

マレーシア政府
サバ州電力庁

テノムパンギ(III) 水力発電開発計画
調査報告書

主報告書

1986年 9月

国際協力事業団

鉦計資

CRS

86-119

テノムパンギ(III)

水力発電開発計画調査報告書 主報告書

36・9

国際協力事業団

33

マレーシア政府
サバ州電力庁

テノムパンギ (III) 水力発電開発計画
調査報告書

JICA LIBRARY



103130211

15922

主報告書

1986年 6月

国際協力事業団

英 文 報 告 書 の 構 成

SUMMARY REPORT

Volume I : MAIN REPORT

Volume II

APPENDIX-A: HYDROMETEOROLOGY

Volume III

APPENDIX-B: GEOLOGY

APPENDIX-C: TOPOGRAPHY

APPENDIX-D: CONSTRUCTION MATERIALS

和 文 報 告 書 の 構 成

要 約 報 告 書

主 報 告 書

国際協力事業団		
受入 月日	'87. 1. 29	113
登録 No.	15922	643
		MPN

マイクロ
フィルム作成

序 文

日本国政府は、マレーシア国政府の要請に基づき、同国サバ州のテムノパンギ水力発電（第Ⅲ期）開発計画に関するフィージビリティ調査を行なうこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、日本工営株式会社 大村精一氏を団長とする14名の専門家から成る調査団を編成した。調査団は1985年6月より同年11月まで現地調査を行ない、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・検討および計画立案等の国内作業を行なった。

本報告書は、これらの成果を取りまとめたものである。本報告書がテムノパンギ水力発電（第Ⅲ期）開発及びマレーシア国の電力事情の改善に役立つとともに、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、友好親善を一層深めることに貢献できれば幸いである。

最後に、本調査の任に当られた団員各位の御努力に敬意を表するとともに、調査に際し、多大の御協力を頂いたマレーシア国政府関係機関、サバ州電力庁、在マレーシア日本国大使館、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。

1986年9月

国際協力事業団

総裁 有田圭輔

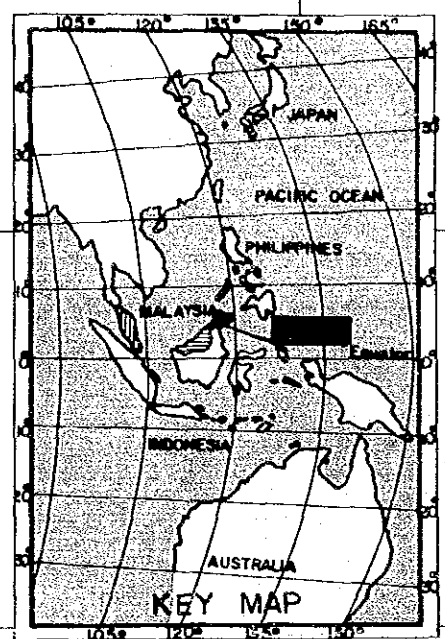
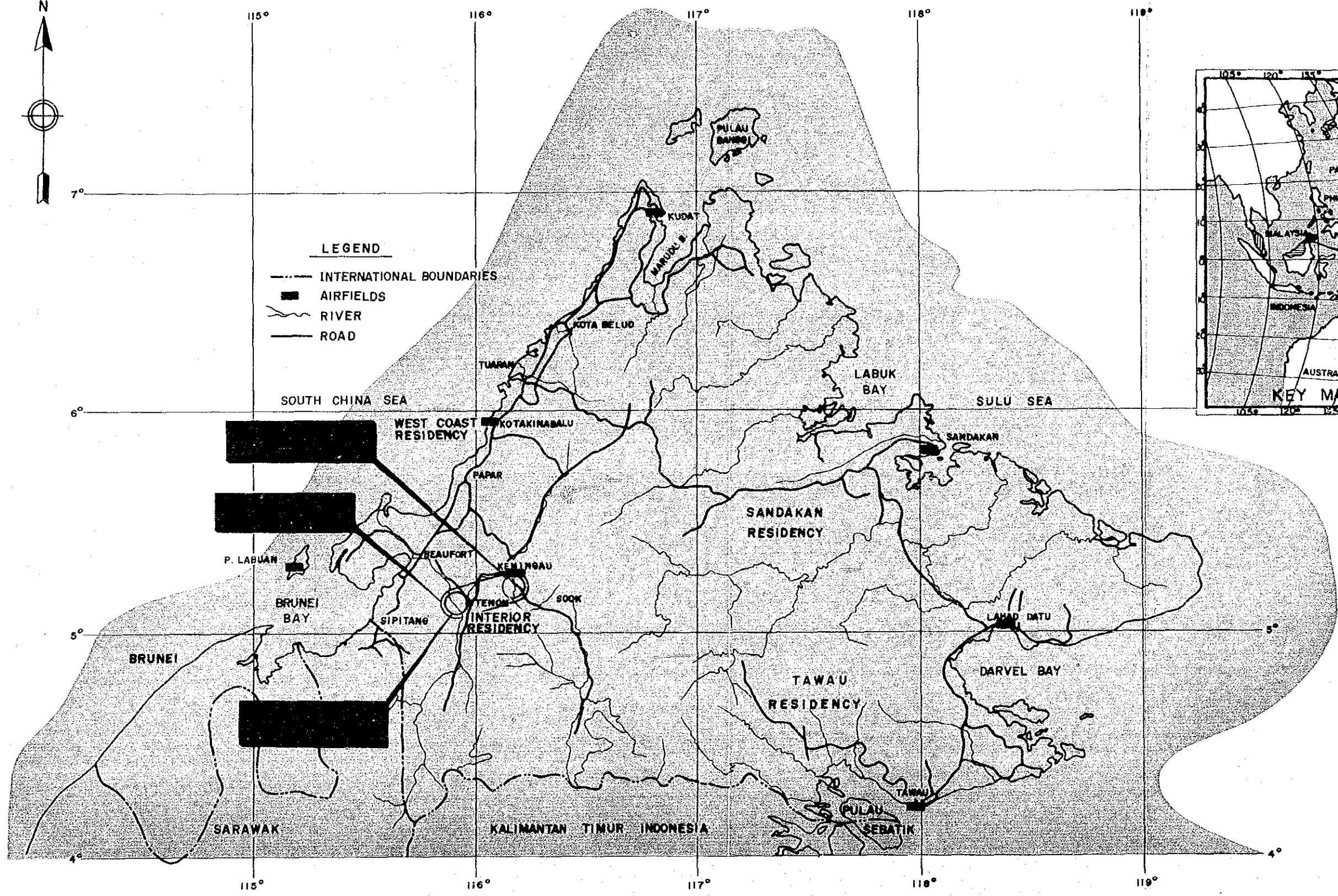


115° 116° 117° 118° 119°

7° 6° 5° 4°

LEGEND

- INTERNATIONAL BOUNDARIES
- AIRFIELDS
- ~ RIVER
- ROAD



SCALE 0 100km
(1 : 2,000,000)

TENOM PANGI PHASE III
位置図
SEB / JICA

要約、結論および勧告

1. 1975年から1985年の10年間にサバ州の経済は年 7.2%の割合で順調に発展してきた。この間の電力需要は、年平均12%以上の割合で増加しており、1984年におけるピーク電力需要は120MW、売電量は503GWhに達している。
2. サバ電力庁(SEB)によれば、サバ州全土のピーク電力需要は、1990年には、210MW、2000年には520MWに達すると予測されている。また近い将来、同一送配電網への統合が計画されている、州都コナキナバルを含む西海岸地域のピーク電力需要は、1990年には、130MW、2000年には300MWになると予測されている。
3. 増加する電力需要に対応するために、サバ州における最初の大規模水力発電プロジェクトであるテノムパンギ水力発電所が建設された。総設備容量66MWのテノムパンギ発電所は現在、州都コタキナバルおよび西海岸地域の一部に電力を供給している。
4. 地形上の制約のため、テノムパンギ発電所は流れ込み式となっており、渇水期には、発電量がかなり低下する。
5. テノムパンギ発電所の渇水補給を主目的として計画されたスークダムならびにスーク発電所(第3期テノムパンギプロジェクト)は、テノムパンギ発電所の上流に位置しており、豊水期にスーク貯水池を利用して貯留した水を、渇水期に使用し、下流のテノムパンギ発電所で使用する水を、年間を通じて平均化し発電量の増加を計るものである。
6. 既設のテノムパンギ発電所は、コタキナバルの南約 100kmのバダス川本流に位置し、取水堰地点における流域面積は 7.815km^2 である。一方、スークダム・発電所はコタキナバルの南約70kmのバダス川支流のスーク川に位置し、ダム地点における流域面積は 1.705km^2 である。

7. 検討の結果最適開発規模として、スーク貯水池の常時満水位は標高 310m、有効貯水容量は $550 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、スーク発電所の設備容量は20MWと決定した。またスーク貯水池により、使用可能水量が増大するため、既設のテノムパンギ発電所は、設備容量を44MW増設して110MW にするのが経済的に最適となる。最終的には、スーク発電所とテノムパンギ発電所は、総設備容量130MW の水力発電システムを構成し、統合運用することになる。

8. ディーゼル、ガスタービン、石油火力、石炭火力、及び水力を含む電力供給計画代替案の比較検討の結果、スークとテノムパンギの水力発電の組合せが、経済性の点からも、またマレーシアのエネルギー政策に合致する点からも、最も有利な開発案である。

9. 最適開発規模を基に、テノムパンギ発電所の拡張分、スークダムならびにスーク発電所の予備設計を行ない、主要構造物のタイプ及び規模を決定した。その概要を以下に示す。

1) スーク貯水池ならびにスーク発電所

- 高さ70m、堤長 345mのダム及び $1,000 \text{ m}^3 / \text{s}$ の容量をもつ洪水吐
- 全長 600mの仮排水トンネル 2本
- 取水口、全長 450mの導水トンネル及びサージタンク
- 全長 140mの水圧鉄管路
- 10,000kWの水車ならびに発電機を各 2基備えた発電所
- 延長10kmの送電線 (132KV, 1 回線)
- 延長18kmの工事用道路ならびに付け替え道路
- その他の構造物ならびに関連設備

2) テノムパンギ発電所の拡張分

- 取水口 (既設) 及び全長 4,200mの導水路ならびにサージタンク
- 全長 220mの水圧鉄管路
- 22,000kWの水車ならびに発電機を各 2基備えた発電所
- その他の構造物ならびに関連設備

10. テノムバンギ（第Ⅲ期）プロジェクトの工期は準備作業を含め、スークダムならびに発電所の建設には5年、テノムバンギ発電所の増設には、4年を要する見込みである。さらに工事開始に先だち、工事資金の調達や、追加調査、詳細調査、入札及び契約手続等のために2年半は要する。
11. 価格予備費を除く総工事費は、1985年/86年の価格水準で、US\$174,139,000と見積られる。このうち、スークダムと発電所の工事費は、US\$101,555,000で、テノムバンギ発電所拡張の工事費は、US\$72,584,000である。スーク貯水池一帯の水没地域の移転補償費は、おおよそUS\$18,400,000と見積られ、上記工事費に含まれる。一方、既設のテノムバンギ発電所の建設費は、1985年までの支払い金利を含めて、US\$148,200,000であった。
12. プロジェクトの便益は、テノムバンギプロジェクトの発電便益により算定する。便益の算定はテノムバンギ第Ⅲ期単独の場合、及び第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ期全体の場合について各々行なう。割引率を10%、プロジェクトの経済寿命を50年として、保証出力、年間発生電力量、年間発電便益と工事開始年の1989年価格に換算した便益を次に示す。

経済的プロジェクト便益

項 目	第Ⅲ期単独	第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ期全体
1. 保証出力 (MW)	71.0	116.0
2. 年間発生電力量 (GWh)		
1) 常時電力	329.3	660.9
2) 2次電力	6.3	190.9
計	335.6	851.8
3. 年間発電便益		
1) kW便益 (10 ³ US\$)	9,700~16,800	1,400~27,500
2) kWh 便益 (10 ³ US\$)	8,600	6,500~19,700
4. 建設開始年での便益の現在価値 (10 ³ US\$)	183,000	432,200

13. 経済的費用・便益の比較検討の結果を次に示す。

経済的費用・便益の比較

項 目	第Ⅲ期単独	第Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ期全体
1. 費用の現在価値 (C) (10 ³ US\$)	129,104	343,034
2. 便益の現在価値 (B) (10 ³ US\$)	163,000	432,200
3. 純便益の現在価値 (B-C) (10 ³ US\$)	33,896	89,166
4. 費用便益比 (B/C)	1.26	1.26
5. 経済的内部収益率 (EIRR) (%)	12.6	13.9

上記に示す如く、純便益の現在価値、費用便益比、ならびに経済的内部収益率 (EIRR) はすべて十分な値を示しているので、当プロジェクトは経済的にフィージブルであると結論づけた。

14. 試算によれば、第Ⅲ期単独の場合及び第Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ期全体の場合の財務収支は、各々完成後3年目及び完成直後に黒字に転ずる見通しである。また財務的内部収益率 (FIRR) は、各々10.8%及び18.3%である。これらの指標値が示すように、当計画は想定した借入条件に対し、十分な返済能力があると言える。従って当計画は財務的にフィージブルであると結論づけた。

15. 社会環境面からの評価は次のように要約される。
 - 1) 当計画を実施すれば、貯水池予定地域内の住民約 2,200人の移転が必要となる。しかし貯水池予定地域周辺には、移住地に適した広い土地があり、それら隣接地への移転が公的かつ適切に準備されるなら、移転が大きな問題となることはないと判断される。
 - 2) 貯水池予定地域内に生息する動植物の種類は、周辺地域に広く分布しているものに限られており、また開発規模もそれほど大きくはないので、当計画が自然環境に及ぼす影響は軽微であると判断される。
 - 3) ダム下流の水利用については、現地調査により実質的に影響がないことを確認した。一方当計画の実施により、貯水池による洪水調節効果、周辺農村の電化、新しいリクリエーションや観光の機会増等の効果が期待できる。従って当計画は社会環境面からも許容できると結論づけた。

16. フィージビリティ調査の結果、テノムバンギ水力開発計画（第Ⅲ期）は、技術的、経済的、財務的にフィージブルであり、社会環境的にも受容できると結論づけられる。

17. それゆえ、当プロジェクトの早期実施を強く勧告するとともに、次項目に示すような実施を推奨する。
 - 1) 予測される電力需要を満たすため、1993年末までに当発電所の運転を開始するには、追加調査、詳細設計、入札書類の作成等の作業を1987年初頭に開始すべきである。
 - 2) 貯水池の流域内における新規の開発行為を管理するため、適切な対応策をただちに講ずべきである。
 - 3) 貯水池地域内の住民の移住計画の作成は、委員会を設置し、詳細設計期間中に実施すべきである。
 - 4) 取付道路、事務所、宿舎の建設等の準備工事は1989年初頭に開始すべきである。
 - 5) 完成までに5年を要する主土木工事は、1989年中期に開始すべきである。

18. テノムバンギ第Ⅲ期水力発電開発計画の主要諸元を次に示す。

1) スーク貯水池と発電所

(1) 貯水池

・流域面積	: 1.705 km ²
・年平均流量	: 29.4m ³ / 秒
・洪水位	: EL.311.1m
・常時満水位	: EL.310.0m
・低水位	: EL.285.0m
・放水位	: EL.250.0m
・堆砂面標高	: EL.277.0m
・利用水深	: 25.0m
・総貯水容量	: 732 × 10 ⁶ m ³
・有効貯水容量	: 550 × 10 ⁶ m ³
・湛水面積 (常時満水位)	: 35km ²

(2) スークダム

(a) 主ダム

・型式	: 中央遮水コア型ロックフィル
・堤高	: 70m
・堤頂標高	: EL.314.0m
・堤頂長	: 345.0 m
・堤頂幅	: 10m
・上流面法面勾配	: 1: 2.5
・下流面法面勾配	: 1: 1.9
・堤体積 (合計)	: <u>1,730,000m³</u>
コア	: 240,000m ³
フィルター	: 190,000m ³
ロック	: 1,300,000m ³

(b) 洪水吐

- ・型式 : ゲート式、減勢池付き
- ・ゲート : ローラゲート
11.5m幅×7.0m高×2門
- ・容量 : 1,000 m³ / 秒 (洪水位 311.1m)

(c) 仮排水工

- ・型式 : コンクリート巻トンネル式
- ・断面 : 馬蹄型、内径 5m、2本
- ・延長 : 第1トンネル 579m
第2トンネル 613m
- ・設計洪水量 : 410 m³ / 秒

(d) 副ダム

- ・型式 : 均一型アースフィル
- ・堤高 : 12m
- ・堤頂標高 : EL.314.0m
- ・堤頂長 : 1,481 m (総延長)
- ・堤長幅 : 6 m
- ・上流面法面勾配 : 1: 3.5
- ・下流面法面勾配 : 1: 3.0
- ・堤体積 : 370,000 m³

(3) 導水路と発電所

(a) 取水口

- ・型式 : 傾斜式
- ・ゲート : ローラゲート
4.5 m幅×5.5m高×1門

(b) 導水路トンネル

- ・型式 : コンクリート巻立圧力式
- ・断面 : 円形、内径 3.9m、1本
- ・延長 : 449m

(c) 調圧水槽

- ・型式 : 制水口型
- ・寸法 : 内径12m、高さ49m

(d) 水圧鉄管路

- ・型式 : 地表式、一部トンネル
- ・寸法 : 内径 3.1m、延長 139m

(e) 発電所

- ・型式 : 地上式
- ・寸法 : 26.5m幅×36.5m長×35.5m高

(4) 発電機器

(a) 水車

- ・型式 : 立軸、カプラン
- ・総落差 : 60-35 m
- ・基準落差 (有効) : 51m
- ・最大使用水量 : $47.1\text{m}^3 / \text{秒}$
- ・設備容量 : 20MW-10MW × 2台
- ・回転速度 : 429 回転/分 (暫定)

(b) 交流発電機

- ・型式 : 三相立軸同期式
- ・容量 : 11.5MVA × 2台
- ・回転速度 : 429 回転/分 (暫定)
- ・端子電圧 : 11kV
- ・周波数 : 50Hz

(c) 主変圧器

- ・型式 : 三相、50Hz、油浸自冷／強制油循環、
冷却ファン付
- ・定格出力 : 11.5/23MVA
- ・電圧 : 11/132kV

(d) 年平均発生電力量

- ・常時電力量 : 45.5GWh
- ・二次電力量 : 6.3GWh
- ・合計 : 51.8GWh

(5) 送電線

- ・電圧 : 132kV
- ・回線数 : 1回線
- ・導線 : 175 mm²、鋼芯アルミより線
- ・延長 : 10km至ケニンガウ変電所

2) テノムパンギ発電所 (増設)

(1) 調整池

・流域面積	:	7,815 km ²
・年平均流量	:	210 m ³ / 秒
・常時満水位	:	EL.173.9m
・低水位	:	EL.170.7m
・放水位	:	EL. 99.2m
・利用水深	:	8.2 m
・有効貯水容量	:	4.7 × 10 ⁶ m ³

(2) 導水路と発電所

(a) 取水口

・型式	:	地下式沈砂池付
・ゲート	:	ローラゲート
		6.0 m幅 × 9.0m高 × 3門

(b) 導水路トンネル

・型式	:	コンクリート巻立圧力式
・断面	:	円形、内径 5.2m、1本
・延長	:	4,200 m

(c) 調圧水槽

・型式	:	制水口型
・寸法	:	内径14m、高さ60m

(d) 水圧鉄管路

・型式	:	トンネル式
・寸法	:	内径 4m、延長 220m

(e) 発電所

・型式	:	地上式
・寸法(拡張部)	:	26.5m幅 × 30.6m長 × 40.5m高

(3) 発電機器

(a) 水車

- ・型式 : 立軸、フランシス
- ・総落差 : 74.7-71.5m
- ・有効落差 : 63.1-59.9m
- ・最大使用水量
 - 拡張分 : $84.9\text{m}^3 / \text{秒}$
 - 既設分 : $127.3\text{m}^3 / \text{秒}$
 - 合計 : $212.2\text{m}^3 / \text{秒}$
- ・設備容量
 - 拡張分 : 44 MW
 - 既設分 : 66 MW
 - 合計 : 110 MW
- ・回転速度 : 300回転/分

(b) 交流発電機

- ・型式 : 三相立軸半かさ型同期式
- ・容量 : 25MVA
- ・端子電圧 : 11kV
- ・周波数 : 50Hz
- ・力率 : 0.88 (遅れ)

(c) 主変圧器

- ・型式 : 三相、50Hz、油浸自冷/強制油循環、
冷却ファン付
- ・定格出力 : 12.5/25MVA
- ・電圧 : 11/132kV

(d) 年平均発生電力量

・常時電力量	:	283.8GWh
・二次電力量	:	-
・合計	:	<u>283.8GWh</u>

(4) ペナンパン変電所

(a) 主変圧器

・型式	:	三相、50Hz、油浸自冷／強制油循環、 冷却ファン付
・定格出力	:	12/24MVA
・電圧	:	132/66kV

(b) コンデンサー

・容量	:	40MVA (暫定)
・電圧	:	66kV

目 次

	頁
要約、結論及び勧告	
第1章 序論	1-1
1.1 プロジェクトの背景	1-1
1.2 プロジェクトの必要性と問題点	1-2
1.3 調査の目的	1-3
1.4 調査の範囲	1-3
第2章 プロジェクト地域	2-1
2.1 位置、地域及び地形	2-1
2.2 地質	2-3
2.2.1 パダス流域の地質	2-3
2.2.2 プロジェクト地域の一般地質	2-4
2.2.3 貯水池域の地質	2-7
2.2.4 スークダムサイトの地質	2-7
2.2.5 断層	2-8
2.2.6 地震	2-9
2.3 水文気象	2-10
2.3.1 気候	2-10
2.3.2 降雨	2-10
2.3.3 流量	2-13
2.3.4 洪水流量	2-16
2.3.5 流砂	2-17
2.4 社会経済	2-18
2.4.1 サバ州の面積と人口	2-18
2.4.2 パダス流域の面積と人口	2-18
2.4.3 パダス流域の土地利用	2-20
2.4.4 国内総生産（GDP）と地域総生産（GRDP）	2-21
2.5 輸送と遠隔通信	2-23
2.6 建設材料	2-23
2.6.1 主ダム用不透水コア材	2-24
2.6.2 副ダムの堤体材料	2-25
2.6.3 フィルター材	2-25
2.6.4 ロック材	2-26
2.6.5 コンクリート骨材	2-26

	頁
第3章 電力市場調査	3-1
3.1 電力供給系統の現況	3-1
3.1.1 サバ州電力庁の組織	3-1
3.1.2 発電設備	3-1
3.1.3 送電線系統	3-2
3.1.4 電力料金	3-2
3.2 計画対象地域	3-8
3.3 計画対象地域の電力市場の現況	3-12
3.4 西海岸地域の電力需要	3-24
3.4.1 概説	3-24
3.4.2 家庭用電力需要の予測	3-24
3.4.3 商業用電力需要の予測	3-26
3.4.4 工業用電力需要の予測	3-27
3.4.5 軍専用電力需要	3-27
3.4.6 所内使用電力および損失電力	3-27
3.4.7 今後の大口電力消費者	3-28
3.4.8 ボーフォート地域の電力需要	3-28
3.4.9 1955年以後の予測	3-40
3.4.10 系統のピーク電力需要	3-40
3.5 東海岸地域の電力需要	3-49
3.5.1 概説	3-49
3.5.2 電力需要の過去のデータ	3-50
3.5.3 電力需要予測	3-51
3.5.4 1955年以後の予測	3-57
3.5.5 系統のピーク電力需要	3-57
3.6 電力開発計画	3-64
3.6.1 電力開発戦略	3-64
3.6.2 発電設備拡充計画	3-65
3.6.3 送電線系統の拡充	3-66
第4章 開発計画の立案	4-1
4.1 既存のテノムバンギ・プロジェクト	4-1
4.2 テノムバンギ・プロジェクトの拡張とスーク貯水池・発電所	4-3
4.3 プロジェクトの規模	4-9
4.4 スーク・テノムバンギ水力発電系統の運用	4-10
4.5 電源開発計画案の検討	4-10
4.6 水力発電プロジェクトの開発	4-19

	頁
第5章 予備設計	5-1
5.1 概説	5-1
5.2 スーク貯水池	5-1
5.2.1 主ダム	5-1
5.2.2 洪水吐	5-9
5.2.3 建設工事中の仮排水工事	5-11
5.2.4 放流設備	5-12
5.2.5 副ダム	5-13
5.2.6 導水路	5-13
5.2.7 発電所	5-15
5.3 テノムパンギの増設	5-15
5.3.1 導水路	5-15
5.3.2 発電所	5-17
5.4 発電機器	5-17
5.5 送電線	5-18
第6章 工事計画	6-1
6.1 概説	6-1
6.2 基本条件	6-1
6.2.1 工事の様式	6-1
6.2.2 工事数量	6-2
6.2.3 作業可能日数および時間	6-2
6.2.4 土とロック材料の入手源	6-3
6.3 準備工事	6-3
6.3.1 取付け道路	6-3
6.3.2 仮設建物	6-4
6.3.3 建設用プラント	6-5
6.3.4 電力供給システム	6-5
6.3.5 給水システム	6-6
6.3.6 通信システム	6-6
6.4 主要建設工事	6-6
6.4.1 スーク・ダムサイト	6-6
6.4.2 テノムパンギ発電所増設工事	6-11
6.5 建設機械と材料	6-13
6.5.1 建設機械	6-13
6.5.2 建設材料	6-13
6.6 工事工程	6-14

	頁
第7章 建設費見積り	7-1
7.1 基本条件	7-1
7.2 建設費	7-2
7.3 内貨および外貨部分	7-2
7.4 支出計画	7-3
第8章 プロジェクト評価	8-1
8.1 概説	8-1
8.2 経済評価	8-1
8.2.1 概説	8-1
8.2.2 プロジェクト費用	8-2
8.2.3 プロジェクト便益	8-7
8.2.4 経済費用・便益の比較	8-9
8.2.5 感度分析	8-10
8.3 財務分析	8-11
8.3.1 概説	8-11
8.3.2 財務分析表	8-11
8.3.3 財務的内部収益率	8-12
8.3.4 感度分析（財務）	8-12
8.4 社会—環境影響評価	8-15
8.4.1 概説	8-15
8.4.2 社会的な局面	8-15
8.4.3 環境的側面	8-22
8.5 結論と勧告	8-24
第9章 今後の調査	9-1
9.1 概説	9-1
9.2 今後の現地調査	9-1

添 付

A.2-1	パダス川とその支流の水質	A-2
A.3-1	混合サイクル発電機による発電の検討	A-20
A.3-2	スーク貯水池周辺の電化について	A-72
A.8-1	詳細な社会・環境調査に関する環境庁の提言	A-154

付 表 目 次

表番号	タイトル	頁
2.1	河川の流域	2.2
2.2	年間降雨量	2.12
2.3	月別降雨量	2.13
2.4	テノムラマでのパダス川の月平均流量	2.14
2.5	ピアでのスーク川の月平均流量	2.15
2.6	ピアに於けるスーク川の年間最大洪水流量	2.16
2.7	ピアに於けるスーク川の確率洪水量	2.17
2.8	サバ州の面積の人口	2.19
2.9	パダス流域の面積、人口、人口密度	2.20
2.10	パダス流域の土地利用現況	2.21
2.11	産業別年間GDP (マレーシア)	2.22
2.12	産業別GRDP (サバ)	2.22
3.1	発電所の運転状況 (1985年度, SEB)	3.3
3.2	発電所の運転状況 (SEB)	3.4
3.3	区分別電気使用料金 (SEB)	3.5
3.4	電力料金別の電力販売高 (1985年度)	3.7
3.5	電力需要データ (コタキナバル発電所, 1974~1989)	3.16
3.6	電力需要データ (ラプアン発電所, 1974~1989)	3.17
3.7	電力需要データ (クダット発電所, 1974~1989)	3.18
3.8	電力需要データ (コタブルド発電所, 1974~1989)	3.19
3.9	電力需要データ (ポーフォート発電所, 1974~1989)	3.20
3.10	電力需要データ (テノム発電所, 1974~1989)	3.21
3.11	電力需要データ (ケニンガウ発電所, 1974~1989)	3.22
3.12	大規模消費者リスト (コタキナバル発電所,)	3.29
3.13	大規模消費者リスト (ラプアン発電所, 1985)	3.33
3.14	大規模消費者リスト (クダット発電所, 1985~1988)	3.34
3.15	大規模消費者リスト (コタブルド発電所,)	3.35
3.16	大規模消費者リスト (ポーフォート発電所,)	3.36
3.17	大規模消費者リスト (テノム発電所,)	3.38
3.18	大規模消費者リスト (ケニンガウ発電所,)	3.39

<u>表番号</u>	<u>タイトル</u>	<u>頁</u>
3.19	電力需要予測 (コタキナバル, 1985~1995)	3.41
3.20	電力需要予測 (ラプアン, 1985~1995)	3.42
3.21	電力需要予測 (クダット, 1985~1995)	3.43
3.22	電力需要予測 (コタブルド, 1985~1995)	3.44
3.23	電力需要予測 (ポーフォート, 1985~1995)	3.45
3.24	電力需要予測 (テノム, 1985~1995)	3.46
3.25	電力需要予測 (ケニンガウ, 1985~1995)	3.47
3.26	系統のピーク電力需要予測 (SEB 西海岸地域)	3.48
3.27	電力需要データ (サンダカン発電所, 1974~1984)	3.52
3.28	電力需要データ (タワウ発電所, 1974~1984)	3.53
3.29	電力需要データ (ラハドダトウ発電所, 1974~1984)	3.54
3.30	電力需要データ (スンボルナ発電所, 1974~1984)	3.55
3.31	電力需要予測 (タワウ, 1985~1995)	3.58
3.32	電力需要予測 (サンダカン, 1985~1995)	3.59
3.33	電力需要予測 (ラハドダトウ, 1985~1995)	3.60
3.34	電力需要予測 (スンボルナ, 1985~1995)	3.61
3.35	系統のピーク電力需要予測 (SEB 東海岸地域)	3.62
3.36	サバ州における電力需要予測の要約	3.63
4.1	スーク・テノムパンギ発電所の比較検討	4.11
4.2	各種発電設備	4.17
4.3	発生電力量当たりの年費用	4.19
5.1	建設費の比較	5.3
5.2	予備安定解析のためのパラメータ	5.7
5.3	最小安全率	5.8
5.4	洪水吐容量の最適化	5.10
6.1	スーク・ダムと発電所の主要工事数	6.16
6.2	テノムパンギ発電所の主要工事数	6.19
6.3	主要建設機械リスト	6.20

表番号	タイトル	頁
7.1	工事単価	7.4
7.2	主要建設資材の価格と労賃	7.5
7.3	ゲートおよび水圧鉄管の工事単価	7.6
7.4	補償費の予備の見積	7.7
7.5(1)	プロジェクト・コストの内貨と外貨部分（スーク・ダムと発電所）	7.8
7.5(2)	プロジェクト・コストの内貨と外貨部分（テノムパンギ発電所増設）	7.9
7.6(1)	スーク・ダムと発電所の建設費年間支出	7.10
7.6(2)	テノムパンギ発電所増設の建設費年間支出	7.11
8.1	国家経済換算係数	8.2
8.2	プロジェクトの経済的費用	8.3
8.3	経済的費用の支出計画	8.5
8.4	経済的費用	8.6
8.5	経済的便益	8.9
8.6	経済的費用・便益の比較	8.9
8.7	感度分析結果	8.10
8.8	財務分析表（スーク・ダムと発電所+テノムパンギ増設分 - 第三期単独）	8.13
8.9	財務分析表（スーク・ダムと発電所，テノムパンギ増設分 + テノムパンギ既存分- 第Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ期）	8.14
8.10	財務的感度分析結果	8.12
8.11	貯水池区域における土地利用及び補償項目	8.16
添 付		
A-1.1	調査団々員名簿	A-1
A-2.1	パダス川流域の水質分析	A-3
A-2.2	スーク川流域の水質分析	A-11
A-3.1	現有発電機（コタキナバル発電所）	A-27
A-3.2	現有発電機（ラブアン発電所）	A-28
A-3.3	現有発電機（ケニンガウ発電所）	A-29
A-3.4	現有発電機（クダット発電所）	A-30

A-3.5	現有発電機（テノム発電所）	A-31
A-3.6	現有発電機（コタブルド発電所）	A-32
A-4.1	既設テノムパンギプロジェクト開発規模の再検討	A-74
A-4.2	工事費の見積り（既設テノムパンギ発電所）	A-75
A-4.3	スーク・テノムパンギ発電系統の比較検討	A-76
A-4.4	スーク・テノムパンギ発電系統の比較検討	A-77
A-4.5	工事費（テノムパンギ発電所の拡張）	A-78
A-4.6	工事費（スーク貯水池および発電所）	A-79
A-4.7	発電計画	A-119
A-7.1	スークダム・発電所の事業費	A-128
A-7.2	テノムパンギ発電所拡張の事業費	A-135
A-8.1	経済的費用の支出計画 （スークダム・発電所+テノムパンギ拡張：第Ⅲ期のみ）	A-138
A-8.2(1)	スークダム・発電所の経済費用（内外貨合計） の支出計画	A-139
A-8.2(2)	スークダム・発電所の経済費用（外貨分）の支出計画	A-140
A-8.2(3)	スークダム・発電所の経済費用（内貨分）の支出計画	A-141
A-8.3(1)	テノムパンギ発電所拡張の経済費用（内外貨合計） の支出計画	A-142
A-8.3(2)	テノムパンギ発電所拡張の経済費用（外貨分）の支出計画	A-143
A-8.3(3)	スークダム・発電所拡張の経済費用（内貨分）の支出計画	A-144
A-8.4	発電便益（第Ⅲ期のみ）	A-145
A-8.5	発電便益（第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ期全体）	A-146
A-8.6	財務的費用の支出計画 （スークダム・発電所+テノムパンギ拡張：第Ⅲ期のみ）	A-147
A-8.7(1)	スークダム・発電所の財務的費用（内外貨合計） の支出計画	A-148
A-8.7(2)	スークダム・発電所の財務的費用（外貨分）の支出計画	A-149
A-8.7(3)	スークダム・発電所の財務的費用（内貨分）の支出計画	A-150
A-8.8(1)	テノムパンギ発電所拡張の財務的費用（内外貨合計） の支出計画	A-151
A-8.8(2)	テノムパンギ発電所拡張の財務的費用（外貨分） の支出計画	A-152
A-8.8(3)	スークダム・発電所拡張の財務的費用（内貨分） の支出計画	A-153

付 図 目 次

<u>付図番号</u>	<u>タイトル</u>	<u>頁</u>
2.1	スークダム, 貯水池周辺地域	2.27
2.2	パダス川流域の地質図	2.28
2.3	プロジェクト地点における地質図	2.29
2.4	サバ州における年平均降雨量	2.30
2.5	パダス流域における雨量及び流量測定所	2.31
2.6	スークダムの可能最大洪水	2.32
2.7	土取場及び原石山の位置図	2.33
3.1	SEB 組織図 (1985年10月)	3.69
3.2	発電所位置図	3.70
3.3	西海岸地域のピーク電力需要	3.71
3.4	サバ州のピーク電力需要	3.72
3.5	系統に連結されたサバ州のピーク電力需要	3.73
3.6	西海岸地域の所要電力量	3.74
3.7	電力需要予測の流れ図	3.75
4.1	テノムパンギ発電所 (増設分) の最適規模	4.22
4.2	スークダムと発電所の最適規模	4.23
4.3	貯水池運転結果	4.24
4.4	月毎発生電力 (シミュレーション結果)	4.25
5.1	ダム軸候補地点	5.20
5.2	ダムタイプ代替案	5.21
5.3	ダムタイプ代替案	5.22
5.4	S-M-B 法及びサビリー法による吹き上げ高さ	5.23
5.5	浸透流解析	5.23
5.6	常時の安定解析結果	5.24
5.7	地震時の安定解析結果	5.25
5.8	仮排水トンネルの径	5.26
5.9	サージング・カーブ (スーク)	5.27
5.10	サージング・カーブ (テノムパンギ増設分)	5.28
5.11	スーク発電所・単線結線図	5.29

6.1	スークサイトにおける仮施設	6.22
6.2	テノムバンギサイトにおける仮施設	6.23
6.3	スークダムプロジェクトの建設工程	6.24
6.4	テノムバンギ増設プロジェクトの建設工程	6.26
8.1	スーク川流域の土地利用の現況	8.25

添 付

A-2.1	環境庁により1984年に選定されたパダス川流域の水質分析用試料採取地点（8地点）の位置図	A-15
A-2.2	環境庁により1984年に実施された水質分析	A-16
A-2.3	JICA調査団により1985年に行なわれた水質分析用試料採取地点（4地点）の位置図	A-19
A-3.1	混合サイクル発電機の発電単価	A-25
A-3.2	電力需要の増加傾向（コタキナバル-1）	A-35
A-3.3	電力需要の増加傾向（コタキナバル-2）	A-36
A-3.4	電力需要の傾向（コタキナバル）	A-37
A-3.5	コタキナバルの日負荷曲線 1985年 5月 9日（木）	A-38
A-3.6	電力需要の増加傾向（ラブワン-1）	A-39
A-3.7	電力需要の増加傾向（ラブワン-2）	A-40
A-3.8	電力需要の傾向（ラブワン）	A-41
A-3.9	電力需要の増加傾向（ケニンガウ-1）	A-42
A-3.10	電力需要の増加傾向（ケニンガウ-2）	A-43
A-3.11	電力需要の傾向（ケニンガウ）	A-44
A-3.12	電力需要の増加傾向（クダット-1）	A-45
A-3.13	電力需要の増加傾向（クダット-2）	A-46
A-3.14	電力需要の傾向（クダット）	A-47
A-3.15	テノムの日負荷曲線 1985年12月16日（日）	A-48
A-3.16	電力需要の増加傾向（テノム-1）	A-49
A-3.17	電力需要の増加傾向（テノム-2）	A-50
A-3.18	電力需要の傾向（テノム）	A-51
A-3.19	電力需要の増加傾向（ポーフォート-1）	A-52
A-3.20	電力需要の増加傾向（ポーフォート-2）	A-53
A-3.21	電力需要の傾向（ポーフォート）	A-54
A-3.22	電力需要の増加傾向（コタブルド-1）	A-55
A-3.23	電力需要の増加傾向（コタブルド-2）	A-56

A-3.24	電力需要の傾向 (コタブルド)	A-57
A-3.25	電力需要の増加傾向 (サンダカン-1)	A-59
A-3.26	電力需要の増加傾向 (サンダカン-2)	A-60A
-3.27	電力需要の傾向 (サンダカン)	A-61
A-3.28	電力需要の増加傾向 (タワウ-1)	A-62
A-3.29	電力需要の増加傾向 (タワウ-2)	A-63
A-3.30	電力需要の傾向 (タワウ)	A-64
A-3.31	電力需要の増加傾向 (ラハドダトウ-1)	A-65
A-3.32	電力需要の増加傾向 (ラハドダトウ-2)	A-66
A-3.33	電力需要の傾向 (ラハドダトウ)	A-67
A-3.34	電力需要の増加傾向 (スンボルナ-1)	A-68
A-3.35	電力需要の増加傾向 (スンボルナ-2)	A-69
A-3.36	電力需要の傾向 (スンボルナ)	A-70
A-3.37	週負荷曲線 (1985年 5月 6日-5月12日, コタキナバル)	A-71
A-3.38	スークサイト; 付替道路	A-73
A-8.1	移住候補地	A-160

添付図面目次

<u>図面番号</u>	<u>タイトル</u>	頁
1	位置図	B-1
2	テノムパンギ 第三期工事位置図	B-2
3	スークダム 一般配置図	B-3
4	スークダム 貯水池	B-4
5	スークダム 一般平面図	B-5
6	スークダム 主ダム側面図, 標準断面図, 詳細図	B-6
7	スークダム 洪水吐平面図, 側面図, 断面図	B-7
8	スークダム 仮排水路トンネル平面図, 側面図, 断面図	B-8
9	スークダム バルブ操作室平面図, 側面図, 断面図	B-9
10	スークダム 水路系統断図, 断面図	B-10
11	スークダム 取水口平面図, 側面図, 断面図	B-11
12	スークダム 導水路, 調圧水路, 水圧鉄管路, 発電所平面図	B-12
13	スークダム 発電所平面図	B-13
14	スークダム 発電所縦断図, 横断図	B-14
15	スークダム サドルダム平面図, 側面図, 断面図	B-15
16	テノムパンギ 一般配置図	B-16
17	テノムパンギ 取水口一般平面図	B-17
18	テノムパンギ 取水口平面図, 側面図	B-18
19	テノムパンギ 調圧水槽, 水圧鉄管路, 発電所, 一般平面図	B-19
20	テノムパンギ 水圧鉄管路側面図	B-20
21	テノムパンギ 発電所一般平面図	B-21
22	テノムパンギ 発電所平面図(1)	B-22
23	テノムパンギ 発電所平面図(2)	B-23
24	テノムパンギ 発電所縦断図	B-24
25	テノムパンギ 発電所横断図	B-25

略 語 ・ 単 位

(1) マレーシア国内組織

D I D (J P T) : 排水灌漑局
D O A (J P) : 農業局
E P U : 経済企画局
M M S : マレーシア気象サービス
S E B (L L S) : サバ州電力庁
S E D C : 州経済開発公社
S (E) P U : 州(経済)企画局

(2) 国際組織

J I C A : 国際協力事業団(日本)

(3) 計測・貨幣単位

長 さ

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
ft : フィート

電 力

v : ボルト
kW : キロワット
MW : メガワット
kWh, kW時 : キロワット時
MWh, MW時 : メガワット時

面 積

ha : ヘクタール
km² : 平方キロメートル

貨 幣

M\$: マレーシアドル
M¢ : マレーシアセント
US\$: 米国ドル
US¢ : 米国セント

体 積

l : リットル
m³ : 立法メートル
cft : 立法フィート

¥ : 日本円

重量

kg : キログラム
ton : トン (メートル法)

その他

% : パーセント
° : 度
' : 分
" : 秒

時間

sec.s : 秒
min : 分
hr : 時間
yr : 年
SST : サバ標準時

$m^3 / sec.$, m^3 / s : 立法メートル/秒
cusec : 立法フィート/秒

(4) 経済・財務

EIRR : 経済的内部収益率
FIRR : 財務的内部収益率
FC : 外貨
LC : 内貨
GDP : 国内総生産
GRDP : 地域総生産
OMR : 運転, 維持管理, 交換
L.S. : 一括払い

(5) その他

EL : 標高
NHWL : 常時満水位
HWL : 満水位
LWL : 低水位

第1章 序 論

1. 1 プロジェクトの背景

スーク貯水池プロジェクト、即ちテノムパンギ第Ⅲ期水力発電開発プロジェクトは、パダス川水力発電プロジェクトのフィージビリティ報告書¹⁾の中で、初めて提案された。この報告書では、渇水期のパダス川の流量を増大させ、1984年に完成し運転を開始したテノムパンギ発電所に於ける発生電力の安定化が計画されている。また、スークのダムサイトに於ける水力発電も計画されている。

1983年、マレーシア政府は日本政府に対しスーク貯水池プロジェクト、即ちテノムパンギ第Ⅲ期プロジェクトのフィージビリティ調査の実施を要請した。この要請に応え、日本政府は当プロジェクトへの技術援助の実施を決定し、国際協力事業団(JICA)にフィージビリティ調査を実施するよう指示した。

1984年10月27日、マレーシア政府総理府経済企画庁(Economic Planning Unit、EPU)とJICAの間で、テノムパンギ第Ⅲ期水力発電開発プロジェクト(スーク貯水池)に関するフィージビリティ調査の業務範囲が合意され、JICAの調査団がサバ州電力庁(Sabah Electricity Board、SEB)の技術者と協力して、1985年3月中旬から1986年9月中旬までの約18ヶ月間で、業務を実施することが確約された。

調査を開始するにあたり、JICAは1985年3月、予備調査のために6名から成る調査団を現地に派遣し、予備調査段階の調査ならびに検討結果をまとめて、「調査基本計画書(インセプションレポート)」²⁾を作成した。1985年6月、JICAはプロジェクトの置かれた状況・必要性、電力市場の現況、プロジェクトの立案ならびに地上測量、地質調査、水文調査、環境調査等の詳細な現地調査を実施するために、

1) : 「パダス川水力発電開発に関するフィージビリティ報告書(アジア開発銀行)」

日本工営, 1974年 2月

2) : 「テノム・パンギ第Ⅲ期水力発電開発プロジェクト(スーク貯水池)に関するフィージビリティ調査のためのインセプションレポート」

JICA, 1985年 5月

大村精一氏を団長とする14名の調査団を現地に再派遣した。現地調査およびそのとりまとめは全て、1985年11月に無事終了した。

1. 2 プロジェクトの必要性和問題点

サバの電力需要は急激に増加し、1971年から1985年までの過去14年間の年平均増加率は約14%となっている。1984年のピーク負荷は120MW、売電量は562GWhに達した。電力需要の増加、今後の人口増加、経済発展等のこれまでの傾向に基づいて、サバ州電力庁(SEB)は、サバ全州について、1990年におけるピーク電力需要を250MW、消費電力量を1,300GWh、2000年におけるピーク電力需要を600MW、消費電力量を3,200GWhと予測している。このうち近い将来一つの送配電網に接続されることになっている州都コタキナバル周辺の西海岸地域において、1990年のピーク電力需要は130MW、消費電力量は700GWh、2000年にはピーク電力需要は300MW、消費電力量は1,600GWhに達すると見込まれている。

これまで、SEBは100kWから1,000kWのディーゼル発電機と15,000kW級のガスタービン発電機を設置して電力を消費者に供給してきた。しかしながら、化石燃料エネルギー依存を脱却し国内水力エネルギーを活用するというマレーシア政府のエネルギー政策に沿って、SEBは発電設備能力66MWのテノムパンギ水力発電所を建設した。テノムパンギ水力発電所は主として地形的理由により、流れ込み式発電所として設計されているため、約50MWのバックアップ用発電設備を必要としている。

豊富な包蔵水力を利用して、サバ州の急増する電力需要を満たすために、SEBはスーク貯水池の建設促進を決定した。これにより既設テノムパンギ発電所の発電力の安定化と発電設備の増強を計ろうとしている。

1. 3 調査の目的

1984年10月27日、マレーシア政府と国際協力事業団(JICA)との間に於いて合意された「テノムパンギ第Ⅲ期水力発電開発プロジェクト(スーク貯水池)に関するフィージビリティ調査の業務範囲」によれば、調査の目的は次のように要約される。

「調査目的は、最適な開発計画を立案しプロジェクトの技術的、経済的、財務的フィージビリティを評価をすることである。本調査では、運転中のテノムパンギ水力プロジェクトとの密接な関係に十分な配慮を払うものとする。」

1. 4 調査の範囲

マレーシア政府とJICAとの間で合意された「業務範囲」によると、詳細な業務範囲は以下の通りである。

次の3段階の調査を18ヶ月の期間内に実施する。

- 1) 予備調査
- 2) 詳細な現地調査
- 3) フィージビリティ設計

以下に各段階の詳細な業務範囲を記述する。

1) 予備調査

- (1) 社会的、財務的、経済的背景ならびに電力に関する現地調査。

社会的、財務的、経済的条件および既存の電力施設、電力需要予測、電源開発計画に関する調査ならびに資料収集。

- (2) レイアウトの比較検討

既存の地形図と資料に基づいて、これまでの開発計画および代替計画を比較検討。

- (3) 現地踏査

- (a) 代替候補地を含むプロジェクト地点の現地踏査

(b) 発電所地点、開閉所および採石場、ならびに貯水池を含むダム地点の地形・地質に関する地表踏査

(c) 輸送計画に関する調査

(d) 水文観測所の設置（降雨観測所、水位観測所および流量観測所の設置）

(4) 予備的現地調査

(a) 地形測量

代替案を含めた主要構造物の予定地および貯水池地域の地形測量

(b) 現地地質調査

候補地の比較検討のために必要な予備的現地地質調査、地震探査、ボーリングおよび透水試験

(c) 水文観測所の設置

水文観測計器の設置および連続的観測体制の確立

(5) 最適地点の選定および詳細な現地調査計画の作成

(a) 開発地点の選定

数ヶ所の比較地点のレイアウトの予備的検討を実施する。次いで、予備的レイアウト設計に基づいて、各々の地点の建設費を見積る。技術的、経済的、社会的および環境的見地から候補地の中から最適地点を選定する。

(b) 詳細な現地調査実施計画の作成

選定された地点に関する詳細な現地調査実施計画を作成する。これには、地形測量、地震探査、ボーリングおよび現場試験と室内試験を含む。

2) 詳細な現地調査

予備調査の結果に基づいて、以下の調査を実施する。

(1) 地形測量

測量杭とベンチマークの設置ならびにダム、余水吐、導水路、発電所、放水路、開閉所および採石場の予定地点の地表測量

(2) 地震探査

ダム、余水吐、導水路、発電所および採石場の予定地点の地震探査

- (3) ボーリング
ダム、余水吐、導水路、発電所、放水路および採石場の最適開発地点におけるボーリングならびに透水試験
 - (4) トレンチ掘削
ダム、余水吐、および採石場の予定地点でのトレンチ掘削と土質材料あるいはロック材の採取による地質調査
 - (5) テストピットの掘削
河床材料やコンクリート骨材採取予定地で必要ならテストピットを掘削し、資料を採取
 - (6) 流量観測
設置した流量観測所に於いて、流量および流出土砂の観測
 - (7) 現場試験と室内試験
堤体材料の力学試験、土質試験、コンクリート骨材試験、基礎岩盤の力学試験および水質試験
 - (8) 電力市場調査
 - (a) 電力システムの現況と将来計画の検討ならびに分析
 - (b) 将来の工業化計画に関する情報収集
 - (c) 電力消費の伸び、電力需要の予測、電力消費パターンの特徴等に関する情報の検討ならびに分析
 - (9) 変電所ならびに発電所から最寄りの変電所までの送電線の調査
 - (10) 社会的、経済的問題の調査
 - (11) 洪水量、濁水量および流出土砂等に関する水文気象調査
 - (12) 道路および輸送条件の調査
 - (13) 貯水池水没地域内の家屋、道路、土地および諸権利の調査ならびに補償に対する提言
- 3) フィージビリティ設計
- 詳細な現地調査の結果に基づいて、以下の検討を行なう。

(1) 最適発電計画の検討

- (a) 発電計画および発電所の最適運用に関する検討
- (b) 発電所の主要永久構造物の配置および地点の比較検討
- (c) サバ州電力庁（SEB）の発電設備・送電線拡張計画と整合性のとれたプロジェクトの実施時期、段階的開発等

(2) 地質・材料調査

- (a) 貯水池区域を含めたダム地点およびその他の主要構造物の予定地点の地質調査
- (b) 採石場と土取場に関し可能な採取量を概算するための調査

(3) フィージビリティ設計

設計業務には主要な土木構造物、鋼構造物、電気機械設備、仮設備、送電線ルートおよび送電線構造物の全てを含む。

(4) 工事費の積算

プロジェクトの工事費は内貨および外貨別に見積る。各年度ごとの支出予算表を作成する。

(5) 工程表を用いて、プロジェクトの建設計画を作成する。

(6) プロジェクトの経済分析および財務分析

発電のための経済分析を行なう。経済分析は投下資本費用と運転・維持費の算定、代替発電設備の検討と経済分析、国家経済からみたプロジェクト分析、費用・便益分析、経済的内部収益率の計算および感度分析を含む。財務分析には財務的投下資本、キャッシュフロー、および財務的内部収益率の計算を含む。

第2章 プロジェクト地域

2. 1 位置、地域及び地形

マレーシアは13州から成る連邦国家である。孤状にひろがった国土は、南シナ海により2つの主要部分に分断されている。その相対的位置により、マレー半島側を西マレーシア、ボルネオ島側を東マレーシアと呼んでいる。

サバはマレーシアの13州の一つであり、ボルネオ島の北部を占める。サバ州南部はブルネイ、サラワク、カリマンタン、及びインドネシア地域と境界を接している。長さ約1440kmの海岸線は西から東にかけて南シナ海に、東部はスルー海とセレベス海に洗われている。サバ州の総面積は76,115km²であり、西マレーシアの半分をわずかに越える。

サバ州の州都はコタキナバルである。これは西海岸側にあり、マニラの南方、約1,000km、シンガポールの北東1,600km、香港の南方、約1,900kmに位置している。

サバ州には沖積平野と湿地性の海岸平野ならびに深い熱帯雨林から成る山岳地域があり、多数の河川と肥沃な流域平野が交差している。高さ1,000から2,000mの頂きを持つ中央山脈が横たわり、その中で最も高い山脈がクロッカー山脈である。その最高峰であるキナバル山は4,101m、すなわち13,455フィートで東南アジア最高を誇る。

多数の河川がサバ州全域を流れ、しばしば輸送及び通信手段として利用され、地域にとって重要な役割を果たしている。流れは急で、クロッカー山脈の斜面から南シナ海へ注ぐ。東海岸地域最長の川はキナバタンガン川であり、パダス川は西海岸地域最長の川である。

パダス川流域はキナバタンガン川流域に次ぐサバ州で2番目に大きな流域で、サバ州の南西端に位置している。パダス川の流域面積は9,180km²で、サバ州全域の10.6%を占める。河川の総延長は、パダス川沿いに約195km、ペガラン川沿いに約175kmである。パダス川流域は下記に示す通り、3つの主要支流域と2つの区域から構成されている。

1) パダス支流域

2) ペガラン支流域

- 3) スーク支流域
- 4) テノム峡谷部
- 5) 沿岸氾濫原

これらの主要諸元を表2. 1に示す。

表2. 1 パダス川流域

支流域/区域	河川の長さ (km)	流域面積 (km ²)	流域幅 (km)	全流域に占める比率 (%)
1. パダス	120	3,670	55	40
2. ベガラン	100	2,295	40	25
3. スーク	100	1,835	40	20
4. テノム峡谷	40	645	20	7
5. 沿岸氾濫原	35	735	35	8
合計	(195) ^{1/}	9,180	-	100

スーク川はベガラン川最大の支流の一つで、ケニンガウの町から約3km下流で本流のベガラン川と合流する。スーク川は全長70km、流域面積は1,835km²である。河川勾配はそれほど急峻でなく、1/300から1/500である。

スークダムサイトはベガラン川との合流点からスーク川の上流約3km地点に位置し、ここではスーク川が北北東と南南西の走向を持つ第三紀の岩層から成る丘陵を貫ぬき、狭い峡谷を形成している。スークダムサイトの流域面積は1,705km²である。ダムサイトの川床幅は約30mで、基盤岩は河道に沿って露出している。峡谷兩岸の土被りは10~15mであると確認されており、高さ60~70mのダムにより総貯水容量400~600×10⁶m³を有する貯水池を効率的に造ることができる。

既設のテノムパンギプロジェクトはコタキナバルの南方約100kmにあり、パダス川本流のテノム峡谷上流部に位置している。それは取水堰、長さ約5kmの導水路トンネル、及び66MWの発電所から構成されている。テノム峡谷は平均川床勾配約1/100の一連の早瀬を形成し、最初の16kmまでで約170mの落差を利用できる。テノムパンギ発電所はテノム峡谷の最上流部で約75mの落差を利用している。

サバ州とパダス川流域の位置は本報告書の冒頭に掲載した位置図に示す通りである。スークダムサイトと貯水池周辺地域は図2. 1に示してある。

^{1/} : パダス+テノム峡谷+沿岸氾濫原

2. 2 地 質

2. 2. 1 パダス流域の地質

ペガラン、スーク、ダリット、及びブンチ川の支流域を含むパダス川流域は、西から東へクロッカー山脈、ツルスマディ山脈及びウィッティ山脈の山岳地帯を含み、北北東の方向に拡がり、南シナ海側の海岸へと開けている。テノム、ケニンガウ、及びスークの山間平野はツルスマディ山脈とウィッティ山脈の間に位置する。

この地域の基盤岩は、主として北ボルネオ地向斜の第三紀始新世から中新世の堆積岩累層からなり、クロッカー累層、テンプロング累層、及びツルスマディ累層に属する。これらの累層の上に、テノム、ケニンガウ及びスークの段丘平野を形成する第四紀の段丘堆積層が重なっている。これらの地質単位の特性は下記の通りである。

1) ツルスマディ累層

ツルスマディ累層は図2. 2に示すようにプロジェクト地域の東部に分布している。これは、わずかに変成した暗青灰色の泥岩、頁岩、泥質岩それに砂岩、シルト岩、石灰岩礫をもつ礫岩から成っており珪岩が層の一部を形成している。始新世又は初期始新世の本累層は、おそらく断層系を西端にもつ隆起地塊であり、Collenette (1967)によれば、航空写真で識別できるとしているが、現地で追跡することはできない。ツルスマディ累層周囲の地層との層序関係はまだ不明である。ツルスマディ累層はツルスマディ山の東側の断層によりクロッカー層と分離されている。

2) クロッカー累層

クロッカー累層は図2. 2に示すように、プロジェクト地域、及びその周辺に広範囲に分布し、東側はウィッティ断層とキナヤ断層と境界を接している。この累層は主として始新世から中新世の砂質フリッシュ型の堆積岩から成り、塊状で、やや成層した灰色の粘土基質に富む砂岩、シルト岩、雑色の泥岩、頁岩及びまれに礫岩と石灰岩を含んでいる。

本累層は、サバ州の他の多くの場所で見られるように強く褶曲している。地層は一般的に急傾斜しており、その一般的な走向は北又は北北東の向きを持つクロッカー山脈の方位と一致している。航空写真では、走向断層が幾つか認められる。

3) テンブロング累層

テンブロング累層は図2. 2に示す通りプロジェクト地域の西に分布している。この累層はやや石灰質の外洋性頁岩から成る平均的中間層を頻繁に含む極めて均質なフリッシュ型の泥質堆積岩から主に構成されている。

シルト岩と頁岩の周期的な繰返しを特徴とする泥質岩系の岩がこの層に発達している。塊状頁岩がこの層の大部分を形成しており、所々石灰岩から成るレンズ状中間層が見られる。

この層の年令はおそらく漸新世から後期中新世と考えられ、少なくともクロッカー層の上部層位と一致する。

4) 第四紀堆積層

洪積と沖積両方の第四紀段丘がテノム、ケニンガウ及びスークの主要山間平野に発達している。段丘は、礫、砂、シルト及び粘土から成っている。谷底を埋める河川沖積層及び有機物を含むデルタの粘土質土壌は現世堆積物である。

2. 2. 2 プロジェクト地域の一般地質

1) 基盤岩

プロジェクト地域の地質は図2. 3に示す通りである。この地域の基盤岩は始新世から中新世のクロッカー累層の砂質堆積岩から成り、砂岩と頁岩の互層を典型的特徴とする。まれに薄い礫岩層をはさんでいる。砂岩はさまざまな粒径の角張った岩屑を含み、十分に結合しており、硬質である。頁岩も十分に結合しているが、層理が極めて脆い。

スークダムサイトと原石山サイトの基盤岩は主に砂岩から構成され、外見的には堅く塊状をなしているが、しばしばほぼ垂直の開いた割れ目がある。方解石脈が時折りこれ

らの垂直な割れ目を埋めていることから、これらの割れ目ができてから相当長期間が経過したものと思われる。ダムサイト付近の左右両岸斜面は、このような割れ目のためか、クリープして斜面の下方に岩塊が散在している所がある。

スークダムサイトは、上流と下流の平坦部、又は穏かに起伏した地山と対比して、比較的高い起伏の地形に位置している。しかしながら表面の浸蝕は、地表面をおおう激しい風化の産物である残留土から成る厚い層を除去するほど十分に強くないと見え、この層は斜面の上部で更に厚くなっている。川床の露出部の分布はほとんどスーク川とその支流の川床付近に限定されている。新鮮で硬い砂岩の連続的な露出部がスーク川岸と川床で見られる。河床の堆積物の厚さはダムサイト周辺では非常に薄いのが、上下流の地形が平坦な地域ではかなり厚いように思われる。

プロジェクト地域のクロッカー累層の走向は $N30^{\circ}E$ で、本地域に広がる山脈の方向とほぼ一致している。傾斜は東又は西へ $25^{\circ} \sim 80^{\circ}$ を示している。傾斜角度は西へ行くほど急になっている。本地区の南西端付近では他地域と異なり、走向 $N50^{\circ} \sim 80^{\circ}E$ で $11^{\circ} \sim 17^{\circ}$ 南東へ傾斜している。これは、褶曲及び（又は）断層によるものと見られる。

2) 第四紀堆積層

ケニンガウとスークの山間平野では、主にクロッカー累層の砂岩から成る基盤岩が第四紀堆積層でおおわれている。この堆積層はスーク平野では4段、ケニンガウ平野では2段の段丘を形成している。サドルダムはこれらの段丘上に計画されている。次に第四紀堆積層の特徴を述べる。

(1) スーク平野

— 海拔 $310m \sim 350m$ の高位段丘は、図2. 3に示す通り、プロジェクト地域の東部に広範に、また北部には限定的に分布している。段丘平野は激しい浸食により、かなり起伏の急な地形と化している。砂質粘土を主体とした層厚は平均 $5m$ 程度であるが、その変化は大きい。砂礫層が中位と底部にはさまり、中位の礫層は厚さ $数十cm$ から $1m$ 、底部のそれは $数十cm$ 以下である。成分の礫は主に直径約 $2cm$ の珪岩から成る。

- 海拔260m~315mの中位段丘は、図 2.3に示す通り、広範で平坦な地域を形成している。段丘堆積層は60mよりも厚く、4つのほぼ水平な地質層に区分される。すなわち、薄い頂部土壌の下から順番に、石英粒を含む厚さ50~60cmのシルト層、珪質の粒子に富む厚さ5mのシルトと粘土の層、直径2cm~5cmの砂岩と珪岩の丸い礫を含む厚さ20mの砂礫層及び深さ60mまでの細粒から中粒の砂とシルト層粘土層である。砂とシルト質粘土から成る最下層は下に行くに従って細かくなり、灰色から暗灰色に変わるのに対し、上部の他の地層は茶色である。地震屈折法による物理探査によれば、これらの第四紀地層は、サドルダムの軸の中間部で厚さ180mであり、下に横たわる基盤岩に開折された大きな古代の峡谷を埋めている。
- 海拔260m~280mの低位段丘は、ピア川沿いの低地に相当広範囲に及んでおり、粗い砂、石英質の粒を高率に含有するシルトと粘土、及び直径約5cmの風化した礫を組む砂礫層の中間層から構成されている。細粒を高比率に含む部分は水分含有率が高く、極めて粘着性がある。
- 氾濫原はスーク川本流沿いと、支流の合流点周辺に発達している。氾濫原の堆積層の大部分は、大きさ5cm以下の丸い礫を含むシルトである。
小規模の崖錐堆積層はどこにでも見られるが、大規模なものはスーク川とピア川の合流点の近傍に見られる。後者は中位段丘の崩壊の産物であり、選別の不十分な微細な成分と粗い成分の混合物である。

(2) ケニンガウ平野

- 海拔250m~290mの高位段丘はペガラン川とスーク川の合流点付近と山脈の西側山麓の丘に位置している。堆積層は小石程度の大きさの丸い、又はほぼ丸い礫を大量に含む砂、シルト及び粘土である。礫はわずかに風化されているが、なかにはかなり風化されているものもある。
- 海拔240m~250mの中位段丘は図2. 3に示す通り、ペガラン川とスーク川沿いの広大な地域に及んでいる。比較的新鮮な丸い、又はほぼ丸い小石程度の大きさの礫が、粗い砂、シルト及び粘土内に含まれている。細粒分の多いものは高い含水率を示し、極めて粘着性がある。

- 氾濫原はスーク川沿いに分布し、砂質シルトの間に厚い小石程度の大きさの礫層をはさんでいる。
- 崖錐堆積層は本地区内に広がる山脈の西側山麓の丘に見られる。崖錐堆積層の源は、高位段丘又は更に高位の段丘堆積層や基盤の砂岩などの崩壊による堆積物である。堆積層はこれらの起源物質が不規則に混合したものである。

2. 2. 3 貯水池域の地質

ダムでせき止めるスーク貯水池は、ケニンガウ平野の南縁からツルスマディ山脈の西側面までの地域に及ぶことになる。貯水池域は北西、西、南、東からクロッカー層のなだらかな丘陵地山に取囲まれている。貯水池域周辺の基盤岩はかなり風化している。貯水池地域の北西縁に地すべりが見とめられ、地すべり面は風化した岩石層の下面ないしはその内部に位置しているようである。湛水した貯水池周辺に地すべりが生じたとしても、湖岸の斜面がゆるやかなため、動きも緩慢で貯水池とダムの構造物に危険な影響が出るとは考えられない。しかしながら、詳細設計段階に於いて、これらの地すべりに対する何らかの対策が必要かどうか再検討する必要がある。

スーク平野とケニンガウ平野との間には、貯水池の北側に位置する低い分水界があり、長い副ダムが必要である。ここはスーク平野の中位段丘で厚さ80m以上の第四紀更新世堆積層により成っている。基岩面はその深い堆積層の下に位置しているため、必然的に副ダムはまだ圧密が完了していない第四紀堆積層上に建設しなければならない。貯水池からの地下浸透水を制御するためブランケット工法又はグラウト工法の適用が必要であろう。

中位段丘堆積層は貯水池域の東部から中央部に広範に発達し、残りの西部は氾濫原堆積層で占められている。

2. 2. 4 スークダムサイトの地質

スークダムサイトは貯水池域北西の丘陵区域に位置し、ここではスーク川が水平位置から右岸約30度、左岸15度～25度のかなりの急傾斜の狭い峡谷をきざみながら北西方向に流下している。

基盤岩は主として薄い頁岩層を1 mから数mの間隔ではさんだクロッカー累層の砂岩から構成されている。走向は、N-SからN30° W、傾斜は35° NEで、左岸の斜面とほぼ平行である。

基盤岩は地表面下50m以上の深部まで多少攪乱されており、おそらく褶曲による塑性変形のためと思われる。砂岩層の大部分は割れやすく、頁岩層のほとんどは破碎され、薄片かつ粘土状になっている。特に地表面下深さ30mまでのゾーンは割れ目が発達しており、透水性が高い。30mよりも深いゾーンはそれほど割れ目が生じておらず、比較的透水性も低い。

基盤岩のクリープは、左岸は成層面に沿って生じており、右岸は相当急斜面上に生じたようである。地すべり面は左岸の深さ数m内に認められるが、基盤岩は明らかに弛緩し、風化が激しく地表面下約15mの厚さにわたり透水性が高い。

2. 2. 5 断 層

地形のリニエーションは、貯水池域の西部を通過して、南西から北東、又は南南西から北北東の方向に追跡できる。断層線を表示するものと推測できるリニエーションがサドルダムサイトを横断し、標高が異なる2つの段丘面に接する斜面の一部に沿って走っている。

該当のリニエーションは後にSEBを通してマレーシア地質調査部により指摘されたが、衛星画像による主要地質構造リニエーションは長さ約7km、方位NE-SWである。

段丘面の標高差が断層によるものであるならば、断層はまだ活動しているとみなされる。2つの段丘面間の斜面のトレンチ掘削により、表面下に砂礫層の垂直な境界が露呈した。しかしながらこれは、流水により侵食された後、引続き沖積（又は崩積）層によっておおわれた段丘堆積層の側面であると解釈できる。標高の異なる段丘斜面は約1kmの長さにわたり前述のリニエーションに合致し、北部で西側に逸脱する。

リニエーションと交差するサドルダムの軸上での物理探査結果では、大規模な断層の存在を示唆する実質的な擾乱も低速域も検出されなかった。

地震調査の結果によると、これまでの地震はほとんどがマグニチュード6以下で震源地はダムサイトから100km以上の距離に散在していることが明らかとなった。記録された震源地はダムサイトから200km以上離れたボルネオの東海岸から北スラウェシまでの地域に密集しており、これらの地震もダムサイトに振動をもたらすが、プロジェクト地域を含むサバ及びサラワク、カリマンタンの主要部では1897年以来、ごく少数の地震源が記録されているにすぎない。前述のリニエーションと関連する震源地は発見されなかった。

更に、リニエーションを追跡できるが10km以上に及ぶことはなく、地震活動域の地質構造リニエーションほどの重要性はないようである。

結局、以上の調査ではこのリニエーションが活断層を示すものであるとの解釈を証明できなかったし、活断層と見なす証拠も発見されなかった。リニエーションは過去の地殻変動によって生じた断層線であると想定され、その地質的な問題は貯水池からの地下浸透水の通路となる点のみである。

基礎地盤に大規模な擾乱を検出しなかった地震屈折法による物理探査の結果が示唆するように、断層が地殻構造的に意味があるものならば、地質構造的見地からはおそらく、さほど重大な地盤の乱れはないものと思われる。断層が横切っているサドルダムサイトの問題点は、まだよく締っていない段丘堆積層からの地下浸透水を遮断することであろう。ダム軸から貯水池地域内数10mまでアースブランケットを敷設して浸透水の遮断を実施するならば、断層線からの浸透水の遮断にも効果的である。

詳細設計段階に於いて、地質構造的検討のために、詳細な現地踏査、表土の除去、及び深部傾斜コアボーリング等を実施して、更にこの断層を調査することが推奨される。

2. 2. 6 地 震

1897年～1984年までの期間にダムサイトから500km以内の地域に発生した地震データから、再現期間100年の最大確率ピーク加速度を求め、これをもとに地震に対する疑似静的法の設計地震加速度係数を計算すると0.12gとなる。

2. 3 水文気象

2. 3. 1 気 候

サバの気候は、一年中湿潤な日が継続することを特徴とする熱帯雨林気候である。北東風は通常11月に吹始め、3月まで続き、5月から8月までは南西風が支配的である。サバ西海岸の雨季は時期的には通常、南西風の季節と一致し、東海岸では北東風の季節に降雨が多い。しかしながら、島国であるため、この気候は場所により若干変化する。

海岸ベルト地帯には強い降雨があり、年間2000~3000mmを記録する。パダス川が流下するクロッカー山脈東の広大な内陸平野は、西側の山脈により南西風から、更に平野と東海岸の間の山岳性後背地により北東風から保護され、サバで最も乾燥した地域の一つとなっている。この地域の年間平均降雨量は1500mm~2000mmである。月間降雨量は100mm ~200mm であるが、降雨分布の季節的パターンは明確ではない。年平均降雨量の地域的分布は図2. 4に示す通りである。

サバは台風襲来区域外にあるが、強風を伴う激しい暴風雨が頻発する。過去10年間で記録された最大風速は、コタキナバルで秒速23m、サンダカンで秒速19mである。

サバの気温は全般的に年間を通じて一定しており、日中約29.5℃、夜間約22℃である。気温は標高が高くなるにつれて低下し、高い山岳地域では夜間約10℃まで低下する。相対湿度は通常高い。

パダス流域は北東風と南西風の支配下にあり海洋性赤道気候を特徴とする。日平均温度は海岸氾濫原の30℃から、その他の内陸地域の26℃及び山岳地域の20℃以下の範囲に及ぶ。相対湿度は約80%で年間を通じて一様に高いが、乾季に、殊に内陸地域では全般的に低くなる。

2. 3. 2 降 雨

パダス流域には、アピンアピン、ケマボング、ケニンガウ、スーク、タンブナンに5台の自動記録式雨量計を、アピンアピン、ケニンガウ、メララップ、サボンエステ

ート、スムスロン、タンブナン、テノム、ツリッド、ウルトマニに9台の非自動記録式雨量計を設置した。今回の現地調査期間中、3台の自動記録式雨量計の追加設置場所としてツリッド、ボノー、カラムパンを、2台の非自動記録式雨量計の追加設置場所としてボノーとカラムパンを選定した。上記の設置場所については図2. 5に示す。入手できた降雨記録は、下記の通りである。

自動記録式雨量計 (日記録)

アピンアピン	1966	-	現在
ケマボング	1965	-	現在
ケニンガウ	1968	-	現在
スーク	1965	-	現在
タンブナン	1966	-	現在

非自動記録式雨量計 (日記録)

アピンアピン	1961-1967
ケニンガウ	1918-1944、1950-現在
メララップ	1952-現在
サボンエステート	1924-1927、1930-1939、1952-現在
SNSロン	1965-現在
タンブナン	1918-1927、1930-1940、 1950-1968
テノム	1921、1924-1927、1930-1939、 1952-現在
ツリッド	1953-現在
ウルトマニ	1964-現在

パダス川流域の年間平均降雨量は、1856mm (1960-1984)である。月別の変動は 123mmから190mm までとわずかで、ほとんど全ての月に降雨がある。選定した11の雨量計設置場所の年間降雨量とパダス川流域の月別降雨量を各々表2. 2と2. 3に示す。

表2.2 年間降雨量

年	(単位: mm)										
	サボン	ケムバボン	メララップ	ケニンガウ	ツリッド	テノム	タンブナン	アピンアピン	スーク	ピア	ババワン
	5059002	4959001	5361001	5364001	5159001	5683001	5460001	5163002	5261001	5261001	5164001
1960	1,510	-	1,547	1,523	2,605	1,824	1,824	-	-	-	-
1961	1,496	-	1,424	1,424	1,753	1,514	1,398	1,891	-	-	-
1962	1,896	-	2,020	2,104	1,502	2,025	1,995	3,458	-	-	-
1963	1,640	-	1,549	1,496	1,728	1,549	1,841	2,786	-	-	-
1964	1,671	-	1,640	1,896	1,365	2,108	1,528	2,350	-	-	-
1965	1,700	427*	1,744	1,697	1,764	1,773	1,386	1,578	2,009	-	-
1966	1,621	1,538*	1,330	1,444	2,173*	1,834	-	2,592	1,853	-	-
1967	1,161	1,298*	1,309	1,475	1,920	1,396	-	1,416*	1,422*	1,083	-
1968	1,660	1,704	1,649	1,889	1,911	-	1,778*	1,027*	2,227	2,013	-
1969	1,643	1,145*	1,360	1,480	1,759	1,152	1,321*	1,150*	1,544*	1,454	-
1970	2,024	1,876*	1,718	1,683	1,960*	1,958	1,981*	311*	2,000*	1,431*	2,086*
1971	1,966	1,652*	1,940	-	2,195*	1,959	1,606*	-	1,818*	-	2,323*
1972	1,126	1,270*	1,237	1,280*	1,782*	1,322	1,511	-	1,641*	1,171*	3,343
1973	2,389*	1,365*	1,690	1,532*	1,985*	2,817	1,520*	1,357*	1,113*	1,449*	1,718*
1974	1,920	1,663*	2,052	1,551*	2,707	-	2,200*	1,580	1,200*	1,979	2,133
1975	2,334	1,821	1,719	1,761	2,138	1,803	2,111	1,730	998*	1,623*	2,625
1976	1,540	1,571*	1,296	1,185*	1,507	1,830	1,049*	1,302*	1,771*	1,634*	1,172*
1977	1,611*	1,644*	1,298*	1,740*	2,234	1,371	1,930*	1,203*	1,144*	2,204	1,492
1978	1,095*	321*	-	1,290	2,014	1,128	263*	1,615	1,318*	1,583	1,986
1979	1,718*	1,618*	-	1,843	2,016	1,995	1,840*	2,260	1,369*	1,819	2,511
1980	922*	1,544*	984*	1,518*	2,390	1,486	796*	878*	1,619*	1,368*	2,585
1981	-	1,480*	1,428*	1,872	2,166	-	-	1,633	1,839*	864*	2,391
1982	-	1,305	892	1,130	1,622	-	-	1,180*	1,583*	-	1,580*
1983	-	1,558	1,121	1,463	1,863*	-	-	1,655	1,739*	-	952
1984	-	354*	-	1,660	-	-	-	2,251	-	-	1,262*
Mean1]	1,630	1,585	1,539	1,638	1,963	1,700	1,702	2,199	2,030	1,842	2,363
Mean2]	1,635	1,353	1,497	1,581	1,961	1,700	1,498	1,719	1,499	1,549	2,009

注: *印はデータ欠損を示す。

1]: *印以外の1960年~1984年のデータの平均値

2]: *印を含めた1960年~1984年のデータの平均値

表2. 3 月別降雨量

(1960-1984/パダス川流域)

(単位: mm)

月	降 雨
1	150
2	123
3	136
4	143
5	190
6	151
7	136
8	140
9	170
10	172
11	179
12	166
合計	1,856

2. 3. 3 流 量

水位観測と流量測定は、1968年以来、パダス川の本流のテノムラマ、パダス川のケマボング、ペガラン川のアンシップ、スーク川のピアの四ヶ所に於いて実施されて来た。更に、テノムフェリー、ケニンガウ、スークに流量観測所が設置されている。サバ州排水灌漑局がこれらの流量観測所の維持・管理をしている。

テノムラマとピアで記録された月別流量は各々、表2. 4と表2. 5の記載通りである。テノムラマの平均流量は $210\text{m}^3/\text{s}$ 、ピアの平均流量は $29.4\text{m}^3/\text{s}$ である。これらは各々年間流出降雨量、858mmと551mmに一致する。平均流出係数は、パダス川流域については、テノムラマでは約0.47、スーク川流域についてはピアで0.29と低い。

表2.4 テノムラマでのパダス川の月平均流量 (5159401)

(単位: m³/s)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
1969	99	79	123	91	153	176	201	117	107	181	226	205	147
1970	278	82	75	224	397	336	177	246	206	282	274	235	234
1971	160	451	249	93	152	111	33	363	212	187	371	218	225
1972	354	226	172	218	229	119	40	79	201	251	198	183	189
1973	28	15	35	212	216	152	187	119	625	218	390	281	205
1974	150	447	200	230	197	197	205	157	226	345	195	206	230
1975	385	95	181	135	290	193	211	136	341	102	202	341	216
1976	473	203	183	171	196	89	94	140	71	174	289	132	185
1977	228	371	298	406	388	354	274	21	55	213	258	480	287
1978	107	61	52	55	195	199	265	61	120	109	315	153	141
1979	55	63	179	84	245	107	321	118	269	374	553	458	236
1980	270	169	93	171	221	212	140	215	67	150	314	422	204
1981	895	233	77	112	108	137	110	140	117	182	405	225	228
1982	153	217	71	160	268	205	85	80	56	154	117	198	147
1983	73	39	11	6	20	61	171	332	326	148	364	439	166
1984	510	356	274	492	443	321	260	123	266	372	187	365	331
平均	263	194	142	179	232	186	172	159	204	215	291	290	210
データ数	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12

表2. 5 ピアでのスーク川の月平均流量 (5261402)

(単位: m^3/s)

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
1968	10.6	9.1	12.7	28.2	36.3	21.2	16.8	11.7	27.0	34.0	19.0	10.4	19.8
1969	10.2	5.5	8.8	8.9	15.6	25.7	25.3	14.4	11.3	24.2	17.7	28.2	16.3
1970	17.1	6.7	6.7	10.6	64.2	51.1	35.5	37.5	18.8	39.7	32.5	39.7	30.0
1971	11.1	85.0	40.6	10.5	7.4	9.4	2.7	37.2	25.1	12.0	58.9	47.5	29.0
1972	28.4	24.3	28.3	41.2	31.9	23.2	4.0	7.4	17.4	33.7	25.8	41.8	25.6
1973	2.7	0.4	1.1	6.9	14.8	12.5	13.8	12.0	120.0	57.4	74.8	45.0	30.1
1974	28.5	49.0	32.9	10.3	60.7	22.1	34.1	17.9	47.9	44.1	25.7	36.1	34.1
1975	63.1	15.3	15.9	15.3	64.9	43.8	21.2	17.1	44.3	27.4	25.7	39.0	32.8
1976	39.4	32.4	25.4	14.1	28.7	14.4	8.1	9.8	6.6	21.3	38.5	11.7	20.9
1977	21.6	46.0	39.6	28.1	31.0	50.4	58.7	11.5	4.8	20.7	31.1	61.0	33.7
1978	12.8	12.5	4.7	13.2	16.3	23.3	26.6	6.4	6.6	2.7	24.1	15.8	13.8
1979	5.6	4.0	16.0	4.7	17.8	53.9	40.6	11.1	46.3	32.5	79.5	28.0	28.3
1980	33.3	23.7	32.4	35.6	35.7	34.4	11.3	21.3	4.9	8.2	31.7	61.5	27.8
1981	195.0	24.9	4.2	8.9	29.5	21.2	12.7	5.6	10.1	17.2	54.3	30.6	34.5
1982	21.6	9.7	5.7	8.7	39.1	19.0	7.3	8.3	8.1	18.2	22.3	45.4	17.8
1983	7.5	5.0	3.0	1.4	3.3	8.1	22.1	49.0	58.0	15.3	72.5	89.4	27.9
1984	137.9	81.7	54.2	89.3	121.5	156.1	59.8	23.6	48.0	63.6	24.1	67.0	77.2
平均	38.0	25.6	19.5	19.8	36.4	34.7	23.6	17.8	29.7	27.8	38.7	41.1	29.4
データ数	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	12

スーク川流域の低い流出係数は主として、流域中央部にスーク平野が位置し、その他の地域にも低い丘陵が連続するという地形的特徴によるものと思われる。

2. 3. 4 洪水流量

1968年から1984年までの17年間のスーク川の洪水データをピア流量観測所で入手できる。本観測所に於ける年間最大洪水量を表2. 6に記載する。既応最大洪水量 $410 \text{ m}^3/\text{s}$ は1981年 1月14日に記録されている。

表2. 6 ピアに於けるスーク川の年間最大洪水流量

年度	日付	ピーク流量 (m^3/s)
1968	3月31日	141
1969	3月31日	115
1970	5月27日	124
1971	2月13日	217
1972	6月17日	165
1973	9月28日	296
1974	9月26日	236
1975	1月13日	221
1976	11月 3日	161
1977	3月 1日	213
1978	12月14日	104
1979	11月 2日	198
1980	12月 4日	153
1981	1月14日	410
1982	12月21日	139
1983	11月14日	340
1984	1月26日	320

スーク川のピアに於ける各再現期間の確率洪水量をログピアソン式Ⅲ法で求め、表2.7に記載してある。既応最大洪水量 $410\text{m}^3/\text{s}$ は、約30年間の再現期間に一致する。

表2.7 ピアに於けるスーク川の確率洪水量

再現期間 (年)	ピーク洪水流量 (m^3/s)
5	269
10	327
50	468
100	535
200	605

予想しうる洪水に対するダムの安全性を検討するために、スークダムの可能最大洪水 (PMF) を求める。PMFは図2.6の表示通り、ピーク流量 $1,940\text{m}^3/\text{s}$ 、10日間の総流量 $560 \times 10^6 \text{m}^3$ を有する。このPMFはユニットグラフを使用して可能最大降雨 (PMP) を洪水流量に変換して求められる。

スーク流域全体のPMPは、スーク流域とその周辺で観測された暴風雨記録を最大化して求める。PMPは、1時間雨量で35mm、24時間で91mm、及び7日間で411mmである。スーク川流域で記録したハイドログラフに基づいてユニットグラフを作成する。保留損失を $1.5\text{mm}/\text{時}$ と仮定するが、流域全体が以前の降雨により飽和状態にあると仮定し、降雨の初期損失は無視する。

2.3.5 流 砂

1970年から1982年にかけて、バダス川の4ヶ所で、約40回にわたり、浮流砂の採取を行ない、分析をした。

分析の結果、スーク川のピアにおいて、浮流砂は $350\text{ton}/\text{day}$ ($270\text{m}^3/\text{day}$) と判明した。掃流砂の割合を、浮流砂の20%とし、貯水池の捕捉率を100%として、スーク貯水池の流入土砂を $170\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ と見積った。これは、年間侵食深 0.17mm に相当する。

2. 4 社会経済

2. 4. 1 サバの面積と人口

サバ州の総面積は76,155km²である。これはマレーシア全土の22.4%を占める。サバ州の人口はマレーシア全体の人口よりも急速な増加率を記録している。1970年と1980年の国民人口調査によれば、10年間のサバ州の人口増加率は年4.46%を示しているのに対し、全マレーシアでは2.8%である。第4次マレーシア計画(1981-1985)によれば、同期間のサバ州の人口増加率は年4.46%、全マレーシアは2.5%と概算されている。今後の人口増加率に関しては、サバ州経済企画局(SEPU)は下記の通り若干漸減するものと予測している。

年	人口増加率(%)
1985-1990	3.51
1991-1995	3.16
1996-2000	2.84

1980-1985年の人口増加率、年3.5%と1980年の人口1,011,046人に基づくと、サバ州の人口は1985年に1,140,000人、2000年までには大体1,200,000人に到達するものと概算される。サバ州の面積と人口を表2.8に示す。

2. 4. 2 パダス川流域の面積と人口

パダス川流域はポーフォート、シピタン、テノム、ケニンガウ、タンブナン、クラベンユの行政区に及んでいる。流域内には、州都コタキナバルから約50~150km、車で1~3時間の距離にある中心地ポーフォート、テノム、ケニンガウ、タンブナンを含んでいる。流域の人口は1980年に100,400人、平方キロメートルあたりの人口密度は10.9人であった。

1980年のパダス川流域の面積、人口、及び人口密度は、表2.9の記載通りである。

表2. 8 サバ州の面積と人口

市と町	面積	1970年	1980年
<u>内陸地区</u>	<u>18,298</u>	<u>121,036</u>	<u>151,173</u>
ケニンガウ	3,574	26,341	41,204
テノム	2,409	23,542	16,353
ポーフォート	1,735	31,684	36,403
シピタング	2,732	10,061	12,076
クアラベンユ	453	11,681	12,565
タンブナン	1,347	11,956	14,204
ナバワン/ベンシアンガン	6,048	5,771	8,369
<u>ラブアン地区</u>	<u>91</u>	<u>17,189</u>	<u>26,413</u>
<u>西海岸地区</u>	<u>7,589</u>	<u>220,830</u>	<u>309,369</u>
コタキナバル	350	60,746	108,725
コタブルド	1,386	35,935	45,503
ラナウ	2,978	22,674	28,047
トアラン	1,166	40,688	48,374
ペナンパンダ	466	26,502	37,998
パパール	1,243	34,285	40,722
<u>クダット地区</u>	<u>4,623</u>	<u>66,257</u>	<u>82,066</u>
クダット	-	-	38,392
ピタス	-	-	16,520
コタマルド	-	-	27,147
<u>サンダカン地区</u>	<u>28,205</u>	<u>113,791</u>	<u>168,996</u>
サンダカン	2,266	72,828	113,496

キナバタンガン	17,594	14,177	25,434
ラブック/スグト	8,345	26,786	30,066
<u>タワウ地区</u>	<u>14,905</u>	<u>114,161</u>	<u>217,695</u>
タワウ	6,164	60,189	113,708
スンボルナ	1,165	29,290	52,215
ラハドダトウ	7,576	24,682	51,772
クナウ			
合 計	73,711	653,264	955,712
(全マレーシア)	329,294	10,439,400	13,745,200

表2. 9 パダス川流域の面積、人口、人口密度

(1980年)

地 区	面 積	人 口	人口密度 (人/km ²)
1. ボーフォート	650	13,600	20.9
2. シピタング	2,150	9,000	4.4
3. テノム	2,300	25,200	11.0
4. ケニンガウ	2,880	33,200	11.5
5. タンプナン	840	8,900	10.6
6. クアラベンユ	360	10,000	27.8
合 計	9,180	100,400	10.9

2. 4. 3 パダス川流域の土地利用

合計約 920,000haにのぼるパダス川流域の土地利用の現況は、丘陵性森林が主で約 740,000haを占め、農地は約50,000haを占めている。農地は水田等が約10,000ha、果樹園が約40,000haである。更に、都市と関連地域が約1,000ha、残りが湿地、その他、約 130,000haとなっている。

1970年以来、かなり広い面積の原生林が林業、及び焼畑農業のため伐採されている。現在の主要な林業の中心地はウィッティ山脈の流域南部とシピタン東部のクロッカー山脈南端部である。多年生果樹と一年生作物の作付面積の割合が実質的に増加しつつある。流域の土地利用の現況については、表 2.10 に示す通りである。

表 2. 10 パダス川流域の土地利用現況 ¹⁾

土地利用	面積 (ha)	比率 (%)
都市と関連地域	700	0.1
農地	46,000	5.0
— 一年生作物耕作地	(10,000)	(1.1)
— 果樹園	(36,000)	(3.9)
丘陵性森林	739,000	80.5
湿地と湿地を含む森林	42,000	4.6
その他	90,300	9.8
合 計	918,000	100.0

2. 4. 4 国内総生産 (GDP) と地域総生産 (GRDP)

マレーシアの国民経済は、1982年以降、若干鈍化したと言われるが、近年かなり良好な成長を続けて来た。1975年から1985年までの10年間の年平均成長率は約 7.5%である。1975年度の国内総生産、17,365,000,000M\$は、1985年に35,869,000,000M\$に増加するものと概算される。

第4次マレーシア計画の中間調査結果によれば、1人当りのGDPは1983年度2,119.0M\$、及び1985年度は2,299.6M\$である。

年度毎の産業別GDPは表2. 11に示す通りである。

1) : 「サバの農作物作付面積-1979年」マレーシア、サバ州、ジャバタンペルタニアン作成
「全国水資源調査-マレーシア」JICA作成、1982年
「サバの土地利用 (1/250,000)」LRD, UK作成、1970年コタキナバル及び西海岸地域

表2. 11 産業別GDP (マレーシア)

(単位：1970年価格で 10^6 M\$)

年度	農林業等	鉱業・砕石業	製造業	建設業	サービス業	GDP
1975	4.804	792	2.850	654	8.265	17.865
1980	6.252	1.171	4.874	1.209	12.719	26.225
1981	6.516	1.148	5.115	1.391	13.922	28.092
1982	6.926	1.220	5.299	1.541	14.567	29.553
1983	6.922	1.398	5.659	1.685	15.778	31.442
1984	7.157	1.638	6.185	1.825	16.822	33.627
1985	7.429	1.718	6.760	1.944	18.018	35.869

サバ州の地域総生産は、1975年の1,283,000,000M\$ から1985年度の 2,563,000,000 M\$まで増加すると見積られる。1975年～1985年までの10年間は年平均約 7.2%の成長率で増加してきた。この数値は、国民平均の年約 7.5%よりもわずかに小さい。サバ州の産業別年間GRDPは表2. 12の記載通りである。

表2. 12 産業別GRDP (サバ州)

(単位：1970年価格で 10^6 M\$)

年度	農林業等	鉱業・砕石業	製造業	建設業	サービス業	GRDP
1975	649	28	35	59	512	1.283
1978	847	181	58	78	647	1.811
1980	729	157	61	93	665	1.705
1983	900	224	64	141	848	2.177
1985	1.021	286	74	180	1.002	2.563

2. 5 輸送と遠隔通信

パダス流域の道路網は、ケニンガウとテノムを經由してタンブナンとトマニを結ぶ幹線道路が中心となっている。現在、当道路の大部分は舗装されているが、まだ未舗装の部分もある。支道がケニンガウから東側のナバワンに、またスーク川流域の小集落へと延びている。テノムやケニンガウの内陸部にある町からタンブナンを經由してコタキナバル近辺のペナンパンに、またケニンガウーキマニス道路を經由してコタキナバル南方のパバル近辺へ直接道路が通じている。海岸地帯への第3の間接ルートが、ラナウとクンダサンを經由してコタキナバルの北、タムパルリに至っている。このルートはまたパダス盆地と東海岸低地及びサンダカンを結んでいる。

テノム峡谷に沿ってテノムとポーフォート間には単線の鉄道があり、内陸地域への輸送に利用されている。この鉄道はポーフォートとパバルを經由してコタキナバルに接続している。またケニンガウには小さな滑走路があり、2日毎にコタキナバルとの間の航空便が就航している。

スークダムサイトと発電所用地、及びこれらの周辺にはかつて車の通行できる道路がなかった。しかし、現在では森林を拓きスークダムサイトへ通じる道が左岸沿いに付けられている。この新しい道路はスーク川の上流から既設の農村道路を3～4 kmほど延長したものである。サドルダムサイトへは車の通行可能な道路が2本ある。

本流域内の主要な町には遠隔通信設備があり、有線電話とマイクロウェイにより、州都コタキナバルと結ばれている。

2. 6 建設材料

現地踏査によると、ダムの建設材料やコンクリート骨材は主要構造物近傍のプロジェクト地域内に広範に分布している。

地形的、地質的条件並びに主ダムサイトとサドルダムサイトまでの輸送距離を考慮に入れて、現地踏査を基に詳細な調査を実施するため、土取場と原石山の場所を選定した。材料の特性並びに採取可能量を明確にするため、選定した土取場及び原石山

候補地での材料調査を行い、材料調査で入手したサンプルを用いて室内試験を実施した。選定した土取場と原石山の場所は、図2. 7に示す通りである。

これらの土取場と原石山で、15のテストピットの掘削、3本のコアボーリング、及び3ヶ所での露頭から試料の採取を実施して、室内試験用のサンプルを収集した。

材料調査と室内試験の結果は下記のように要約される。

2. 6. 1 主ダム用不透水コア材

1) 不透水コア材の調査地域は土取場Aと原石山を含む主ダムサイトの上流域に及んでいる。ボーリング機械を川沿いに主ダムサイトに輸送するため、左岸に仮設道路が建設された。仮設道路建設の際の掘削の結果、不透水コア材に使用できる材料が道路沿いに露出した。これらの材料も室内試験を実施するため試料を採取した。

2) 収集した材料は、土取場Aの段丘堆積物、原石山地域の基盤岩上に存する段丘堆積物を含むかなり風化した砂岩と頁岩、及び仮設道路近傍のもともと砂岩であった残留土から成っている。

この地域の材料は不透水性の細粒土で、最大粒径は2~20mmであり、0.075mm以下の粒子が80%以上を占めている。これらは、統一土質分類法によると、シルト質粘土(CL)あるいは粘土(CH)に分類される。

3) 土取場Aの材料は、その特性と十分な量が採取可能だという点から、主ダムの不透水コア材として適切であるといえる。

一方、原石山周辺及び仮設道路沿いにおいて採取した材料も、不透水コア材として適当であり、土取場Aと比較して、輸送距離が短いため更に有利である。

2. 6. 2 副ダムの堤体材料

- 1) 土取場Bは、主ダムサイトからおよそ6km上流の貯水池最北部に位置している。当初副ダム用の堤体材料は土取場Bから採取するよう提案された。

本地域の材料は段丘堆積物であり、副ダムの軸に沿って広範に分布している。これらは不透水性の細粒土で、最大粒径は2mm、0.075mm以下の粒子を平均して約70%含有している。統一土質分類法によれば、シルト質粘土又は粘土（CL、CH）に属する。

- 2) 材料調査と室内試験の結果から、土取場Bの材料は副ダム堤体材料として利用でき、十分な量が採取可能である。
- 3) しかしながら、副ダムの基礎の地質調査によると、副ダムサイトの周辺地域では不透水性の表層下に厚い砂礫層が存在している。そのため、ダム基礎の不透水性に有害な影響を及ぼさないよう、実際の土取場は貯水池地域の外側を選定すべきである。
- 4) 堤体材料用に選定された段丘堆積物は副ダムサイトの周辺に広範に分布しているため、貯水池地域の外側で新しい土取場を選定することは困難ではない。しかしながら、副ダム用の土取場を最終的に選定するには更に調査と室内試験を実施する必要がある。

2. 6. 3 フィルター材

- 1) フィルター材及びコンクリート骨材の採取予定地として土取場Cを選定した。土取場Cはスーク川との合流点から約1.5~5km上流のペガラン川に位置している。
- 2) 本地域は河川堆積物によって占められている。下流地域に堆積した材料は、全地層とも砂礫層であるのに対し、上流地域の材料は細粒砂と砂礫層から成っている。

砂礫材の最大粒径は100mmであり、5mm以下の砂を約23%含有している。材料の粒度は比較的粗い。このためフィルター材に使用するには、粒度の調整がいくぶんか必要となろう。材料の量に関しては問題はない。

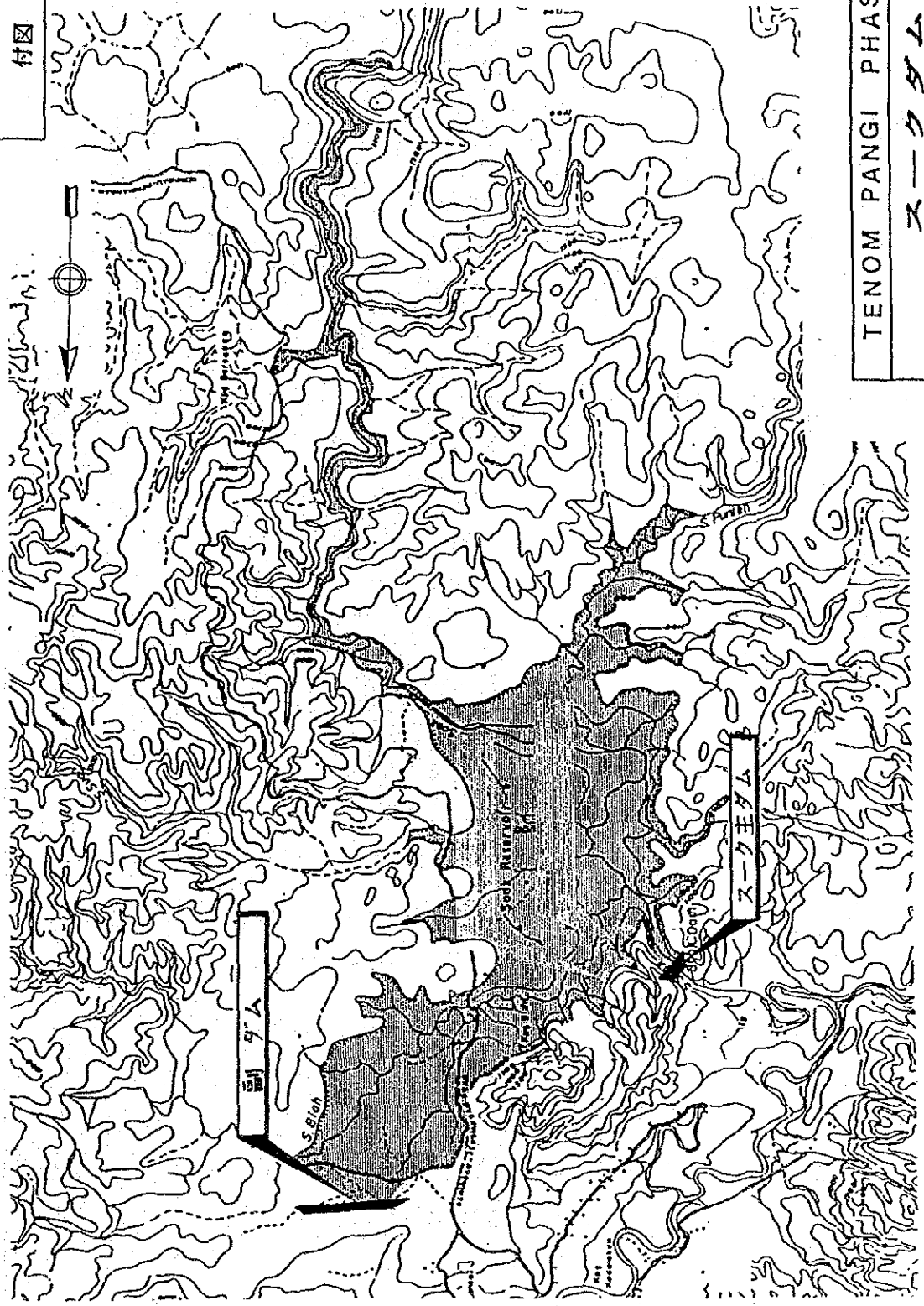
2. 6. 4 ロック材

- 1) ロック材用に提案された原石山はダムサイトから約1～2km北に位置している。選定した原石山は、上層部の薄い段丘堆積物を除いて、頁岩と砂岩から成っており、砂岩が主である。
- 2) コアボーリングの結果によると、原石山の基盤岩には極度に風化した層が存する。しかしながら、試錐孔№Q85-3 周辺の砂岩はロック堤体材に適している。砂岩の採取可能量を確認するため、さらに追加コアボーリングの実施が望まれる。

2. 6. 5 コンクリート骨材

河川堆積物から成る土取場Cの材料は、シルト粒子を含有するけれども、コンクリート骨材に適している。しかし細骨材に適する材料はさほど含まれていないため、コンクリート骨材生産のための砕石及びふるい分け設備が必要となろう。ロック材用原石山の新鮮な材料もコンクリート骨材に使用できる。

付図 : 2.1



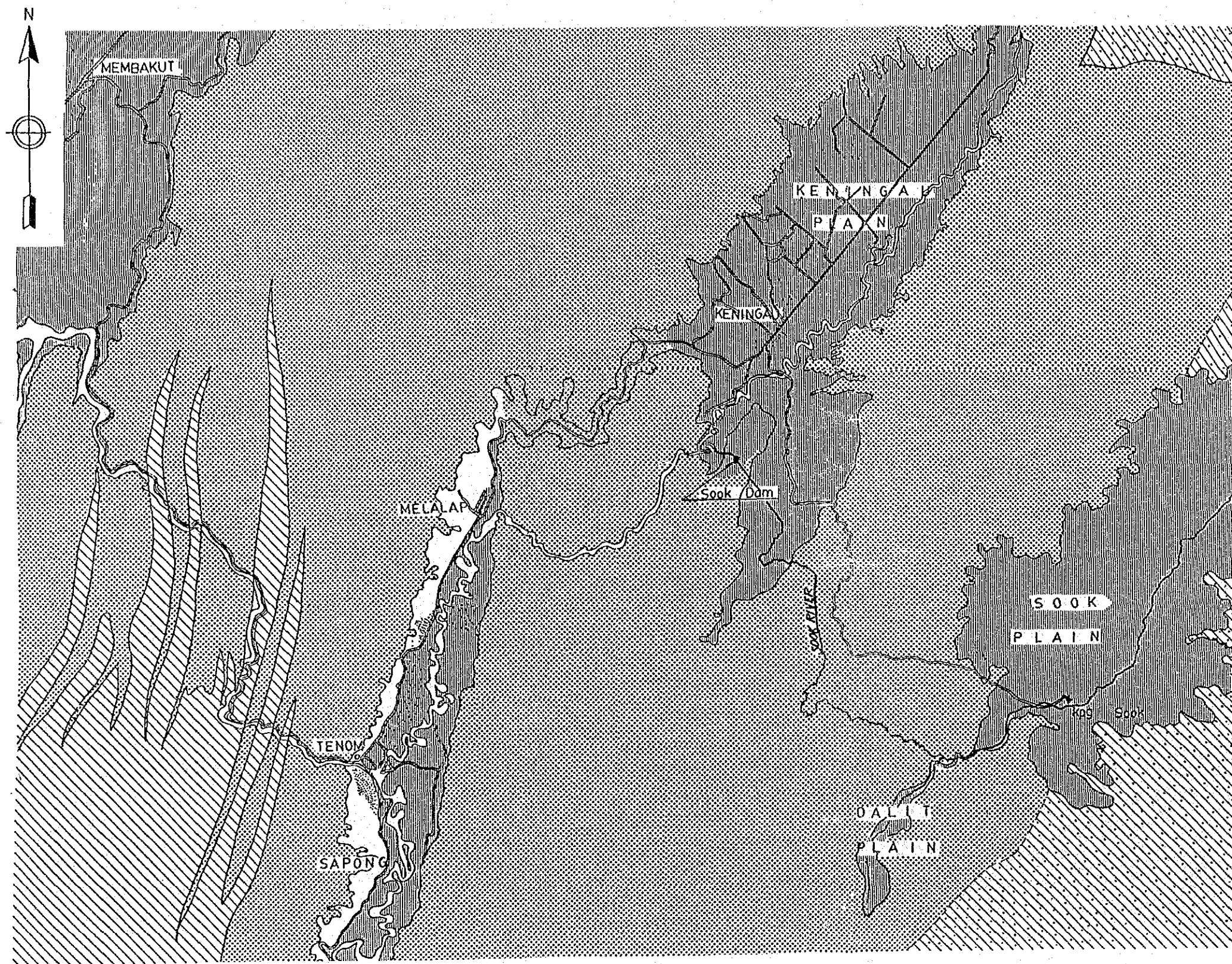
TENOM PANGI PHASE III

スークダム






貯水池周辺地域

SEB / JICA

SCALE 5 Km
(1 : 100,000)



LEGEND

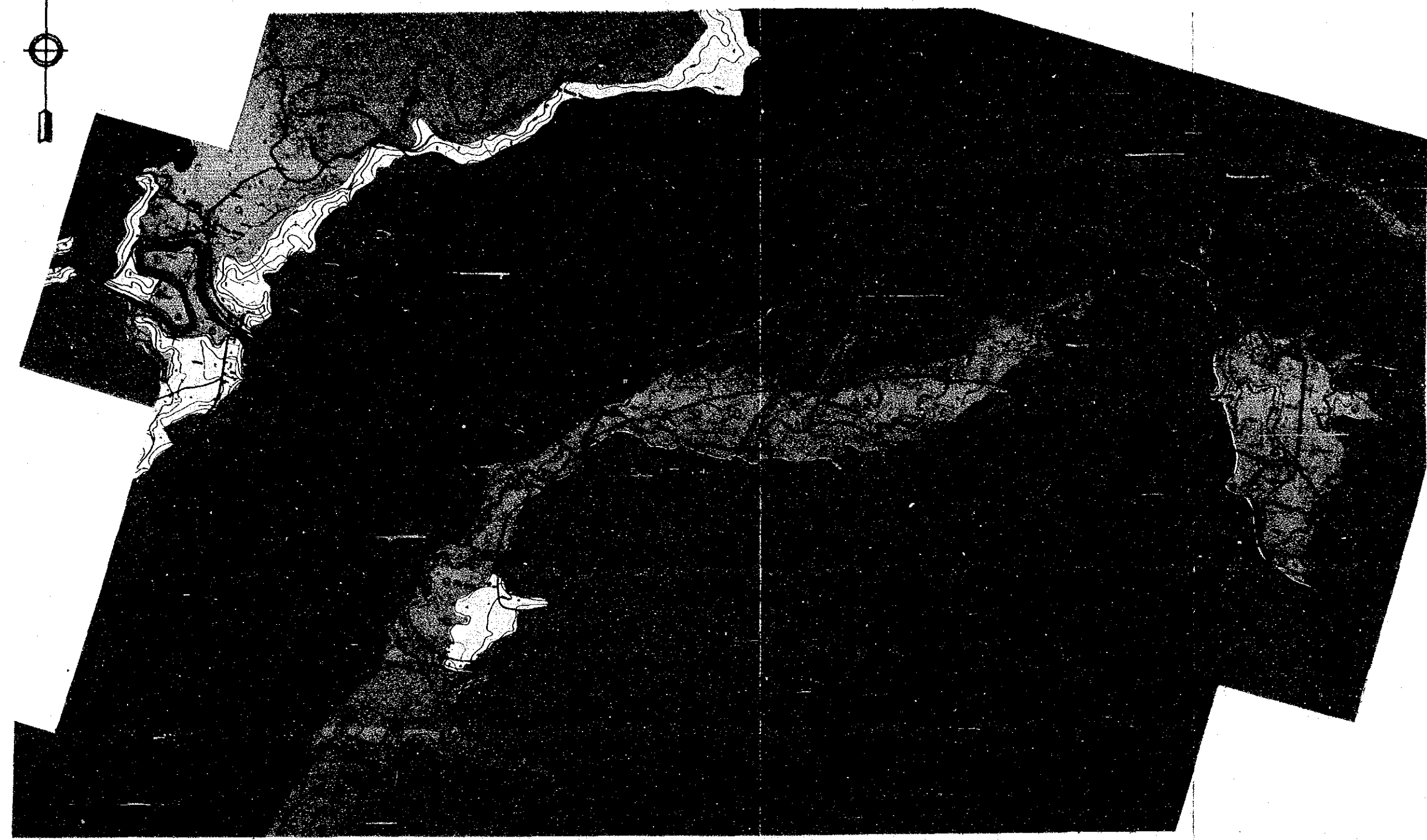
-  RIVER & FLOOD PLAIN DEPOSIT
-  TERRACE DEPOSIT
-  CROCKER FORMATION
-  TRUSMAD FORMATION
-  TEMBURONG FORMATION

SCALE 0 10 km
(250,000)

TENOM PANGI PHASE III




パダス川流域の地質図



SEB / JICA



SCALE 0 1 1.5 km
(1 : 30,000)

LEGEND

-  FLOOD PLAIN (HOLOCENE)
-  LOWER TERRACE PLAIN (PLEISTOCENE)
-  MIDDLE TERRACE PLAIN (PLEISTOCENE)

-  HIGHER TERRACE PLAIN (PLEISTOCENE)
-  BEDROCK (CROCKER FORMATION OF EOCENE TO MIOCENE)

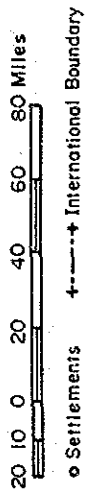
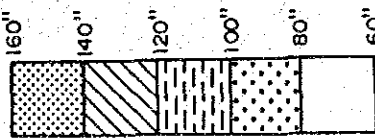
TENOM PANGI PHASE III

プロジェクト地点における地質図

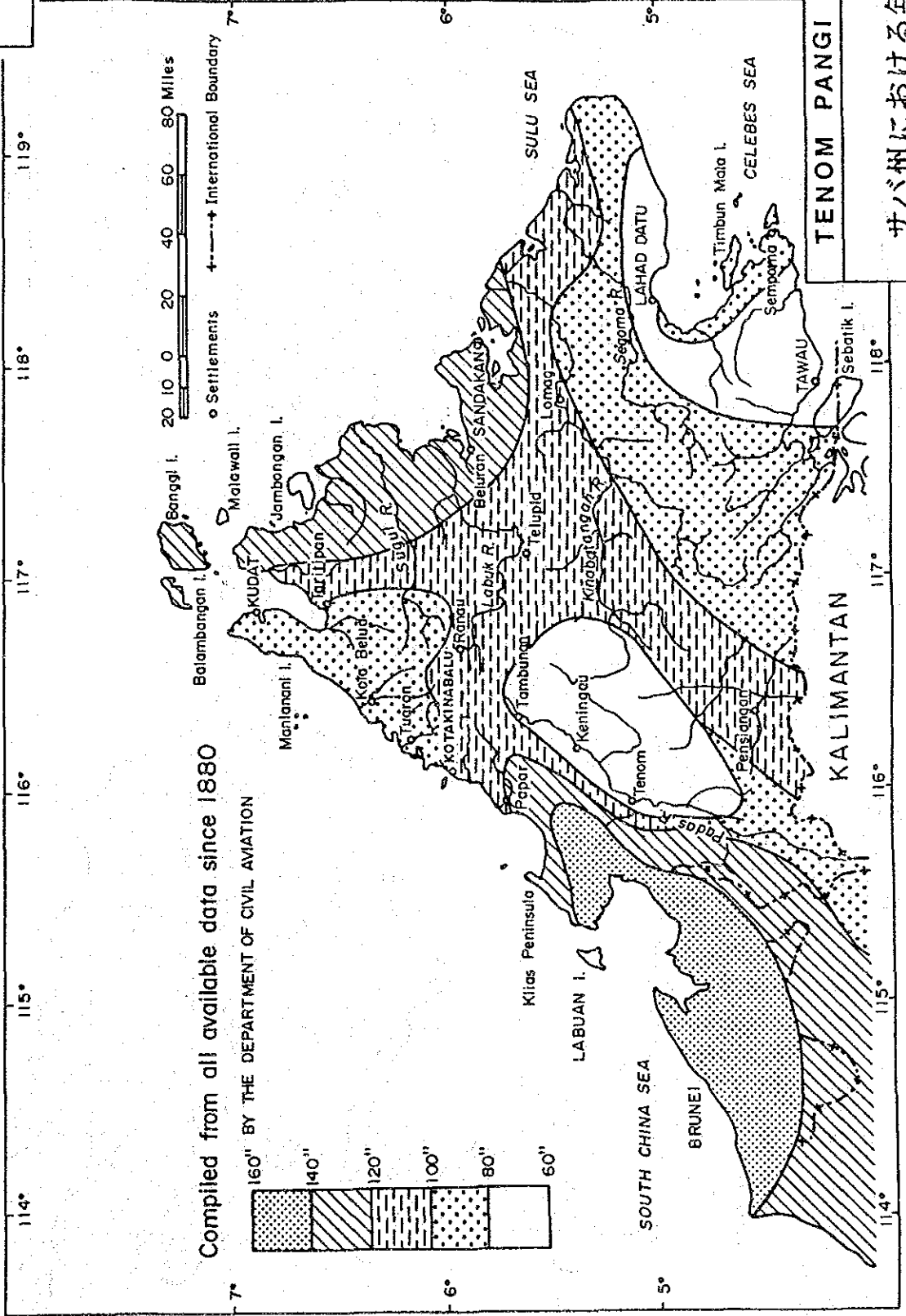
SEB / JICA

Compiled from all available data since 1880

160" BY THE DEPARTMENT OF CIVIL AVIATION



○ Settlements +---+ International Boundary

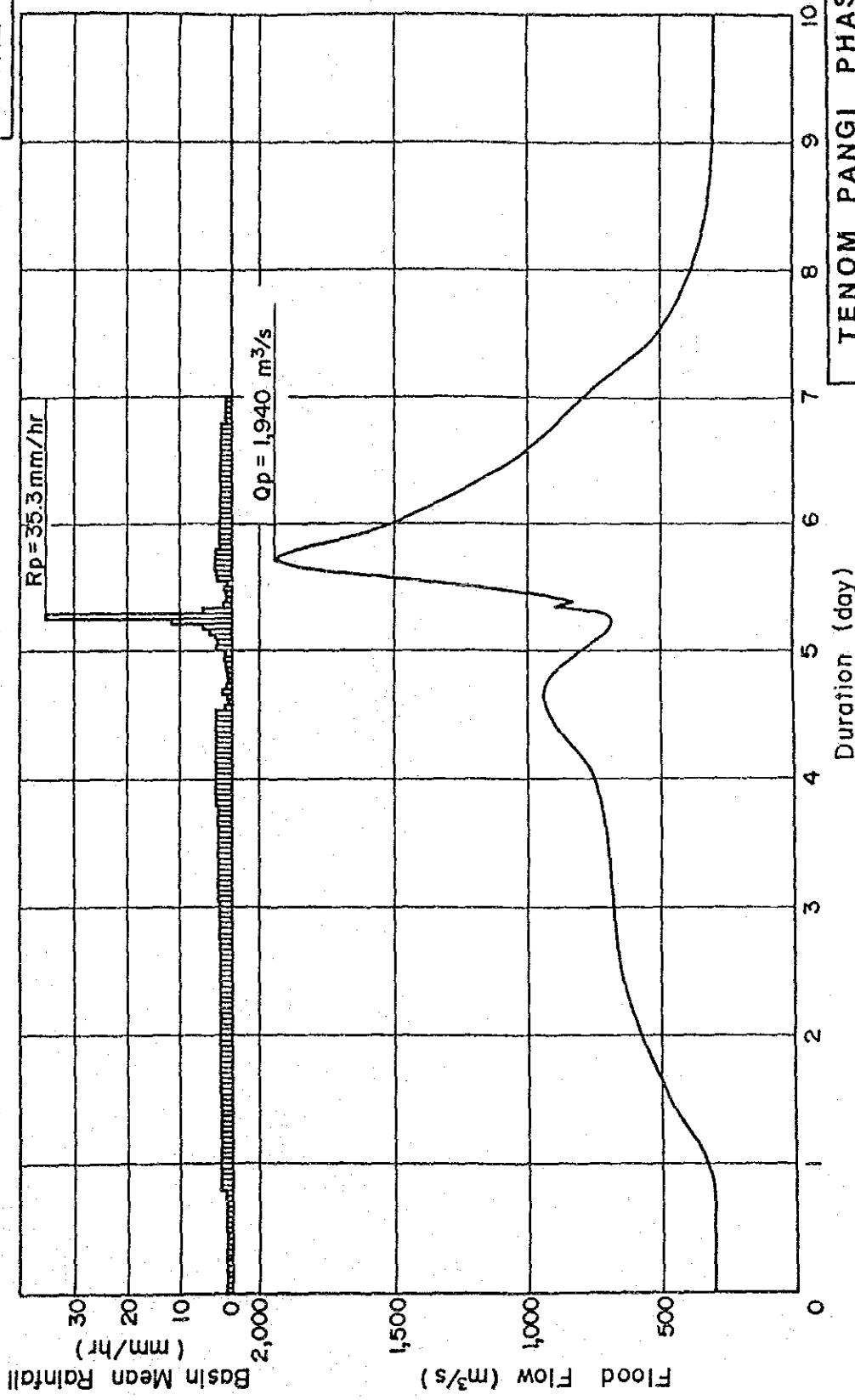


TENOM PANGLI PHASE III

サバ州における年平均降雨量

SEB / JICA

付図 : 2.6

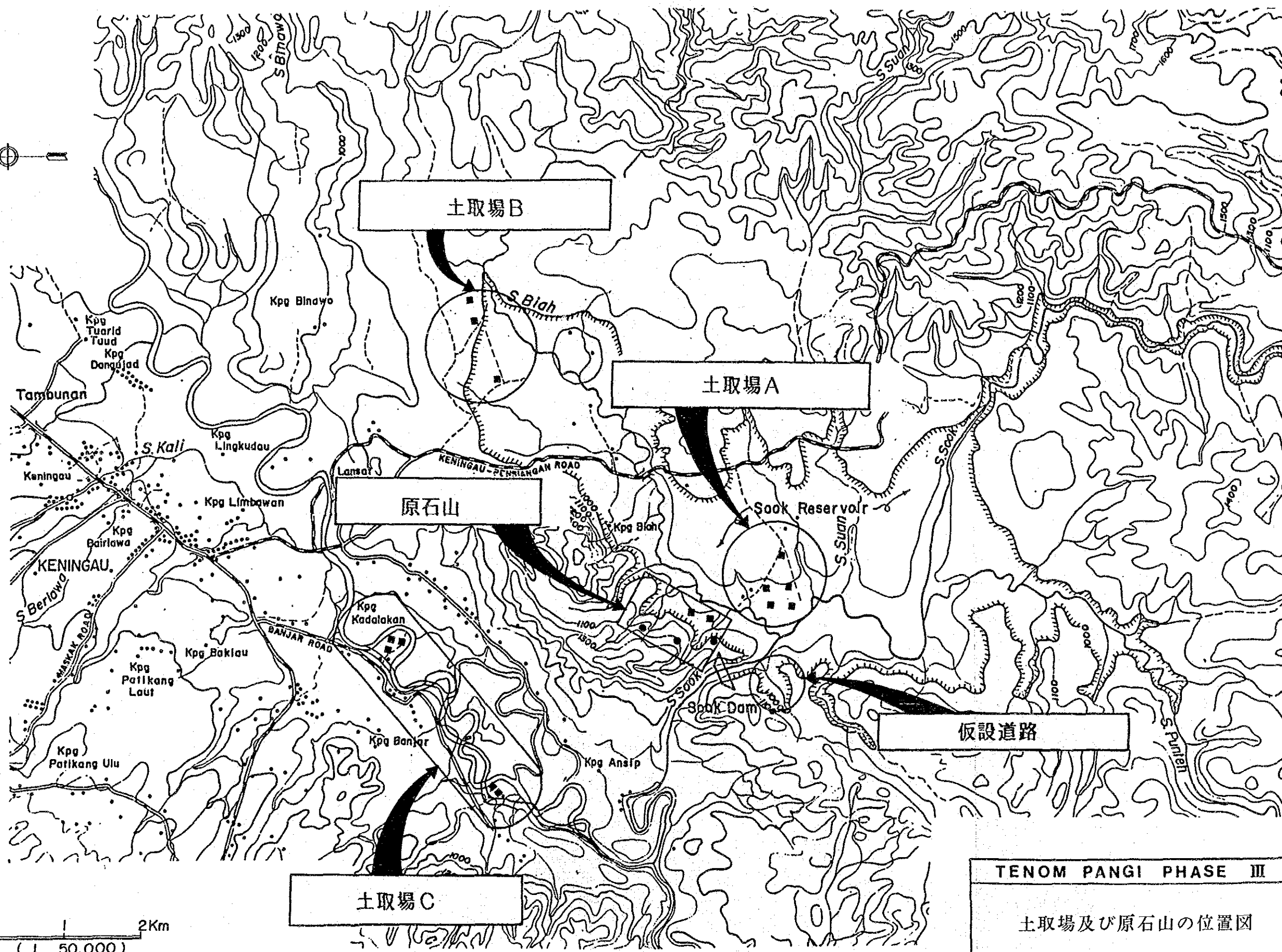


TENOM PANGI PHASE III

スークダムの可能最大洪水

SEB / JICA

Note : Riass = 1.5 mm/hr
10 day flood volume
= $560 \times 10^6 \text{ m}^3$



SCALE 0 1 2Km
(1 50,000)

TENOM PANGI PHASE III
土取場及び原石山の位置図
SEB / JICA

第3章 電力市場調査

3.1 電力供給系統の現況

3.1.1 サバ州電力庁の組織

サバ州全域の電力供給は、Lembaga Letrik Sabah (LLS)即ち、サバ州電力庁 (Sabah Electricity Board, SEB) の管轄下にある。サバ州電力庁は1956年の電力庁条例に基づいてサバ州政府の独立機関として1957年1月1日に設立され、公共事業局から発電と電力供給に関する公的責任を継承した。当時の名称は北ボルネオ電力庁 (the North Borneo Electricity Board) であったが、1963年に現在のサバ州電力庁に改称された。SEBは発電、送電、配電および消費者サービスなど電力供給の全局面を担当している。現在のSEBの運営は3地区に分割されている。即ち、州都のコタキナバル地域及びクダット、コタブルドを管轄する中央地区、ラブアン及びテノムとケニンガウなどの内陸部の町村を含む西海岸の電力消費地域を管轄する西部地区およびサンダカン、タワウ、ラハドダト等の東海岸の電力消費地域を管轄する東部地区である。

SEBは電力供給組織体としてサバ州政府の管轄下にあったが、1984年1月1日以降は連邦政府の管理下におかれている。

1985年現在のSEBの簡単な組織図を図3.1に示す。

3.1.2 発電設備

132kVの送電線を備えるテノムパンギ発電プロジェクトが完成する以前には、SEBの各電力消費地域はディーゼル発電機やガスタービン機により独自に電力供給を受けていた。1984年半ばにテノムパンギ発電所の運転が開始されて以来、コタキナバル配電系統の一部およびテノムとポーフォートの町は、132kV、66kVおよび11kVの送電線に連結され、テノムパンギ発電所から電力の供給を受けている。古くなった発電機器は補助用ならびに予備用として現在も維持されている。

コタキナバル、ポーフォート、およびテノムの発電所を含めSEBは現在、7箇所の主要発電所、9箇所の小発電所、数箇所の地方発電所、1つの大容量水力発電所、およびいくつかの小水力発電所を所有している。1985年現在の総発電設備容量は312.5 MWである。これらの発電所の位置は図 3.2に示す通りである。1985年度の発電所の運転状況(予想値)を表 3.1に要約し、またこれまでの運転状況を表 3.2に記す。

3. 1. 3 送電線系統

現在、SEBはテノムパンギ発電所と、コタキナバル郊外にあるペナンパン変電所間を結ぶ 350mm^2 の鋼芯アルミより線導体(Bison)よりなる 132kV 二回線の送電線を使用して、テノムパンギ発電所で発電した電力をコタキナバルに送っている。132kV 送電線から近隣地域に電力を供給するために、分岐変電所がポーフォートの近辺に建設された。テノムへの電力供給はテノムパンギ発電所から11kV 送電線で行なわれている。

コタキナバルの旧電力系統とテノムパンギ発電所間の相互連結ならびにコタキナバルとその周辺の電力系統の強化のために、2箇所の 66/11kV 変電所が建設された。そのうちの1箇所は旧タンジュナル発電所構内に、もう1箇所はイナムに建設され、ペナンパン変電所とこれら2箇所の変電所を結ぶ66kV 送電線が建設された。コタキナバル～トゥアランおよびコタキナバル～パパルの相互連結は現在、22kV 送電線で行なわれている。

他のSEB発電所は相互連結なしに運転している。

コタキナバル地域では、11kV 配電系統を使用し、家庭用として 400/230V、3相4線系統を使用している。

3. 1. 4 電力料金

サバ州全域に適用されるSEBの電力料金は料金AからIまで9種類に区分され

表 3. 1 発電所の運転状況 (1985年度、SEB)

発電所名	発電電力 (GWh)	売電力量 (GWh)	設備容量 (KW)	消費者数	摘要
主要火力発電所					
1. コタキナバル	118.8	275.1	94,470	45,470	(97,864)
2. ラブアン	56.9	46.8	28,350	7,183	
3. サンダカン	130.5	98.7	41,700	18,947	
4. タワウ	96.1	74.0	40,800	14,594	
5. ラヘッドダトゥウ	18.5	15.9	10,400	4,053	
6. クダット	10.9	9.9	5,500	2,870	
7. ケニンガウ	14.7	11.7	6,500	4,747	
小規模・地方火力発電所					
8. スンボルナ	6.4	3.7	2,849	1,797	
9. コタベルード	7.2	5.4	3,291	3,073	
10. ラナウ	3.2	2.9	1,245	1,644	
11. ビューフォート	-	7.5	-	3,232	
12. テノム	0.2	5.6	2,200	2,175	
13. ペルラン	1.0	0.7	650	391	
14. シピタン	3.9	3.0	1,300	1,291	
15. クナック	1.5	1.3	300	400	
16. コタマルドゥ	1.9	1.4	1,000	856	
17. 地方	7.5	6.2	5,985	6,146	
水力					
18. テノムバンギ	257.0	-	(66,000)	-	
サブガス					
19. 受電	5.8	-	66,000	-	
合計					
	742.0	571.8	312,540	118,869	

表 3. 2 発電所の運転状況 (SEB)

項目 \ 年	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985 ^{1/}
1. 発生電力量 (GWh)	226.8	251.9	297.1	359.1	413.5	473.8	533.1	601.4	649.1	742.0 ^{3/}
2. 売電量 (GWh)	192.1	215.1	250.0	294.4	341.7	384.9	430.2	484.9	502.3	571.8
3. 増加率 (%)	7.0	12.0	16.2	17.8	16.1	12.6	11.8	12.7	3.6	13.8
4. 設備容量 (MW)	80.1	94.7	123.4	129.7	138.7	157.6	213.4	216.7	308.9	312.5
5. 受電町村数 ^{2/}	12	12	12	12	12	12	12	12	16	16
6. 消費者数	51,115	54,756	60,222	65,804	73,624	81,284	90,346	97,095	109,048	118,863
7. 損失および所内使用率 (%)	15.3	14.6	15.9	18.0	17.4	18.8	19.3	19.4	22.6	22.9

^{1/} : 推定値

^{2/} : 都市ならびに地方の発電所

^{3/} : サバガス・インダストリからの受電を含む

ている。料金DとHはさらに、D1、D2、およびH1、H2に区分される。1985年末現在の各区分の基本料金、最低料金、および使用料金は表3.3に示す通りである。

表3.3(1) 区分別電気使用料金(SEB)

区 分	料 金
A - 固定照明、扇風機、暖房器具、 事務所用器具 (事務所、集会所、診療所、 博物館、図書館、地域センター、 スポーツセンター)	単価 M¢35 1ヶ月基本料金 M\$10.00
B - 映 画 館	(区分Bは廃止され、区分Fに統合 された。)
C - 慈善団体、病院、回教寺院、神社、 学校、政府宿泊施設	100単位については単価M¢25。 400単位については単価M¢17。 残りについては単価M¢15。 1ヶ月基本料金 M\$10.00
D - 工 業 用 D1 - 500馬力または370kW以下の 軽工業	2000単位については単価M¢20。 13,000単位については単価M¢17。 残りについては単価M¢15。 基本料金は、M\$10.00で、1馬力当り あるいは0.75kW当りM\$2.00

表3.3(2) 区分別電気使用料金(SEB)

区 分	料 金
<p>D2 → 500馬力または370kW 以上の重工業 (販売高が最高の区分)</p>	<p>(i) 1ヶ月間の最大電力需要に対し 1kW当りM\$10.00</p> <p>(ii) 全単位について、単価12M¢、 最低料金はM\$1,000で1馬力当 りあるいは、0.75kW当り M\$2.00</p> <p>(iii) 高電圧ならびに超高電圧での 供給分については、2%の割引 あり</p> <p>(iv) 自己の敷地内に変電所建設用 地が確保できること</p>
<p>E - 家庭用</p>	<p>40単位については、単価M¢25。 160単位については単価M¢17。 残りについては、単価M¢15。 1ヶ月基本料金 M\$5.00。</p>
<p>F - 商業用 (食堂、商店、映画館、市場、遊園地、 クラブ)</p>	<p>100単位については、単価M¢30。 900単位については、単価M¢17。 残りについては、単価M¢15。 1ヶ月基本料金 M\$10.00。</p>
<p>G - 空調設備 (大規模な設備のみ)</p>	<p>単価は固定でM¢20。 1ヶ月基本料金 M\$5.00。</p>

上記の料金に加えて、メーターレンタル料金、保証金および燃料油変動料金が、次の通り消費者に請求される。

メーターレンタル料金 単相： 50マレーシアセント/月
 三相： 1マレーシアドル/月
消費者保証金： 2ヶ月分の消費量に相当
燃料油変動料金：

本条項は料金A、および最初の200単位までの料金Eを例外として、全料金区分に適用するものとする。前出の主要5ヶ所の発電所で消費された燃料のトン当たりの平均コストが、258ドルを超過した場合、および252ドルを下廻った場合の差額に対して、単位あたり0.040セントの割合で増減した料金を消費者が支払うものとする。

発熱量が1トン当たり18,500 BTU未満か、これを超過する燃料の場合は、トンあたり価格を発熱量に単純反比例させて調節する。但し、発熱量が18,200 BTU以上、18,800 BTU未満の場合は、トンあたり価格は調節しないものとする。本条における「燃料」には石炭および石油と、SEBが発電用のエネルギー源として随時利用する水（水力発電）以外の物質を含む。

1985年度分として、SEBは販売単位あたり14マレーシアセントの燃料油変動料金を含めて、単位あたり28.99マレーシアセントの平均料金で年間634 GWhの電力を販売すると見積った。表3.4は各料金区分ごとに概算電力販売高と単位あたり平均電力料金を示す。

表 3.4 電力料金別の電力販売高 (1985年度分)

料金区分	売電量 (10^3 kWh)	総販売高 (10^3 M\$)	平均電力料金 (M¢)
A	37.028	12.960	35.00
C	16.675	5.021	30.11
D	175.693	53.867	30.66
E	217.893	48.944	22.67
F	71.076	23.228	32.68
G	92.063	31.302	34.00
H	12.998	3.996	30.74
I	12.617	4.479	35.50
合計	634.043	183.797	28.99

3. 2 計画対象地域

現在、テノムパンギ発電所で発電した電力は主にコタキナバル、ボーフォート、テノムに供給されている。前記2地区はテノムパンギ発電所と、コタキナバル郊外のペナンパン変電所間を結ぶ132kV送電線により、あとの1地区はテノムパンギ発電所とテノム間を結ぶ11kV送電線により、電力の供給を受けている。ボーフォート変電所はボーフォートとその周辺地区への電力供給、ならびにラブアン島との将来の相互連結を考慮して建設された。

第5次マレーシア計画(1986~1990)の期間中に、既設の132kV送電線網を拡張する計画になっている。これはテノムパンギプロジェクトの第I期および第II期に建設された66MWの発電設備による発生電力、ならびにラブアンのサバ・ガス・インダストリーズ(Sabah Gas Industries)が所有するガス燃焼式混合サイクルプラントによる大量の電力の利用を意図したものである。132kV送電線網の拡張計画は西海岸の全ての町を網羅しており、現行の電力供給地域だけでなく、ケニンガウ、ラブアン、コタベルド、クダットとその周辺地区が132kV送電線で相互連結されることになっている。またシピタンを含む近隣の町とボーフォートを結ぶために、33kV送電線の建設も計画されている。

一方、西海岸と東海岸を含むサバ州全域の電力需要は、2000年までにピーク需要でおよそ500MWから600MWになると予測される。東海岸と西海岸の両地域には、1度に両海岸地域に電力を供給するほど大規模ではないが、各々有望な水力発電開発地点が電力消費地域の近傍にある。このため、西海岸と東海岸の各々の地域での将来の電力供給源は、消費地域に近接して建設される水力及び火力からなる複合システムとなるであろう。

リワグ水力発電計画では、発電した電力をコタキナバルとサンダカン両都市に供給するために、132kVの送電線が相互に連結されることになっている。コタキナバルとサンダカンの距離は相当長く、約320kmもある。132kV送電線の送電能力には限度があるため、最終的には275kV送電線でこれらの消費地域間を連結する計画である。東西両海岸地域間の送電には、275kV送電線が必要である。サンダ

カンと、今世紀中にピーク電力需要がサンダカンをしのぐことになる予測される
タウとの距離は約 180km である。サバの主要電力消費地は相互に遠くはなれて位
置しているの、一方から最も遠い他方まで大規模な送電を行なうのは不適當であ
る。

主要電力消費地には各々独立した電力供給設備を配置し、相互を連ぶ送電線は主
要電力消費地間の補助用として使用されよう。それにより補助用・予備用電力設備
を最小限に抑えることが可能となる。

かかる状況に於いて、テノムバンギ水力発電計画の第Ⅰ期から第Ⅲ期までの計画
対象地域は便宜上以下に示すような町を含む西海岸地域とするのが現実的であろう。

1. コタキナバル
2. ラブアン
3. クダット
4. コタブルト
5. ポーフォート（シピタンを含む）
6. テノム
7. ケニンガウ

各々の電力消費地について、以下に略述する。

(1) コタキナバル

コタキナバルは人口、約20万人のサバ州の州都である。この都市には雇用を求
める多数の移住者が流入している。都市部は、主に自然林でおおわれた後背地で
囲まれており、これらの後背地に住んでいる人々は水稻、野菜、果物を栽培して
おり、プランテーションや焼畑を営んでいる。コタキナバルの電力供給地域は北
はトゥアラランとタンバルリ、南はペナンパンとバパールを含んでいる。

コタキナバルは政治的・商業的活動の中心地である。海外からの主要玄関とし
て、国際空港と港湾施設がある。これらの港を通過する貨物量はラブアンを除く
とサバ州最大である。コタキナバルでは、事務所・店舗用の大型ビル、官公庁施
設、工業団地、商業団地、住宅団地等の建設活動が急進展中であり、将来の繁栄
が期待できる。

(2) ラブアン

ラブアンはサバ州の南西部沖の島にある港湾都市である。1984年初頭からラブアンは連邦政府の直轄地域となり、サバ州政府の管理外にある。しかしながら、この島はサバ州に近接しており、132kV海底送電線でラブアン島の電力系統をサバ本島の電力系統に相互連結する計画がある。

商工業等の経済活動はラブアンの町に集中しているが、周辺の住宅地は増加する人口を収容するために北部へ拡大しつつある。

ラブアンは自由港であり、サバ州との間の貨物取扱いで活気づいている。ラブアン島で産する石油や天然ガスを利用するため数々の石油および天然ガス産業がラブアンに本拠を置いている。天然ガスを使用するためサバ・ガス・インダストリーズが、ランカランカ産業コンビナートに設立された。この地区には、造船所、製鉄所、メタノールプラント、木製品工場、製粉所等の大規模産業が既に設立されたり、あるいは計画中である。また、町の周辺には小規模の産業コンビナートもある。

(3) クダット

クダットはサバの最北端にあり、東はマルドゥ湾に面している。この地域の経済は、平野部のココナツ、パーム油、ゴムのプランテーションなどの農業活動、内陸部の木材生産および沿岸部の漁業に依存している。

クダットはコタキナバルから約200km離れており、商業ならびに軽工業活動があり、港湾施設も整っている。更に、漁業活動が発展する可能性もある。

(4) コタブルド

コタブルドはコタキナバルとクダットを結ぶ西海岸ハイウェイ沿線にある。マムト鉱山の銅鉱石を輸送するために、ラナウとコタブルドの港湾施設を結ぶ別の道路もある。

主要な経済活動は農業である。町には商業活動もあるが、主要産業はまだ確立されていない。

エビの養殖場建設計画があり、この計画では最終的に10MWの電力使用が予定されている。このような大量の負荷を供給するためには、コタキナバルから132

k V送電線を建設する必要がある。

(5) ポーフォート

ポーフォートは、コタキナバルの南方約 100kmに位置し、西海岸ハイウェイでコタキナバルと結ばれている。パバル～ポーフォート間のハイウェイが完成したため、両都市間の交通・輸送条件が改善され、これにより南はシピタンから更にサラワクへ、西はラブアンへ通ずるハイウェイの中継地として、ポーフォートの地位が高まった。

ポーフォート地区は中部行政区にある沿岸地区の一つである。主要な経済活動はゴムと油ヤシのプランテーションを中心とする農業である。商業活動はポーフォートの町に集中しており、商業団地、住宅団地、軽工業コンビナートが建設中である。プラスチック工業とパーム油製油所も操業を開始しており、水道施設の拡張も計画中である。

ポーフォート地域では、人口が広範囲に分布しており、僻地の町へ電力を供給する小さなディーゼル発電所が多数ある。1987年までに完成予定の2系統の33k V配電線でこれらをポーフォートの電力系統に接続することが計画されている。ボンガワン配電線系統はムンバクト、ボンガワン、ガドン、ピンピン、バルバル、ピンスロクおよびクアラ ペニヤに電力を供給し、シピタン配電線系統はウェストン、シピタンおよびシンドミンに給電することになっている。

(6) テノム

テノムは、北は内陸ハイウェイによりケニンガウに、北西はパダス川峡谷沿の単軌鉄道によりポーフォートにつながっている。

周辺地域は主に農業に依存している。ゴム、ココア、コーヒーのプランテーションと野菜、果物等の農場がありゴム工場とココア豆乾燥プラントの操業が行われている。商業活動はテノムの町に集中している。

(7) ケニンガウ

ケニンガウは中部行政区の中心地であり、道路により北東部はタンブナンを経てコタキナバル及びラナウに、南西部はテノムに結ばれている。町は当地区の政治的、商業的活動の中心として十分に整備されている。

この町は1970年代から1980年代初頭にかけて林業のブームをむかえたが、周辺地域の森林資源の減少により、今やこのブームも去りつつある。林業関係で操業をやめるところもあり、既に労働力の流出が始ったと言われる。