

第2章 プロジェクト実施計画

2.1 概要

従来、日本の ODA 戦略では、JICA が実施した大型のインフラストラクチャー開発調査案件に対しては、実施の可能性が確認されホスト国が望むものであれば、負担の少ない低金利の JBIC による円借款などが適用される場合が多かった。この場合、ホスト国が発注者となって、国際入札で施工されるのが通例であった。ADB と協調融資をし、2000 年 9 月に発電を開始したナムルック水力発電計画(60MW)はこの例である。

本事業の困難さは、大型プロジェクトであるが故に民間資金を主体とするものの、ODA のみには期待できないラオス政府の低金利の資本金調達財源と、LLDC 国への投資リスクヘッジを何処に求めるかである。

しかし、債務状況の悪化している LLDC 国ラオスの事情に加えて、以下に示す円借款を取り巻く最近の状況は、大型インフラストラクチャー整備であるラオス国におけるダム式水力発電計画への供与を躊躇させる要因となっている。

- ① 日本の厳しい財政・経済事情
- ② 環境及び社会問題への一層の配慮要請
- ③ 貧困問題と所得格差の拡大
- ④ 環境・エネルギー・水資源の地球規模問題の深刻化
- ⑤ 債務問題に対する関心の高まり

本調査団は、4 年間で費やしてまとめ上げたナムニアップ-I 水力発電計画が、ラオス国に貴重な外貨をもたらすプロジェクトであり、環境に配慮し、初期段階から情報公開を原則としたプロセスを経て提案されたプロジェクトであることに誇りを持ち、以下に述べる実施体制、資金計画をもって早急に着手することが望ましいと考える。

2.2 プロジェクト実施体制

図 2.2.1 に、プロジェクト実施体制と本事業に参加する主要なプレーヤー間の契約構造を示す。まず、本事業に関心を示しているタイ国投資家を含む外国の電力会社/コンサルタント、

コントラクター/サプライヤー等、外国民間企業が、プロジェクト会社として民間コンソーシアム(Development Consortium)を組成する。コンソーシアムはラオス政府と、コンセッション・アグリーメント(CA：事業権契約)を締結する。

コンソーシアムとラオス政府は、株主協定の下、プロジェクト会社に投資し、特別目的会社(SPC)を設立する。次に SPC は、電力購入者と電力購入協定(PPA)を結ぶ。さらに SPC は資金融資者(レンダー)と借入協定(LA)を結び、ファイナンスクローズ(Finance Close)後、プロジェクト建設に着手する。

SPCは、プロジェクトの設計・建設を EPC コントラクター(エンジニアリング・調達・建設の担当)に発注する。EPC 契約は通常、詳細設計、建設及び試運転込みのフルターンキーベースで発注される。この時 SPC が自ら運営管理にあたらぬ場合は、オペレーターと O&M 契約を結ぶ。運営に入ると一定のコンセッション期間中(本計画では運開後 25 年間と想定している)に得た売電収入から、借入金の返済と資本金の回収を行う。コンセッション期間の終了時点でコンセッション契約に基づき、所定の条件で(本計画では無償と想定している)プロジェクト全施設はラオス政府に譲渡される。

一方、資金調達方法はプロジェクト・ファイナンスでなされ、主な資金源は資本金(Equity)と借入金(Debt)である。ラオス政府を含む SPC が総事業費の 30%にあたる資本金を提供し、残りは借入金で賄う。ラオス政府の出資は EDL を通じてなされ、既往 IPP 水力に準じて比率は全資本金の 30%程度と想定される。

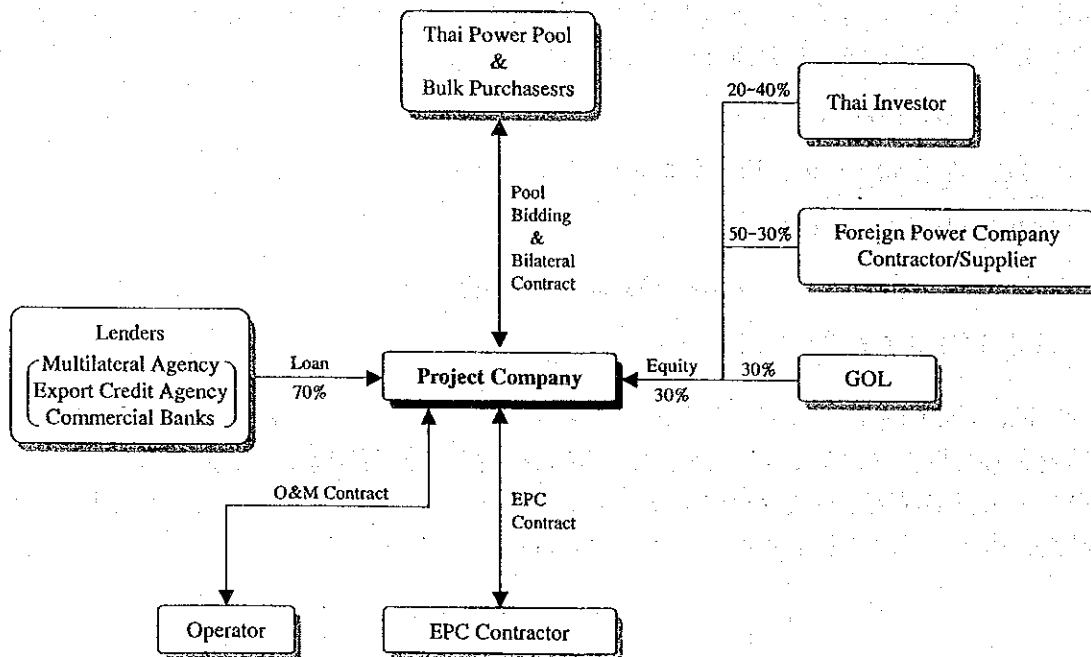


図 2.2.1 プロジェクト契約構図

なお、物価変動費を含む総事業費は、下表に示す通り、総計約 343.7 百万ドル(120 円/ドル換算で約 412 億 5 千万円)である。

表 2.2.1 総事業費(単位：US\$)

番号	項目	費用
1.	建設費	291,781,840
1.1	土木工事	178,411,440
1.2	メタル工事	20,287,000
1.3	発電機器	59,137,400
1.4	送電線及び変電所	33,946,000
2.	環境費	16,473,260
2.1	環境モニタリング及びプランニング	9,669,000
2.2	移転費	6,804,260
3.	SPCの運営費	10,290,100
3.1	現地調査及び入札函面	4,125,000
3.2	SPCの管理費	6,165,100
小計	事業費(1 to 3)	318,545,200
4.	価格予備費(物価変動費)	25,167,410
総計	総事業費(1 to 4)	343,712,610

2.3 プロジェクトのリスクヘッジ

開発途上国での社会資本開発に対する民間資本の参入には、多くのリスクが伴う。特に水力発電開発には特有の困難さが指摘されている。長期的視野に立てば多くの水力発電計画が競争力を持つ可能性がありながら、単位出力当りの建設費は火力発電のそれに比して 2~3 倍であるため、短期財務的には競争力は落ちる。経済的にはフィージブルでありながら、短期借入金の高利息が発電原価を押し上げる結果となる。

総事業費の 70%を借入金で賄うこととしている本計画の場合、適切なリスク管理メカニズムが整っていないければ、フィナンシャル・クローズが進まず着工に漕ぎ着くことが出来ない。

水力発電特有のリスクの内、未解決のまま事業の収益性に影響を及ぼす可能性があるものを抽出し、表 2.3.1 に示した。これらの各リスクについては本調査を通じてヘッジ策を検討してきたが、自然条件・建設過程・財務状況・住民補償など、現時点ではヘッジ策を明確にできない問題である。したがって、各リスクが財務評価の大きさに与える影響については、十分確度をもって予測することが困難な部分を含むが、第 11.4 章感度分析で定量化して分析した。

表 2.3.1 ナムニアップ-I水力発電計画のリスク

No.	水力発電のリスク	リスクに伴う障害
1.	自然条件リスク(1)/初期費用リスク(1)	地質問題に伴う事業費超過
2.	自然条件リスク(2)	水文に伴う発電量低下
3.	財務リスク	工事遅延に伴う運開開始遅延による財務悪化
4.	初期費用リスク(2)	送電線接続問題に伴う事業費増加
5.	市場リスク	PPA 交渉に伴う売電価格低下
6.	環境影響リスク	環境影響問題に伴う自然環境及び住民移転問題

以下に、各リスクの検討結果を示す。

(1) 地質リスクに伴う事業費超過

本調査では地質調査を念入りに行い、ダムサイト及びレイアウトの選定を注意深く行った。特に、第2フェーズ調査では現地ボーリング調査を実施して、地質構造の解明に努めた。しかしながら、地質リスクは重大な関心事として避けがたく存在する。本プロジェクトで問題となるのは、掘削斜面の安定、ダム堤体の基礎処理、堤体基礎掘削の深さ、トンネル支保工の選択等々であるが、最も重要なのは本ダム堤体盛立材の採取可能性である。

本調査では、総盛立必要量の約半分を洪水吐からの掘削岩の転用、残りを本ダム近くの採石場から採取すると想定している。したがって、ダム盛立及び洪水吐掘削の単価はこの前提に基づいて算定しており、洪水吐からの材料調達予定量が確保できない場合にはこれら単価、ひいては事業費の増加をもたらすことになる。

試算によれば、仮に洪水吐からの可能採取量が半減した場合、事業費の約5%の上昇をもたらす。このリスクは、第11.4章の感度分析でケース2として検討した。

(2) 水文リスクに伴う発電量低下

水文リスクには下記の3種が考えられる。

- ① 工事中の洪水被害
- ② 正確でない平均流量算定、もしくは長期的な気候変動に伴う長期的な発生電力量の減少
- ③ 乾季年の到来による、短期的な発生電力量の減少

工事中の洪水被害

一般には工事中の洪水管理は、ある確率年で発生する洪水についてその被害額と被害防御に要する工事費をバランスさせることにより、最適な仮排水施設規模を求める。本調査では、本ダム工事のための仮排水施設(仮排水路トンネルと上下流コファードム)を25年確率洪水年に対して設計している。

これは、ロックフィルダムとコンクリートダムの両特性を持つ CFRD (Concrete Surfaced Rockfill Dam) 工事に対しては十分に安全な設計洪水量と考えられ、洪水により工程に影響がでるリスクは極めて小さいものと判断する。

平均流出量

本調査では、降雨-流量モデルを用いて、1971年から2000年までの30年間の長期流量を再現した結果、ダム地点での平均流出量として $147.2\text{m}^3/\text{s}$ を得た。

ピエンチャンでの1907年から2000年までの93年間の降雨データによれば、同モデルでシ

ミュレーションを行った 30 年間の年平均降雨量は、93 年間全体での年平均降雨量とほぼ同様であることが確認されている。また、同モデルの精度は、既設のモンマイ測水所での長期記録をもとに検証をしており、得られた年流出量の比流量が対象地域近傍のラオス国中部(ナムテン川流域)やラオス国北西部(ナムグム川流域)での値のほぼ平均的な値であることも確認している。さらには、既往の報告書における平均流量(最大 281m³/s から最小 152m³/s の間)と比べても小さめの値となっている。

これらの検証から、本調査で得た平均流量は十分に信頼に足るものであり、長期的な流量不足により発生電力量が減少するリスクは少ないものと考えられる。

短期的発生電力量の減少

乾季年の到来により、商業運転開始直後から数年間にわたり、短期的に発電量が減少することは他のプロジェクトでも報告されている。また、貯水池運用検討結果によれば、年発生電力量は周期的に変動することが分っている。水文解析対象とした 30 年間の内、1974 年及び 75 年が最乾季に相当し、ピーク時電力量が 2 年続けて平均値の約 80%まで降下している。したがってこのリスクは、第 11.4 章の感度分析でケース 4 として検討した。

(3) 工事遅延リスクに伴う運開開始遅延

本プロジェクトでは、次の作業あるいはイベントが全事業工程の流れの中でクリティカルパス上にある。

表 2.3.2 工程上のクリティカルパス

No.	作業/イベント	予定日
1.	現地調査及び入札用図面作成	2003 年
2.	EPC 契約	2005 年 06 月末
3.	永久並びに仮設のアクセス道路建設	2005 年 06 月末
4.	仮排水路トンネル建設	2006 年 01 月末
5.	転流工	2007 年 09 月末
6.	本体ダムスラブコンクリート打設	2008 年 09 月末
7.	貯水池湛水開始	2010 年 04 月末
8.	発電機の有水試験	2010 年 06 月末
9.	1号発電機の運開	2010 年 09 月末
10.	2号発電機の運開	2010 年 10 月末

アクセス道路の建設は雨季に開始することになっていることから、天候の影響により若干の遅れが生じる可能性が残る。一方、仮排水路トンネルは主として C_H 級岩盤を掘削することから、大きな遅れが生じるとは考えにくい。また、本ダムの掘削は、転流後に右岸の厚い堆積層の除去に手間取る可能性がある。盛立期間は月平均 35 万 m³を元に算出しているが、他プロジェクトの実績(40~50 万 m³/月)と比較して安全側にとっているため、影響は小さい。有水試験開始に影響を及ぼす貯水池の湛水に要する期間は、湛水開始のタイミングに応じて早くても 4 ヶ月、遅くても 9 ヶ月に及ぶため、数ヵ月の差が生じる可能性がある。

したがって、工事遅延のリスクは存在するが、以上の検討から、最大でも 6 ヶ月程度(アク

セス道路建設期間、本ダム掘削期間及び湛水期間で各 2 ヶ月)であろうと推定される。このリスクは、第 11.4 章の感度分析でケース 1 として検討した。

(4) 送電線接続リスクに伴う事業費増加

本計画では、ナムニアップ発電所の送電開始前に、タイ国側ウドンタニをつなぐ 500kV 基幹送電線とラオス国内のナボン高圧変電所が完成していることを前提としている。しかしながら、同送電線及び変圧所は、ナムグム 2、3 等他の水力計画からの電力送電と同一施設を使用することとしているため、これらの計画の進捗に大きく依存する。

上記施設の建設が遅れた場合の代替案として、ナムニアップ送電線は、2008 年運開予定のナムテン 2 水力発電所に繋ぐ案が浮上する。この場合、送電線延長は約 80~100km 増加するが、事業費への影響は 10%以下に留まり、第 11.4 章感度分析に示した事業費の 10%超過(ケース 2)での検討結果に収斂する。

(5) 市場リスクに伴う売電価格低下

本計画の発電開始としている 2010 年末頃には、タイ国では、中間ピーク時間帯の電力価格は少なくとも 6~7¢/kWh 以上になっているものと想定される。この予想下でも本調査での経済財務分析では 6¢/kWh という控え目な価格を採用することにしており、更なる価格低下があるとしても最大でも 10%以内に収まるものと推定した。このリスクは、第 11.4 章の感度分析でケース 3 として検討した。

(6) 環境リスク

本ダムの貯水池常時満水位は、上流域に開けたサイソンブン県タトム郡タピアン地区(全 14 村)の住民移転を避けるために標高 320m に設定している。さらに、洪水時の一時的な水没を回避するために、1,000 年確率洪水を常時満水位で流せるように洪水吐の規模を設定した。

このように、環境リスクの内、住民移転リスクを最小とするための配慮が設計上なされている。ただし、ダム構築により 66.94 km² の貯水池が出現し、下流の流況変化を伴うピーク発電を目的とした貯水池運用を行うことになるため、貯水池運用の影響を最小にすべく、本ダム下流には逆調整池ダムを設けることとしている。また、このダムでの落差と 24 時間に平滑化された放流水を利用し、ラオス国内向けの水力発電所を設け、地域社会への利益還元に努めている。

本調査の特徴は、計画初期段階からの環境影響評価、調査資料の開示、公聴会の開催の 3 点に尽きる。特に、全国レベル及び地域レベルでの公聴会は、進捗・中間・最終の各報告書提出に合わせて実施され、事業実施に伴う問題点の調査結果を報告するだけでなく、住民から自由な意見を聴取するなど、環境問題には特に留意してきた。しかしながら、ナムテン 2 水力での過去 10 年間にもわたる環境紛争を見ても分かる通り、完全な解決策を見いだすのは難しい面がある。

水力発電を輸出産業とする国策は、ラオス国を貧困から救う数少ない選択技である。また、ラオス国の生物多様性に溢れた山河は、この貧困が原因となって失われつつある。ダム建設による回復し難い自然環境があるのは事実だが、一方でダムの流域を管理し自然を守るという考え方もあり、広く理解を求める努力を続ける必要がある。

(7) 感度分析結果

表 2.3.3 に示す 4 ケースに集約した逆境に対し、収益率がどの程度反応するか感度分析を行った。その結果は、表 2.3.4 に示す。ケース 2 と 3 の FIRR が限界的レベルまで低下するものの、ほぼ全てのケースで本計画の採算性は確保されている。主要な財務指標(ROE と DSCR)の感度分析結果も併せて表示した。

表 2.3.3 感度分析対象のシナリオ(表 11.4.1 と同様)

シナリオ	リスクケース	原因と結果
ケース 1	6ヶ月の工期遅延	雨期湛水開始が出来ず、発電運開の6ヶ月遅れをきたす。
ケース 2	事業費の10%超過	工事数量増、盛立材の単価高騰及び追加工事等に起因する。
ケース 3	売電単価の10%低下	電力プール価格の低下に伴う予期せざる価格の低下をきたす。
ケース 4	運開後3年間における出力の2%低下	運開直後に異常渇水年に遭遇し、使用水量の大幅低下を被る。

下表からわかるように、収益性に敏感なリスク要因は事業費の10%超過及び売電価格の10%低下である。したがって、これらのリスク要因に対する特段のウォッチが必要である。

表 2.3.4 感度分析結果(表 11.4.2 と同様)

ケース	シナリオ	FIRR (%)	SI ^a	EIRR (%)	SI ^a	ROE (%)	最小 DSCR
基本ケース	正常運開	13.1	-	19.5	-	16.3	1.4
ケース 1	6ヶ月工期遅延	12.6	0.5	17.9	0.8	14.7	1.3
ケース 2	事業費10%超過	11.9	0.9	17.7	0.9	14.5	1.3
ケース 3	売電価格10%低下	11.8	1.0	17.6	1.0	14.3	1.3
ケース 4	運開後3年間出力20%低下	12.2	-	18.9	-	14.8	1.1

^a SI (感度指標)とは感度パラメーターのパーセント変化率に対する収益率のパーセント変化の比率(一種の弾性値)である。

第3章 地形測量調査

3.1 概要

本章には、ラオス国ナムニアップ I 水力発電開発計画調査(フェーズ II)にて実施した 2 種類の縮尺による地形図作成及び河川縦横断測量について記載した。各作業の数量は以下の通りである。

表 3.1.1 地形測量の概要

No.	縮尺	各作業の数量
1.	1 : 10,000	大規模ダムの案(FSL.360m)を包含する湛水地域全体と付替道路、工事用道路、原石山等の重要な仮設備サイトを含む約 240 km ² の地形図作成。
2.	1 : 1,000	ダム建設用(洪水吐、薄水路当の主要構造物を含む)、ハトカム村～ダム軸間、新設道路路線を含む河川沿い、逆調整池施設建設用地を含む約 8 km ² の地形図作成。
3.	-	ダム軸からメコン河本流までの約 55 km 区間の河川縦横断測量。

以上の作業のうち、航空写真撮影、現像、印刷、デジタル化(スキャンニング)及び河川縦横断測量は、業務指示書に指示されたそれぞれの技術仕様書を作成した上で、委託可能な業者 3 社を選定して入札を行った結果、FINNMAP LAO 社による実施とした。

また、航空写真撮影等の実施以降の空中三角測量、数値図化、数値編集作業等は、技術的理由で日本国内において行うこととし、上記と同様の入札の結果、株式会社パスコによって行われた。

3.2 航空写真撮影と地形図作成

3.2.1 航空写真撮影

本業務を実施した 2001 年 7 月～11 月には、本調査の撮影範囲のうちサイソンポン特別地区とダム軸近傍は、治安上の理由から立入りが禁止されていたため、標定点測量(地上測量)を行わずに本作業が実施可能な撮影手法を採用し、現地再委託業務として実施した。

航空写真測量は、エアボーン GPS エアロコントロールシステム(AGAC)を採用し、撮影する航空機上に積載された GPS 装置による位置の確認を基本として行った。また、撮影範囲全

体の位置と高さの基になる既存三角点・水準点等は、撮影された写真上に数点明瞭に判読・確認出来た。それは GPS で得た座標系が WGS84 のため、現地の国家座標系(Lao National Datum, 1997)に変換する必要があるためである。

今回の調査で実施された航空写真測量の撮影範囲は、

- (i) 写真縮尺 1 : 25,000 大規模ダム案(FSL360m)を包含する湛水地域全体と付替道路、工事用道路、原石山等の重要な仮設備サイトに加え、水理解析上の必要性からメコン河本流までの範囲
- (ii) 写真縮尺 1 : 10,000 ダム予定地、及び建設作業時にダムサイト全域を網羅した範囲

以上の航空写真撮影業務は 2001 年 7 月に契約を締結し、同 11 月に完了した。また、標定点は第 1 フェーズ調査で設置された国家座標と標高を有する 23 個の GPS 点を航空写真上に刺針して、本調査の地形図の座標系を決定した。その主なデータは以下の通りである。

- (1) 座標系 : Lao National Datum, 1997

表 3.2.1 座標系の詳細

No.	項目	諸元
1.	楕円体	クラソフスキー楕円体
2.	長半径	6,378,245.000 m
3.	短半径	6,356,863.018 m
4.	扁平率	298.30
5.	原点	ヴィエンチャン天体観測塔 36201
6.	緯度	18° 01' 31.3480" N
7.	経度	102° 30' 57.1367" E
8.	楕円体高	223.824 m
9.	Lao National Datum 1997 から WGS84 への変換量	Δ X= +44.585 meter Δ Y= - 131.212 meter Δ Z= -39.544 meter
10.	直角平面座標	U.T.M 48
11.	緯度原点	0.000 m(赤道)
12.	経度原点	500,000.000 m
13.	縮尺係数	0.9996

- (2) 使用機材

- (i) 航空機 : Rockwell Turbo Commander 690A
- (ii) 航空カメラ : Leica RC-30
- (iii) 現像機 : Hope Garfield-90 10" Aerial Film Processor
- (iv) 印刷機 : Spek Electronics 3050 Contact Printer

(3) 撮影標定図：図 3.2.1 に示す通りである。

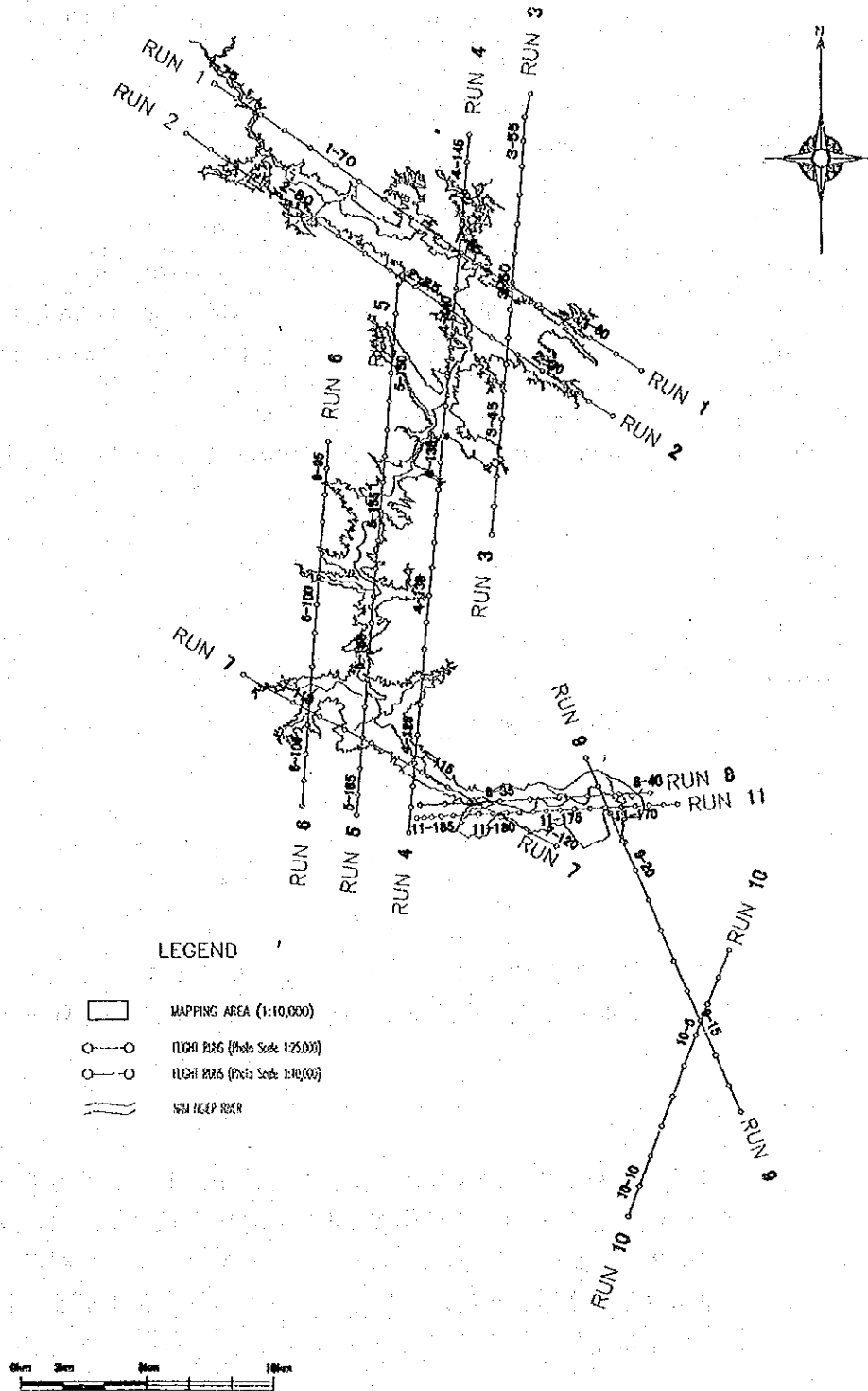


図 3.2.1 撮影標定図

(4) 航空写真の仕様：表 3.2.2 に示す通りである。

表 3.2.2 航空写真の仕様

No.	項目	縮尺 1 : 25,000 航空写真	縮尺 1 : 10,000 航空写真
1.	航空写真の縮尺	約 1:25,000	約 1:10,000
2.	撮影面積	約 1,000 km ²	約 30 km ²
3.	焦点距離	F=153.474 mm	F=153.474 mm
4.	オーバーラップ	約 60% ± 5%	約 60% ± 5%
5.	サイドラップ	約 30% ± 5%	約 30% ± 5%
6.	撮影高度	約 4,500 m ± 5%	約 2,000 m ± 5%
7.	撮影フィルム	Agfa Aviophot PAN 80 PE1	Agfa Aviophot PAN 80 PE1
8.	印画紙	Agfa Rapitone Paper P-2-2	Agfa Rapitone Paper P-2-2
9.	撮影枚数	201 枚	21 枚

(5) 注記：ネガフィルムには最初と最後に、密着写真には全部に以下の注記を記した。

- (i) 調査名
- (ii) 撮影日時
- (iii) 写真縮尺
- (iv) 撮影コース番号
- (v) カメラとレンズのシリアル番号
- (vi) 撮影高度
- (vii) 写真番号

(6) スキャンニング

全ての航空写真は、ネガフィルムから解像度 14 ミクロンでデジタル化(1 枚約 270 メガバイト)された後、TIFF 形式で CD-ROM にコピーした。スキャナーは、Zeiss 社 SCAI を使用した。

3.2.2 空中三角測量

空中写真測量の結果として、標定点測量の結果を用いて、パスポイント、タイポイントをそれぞれの座標値(X,Y,Z)を算出した。これは、後続作業である地形図縮尺 1 : 10,000 及び 1 : 1,000 のデジタル図化、デジタル編集を行うためのものである。第 1 フェーズ調査で設置された GPS 点及び水準測量結果を航空写真上に刺針し、パスポイント、タイポイントは、写真上に明瞭に写っている場所を選定し、精度確保に努めた。

各コースの写真枚数、モデル数また使用機材、ソフトウェア、空中三角測量の精度は以下の通りである。

(1) コース毎の写真枚数、モデル数

表 3.2.3 コース毎のモデル数

コース番号	写真縮尺	写真枚数	モデル数
Run 1	1:25,000	18	17
Run 2	1:25,000	18	17
Run 3	1:25,000	17	16
Run 4	1:25,000	26	25
Run 5	1:25,000	20	19
Run 6	1:25,000	14	13
Run 7	1:25,000	13	12
Run 8	1:25,000	9	8
Run 9	1:25,000	13	12
Run 10	1:25,000	10	9
Run 11	1:10,000	21	20
合計		179	168

(2) 使用機材及び計算プログラム

- (i) Leica 社 : Socet SET
- (ii) 調整計算プログラム : PAT B

(3) 空中三角測量の制度

- (i) 基準点(標定点)の残差 : 撮影高度の 0.08%以下
- (ii) タイポイント、パスポイントの残差 : 撮影高度の 0.08%以下

3.2.3 数値図化

縮尺 1:10,000 の地形図は、主曲 5m/計曲 25mとし、また縮尺 1:1,000 の地形図は、主曲 1m/計曲 5mとした。標定点測量、水準測量、河川縦横断測量の結果を反映させて、不合理がないように描いた。数値図化で使用された機材、ソフトウェア及び作業量は以下のとおりである。

- (i) 数値図化機 : Diap
- (ii) パーソナルコンピューター : Dell 社 Precision420
- (iii) ソフトウェア : Diap Photogrammetric system.
- (iv) 作業数量

表 3.2.4 数値図化の数量

地形図縮尺	作業数量	
	計画	実行
1:10,000	220 km ²	237 km ²
1:1,000	7.5 km ²	7.7 km ²

地形図作成範囲の植生は、ラオス国測量局、農業省、林業省等で行われているプ

プロジェクトとの整合性にも配慮して、以下のようにクラス分けした。

表 3.2.5 植生のクラス分け

番号	コード	植生の種類	番号	コード	植生の種類
11	DEF	常緑林	17	RP	水田/乾田
12	MDF	混在した活用林	18	AL	畑
13	RGF	川沿いの森林	19	GL	草地
14	BV	竹林	20	V	居住地、道路
15	RSFR	焼畑地	30	W	水部
16	PF	植林			

3.2.4 数値編集

上記数値図化の結果をもとに等高線、植生等について編集作業が行われた。数値編集で使用された機材、ソフトウェアは以下の通りである。

- (i) 数値編集 : Dmpro、Microstation
- (ii) パーソナルコンピューター : Dell 社 Precision420
- (iii) ソフトウェア : Dmpro、Photogrammetric system

数値図化編集の後、標高毎に(EL.300m~340mで2 m 毎)、各植生の面積を集計した。また、EL.195m~380mの湛水地域面積もあわせて集計された。

3.3 河川縦横断測量

3.3.1 横断杭の設置

メコン河口からダム軸までの約 55km 区間につき、1km 毎に 58 横断線(3 箇所の水位観測所を含む)が設置され、それぞれの測線には兩岸に基準標を埋設した。それらの基準標の平面座標 X/Y は GPG とトータルステーションを用いて、また標高は水準測量によってそれぞれ与えられた。横断測量の位置は図 3.3.1 に示した。各横断線の基準点は表 3.3.1 に示した。

3.3.2 河川横断測量

各横断測線上の基準標を用い、水部は約 10m 間隔で、陸部は傾斜変換点を観測し、右岸、左岸それぞれ約 500m の横断測量を実施した。

3.3.3 河川縦断測量

メコン河口からダム軸まで(約 55km)、河川沿いに約 200m 間隔で川底を測量した。測量地点には 3 箇所の水位観測所を含んでいる。

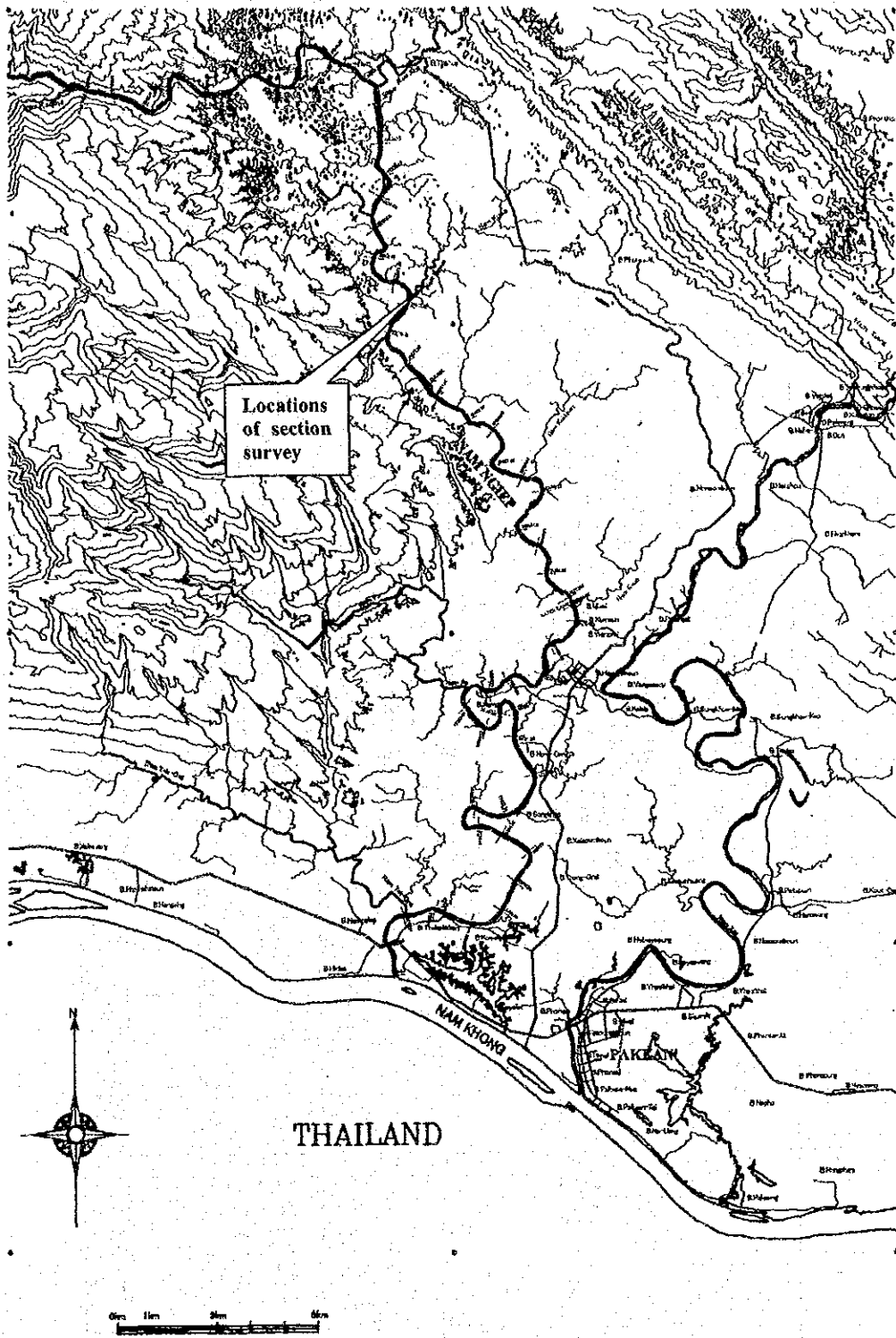


図 3.3.1 河川縦横断測量位置図

表 3.3.1 河川横断測量基準点座標

Station Name	Left Bank			Right Bank		
	Easting	Northing	Elevation	Easting	Northing	Elevation
0.00	352,576.17	2,036,087.83	153.99	352,427.94	2,036,062.28	151.23
1,066.88	352,290.74	2,037,088.50	153.18	352,172.76	2,037,048.85	154.38
2,210.24	352,786.41	2,037,812.53	156.14	352,752.31	2,037,957.56	152.04
3,197.17	353,700.61	2,038,034.55	155.12	353,740.75	2,038,161.07	156.47
4,329.24	354,743.14	2,037,590.26	164.57	354,780.61	2,037,718.17	153.10
5,402.81	355,735.16	2,038,001.36	156.46	355,633.18	2,038,073.74	154.86
6,365.04	356,153.15	2,038,857.25	155.93	356,059.82	2,038,942.33	155.60
7,387.58	356,569.02	2,039,816.98	152.57	356,481.26	2,039,737.36	156.01
8,360.34	355,744.29	2,040,344.42	156.45	355,671.88	2,040,234.79	156.29
9,104.95	355,017.56	2,040,583.44	154.72	355,010.53	2,040,459.64	156.64
10,228.36	354,905.09	2,041,022.55	157.46	354,909.09	2,041,171.09	156.12
11,233.74	355,872.29	2,040,814.64	152.90	355,820.18	2,040,919.37	156.87
12,833.16	356,754.26	2,042,112.24	154.73	356,627.39	2,042,075.22	156.85
14,101.60	356,210.29	2,043,223.45	158.19	356,069.69	2,043,219.58	154.82
14,942.71	356,157.93	2,044,062.98	155.13	356,058.00	2,044,015.45	158.06
15,626.32	355,633.95	2,043,935.47	153.98	355,743.89	2,043,901.40	159.14
16,384.37	355,300.46	2,043,517.87	159.01	355,256.75	2,043,373.39	156.54
17,328.36	354,669.23	2,044,138.64	155.53	354,614.79	2,044,074.13	158.94
18,623.22	355,408.72	2,044,487.07	159.71	355,399.98	2,044,619.80	158.66
19,243.86	355,933.99	2,044,829.00	155.09	355,882.44	2,044,925.74	159.12
20,665.38	357,076.76	2,045,039.59	158.97	356,958.33	2,045,070.53	157.45
21,626.55	357,277.88	2,045,875.99	161.12	357,218.19	2,045,999.73	159.92
22,768.21	358,106.82	2,046,647.76	159.41	357,968.98	2,046,656.30	159.42
23,258.86	357,966.33	2,047,133.44	161.94	357,859.34	2,047,084.95	159.47
23,523.35	357,846.04	2,047,373.01	162.11	357,698.12	2,047,291.43	160.41
24,552.69	357,177.76	2,048,067.64	160.45	357,066.88	2,048,064.90	156.15
25,532.57	356,874.04	2,048,950.66	159.42	356,841.93	2,048,845.15	157.18
26,309.00	356,327.98	2,049,386.76	160.37	356,236.60	2,049,376.81	155.71
27,743.72	357,067.92	2,050,544.58	156.72	356,971.86	2,050,537.24	161.01
28,589.03	356,434.82	2,050,972.06	161.14	356,384.44	2,050,874.10	157.31
29,602.40	355,570.59	2,051,311.91	160.97	355,453.67	2,051,303.44	158.84
30,842.58	355,588.85	2,052,388.59	165.22	355,521.34	2,052,312.47	161.08
31,652.87	354,892.53	2,052,668.59	165.10	354,775.76	2,052,594.64	162.58
32,811.62	353,946.75	2,053,339.65	159.89	353,890.12	2,053,254.55	160.17
33,309.93	353,688.75	2,053,737.23	166.50	353,533.21	2,053,623.83	158.83
34,219.53	353,057.87	2,054,395.10	166.09	352,956.65	2,054,292.01	165.16
35,409.47	352,514.02	2,055,246.36	165.45	352,407.44	2,055,279.22	159.43
36,412.53	353,059.72	2,056,062.79	159.39	352,957.98	2,056,086.46	167.19
37,371.56	352,639.76	2,056,815.86	161.05	352,618.20	2,056,678.14	161.86
38,505.67	352,086.52	2,057,482.16	166.15	351,949.26	2,057,497.28	169.20
39,625.30	352,099.86	2,058,375.99	168.68	352,000.47	2,058,311.57	162.81
40,674.66	352,303.38	2,059,286.08	163.52	352,194.60	2,059,334.89	167.55
41,279.37	352,430.01	2,059,882.36	164.83	352,302.61	2,059,819.00	169.89
42,353.77	352,323.83	2,060,833.37	171.33	352,199.12	2,060,825.68	161.88
43,606.37	352,262.11	2,062,113.24	173.21	352,079.72	2,062,036.42	172.15
44,509.29	351,748.34	2,062,776.66	170.49	351,667.39	2,062,701.90	172.31
45,549.55	350,896.85	2,063,342.11	172.57	350,824.01	2,063,243.09	169.56
46,476.75	350,054.92	2,063,737.74	165.27	350,045.41	2,063,626.39	172.37
47,357.52	349,768.91	2,062,945.29	173.99	349,924.15	2,062,953.04	166.22
48,210.94	349,299.60	2,062,564.88	170.23	349,294.88	2,062,473.31	175.71
49,479.10	348,129.66	2,062,672.02	169.51	348,203.77	2,062,580.95	177.23
50,626.79	347,094.97	2,062,404.96	177.32	347,097.84	2,062,311.12	169.96
51,471.59	346,430.89	2,062,893.91	173.31	346,387.80	2,062,750.36	181.11
52,369.24	345,895.50	2,062,294.71	184.40	346,043.53	2,062,194.07	174.33
53,242.79	345,273.47	2,061,921.59	177.89	345,247.65	2,061,888.31	176.58
54,226.61	344,374.70	2,062,351.56	185.82	344,371.47	2,062,299.81	185.54
55,053.56	343,568.18	2,062,502.21	195.36	343,552.69	2,062,463.06	196.78

第4章 地質調査

4.1 概要

4.1.1 地質資料収集

現地調査では、以下の地質図及び地質文献を収集した。

表 4.1.1 地質図及び地質文献

番号	地質図及び地質文献名	縮尺	出典	入手先
1.	カンボジア・ラオス・ベトナム 3 国地質図	1:1,000,000	1988 年ベトナム地質研究所作成	金属鉱業事業団資源情報センター
2.	Report of DMR-COOP-MMAJ Joint Seminar on Application of Satellite Image Analysis in Mineral Exploration, p36-38	-	17-19 February 1988, Bangkok Thailand, Mr.Khampha Phommakaysone,	Application of Satellite Image Analysis in Mineral Exploration in Lao PDR
3.	バクサン及びバンバン地区の地質図	1:250,000	1973 年 Institute of Geological Science, London 作成	MIH, Department of Geology and Mines
4.	ラオス国 地質及び鉱物資源分布図	1:1,000,000	1990 年英国地質調査所、Department of Geology and Mines Ministry of Industry and Handicraft 作成	MIH
5.	航空写真	1:30,000	1981 年作成	32 枚(計画貯水池周辺)
6.	航空写真	1/25,000 地形図		8 枚(ダム地点周辺及び下流域)

4.1.2 インドシナ半島の地質構造

ナムニアップ川流域はラオス国中央部に位置しており、ダムサイトから下流南岸部には中世代から古第三紀の平坦な地層が広く分布している。ダムサイト周辺には高い露崖が形成され、緩やかに傾斜した堆積岩が露出している。古生代後期に褶曲を受け断層でブロック化された古生層は広く同流域に分布し基盤を構成している。図 4.1.1 にインドシナ半島の地質構造を示した。これによれば、NW-SE, W-E, NE-SW などのリニアメントが見られるが、古い地質構造によるものである。

活断層を示唆する断層系は見当たらない。地質の記述は、主として収集した 1:250,000 写真地質調査図(バクサン及びバンバン地域、1973 年)及び 1:1,000,000 地質・鉱物資源分布図(1990 年)に基づいた。この 2 つの地質図編集はいずれも英国の援助で作成されている。これらは 1:1,000,000 カンボジア・ラオス・ベトナム三国地質図(1988 年)に比べ、多くの地質情報が記載されている。

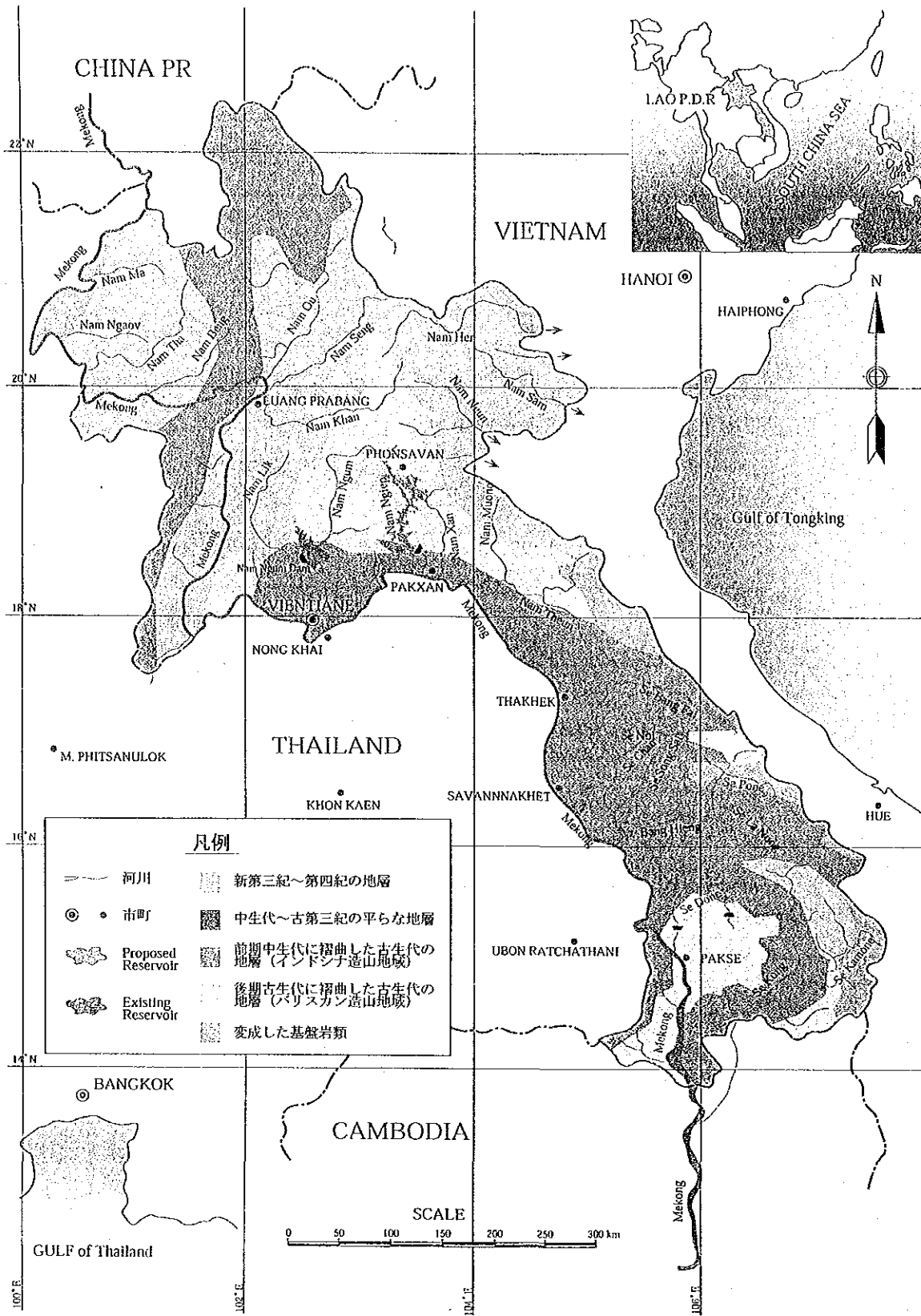
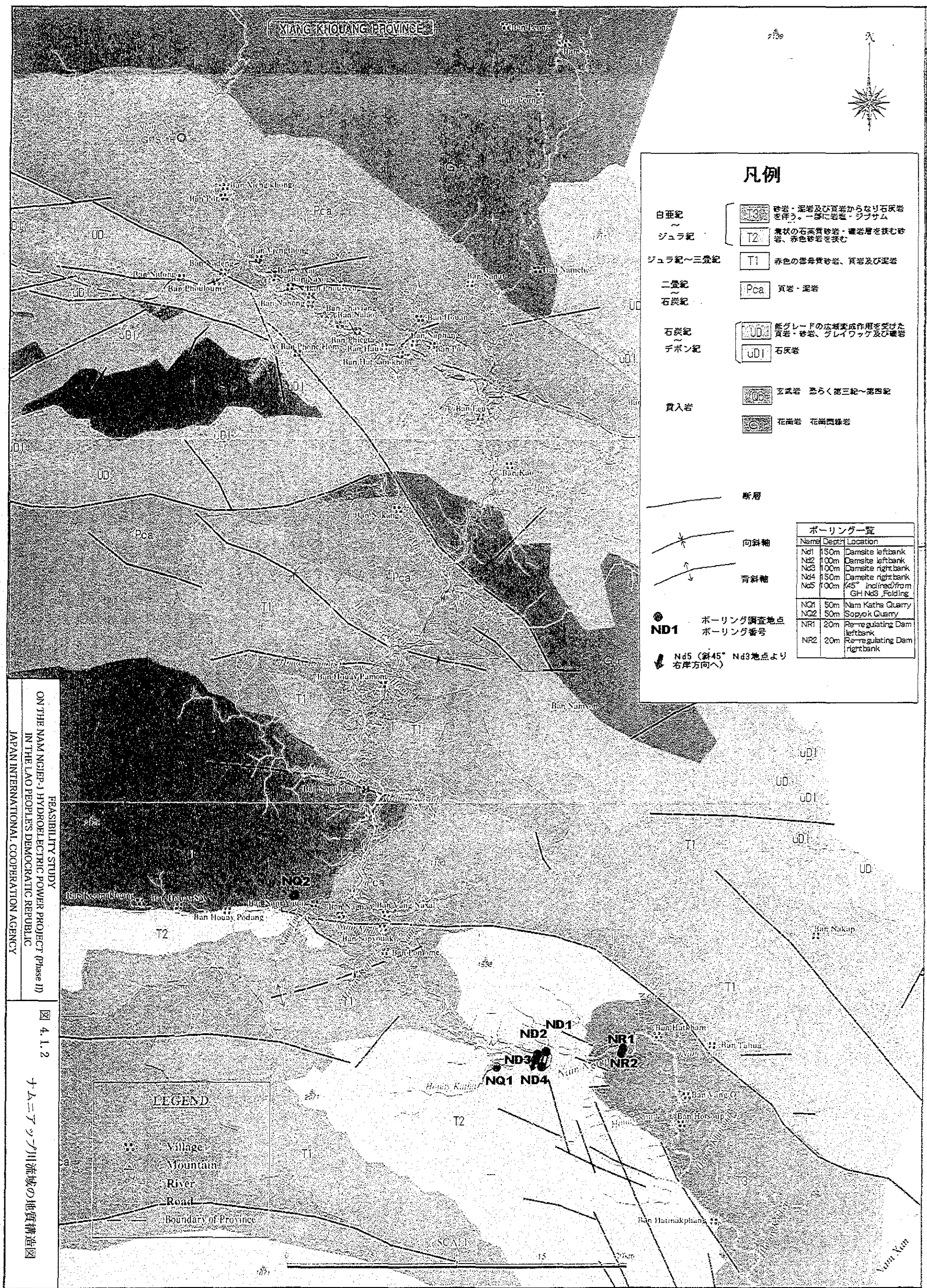


図 4.1.1 インドシナ半島の地質構造図



凡例

- 白亜紀
ジュラ紀 T3 砂岩・泥岩及び頁岩からなり石灰岩を伴う。一部に岩塩・ジプサム
 - ジュラ紀～三疊紀 T2 塊状の石英質砂岩・礫岩層を挟む砂岩、赤色砂岩を挟む
 - 二疊紀
石炭紀 T1 赤色の雲母質砂岩、頁岩及び泥岩
 - 石炭紀
デボン紀 Pca 頁岩・泥岩
 - 石炭紀
デボン紀 UD 低グレードの広域変成作用を受けた頁岩・砂岩、グレイワック及び礫岩
 - 石炭紀
デボン紀 UD1 石灰岩
 - 貫入岩 G 玄武岩 恐らく第三紀～第四紀
 - 貫入岩 G1 花崗岩 花崗閃緑岩
- 断層
- 向斜軸
- 背斜軸
- ND1 ボーリング調査地点
● ND1 ボーリング番号
- ND5 (斜45° ND3地点より右岸方向へ)

ボーリング一覧		
Name	Depth	Location
Nd1	150m	Dam site left bank
Nd2	100m	Dam site left bank
Nd3	100m	Dam site right bank
Nd4	150m	Dam site right bank
Nd5	100m	45° inclined from GH Nd3, Folding
NQ1	50m	Nam Katha Quarry
NQ2	50m	Sopyok Quarry
NR1	20m	Re-regulating Dam left bank
NR2	20m	Re-regulating Dam right bank

LEGEND

- Village
- ▲ Mountain
- River
- Road
- Boundary of Province

ON THE NAM NGIEP-1 HYDROELECTRIC POWER PROJECT (Phase II)
 IN THE LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

4.1.2 ナムニャップ川流域の地質構造図

4.1.3 ナムニアップ川流域の地質

計画貯水池を含むナムニアップ川流域の地質図を図 4.1.2 に示した。これは、1:250,000 写真地質調査図(パクサン及びバンバン地域、1973 年)をベースにしているが、1:1,000,000 地質・鉱物資源分布図(1990 年)及び現地調査結果に基づきナムニアップ川中流域の花崗岩及び古生層の分布に修正を加えた。また本図にはボーリング調査実施地点位置を記入している。

ナムニアップ川流域には、デボン紀～ジュラ紀前期の頁岩、泥岩、石灰岩類、砂岩および貫入岩である花崗岩が広く分布している。また、石炭紀前期からデボン紀の層準には、石灰岩の小規模な岩体が分布している。ペルム紀から石炭紀後期の層準には、当地区では石灰岩の岩体は含まれていないが、同流域外のシェンクワン地区等には比較的大規模な石灰岩岩体が知られている。花崗岩は古生層に貫入しており、同流域に広く分布している。ジュラ紀前期の堆積層は古生層の褶曲帯を基盤岩として同流域に帯状に分布している。

計画貯水池の地質は、基本的には以下の 4 つに分類され、基礎地盤を構成している岩石の多くは堆積岩である。

- ① 中生代、ジュラ紀から白亜紀の地層は砂岩、泥岩、礫岩から成り、ダムサイト周辺や計画貯水池下流部に分布している。砂岩及び礫岩は層が厚く均質塊状であり、尾根の頂部や上部に分布する所では斜面上部に露岩が見られる。泥岩は比較的薄いシルト岩、砂岩、礫岩層を挟在している。地層は比較的平坦或いは緩傾斜で地形に調和的であるが、下部では断層、褶曲等の影響も受けている。
- ② 古生代、デボン紀からペルム紀の地層は古生代後期の構造運動により褶曲しブロック化しており、頁岩、泥岩、砂岩、片岩から成り、貯水池の中流部～上流部に分布している。これらは固結した岩石であり難透水性である。石灰岩の岩体は貯水域には分布しない。
- ③ 古生代後期に古生層に貫入した花崗岩が貯水池中流部に分布する。花崗岩は著しく破碎され時には深層風化しているところもある。
- ④ 中生代、三畳紀からジュラ紀、の砂岩、頁岩、礫岩が貯水池の中流部に、褶曲した古生層を基盤として地溝を形成し分布している。これらは所によっては破碎し深部まで風化している。

4.2 計画貯水池内の地質

4.2.1 貯水池上流域

計画貯水池上流部に位置するタピアン地区における現地調査結果は次の通りである。