

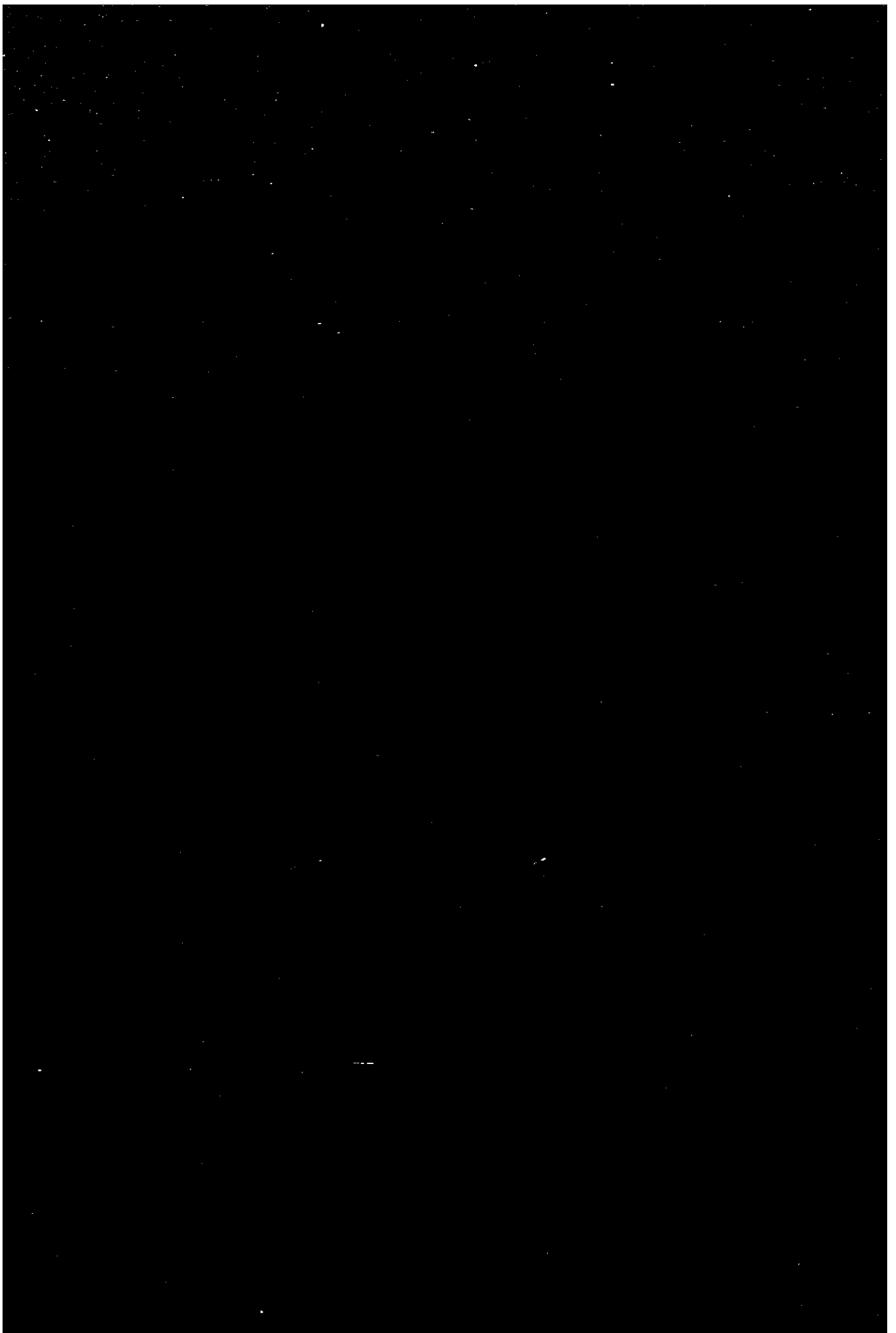
社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書

社会開発協力部報告書



ラオス人民民主共和国

ナムダムダム発電所補修計画基本設計調査

報告書

JICA LIBRARY



1068648(5)

昭和55年7月

国際協力事業団

國際協力事業團	
入 籍 58A.10.193	112
登録No. 05881	61.7 SDP

は し が き

日本政府は、ラオス人民民主共和国の要請を受けて、同国のナムグム発電所補修計画基本設計立案のため調査を行なうこととし、国際協力事業団は、市川須真夫氏を団長とする10名の調査団を組織して1980年5月19日より6月12日まで現地に派遣し、調査を実施した。

ナムグム発電所における調査は、ラオス人民民主共和国政府関係機関、ラオス電力庁の関係各位のご協力により、円滑に行なわれ、帰国後、現地調査結果に基づき、補修の対象、補修の具体的方法について検討を行ない、この程、本報告書完成の運びとなった。

本報告書が、ラオスの電力需要の殆どを満たし、又、タイ東北部へも電力輸出しているナムグム発電所の安定な運転を将来にわたってより確実なものにする上で、補修工事の早期実施を具体化し、寄与することになればこのうえもない喜びである。

終わりに、本調査の実施にあたり、種々ご協力いただいたラオス人民民主共和国政府機関、ラオス電力庁、在ラオス日本大使館、外務省の各位に対し、深く感謝の意を表すものである。

昭和55年7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

ここに提出する報告書は、ラオス人民民主共和国ナムグムダム補修計画基本設計に関する調査報告書であります。

現地調査は昭和55年5月19日から6月12日まで、腐蝕性の帯びた水の影響を受けている1号及び2号水車の内部点検調査に主力を注ぎ乍ら、発電機を含む電気設備それに、水路構造物の現状調査を実施致しました。その調査結果をもとに、補修の対象、補修の方法、工程の立案と工事費の積算を行ない、本報告書に記述致しました。

ラオス国で文字通り最大規模のナムグム発電所の補修を実施することによって、今后、安定な運転をより確実なものとし、又、補修工事を通じて発電機器の分解点検保守作業の実際を、ラオス人技術者や発電所勤務員が経験し、指導を受ける機会を提供することにもなり、その意義は大きいと考えます。

本報告書の提出にあたり、諸般のご協力を賜ったラオス人民民主共和国、外務省及び政府諸機関、ラオス電力庁、ならびに在ラオス日本大使館、外務省の方々に心から感謝の意を表します。

昭和55年 7 月

ナムグムダム補修計画基本設計調査団

団長 市 川 須 真 夫



序 文

第一期と第二期の二段階に分かれて建設されたナムグム (Nam Ngum) 発電所は、現有設備にて、130,000kW を有し、文字通りラオスでは最大の発電所であり、豊富な貯水池容量を利用して年間、1日24時間最大出力で連続に運転され、首都ビエンチャンの需要を満たしたあとの余剰電力はメコン河を越えてタイ国の東北地帯へ送電されている。

しかし、貯水池に水没した植物の影響と思われる硫化水素により、運転開始後8年以上経過した1、2号機の水車の内部が腐蝕を受け、現在、その進行の度合は相当鈍化しているものの腐蝕の程度は甚しく、その早期補修が望まれていた。

国際協力事業団 (以下 JICA と称する) の委嘱により、1号及び2号発電機器の現状調査が1980年5月19日より6月12日まで市川須真夫を団長とする JICA 調査団によって実施された。

この報告書は、その調査結果に基づき、立案した補修の基本計画を記述して居る。

現地調査期間中、ラオス電力庁 (Electricité du Laos) の適切、迅速な協力を受けたことに心から感謝するものであります。特に、同庁 Khammone 総裁、Oraphim 次長 Houmphone 発電所長、その他関係者の御好意に深甚な謝意を表します。

調査に関係した人々は付属書 - I にその名前が記載されて居ります。

ラオス国ナムグムダム発電所補修計画基本設計調査

報 告 書

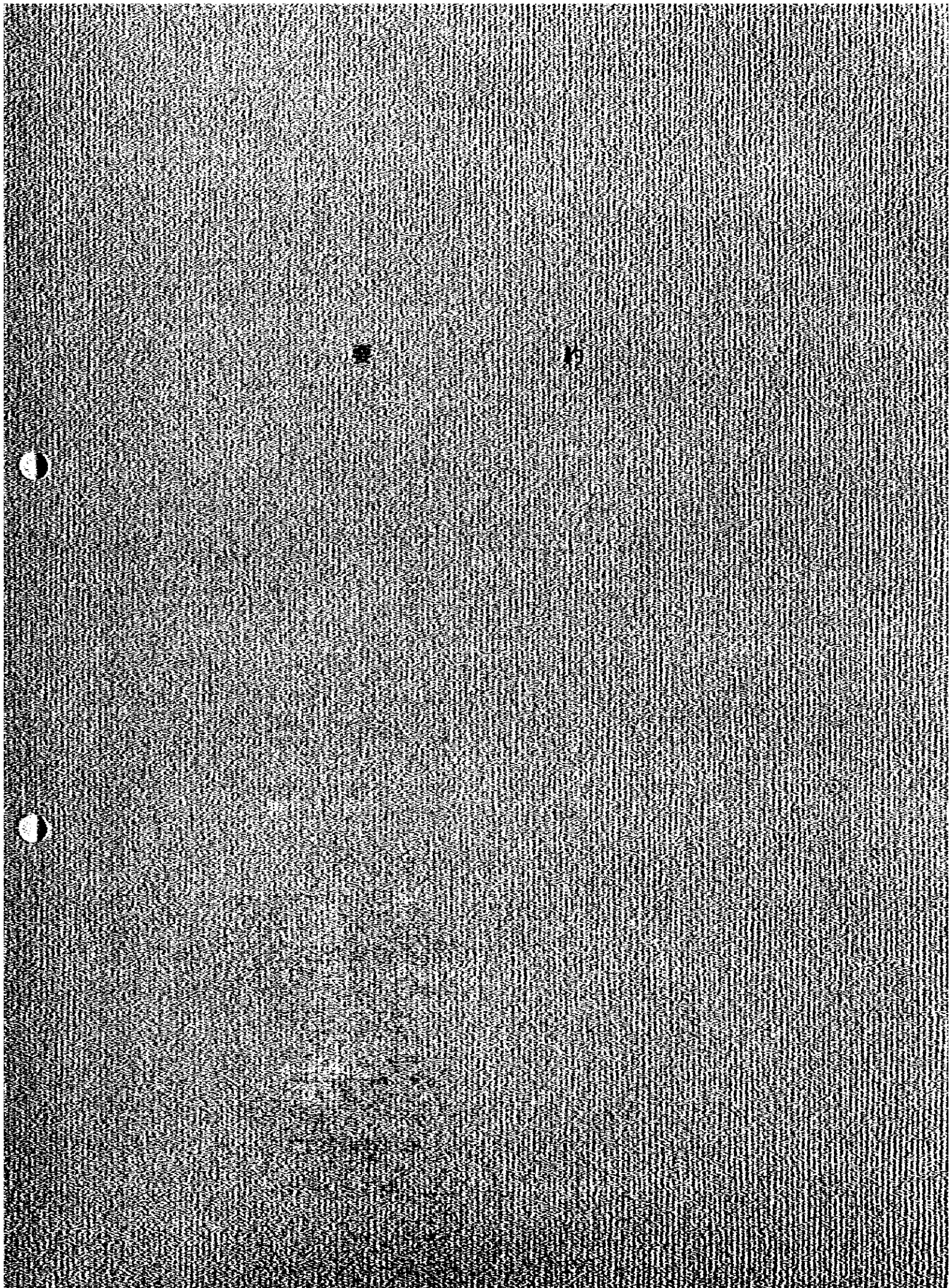
目 次

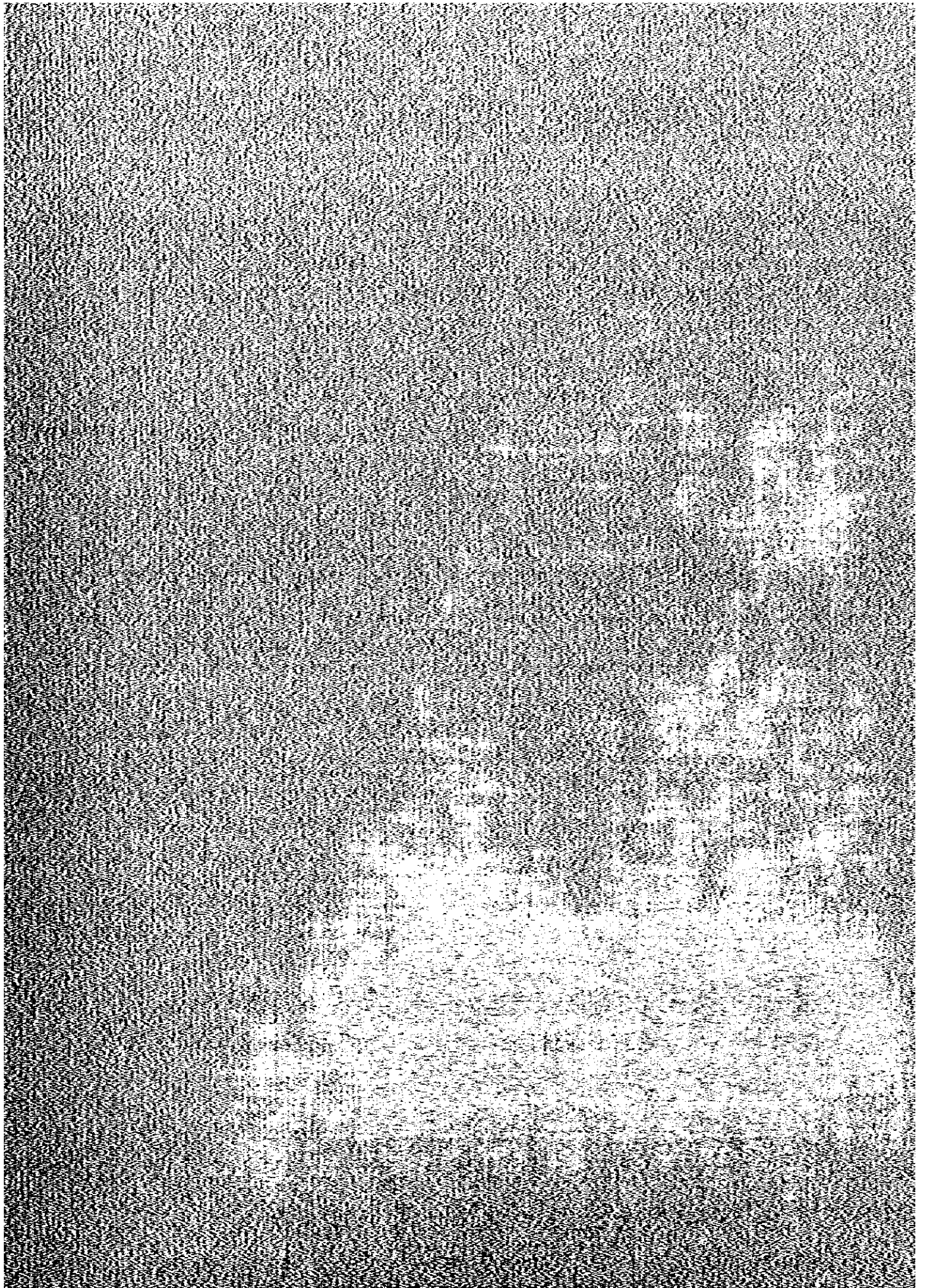
要 約	i
第1章 序 論	1-1
1.1 ナムグム (Nam Ngum) 発電所の現況	1-1
1.2 水車の腐蝕の現状	1-1
1.3 1号及び2号発電機器補修の必要性	1-1
第2章 1, 2号発電機器の所見	2-1
2.1 水 車	2-1
2.1.1 水車の仕様	2-1
2.1.2 概 要	2-1
2.1.3 項目別所見	2-1
2.2 発 電 機	2-3
2.2.1 発電機の仕様	2-3
2.2.2 概 要	2-3
2.2.3 項目別所見	2-4
2.3 発電機以外の電気設備	2-5
2.3.1 調査対象	2-5
2.3.2 概 要	2-5
2.3.3 項目別所見	2-5
2.4 水路構築物	2-7
2.4.1 調査対象	2-7
2.4.2 概 要	2-7
2.4.3 項目別所見	2-8

第3章 補修項目	3-1
3.1 要 旨	3-1
3.2 補修項目の区分	3-1
第4章 補修方法	4-1
4.1 早急に補修を要する項目（A項）	4-1
4.2 A項補修の際、補修の実施が推奨される項目（B項）	4-5
第5章 補修工事工程と人員派遣計画	5-1
5.1 全 体 工 程	5-1
5.2 部品の設計製作工程	5-1
5.3 海上及び陸上輸送	5-1
5.4 現場工事工程	5-1
5.5 人員派遣計画	5-2
図. 現場工事工程表 A	5-3
図. 現場工事工程表 B	5-4
第6章 工 事 費	6-1
第7章 補修の効果	7-1

付 属 書

付 属 書 - I	専 門 家 名 及 び カ ウ ン タ ー パ ー ト 名	A-I-1
付 属 書 - II	水 車 の 各 部 の 機 能 と 構 造	A-II-1
付 属 書 - III	水 車 の 各 部 記 録 写 真	A-III-1
付 属 書 - IV	図 面 現 地 加 工 計 画 図	A-IV-1





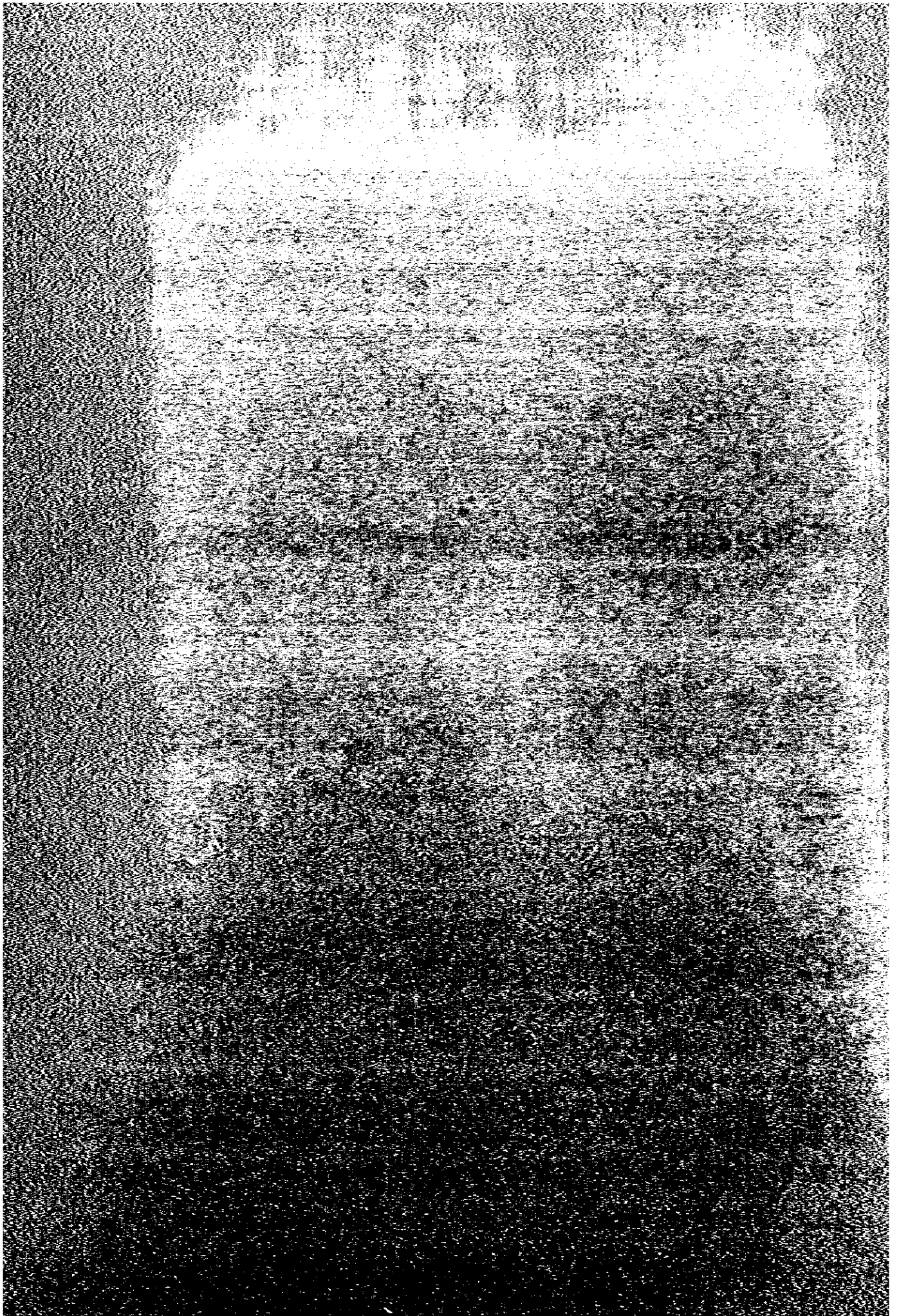
要 約

1. 1972年2月に運転開始したナムグム(Nam Ngum)発電所の1号及び2号発電機器のうち、特に水車は、鋼を腐蝕させる性質を帯びた水の影響で、既にその基本的性能の一つが失われてしまっている。今後1ケ年程度の運転継続は、安全の点からみて、特に問題はないとは言え、早急に補修が望まれる。
2. 技術的に検討の結果、最も腐蝕の程度が甚しいガイドベーン(案内羽根)は、全数耐腐蝕性の優れたステンレス鋼製のものに交換するのが最善と判断される。
この交換を実施するためには、水車を分解せねばならず、又、その為には、発電機も分解する必要がある。結局、水車発電機の分解点検作業(オーバーホール)を実施することになる。
1、2号機は完成後まだ一度もオーバーホールを実施していないことから、発電所勤務員にとって、実地経験の機会を得ることになり、その点にも意義を見出せることが出来る。
3. 前述のガイドベーン、その他補修部品を製作するのに約9ヶ月間の期間が見込まれる。一方海上及び内陸輸送期間を第一期、第二期工事の際の実績から2ヶ月間とすると、補修工事の全体工程の開始を1980年10月とし、完了を1982年3月15日とすれば、現場工事期間は6.5ヶ月となり、発電所の事情、電力系統運用上への影響、人員配置計画等勘案すれば、補修工事は工程的にみて、充分実施可能であると判断される。
4. 必要な工事費の積算額は下記の通りである。

		(単位、千円)
1. 補修部品設計製作 (輸送費含む)	260,000	
2. 補修工事人員派遣費	130,000	
3. 現地関係費及び諸経費	120,000	
4. エンジニアリングコスト	40,000	
合 計	550,000	

5. 補修の対象の最も大きな項目は既設ガイドペーンのステンレス鋼製のものととの交換であるが、そうすることによって、水による腐蝕に対する耐久性は相当程度改善され、現在と同じ運転形態が将来、かなり長期間継続しても、20～25年は、特に補修は必要としない程度になると期待される。

第 一 章



1.1 ナムダム (Nam Ngum) 発電所の現況

ナムダム発電所は、第一期と第二期の二段階で開発された。第一期工事では、日本を含む9ヶ国の拠出による資金を世界開発銀行が管理しナム、発電所・水路構造物及び発電機器(1号機及び2号機、各15,000kW)が建設、設置され1972年2月に正式運転に入り今日に到っている。一方、第二期工事では、日本、アジア開発銀行その他の借款で、発電所建屋、水路構造物及び発電機器(3号機及び4号機、各50,000kW)が増設され、1978年に運転を開始した。

ナムダム発電所は、第一期完成後は勿論のこと第二期完成以来今日まで豊富な貯水池水量により、年を通じ系統上の問題がない限り1日24時間全出力運転を続行している。首都ビエンチャンの需要に比較し、現設備は大きく、当然、余剰電力が発生するがそれは全部メコン河を横断架設された110kV送電線により、タイ国の東北地帯に送電(電力輸出)されラオスの最有力の外貨収入源となっている。

1.2 水車の腐蝕の現状

ナムダム貯水池は、総貯水量が約72億立方米もあり、従って、水没面積が法外に広いことから樹木伐採をやらない儘、湛水を開始したが、その水没した植物の葉が腐敗したのが原因と思える硫化水素が発生し、それが水に溶けて形成される硫化水素水で水車の一部が腐蝕を受けたことは、第一期工事完成后一年を経ずして明らかになって居た。

今回の調査の主目的は、その水車の腐蝕の進行程度を詳細に調査することであった。調査結果に就いては、第2章で詳述するが、結論的に言って、腐蝕進行そのものは、かなり鈍化しているが腐蝕そのものの程度は、甚しく、放置出来ない状況である。

1.3 1号及び2号発電機器補修の必要性

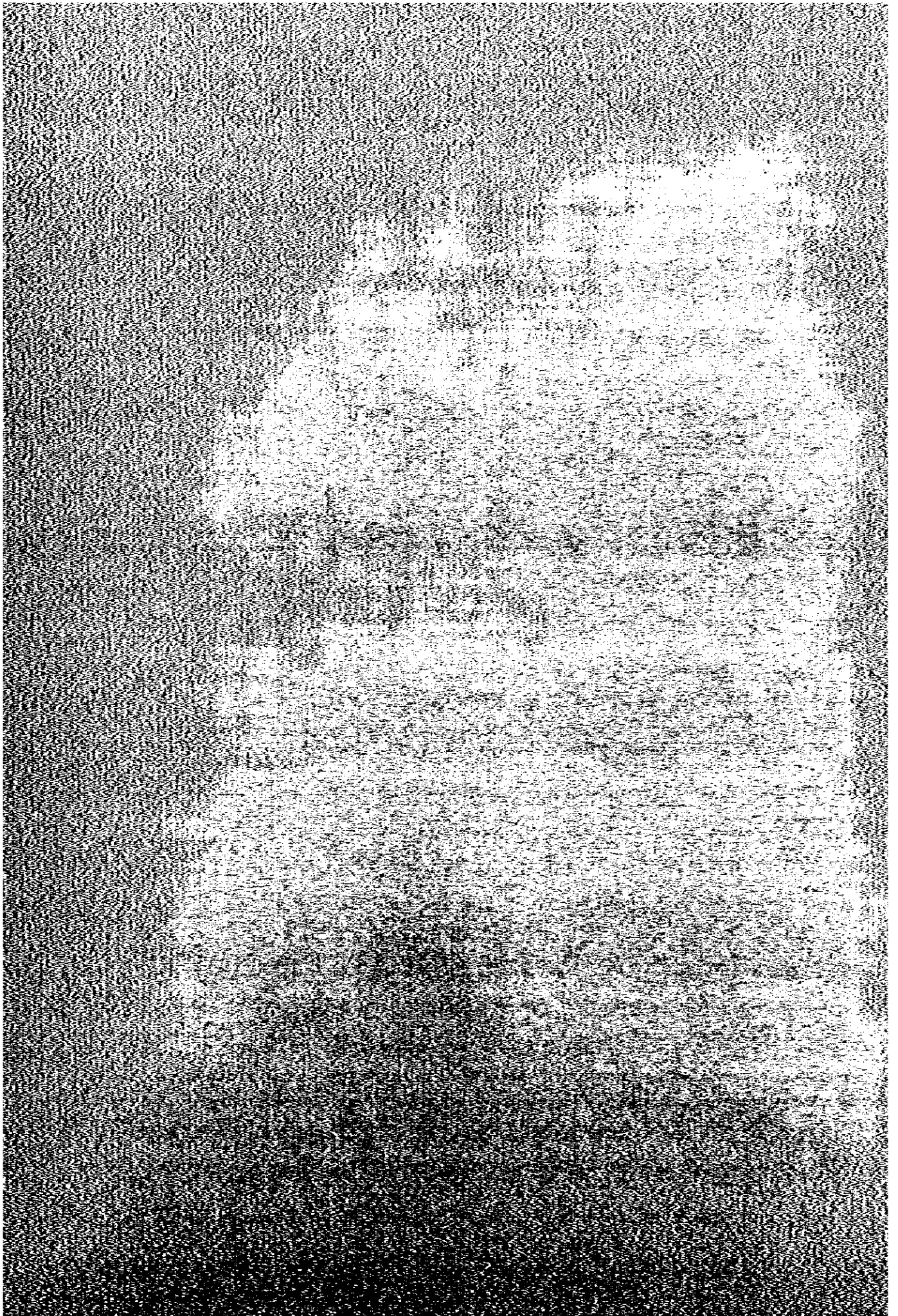
この点に因しても第2章にて詳述する。水車の部分的腐蝕が現時点で運転を継続しても致命的な損傷の原因になるとは考えられないが、ガイドベーン(案内羽根^{註1)})を全閉しても水車ランナの回転を停止することが出来ないと言う、基本的機能が既に失われていることから、早い機会に修理を必要とする。又、今回の調査の結果、現状が確認可能であった部分でも長時間、放置する

註1) 本報告書に用いられている水車に関する種々の技術的用語については付属書一 参照。

と大きな事故の原因になりかねない状態にあるものもあり、又、今回の調査で確認の出来なかった箇所（例えば分解しなければ見ることの出来ない箇所）についても、定期的停止点検が殆ど実施されていないことから、実情を聴取若しくは把握することが出来なかったため、技術上の不安が残る。

水車以外については、一、二を除いては、緊急に補修を必要とするものは特にないが、今後、安定な運転を継続するためには、水車補修の時期に合わせての点検補修が、強く望まれる。

第 2 卷 第 1 期 2000 年 1 月



第 2 章 1, 2 号発電機器の所見

今回の調査の結果、得た所見を機器別に下記の通り記述する。

2.1 水 車

2.1.1 水車の仕様

－出 力（最大）	1 5, 5 0 0 kW
－有効落差（最大）	4 5. 5 m
－流 量（最大）	5 5. 4 m ³ /s
－回 転 速 度	1 7 6. 5 r p m
－形 式	たて軸フランス水車
－製 造 年	1 9 7 1 年

2.1.2 概 要

調査は、水車ケーシング及びドラフトチューブを完全に抜水し、それらの中に這入って、詳細に目視若しくは測定することに依り実施した。

水車内部は腐蝕状況のひどいガイドベーンは交換を要する状態であったが、全般に腐蝕の進行は鈍化している様相で前回の点検から今日までの運転実績並びに今回の調査結果から、明年の補修工事着手までの間これまでと同様に運転が可能であると判断された。

但し運転状態については、日頃から適切な監視が必要であることは言うまでもなく、定期的に主機を停止しての点検の実施も推奨される場所である。

調速機・圧油装置については、運転上及び外観上の異常は見当らず、今後共良好な運転を継続して行く為に補修工事の機会にオーバーホールを実施し必要な処置を施すべきであると考えらる。

2.1.3 項目別所見

a) ディスチャージリング及びドラフトチューブ

ランナ直下及び吸気管付根付近の腐蝕又はキャビテーション発生部には1979年9月ヲオス電力庁（以下EDLと称する）により塗装が施されているが、現在この塗装の剥離がない事から、この塗装が腐蝕の進行防止に有効と判断された。（写真－1, 2参照）

ドラフトチューブもオリジナル塗装が残って居り良好な状態を維持している。又超音波厚み計による板厚測定でも腐蝕による摩耗は認められなかった。(写真-3参照)

2号機ドラフト吸気管反吸気側の取付部に亀裂の発生が見られ、補修の必要がある。(写真-4参照)

ランナ出口部の固定ライナは腐蝕による摩耗が著しく交換が必要である。

b) ランナ

ランナ及びランナコーンは良好な状態であった。但し泥の付着が著しく、これはカルマン渦鳴音防止の見地から定期的除去が必要である。付着状況にもよるが半年に一回は、付着泥除去が必要と考える。(写真-5, 6, 7参照)

ランナのカップリング部はランナバランスホールからの目視調査しか出来なかったが、この部分にも腐蝕の進行状態が観察された。分解時細部点検の上対処する必要がある。(写真-8参照)

c) ケーシング及びスピードリング

ケーシングは全般的に塗装の剥離も少なく、マンドアを含め良好な状態であった。(写真-9参照)

ステーベーンは全面に亘り泥の付着が著しい。流水面には最大深さ約3mmのあばた状の凹みほぼ全面に見られた。又入口端面にも凹みが見られた。この凹みは水質による腐蝕と考えられるが、前述の塗装により進行は止まっているように判断された。補修時この凹みの修正が必要である。(写真-10参照)

2号機に於いてスピードリングのボトムリングとの境界部に腐蝕による欠損部が出来ていた。この欠損により流水がボトムリング裏面に侵入している。ボトムリングを外し内部の補修をする必要がある。(写真-11参照)

d) ガイドベーン

ガイドベーン全面に亘り腐蝕が発生して居る。腐蝕によるシャック一面・上下端面の摩耗が甚だしく当該部ギャップ(間隙)が広がり(最大14mm, 平均約4.5mm)流水を完全にシャ断出来ず従って水車を停止させることが出来ない状態にあり、損傷状態から判定して新製交換が必要である。(写真-12, 13参照)

e) 上カバー

上カバーは構造上外周しか目視調査出来なかったが、取付部・合せ目など良好な状態であった。又、上カバー内の配管も塗装が残って居り良好な状態であった。(写真-14, 15参照)

しかし、シーリングボックス（主軸封水装置）など目視調査出来ない部分は、主軸封水部からの漏水飛沫により腐蝕の進行が予想される。（写真-16 参照）

上カバーの流水面（下側）の点検は出来なかったが、超音波板厚測定器により板厚を測定した結果、異常は認められなかった。

上カバー内の漏水を排水する為のステーションに設けた排水孔は、運転開始後早い時期に藻が詰り機能を発揮していない。現在は排水ポンプを設け排水をしている。

f) 調速機及び圧油装置

調速機・圧油装置は運転状態は良好であると判断される。又、心配された酸性雰囲気による銅配管の腐蝕も進行が停止している様相で、外観上の異常はない。（写真-17, 18 参照）

しかし長年月に亘る運転による機器内部の摩耗・塵埃の付着など性能低下につながる要因を除去すべく、オーバーホールの実施が必要と考える。

2.2 発 電 機

2.2.1 発電機の仕様

— 電 力	17,500 kVA
— 電 圧	11,000 V
— 電 流	919 A
— 周 波 数	50 Hz
— 極 数	34
— 回 転 速 度	1765 rpm
— 相 数	3
— 力 率	86%
— 形 式	傘型閉鎖風道空気冷却器付
— 製 造 年	1971年

2.2.2 観 察

今回の調査では、発電機本体、誘機について、外観および触感により点検を実施致した。点検結果を要約すると、

① 固定子コイルの挿木ゆるみ

② 軸受タンクからの油漏れ

以外は特別異常は観測されなかった。

今までの運転実績，今回の点検結果より，来年の補修工事着手までの間，運転可能であると判断される。ただし，補修工事時には，本体，橋機を含めたオーバーホールが必要であると考える。

2.2.3 項目別所見

a) ステータコアー及びステータコイル

絶縁物の枯れにより，挿木がゆるんでいるので挿木新製が必要である。

その他，錆，変色もなく異常はない。

b) ローター

軸受の油が，スパイダー，ヨークセグメントに付着し，汚れていたが，特に問題はない。

c) 軸受関係

(i) オイルデフレクター及びガイドベアリングフレームの取付面より油洩れがあり，これは取付面のゴムパッキングが劣化しているものと推定される。

従って，ゴムパッキングの交換が必要である。(1, 2号機共)

(ii) 1, 2号機ともガイドベアリングサーチコイル用ターミナルプレートのスタットボルト部分から油洩れがあるため，ターミナルプレートを交換する必要がある。

(iii) 2号のガイドベアリング用サーチコイルが断線しているため交換が必要である。

(iv) 軸受油が汚損しているため，交換が必要である。

d) ベアリングラケット及び上部エンドブラケット

特に異常はない。

e) 励磁機及び集電環

特に異常はないが，補修工事時は整流子面のストーンがけが必要であると考える。

f) その他

空気冷却器及びブレーキ装置に異常は認められなかった。

2.3 発電機以外の電気設備

2.3.1 調査対象

- －主変圧器
- －110kV開閉装置
- －制御用配電盤
- －天井起重機

2.3.2 概 要

1号機、2号機ともに運転開始以来現在にいたる間、連続運転されているが致命的な欠陥は電気設備にはなく良好な制御状態が維持されている。この運転状態を将来数年に亘り継続するには現在発生している不具合を手直し、更に一般的に8～10年で摩耗、寿命とみなされる部品を更新する必要があると判断する。

電気設備とりわけ制御装置を永年にわたり良好な状態に維持するには定期的な保守点検及び手入れが必要で、特にナムグム発電所に於いては電気機器にとって悪質な硫化水素が存在するため条件を悪くしている。この8年間十分な点検手入れが実施されていないため制御リレーの接点、電線やケーブル端末の裸部分、可変抵抗器の摺動面、その他の制御部品が被害を受けておりその機能が十分発揮出来ない方向に進行しつつあり寿命を縮めつつあると判断される。多く使用されている制御用の補助リレーは硫化水素の影響と長時間の連続励磁熱の影響で悪くなりつつあり10年に1回は新品と交換する必要がある。

2.3.3 項目別所見

a) 主変圧器

(イ) 絶縁油の漏洩

2号機用主変圧器の絶縁油が少しずつ連続的に数ヶ所のシール部分から洩れている。油の漏洩量は1年間で油レベル計のフルスケールの $\frac{1}{10}$ 単位であるが可能な限り早くガスケットを交換し密封対策を行なう必要がある。

1号機用主変圧器に関しては、現在のところ油洩れは認められぬが同一形式品でしかも8年間手入れがなされていないことから同じく対策実施すべきであると判断する。

(ロ) 主変圧器用火災保護装置の火災検知器が錆びついて機能が発揮出来なくなっており、新品と交換する必要がある。

(イ) 主変圧器の低圧端子と発電機出力を接続するフレキシブル母線が老朽しており新品と交換の必要がある。

b) 110 kV 開閉装置

(イ) 110 kV 断路器遠方制御不良

1号機用断路器の引外しコイルが焼損したためEDLの保守員により内部のメカニズムまで解体されていることにより制御不能状態であった操作は、手動操作で実施されている。操作機構一式を交換する方法が最善の対策と判断される。

(ロ) 線路フューズのフック機構不良

遠方操作用フック機構が切損して電線で臨時的にくくって使用している。交換する必要がある。

c) 制御用配電盤

制御装置は概ね良好に動作しているが下記の部品に関しては動作不良になっているので早急に代品と交換する必要がある。

(イ) 配電盤	型式	目盛	員数
a 電気出力指示計(1号用)	SR36	0~24 MW	1
b 電気出力指示計(2号用)	SR36	0~24 MW	1
c 温度指示計	SR36	0~150°C	2
d 全上用増巾器	SRV36	0~150°C	2
e 切換開閉器	QM53A	COS	1
(ロ) AC/DC分電盤			
a 電圧設定抵抗器	S50	3 KΩ	2
b 電流設定抵抗器	S50	400 Ω	2
(ハ) ガバナ制御盤			
a 電気出力指示計	SR36	0~24 MW	2
b 制限器開閉指示計	SR35		2
受信器及発振器	SRD35		2
c 弁開変指示計	SR35		2
受信器及発振器	D 25		2
(ニ) 11kVスイッチギアキュービクル			
空気しゃ断器(ABB)用安全次出弁	形式 PBM-50-PAS		1

(H) 自動電圧調整器	
自動タイムスイッチのモーターベアリング過熱変形	1
形式 AV-A	
電動抵抗器の油洩れ対策用パッキング	6セット
高電圧抑制器 シリスター	10
(I) 所内制御電源用蓄電池	
形式 1/2 FP-8	53
(J) 共通盤	
補助リレー	
形式 A70-4XPH	80
形式 A70-4KXPH	20
d) 天井クレーン (100-Ton)	

天井クレーンの電源引込み用ローラーが欠損しており、暫定的に銅リングを巻いて対策されているが代品と交換する必要がある。

2.4 水路構造物

2.4.1 調査対象

- 放水路ストップログ (止水用角落し)
- 放水路ガントリークレーン
- 取水口水門
- 取水口ストップログ (放水路ストップログと互換性あり)
- 取水口ガントリークレーン

2.4.2 概要

調査対象としては、上項に挙げた通りであるが、従来、放水路ストップログ (止水用角落し) の挿入に非常に難渋し、そのため止水出来なかったことから水車の内部点検を諦めざるを得なかった事態が非常に多く発生した。これらの経験により、今回の調査は、水車の内部点検を可能ならしめるべく、ストップログの挿入を成功させ、排水を実現することに最重点を置き、職業潜水作業者の参画を得、ストップログの水中の姿勢を確認すると共に、楔を利用することにより水密を確保すると共に、ストップログの部分的改造を画策して格接専門家の参加と

必要部品と必要工具の持参も含め放水路ストップログの調査に主力を注いだ。

幸い、放水路ストップログは一部錆が発生しているものの、水密用ゴム製シールの状況もそれ程劣化して居らず、サイドローラの位置を再調整したことで、潜水作業者の働きにより、特に大きな困難もなく、1、2号機共挿入が良好に実施され、水車の排水に成功した。

2.4.3 項目別所見

(イ) 放水路ストップログ

既に述べたようにタールエボキン塗膜剝離等により、部分的に錆が発生しているもののストップログそのものは、十分使用に耐えるものと判断された。しかし、水密用ゴム製シールは、目視上、大きな経年劣化は生じていないし、ヒビワレも見られないが弾性が劣化しはじめているので、明年の水車補修工事開始直前に全部交換が推奨される。又、補修再塗装が実施されるべきと考えられる。

サイドローラとガイドレールの隙間の配分が適切でなかったと思われたので、今回の調査活動中に発電所関係者と打ち合せ、了解を得た上でサイドローラの位置を僅か調整したが、これは、一応の効果があったように思われる。

(ロ) 放水口及び取水口ガントリークレーン

潤滑油注油等、機械部分の保守は比較的良く行なわれているが、電気品特に制御用器具の接点不良、一部モータの総線抵抗値低下、電源キャブタイケーブルの損傷等修理、交換を必要とするものが散見された。

(ハ) 取水口水門

調査期間中に水門を全閉したにも拘らず数箇所から漏水することがあったが、水密部分の再調整若しくは、新品交換が必要である。

(ニ) 取水口ストップログ

放水路ストップログと同一寸法で互換性はあるが、ストップログそのものの輸送上の問題から、取水口用のものはダム頂部に雨曝しの状況で保管されて居る。

水密用ゴム製シールに関する所見は放水路ストップログと同様である。