

8) 地すべり観測

8. 構造物の安定解析に関する検討

1) ダム

2) 洪水吐右岸上流側導流擁壁

3) 洪水吐左岸アバットメント地山

9. 構造物の安全性に関する検討

1) 洪水吐容量の安全性の検討

2) 発電所への漏水の原因と安全性に関する検討

10. ダムの安全管理体制組織の確立

11. 堆砂に対する安全性に関する調査検討

12. 修復計画の策定

13. ダム構造物管理基準の作成

上記業務を担当した JICA チームは

総括	山田直明
土木(設計)	原田次夫
土木(設計)	鶴巻有一郎
土木(計測)	藤原保
地質	川原恵
機械	富岡一郎
経済	小川修平
特認技術者	田中治雄

である。また、NAPOCOR 側の構成メンバーは、

NAPOCOR

1. MR. FRANCISO T. DELGADO - Sr. Vice-President, Eng'g. & Nuclear
2. MR. MARCIANO C. AVENDANO - Vice-President, Engineering

HYDRO POWER PROJEGTS DEPARTMENT

1. MR. PANCHO C. DINO - Actg. Manager, Hydro Power Projects Dept.
 2. MR. R. I. EVANGELISTA - OIC, Hydro Projedts Design Division
 3. MR. C. L. DE LEON - Principal Engr. II
-
1. MR. RODOLFO C. DELA CRUZ - Manager, Hydro Power Proj. Dev. Div.
 2. MR. J. V. LAHOZ, JR. - Project Coordinator (Principal Engr. II)
 3. MRS. J. E. HERRERA - Economist
 4. MR. M. V. AQUINO - Principal Engr. I

ENGINEERING RESOURCE SERVICES DEPARTMENT

1. MR. RONALDO A. ALMERO — Manager, Eng'g. Resource Services Dept.
 2. MR. R. M. PULANCO — Manager, Geology & Geotechnics Division
 3. MR. P. E. PANA — Principal Engr. II
 4. MR. F. Y. ROXAS — Principal Geologist. II
 5. MR. J. TOLENTINO — Senior Geologist
-
1. MR. ZOSIMO P. SANTOS — Manager, Eng'g. Surveys & Investigation Division
 2. MR. P. DELA CRUZ — Principal Engr. II
-
1. MR. F. N. DE GUZMAN — Manager, Materials Investigation and Tests Services
Division
-
1. MR. B. A. CALONG — Chief, Hydrology Services
 2. MR. A. S. NAYON — Principal Hydrologist

1. 各種資料の収集と分析

1. 各種資料の収集と分析

1986年11月17日より1986年12月16日までの30日間に亘る現地調査期間中、事前調査団の調査結果を参考にして種々の資料の収集に努めた。これらの資料を吟味し、必要な追加調査工事の計画の立案に、また後述する各章における諸検討のための資料とした。収集した資料リストを下記に示す。

(1) 地形、水文、地震、堆砂に関する資料

アンブクラオダム流域地形図	1/50,000	3 葉
アンブクラオダム洪水流入量記録	(時間)	1975~1985年
アンブクラオダム流域降雨記録	(日)	1975, 1976, 1984, 1985年
アンブクラオダム貯水池水位記録	(時間)	〃
アンブクラオダム流域雨量計測水所位置図		1 葉
ビンガ貯水池堆砂量記録		2 冊
ビンガ貯水池内堆砂量図		1 葉

(2) ダム、洪水吐、取水塔および水路系に関する資料

アンブクラオダム設計基準および詳細図		1 式
アンブクラオダム計測配置図		1 冊

(3) その他

洪水吐ゲート腕部振動計測記録		1 式
既修復工事写真集		1 冊

(4) 追加資料

アンブクラオダム日流入量記録		1956~1986年
アンブクラオダム月平均水位記録		1975, 1976, 1985, 1986年
アンブクラオダム年最大洪水時における流入量、水位、降雨記録		1975~1985年
ビンガダム流域地形図	1/50,000	3 葉

ビンガダム流域降雨観測所位置図	1 葉
ビンガダム流域日降雨記録	1956～1986年
ビンガダム流域水位観測所位置図	1 葉
ビンガ貯水池堆砂形状測量図	1 葉

(5) 参考資料

電力開発計画 1986年5月30日	1 冊
アンブクラオダム放水口堆砂対策工事	1 冊
アンブクラオ貯水池月流入量	1968～1986年
水文データ 1985年	1 冊
アンブクラオ水力発電所計画概要	1 冊

2. 現行モニタリングシステムの検討

2. 現行モニタリングシステムの検討

現地調査により現行モニタリングシステムの実態を調べた結果、アンブクラオダムにおける計測器の種類と実施中の計測頻度は次の通りであった。

計 測 器	計 測 頻 度	
(1) 電気式間隙水圧計	1 SP 6 SP 7 TPV 10 TPV 11 SP 4 SPA	週 3 回
(2) オープンパイプ・ ピエゾメーター	3 AD 5 AD 7 AD	週 3 回
(3) ダム頂オープンパイプ・ ピエゾメーター	PZ-1 PZ-2	日 2 回
(4) ドレ ー ン 孔	DDH-1 ~ DDH-28	週 3 回
(5) インクリノメーター	DDH-A ~ DDH-D	1 年半前から指示器 故障のため測定不能
(6) クラックメーター		毎 日
(7) 観 測 井		計測されていない
(8) 地 震 計		故障中
(9) ダム頂アラインメント		不定期 (殆ど行なわれていない)

これらの実態を吟味検討し、1986年におこなわれたモニタリングに関する提案はつぎのとおりである。

1. 計 測 頻 度 当面、前記の頻度を維持し、最終報告までに検討見直しを行なう。
2. 電気式間隙水圧計 全て故障していたので計測をする意味がないと判断された。なお、電気式間隙水圧計(ピエゾメーター)は新設のボアホール式に置換えされることになる。
3. オープンパイプ・
ピエゾメーター 非常によい状態にあり、計測を継続する。

4. ダム頂オープンパイプ・
ピエゾメーター PZ-1は高水位を示し異常値と判断される。一方、PZ-2は正常値を示していると思われる。しかし、データそのものは参考程度にすぎない。計測は継続する。
5. インクリノメーター 指示器は故障中であつたが新しい計器と交換され、計測を継続する。
6. クラックメーター モニタリングを行なうことに意義がないと判断される。オープンクラックおよびピットは、降雨時に雨水が流入し、岩盤内に浸透し、地山の安定上好ましくないので、できるだけ早く、適切に填充処置する必要がある。
7. 観 測 井 計測器は全て除去され、不計測中であつた。新規に漏水測定装置の設置が提案された。
8. 地 震 計 故障中。なお、適切な仕様の計器でないと思われる。新規地震計の設置が望ましい。
9. ダム頂、アラインメント 年2回、定期的に所定のスケジュールで継続する必要がある。また、豪雨、地震後には臨時的に計測する。

3. 現 地 調 査

3. 現 地 調 査

アンブクラオダム修復計画チームは7名の内4名の専門技術者を第一次隊として、1986年11月17日より現地に派遣し、さらに1986年12月1日から第二次隊として3名の専門技術者が現地で第一次隊と合流し、総勢7名で現地調査が1986年12月16日まで約1ヶ月間行なわれた。

各専門家の担当業務と滞在期間は下記の通りである。

山 田 直 明 (チームリーダー)

1986年11月17日～12月16日

原 田 次 夫 (土 木 設 計)

1986年11月17日～12月16日

鶴 巻 有 一 郎 (土 木 設 計)

1986年11月17日～12月16日

川 原 恵 (地 質)

1986年11月17日～12月16日

富 岡 一 郎 (機 械)

1986年12月 1日～12月16日

藤 原 保 (土 木 計 測)

1986年12月 1日～12月16日

田 中 治 雄 (特 認 技 術 者)

1986年12月 1日～12月 8日

調査団員はフィリピン滞在中、主として下記業務を実施した。

1. NAPOCOR に対してインセプションレポートの説明を行ない、逐条討議し、合意に達し
1986年11月18日同レポートを提出した。
2. ダムの損傷・貯水池および放水口の堆砂状況ならびに地すべり地区などの実状調査。
3. 各種情報の収集、モニタリングデータの検討。
4. 実施済の調査工事の内容と結果ならびにモニタリングシステムとそれらの結果を基に、
追加すべき調査工事(堆砂を含む)およびモニタリングの実施計画。
5. 堆砂の問題について、貯水池・河道への堆砂状況の観察ならびに流域の崩壊地・植生の
観察、河床堆砂の粒径分布の把握。

6. 追加調査工事のテクニカルスペシフィケーションの作成。

以上の結果は「テクニカルスペシフィケーション」と「仮報告書」としてNAPOCORに提出した。

そして1987年1月15日から3月末までNAPOCORが実施する追加調査工事の指導とモニタリング機器の据付指導のため、藤原が現地に派遣され指導に当たった。その後、1987年7月1日より中間報告を行なうかたわら、前回出来なかった貯水池水位低下時のダム上流面および貯水池堆砂状況の確認を行なった。また、藤原が1987年7月1日～7月14日、1987年11月1日～11月14日の2回にわたり、モニタリング作業の指導および結果チェックのため現地を訪れている。

一方、国内では現地調査によって収集した資料ならびに現地調査団帰国後にNAPOCORより送られた資料を基に前記諸検討が逐次進められた。そして、前記団員の外に小川修平が経済評価を担当した。

4. モニタリングシステムの確立

4. モニタリングシステムの確立

アンブクラオダム修復計画のうち、ダムのモニタリングの実施に当たり、NAPOCOR関係機関と協議の結果、次のチャートに示す業務分担の基本本針が確立された。この方針に則り、モニタリングを実施中であるが、ダムを含む全発電設備の保守管理システムの将来構想を第10章に述べているので、モニタリングについても重ねて後述するものとする。

図-4.1に示すように、全体モニタリングシステムには、水力資源調査部の各課が関係するものであり、職務分担はつぎのとおりである。

Group	Main Function
Engineering Surveys and Investigation Division	Dam Deformation measurements applying Geodetic methods.
Geoscience Services Div.	Maintain/operate geologic stations and evaluate data from inclinometer installations and water levels at piezometer stations.
Hydrology Services Group	Maintain/operate hydrologic stations, evaluate data from reservoir inflow, rainfall seepage.

アンブクラオ水力発電所は、貯水池運用、洪水吐ゲートの運転、発電機の運転などに関する実績データの収集業務や現地における全てのモニタリング業務にたいして協力している。

なお、恒久的なモニタリングシステムも、前記同様のシステムが適切であると考えられることから、これを継続するものとする。但し、Technical Services Departmentにおいて収集、整理された全てのモニタリングデータを、Hydro Power Project Departmentに移行し、土木技術者によるデータの評価を必要とする。

図-4.1 Ambuklao Rehabilitation Project の業務分担チャート

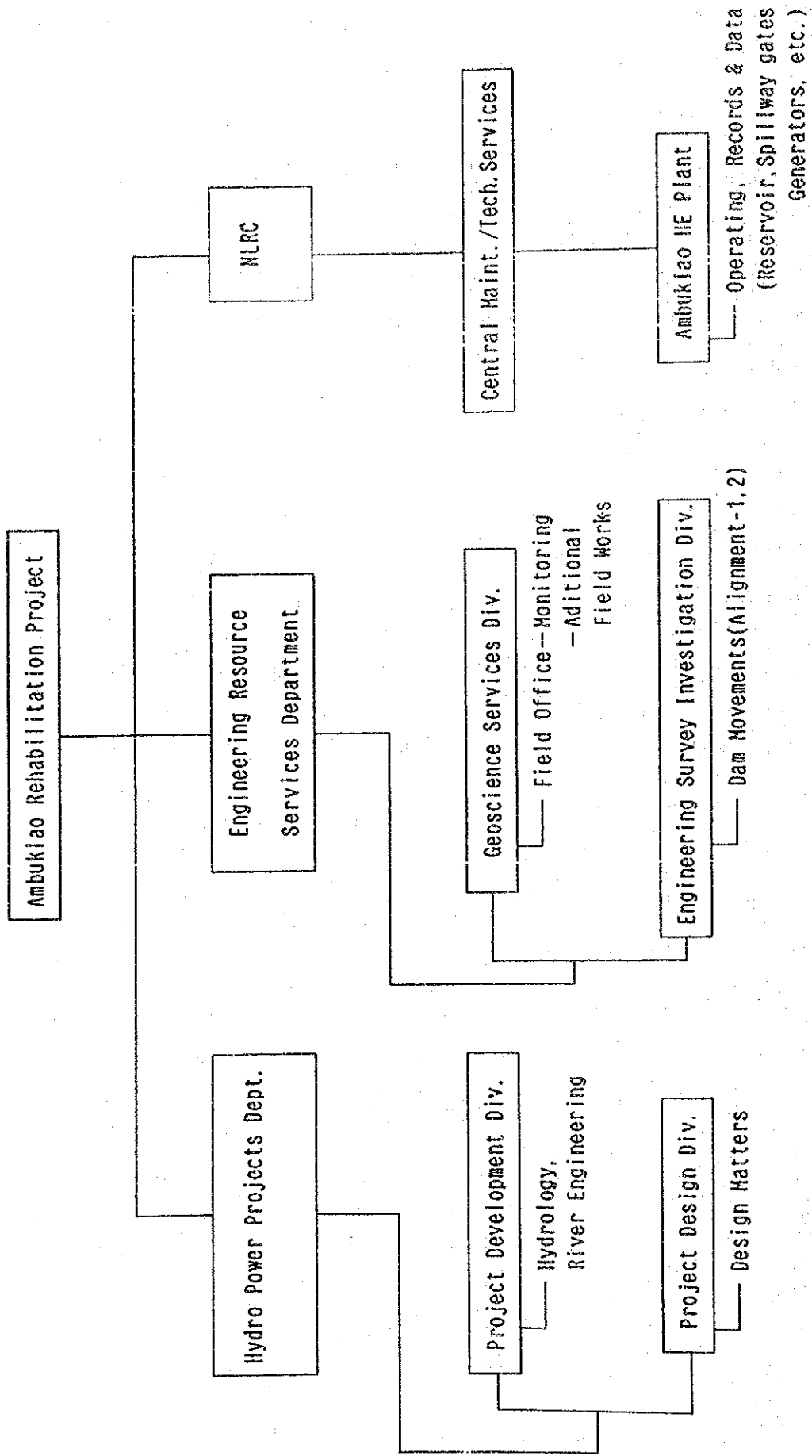


図-4.1