

4. 道路計画上の基本条件の検討

4-1 自然条件

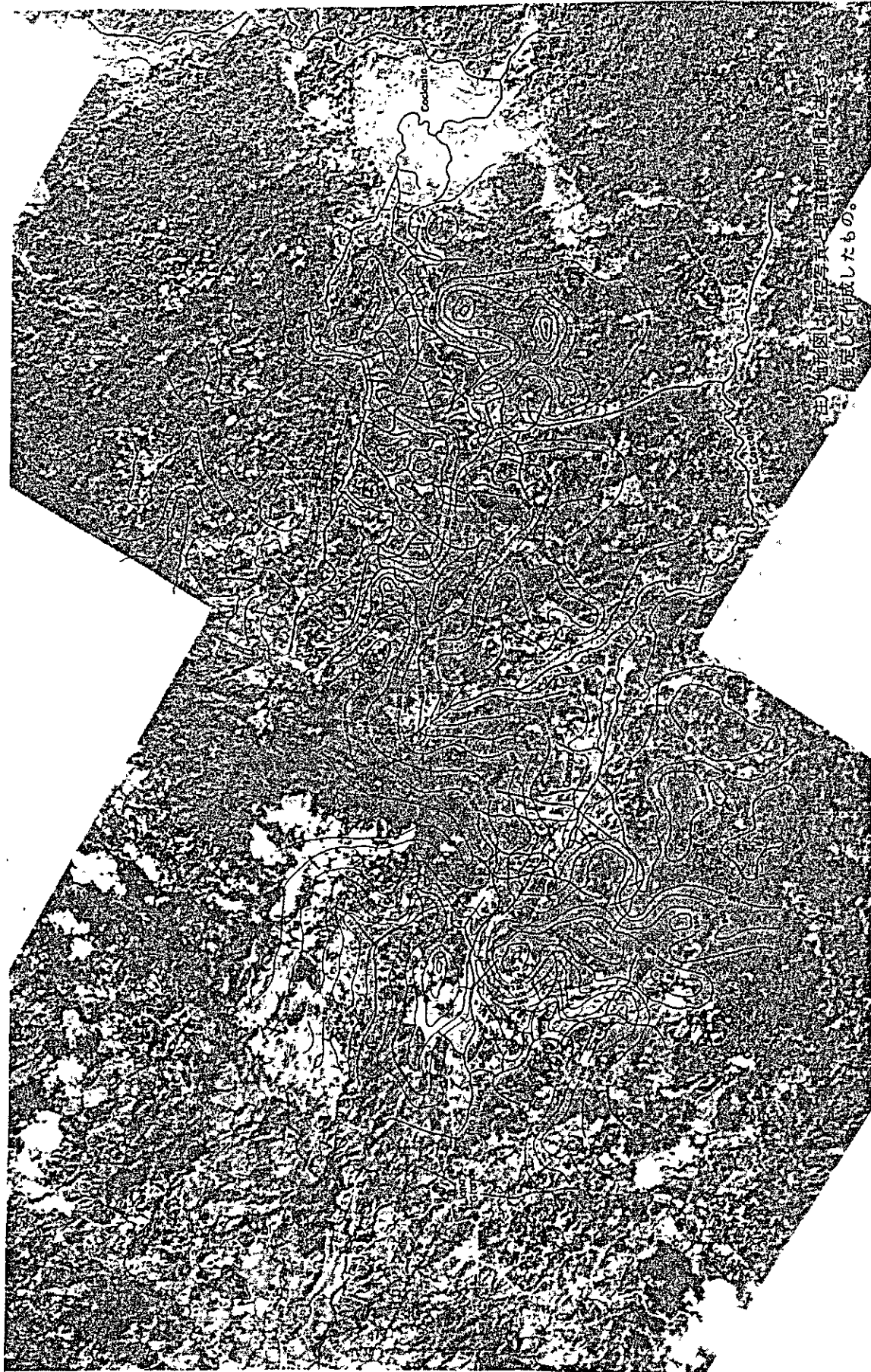
(1) 地形

対象地域の地形は中央山脈を隔てて太平洋側（南側）の平坦な地域と、中央山脈及びカリブ海側（北側）の山岳地域の二つに大別することができる。

太平洋側のアスエロ～ラピンターダまでは0～100mのなだらかな地形を呈し河川は全てパリタ湾に注いでいる。その河川はコクレ川、グランデ川、チコ川、ポクリ川、サンタマリア川、エスコタ川、パリタ川、ラヴィラ川の8河川とその支流である。河川の集水面積は小さいが、降雨が多いので水量は豊富である。河川は自然河川で橋梁部以外堤防その他河川構作物は殆んどなく河口に近づくに従って蛇行し、緩やかな流れとなる。路線は、これらの河川の中流部のゆるやかな丘陵部を横断している。ロスサントス市の南エルエヒド～モナグレ地域の低地部は雨期に冠水の生じる恐れもある。

中央山脈の山々はコクレ川とコクレデルノルテ川の分水嶺となる。この分水嶺を境にして南側の河川はコクレ川であり、北側河川はコクレデルノルテ川となり、カリブ海に流下している。ジャノグランデ～コクレシートの道路沿道地形を図Ⅲ-4-1に示す。現道は、コクレ川の支流ルイサ川沿いにあり、約400mの峠を越えてカスカハル村に至る。カスカハル村はカスカハル川沿いに展開する牧畜を営む村落であり、峠より標高150m程下った位置にある。道路はカスカハル村より、中央山脈より派生する尾根を越えてコクレシートに至る。コクレシートはコクレデルノルテ川とその支流サンファン川の分岐点近くに位置し、牧畜を主とする開拓村である。この付近は、コクレデルノルテ川を中心として標高50m～150mの比較的小さい山が多く、これらの山あいをぬって河川は蛇行し、複雑な地形を呈している。

コクレシート～ペタキージャの新設道路区間は中央山脈の北側に位置し、山脈より派生する尾根及び末端部の凹凸の激しい小山群の中にある。この間には、ペタキージャ鉞床の南側に最高峰約350mに達する山がある。この山を中心に東西に稜線が延び、この稜線より更に大きな2つの尾根が北側に派生している。これらの山々を囲むように西にペタキージャ川、東にサンファン川の2つの河川がある。また中央には北側に派生する尾根に割込んでメディオ川がある。これらの河川は、いずれも溪谷状に山に入り、その支川の谷、沢を多くもっている。支川の谷、沢は山の頂上付近まで入り込んでいて、稜線付近は急勾配な谷頭を形成している。



図Ⅲ-4-1-1 ジャノグランデン〜ココクレスト地形図

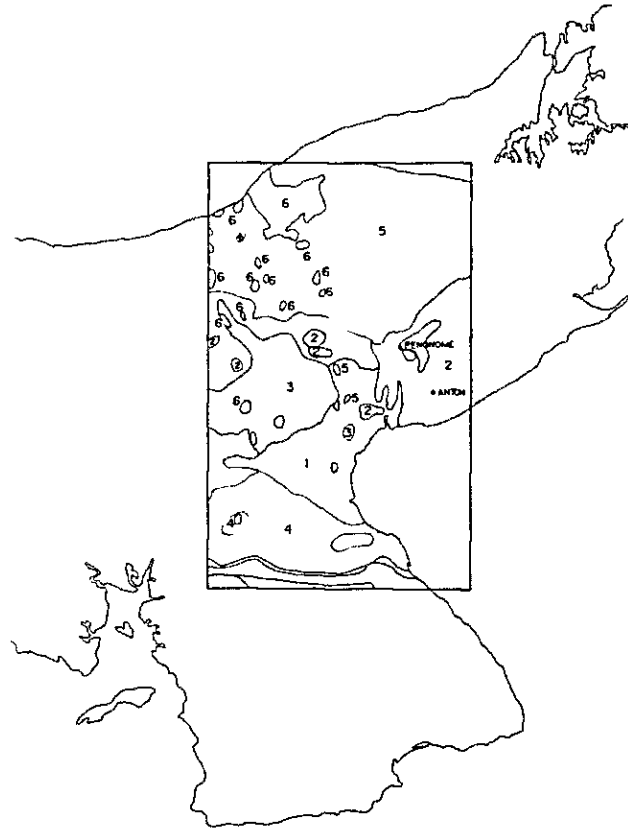


図 1-4-2 コクレシト〜ベタキ〜地形図

(2) 地質

ジャノグランデ～ペタキージャ間は、主として第三紀に属する地質であり火成岩である安山岩、玄武岩が主体の地質である。

ATLAS NACIONAL DE PANAMA の資料によると図Ⅲ-4-3のように区分される。



1. 現世
沖積層，床固結の堆積物
2. 第三系-第四系
玄武岩の溶岩と火成砕屑岩
3. 中新統上部-鮮新統
ラ・ヤグアダ火成岩及びトラバーチン
4. 漸新統
ベセ層，砂岩，石灰岩，トラバーチン
5. 末区分第三系
溶岩，トラバーチン，集塊岩，安山岩-玄武岩
6. 第三系中部-上部
花崗閃緑岩，石英安山岩，石英閃緑岩，閃緑岩，はんれい岩質閃緑岩，マンケライト岩の貫入岩体

出所：ATLAS NACIONAL DE
PANAMA

図Ⅲ-4-3 地質区分

(3) 土質

コクレスリート付近における土質についてみると、安山岩系統の火山岩を母岩とする風化粘性土が広く分布しており、その風化層もかなりの厚さがあるが、沢部において風化岩或いは新鮮な安山岩として露頭している個所もある。表層をおおっている土の工学的性質は場所によってかなり異っているが、コクレスリート道路建設（1979年）においてMOPが行なった土質試験試料によって土の工学的分類と性質について検討を加えてみると次の通りである。

(a) 土質試験結果（サンプル数，7ヶ所）

① 土のコンシステンシー

表Ⅲ-4-1 土のコンシステンシー試験結果

液性限界	(49.4) 45.0~50.0 %
塑性限界	(35.2) 32.0~38.9 %
塑性指数	(14.2) 11.2~17.4 %

、)内はサンプル平均値

② 粒度分析

表Ⅲ-4-2 土の粒度分析結果

フルイ名	フルイ通過率	平均フルイ通過率
No 10 2000 μフルイ	81~99 %	92.1 %
No 40 420 μフルイ	64~95	77.6
No 200 74 μフルイ	35~72	55.2

粒度区分 (ASTM D422-61T, JIS A1204-60)

1 μ以下	コロイド	74 μ~420 μ	細砂
1 μ~5 μ	粘土	420 μ~200 μ	中砂 (ASTM)
5 μ~74 μ	シルト		粗砂 (JIS)

③ 締め固め試験

表Ⅲ-4-3 土の締め固め試験結果

	範囲	平均
最大乾燥密度	1.4~1.5 t/m ³	1.48 t/m ³
最大含水比	15~29 t/m ³	24.7 t/m ³

(b) 土の分類

① AASHO法による分類

A-7-5に分類され、群指数^{注)} 3~11で主要構成材料は粘土質土で液性限界に比較して

注) 群指数は0に近いほどよく、最大値は20

適度の塑性指数をもち路床材としての等級は可ないしは不可である。

② 統一分類法による分類

土は細粒土のシルト及び粘土に区分され、ML又はMHに相当する。ML、MHは無機質土のシルト及び極微砂、岩粉、塑性の小さい粘土質の細砂、粘土質シルト、或いはシルト質土である。

(c) 土の性質

試験結果及び現地観察によるとMH区分に近い性質のML区分のシルト質粘性土である。この種の土は排水性が悪く、圧縮性と膨張性が普通ないし大きめでアスファルト舗装直下の路盤としては不適當な土である。現場C・B・Rは5～15、地盤係数は2.5～5.5 Kg/cm²と推定される。

(4) 気象

対象地域の一般気候は、図Ⅲ-4-4のように、サバンナ熱帯気候、湿気のある熱帯性気候、温度の高い熱帯性気候の3区分に分類される。

今回の調査においては、これら気象条件の内道路建設に特に関係の深い降雨について解析検討を加える。



気候分類（クーペンによる）

Afi：湿度の多い熱帯気候。一年中多量の雨が降り一番乾燥している月260ミリである。一番気温の低い月の平均気温は>18℃である。一番暑い月と一番涼しい月の気温の差は5℃以下である。

Ami：湿気のある熱帯性気候。年間降水量は、2500ミリ以上である。数ヶ月降水量が60ミリ以下である。一番気温の低い月の平均気温は18℃以下である。一番気温の高い月と一番低い月の差は5℃以下である。

Aw：サバンナ熱帯性気候。年間降水量は2500ミリ以下である。北半球の冬期に乾燥季（月60ミリ以下）がある。気温最低月の月平均気温は18℃以下である。気温の最高月と最低月の差は5℃以下である。

出所：ATLAS NATIONAL DE PANAMA

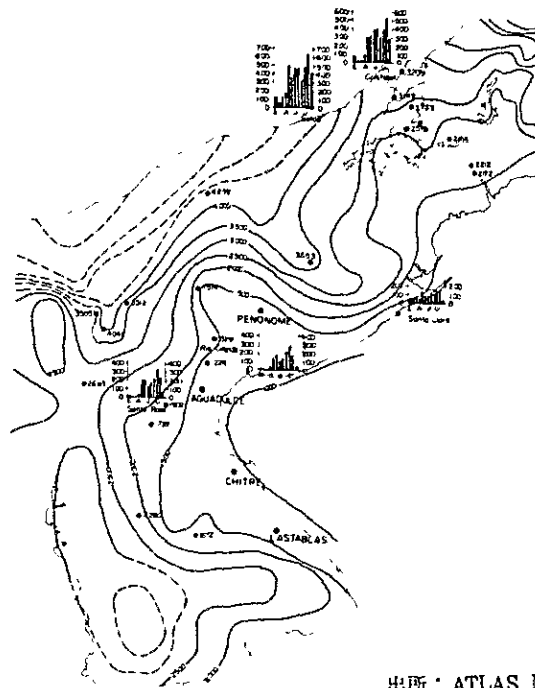
図Ⅲ-4-4 気候分類

(a) 降雨分布

この地域の降雨量、降雨時期等は場所によりかなり大きく変化する。調査対象区間を年間降雨量により大きく3区分に分けることができる。すなわち、中央山脈をはさんでカリブ海側に位置するバクキージャ～カスカハル区間、太平洋側に位置するペノノメ～アスエロ区間とこれらの間にある中部山岳地帯のカスカハル～ペノノメ区間である。

中央山脈より北側のカリブ海側は年間降水量が4,000 mm～7,000 mmと非常に多いが、9月～10月にかけて西～南の風が多い時期に雨量が少ない。

一方、中央山脈より南側では年間降雨は1,500 mm～2,000 mmとカリブ海側より少なく、北～東の風の多い12月～3月にかけての降雨は殆んどない。又、カスカハル～ラピンターダの中部山岳地帯は、中間的降雨量で2,000 mm～4,000 mmに達するが、12月～3月にかけては、太平洋側と同じように降雨は少ない。



出所：ATLAS NATIONAL DE PANAMA

図 Ⅲ-4-5 年間降雨量分布

(b) ジャノグランデー～ペタキージャ間の降雨

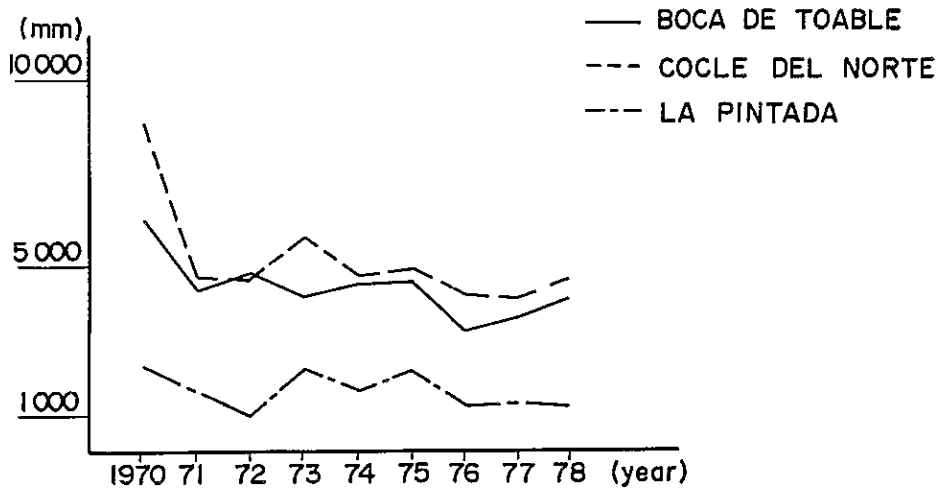
パナマにおける気象観測はIRHEによって行なわれているが、主たる対象地域であるジャノグランデー～ペタキージャ間については観測点がない。そこでこの近くに存在する、コクレ・デル・ノルテ、ボカ・デ・トアブレ・ラピンターダの観測点(図Ⅲ-4-6)の観測結果を基に、検討を行なうこととする。ラピンターダは中央山脈の南側(太平洋側)、ボカデトアブレは、山脈北側(カリブ海側)、コクレ・デル・ノルテはカリブ海に面するところに位置している。これらの観測記録(1970～1978)をとりまとめると次の様になる。



図Ⅲ-4-6 I R H E降雨観測地点位置図

① 年間降雨量

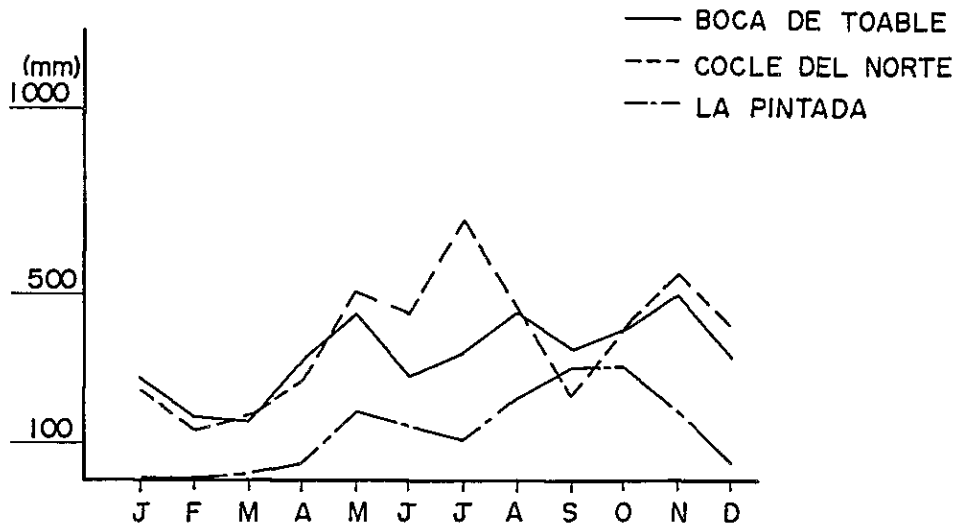
ラピンターダの年間降雨量は1,000 mm~2,000 mmであるが、コクレ・デル・ノルテ及びトアブレにおいては、4,000 mm~5,000 mmと全般的に多く、特にコクレ・デル・ノルテにおいて1970年に8,000 mmに達した記録がある。



図Ⅲ-4-7 年間降雨量

② 月間降雨量

ラピンターダでは12月～4月まで5ヶ月間は乾期となり、月平均降雨も50 mm以下である。5月～7月は100 mm～200 mmとやや多く、8月～11月は150 mm～300 mmと最も多い時期となる。これに対してコクレ・デル・ノルテ、ボカ・デ・トアブレは2月、3月の2ヶ月が150 mm程度で最も雨量が少なく、1月、4月、6月、9月、12月はやや多くなって150 mm～300 mm程度、5月、7月、8月、10月、11月は最も多くなり、400 mm～600 mm程度に達する。コクレ・デル・ノルテとボカ・デ・トアブレは15 kmと離れていないが、6月、7月、9月において100 mm～350 mmの降雨量の差がある。これはこの期間において、局地的降雨がかなりあるものと思われる。図Ⅲ-4-8に月間降雨量を示す。



図Ⅲ-4-8 月間降雨量

③ 確率日降雨量

表Ⅲ-4-5のように、コクレ・デル・ノルテとボカ・デ・トアブレにおいて2年及び5年確率日降雨量は非常に似ている。しかし、10年、50年確率日降雨量は、ボカ・デ・トアブレの方がやや大きくなる。又、年降雨量及び月間降雨量において、コクレ・デル・ノルテがボカ・デ・トアブレに比較して多い降雨を記録している。これらより、ボカ・デ・トアブレの方が山間部に近いため、より激しい降り方をすることが推測できる。

表Ⅲ-4-4 年最大日降雨量

	COCLE DEL NORTE	BOCA DE TOABLE	LA PINTADA
1970	201.6(11)	305.5(5)	766(9)
1971	130.4(6)	141.0(8)	79.5(10)
1972	219.6(7)	734.0(1)	65.0(11)
1973	200.0(6)	101.0(12)	90.4(7)
1974	95.0(6)	85.5(5)	86.7(8)
1975	102.3(6)	184.5(11)	90.0(9)
1976	161.4(12)	113.0(8)	50.6(10)
1977	107.4(7)	93.5(8)	80.0(7)
1978	172.3(4)	168.8(4)	60.8(4)
1979	88.4(7)	97.8(4)	98.0(10)

注) カッコ内の数字は最大降雨量を記録した月を示す。

1979年はLA PINTADAは11月、他の2つは10月までのデータを示す。

表Ⅲ-4-5 確率日降雨量

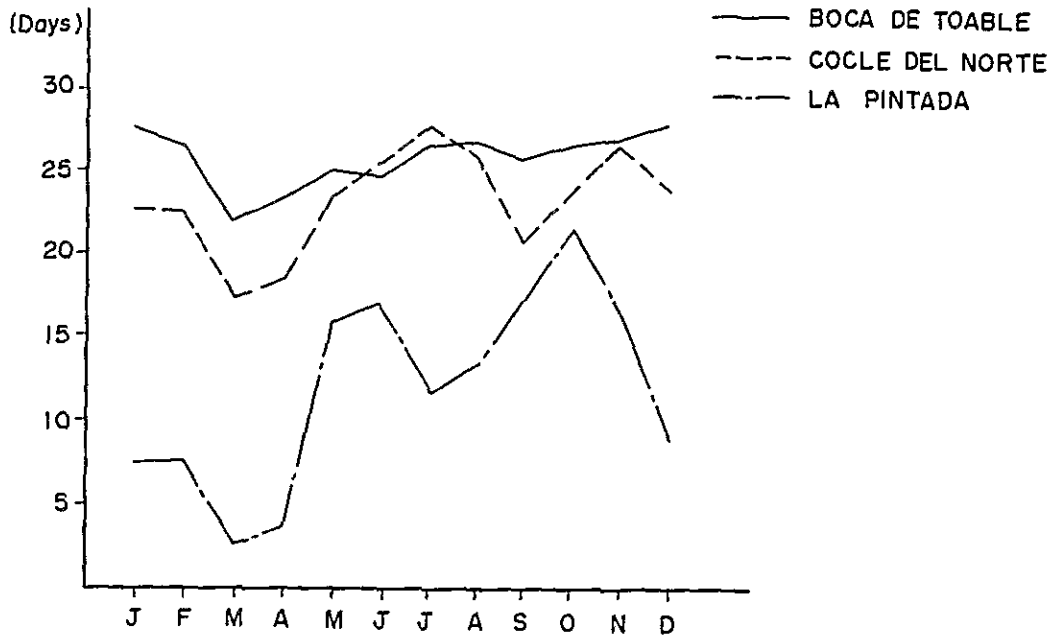
(mm/日)

	2年	5年	10年	20年	50年
コクレ・デル・ノルテ	140	180	200	225	250
ラ・ピンターダ	76	90	96	103	111
ボカ・デ・トアブレ	141	197	236	274	323

④ 月別平均降雨日数

図Ⅲ-4-9に月別平均降雨日数を示す。ボカ・デ・トアブレ、コクレ・デル・ノルテ等のカリブ海側地域は年間を通じ雨天が多く、比較的雨の少ない3月、4月、9月でさえも月間18～24日の降雨日数を見る。

一方ラビンターダにおいては、12月～4月までは雨天日数は、非常に少なく雨期にあたる5月～11月でも（10月を除き）雨天日数は8日～10日の程度と少ない。



図Ⅲ-4-9 月別平均降雨日数

4-2 銅鉱山開発ステージと鉱山都市

現在、ジャノグランデ～サンファン川～ペタキージャ間において、ジャノグランデ～サンファン川（32km）は前で述べたような道路があり、サンファン川～ペタキージャまでは、熱帯雨林地帯で道が全くなく、ヘリコプターあるいは徒歩以外連絡する方法が無い。このような地域において長期間にわたり、ペタキージャ銅鉱山開発あるいは地域開発が行われる場合、道路建設は当然開発ステージに合った規格の道路が建設されることが必要である。そこで、道路開発ステージとして、第1ステージは鉱山とこれに関連する地域開発調査の為のパイロット的性格の道路、第2ステージとして、鉱山或いは地域開発の目標が定まり、これに適用出来るような道路、第3ステージとして、更に超長期的な発展に対して必要となる道路の3つステージが考えられる。現在、超長期的な地域開発構想が明確にされていないため対象とする道路は、第2ステージまでの開発計画に沿った道路計画を行なうものとする。

従って、第1ステージの道路計画として、サンファン川～ペタキージャ間のパイロット道路建設が考えられる。この道路は、鉱山開発前の精密探査のために資材の搬入、生活連絡用とし

で使用されるとともに第2ステージにおける道路建設のための工事用道路となる。

第2ステージにおける道路の計画としては、鉱山操業に必要な施設建設物資の搬入と鉱山操業時における必要物資、精鉱運搬、生活物資などの搬入、搬出、鉱山への通勤などそれぞれの目的、機能にそった道路を計画する必要がある。

コクレシートは、鉱山に関連した諸機能が立地し、それを核としたこの地域の中核の都市として成長が見込まれるものとする。さらに、ジャノクランデ、コクレシート間の道路については、コクレシートを中心とした地域開発に資する道路であることが必要である。

鉱山開発スケジュールと道路建設スケジュールの関係を表Ⅲ-4-6に示す。

表Ⅲ-4-6 鉱山開発スケジュールと道路建設期間

項目 \ 年度	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
パイロット道路建設	-----							
精密調査		-----						
試験操業			-----					
資金調達				-----				
道路建設					-----			
起業施設建設						-----		
本格操業 産出精鉱量480t/日								-----

4-3 道路の機能

道路を計画するための基本的条件である道路の建設目的、道路使用年数を推定し、対象道路の性格づけをおこなう。

対象道路は鉱山開発計画に沿った合理的機能をはたす道路にする必要がある。従って、道路の使用目的、使用年数は鉱山開発スケジュールにより次のように計画する。

(1) パイロット道路(サンファン川～ベタキージャ 約20km)

この道路使用期間は、鉱山開発前精密調査期間の2年間と鉱山開発用道路建設の工事用として約1年、これに資金調達期間1年を見込んでも4年間である。道路の使用目的として鉱山精密調査用資機材の搬入、テストプラント建設の資機材の搬入、道路建設用資機材搬入等がある。従って、道路は第1の目的である鉱山開発前精密調査用道路という事が出来る。

(2) 精鉱搬出用道路(コクレシート～ベタキージャ 約22km)

この道路の使用期間は、鉱山ライフ20年と同期間と考える。道路の使用目的は、鉱山操業時の資材搬入及び精鉱搬出、山元への通勤であり、この他鉱山操業のための施設建設資材の搬入が考えられる。

(3) 鉱山および都市連絡用道路(ジャノクランデ～コクレシート 約28km)

この道路は、コクレシートの都市活動をささえるため永久に使用されるが、使用計画期間として20年と考える。

道路の使用目的は、鉱山操業時の資材搬入、搬出の他にコクレシートの都市活動の維持およびこの地域の開発の基礎となる公共性の高い道路である。従って、この道路は鉱山及び都市連絡道路として位置づけられる。

(4) ペノノメ〜ジャノグランデ

この道路はペノノメ以北の地方都市を連絡する道路で、地方幹線道路と位置づけられる。

4-4 設計車両と縦断勾配

道路計画において、道路使用対象車両すなわち設計車両により平面線形、縦断線形などの幾可構造基準及び構造物設計基準が決められる。縦断勾配は設計車両の満載時の走行能力により決定され、舗装および構造物は設計車両の荷重に耐えるように計画される。

対象道路は山地部道路のため、縦断勾配も急な勾配で設計される。そこで、設計車両がどの程度の勾配まで登坂可能であるかを検討し、設計基準のための基礎資料とする。

(1) 設計車両

対象道路は精鉱運搬が第1の目的であり、当然これに対処するため、設計車両は精鉱運搬トラックとする。対象道路のように山越えする峠を持つ道路は、道路設計に使用される最急縦断勾配の値により、路線選定とその延長が決定づけられる。

精鉱運搬車に関して、鉱山会社側はパナマの一般道路で使用可能な積載量10 ton、車両総重量20 ton程度のトラックを想定しているので、これを設計車両とする。

(2) 縦断勾配

(a) 自動車の走行抵抗

自動車が走行する場合、駆動輪に発生する力は抵抗に打ちかって車を駆動する。この場合、駆動に抵抗する力を走行抵抗と呼び、この力が小さいほど燃料消費は少なくてすむ。

車が一定の速度で走行する場合、自動車の走行抵抗は、ころがり抵抗(R_n)、空気抵抗(R_a)と登坂抵抗(R_e)に分けられ、車の全走行抵抗は、これらの総和となる。空気抵抗は車の速度により大きく作用するが、低速走行時において、その値は小さい。従って、低速走行時における抵抗のほとんどが、ころがり抵抗と登坂抵抗である。

ころがり抵抗は路面の状態により決められ、登坂抵抗は路面の縦断勾配により決められる。

(b) 自動車のけん引力

自動車のけん引力は自動車のエンジン性能により決められ、駆動車に伝達される。図 III-4-10 は、N社の10t積ダンプトラックの走行性能曲線の一部である。

(c) 自動車の登坂性能

自動車の登坂性能は自動車のけん引力と走行抵抗とによって決められる。図 III-4-11, 図 III-4-12 は各積載量車両（代表的エンジン能力）と路面状態と登坂勾配の関係を示す。

試算条件としては、以下の通りである。

- ① アスファルト路面乾燥状態
- ② アスファルト路面以外は、走行による凹凸のない路面
- ③ エンジン出力及び駆動伝達効率の低下は考えていない（理想状態）

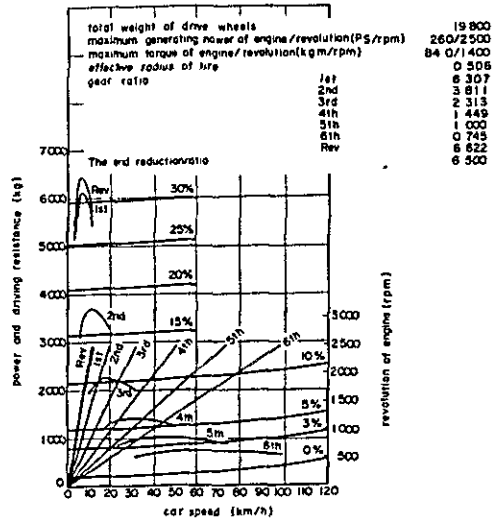


図 III-4-10 10tダンプトラックの走行性能曲線

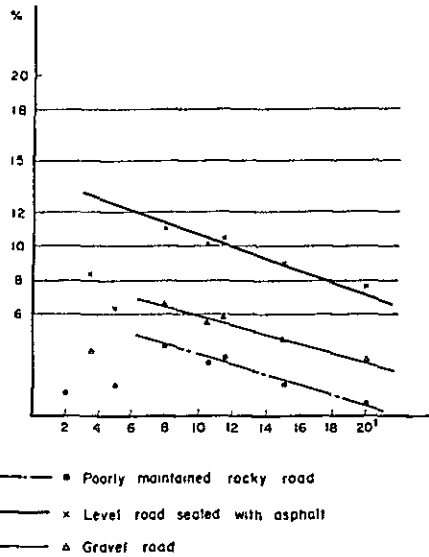


図 III-4-11 ダンプトラック積載量と登坂最急勾配 (3rd ギヤ- 20km/h)

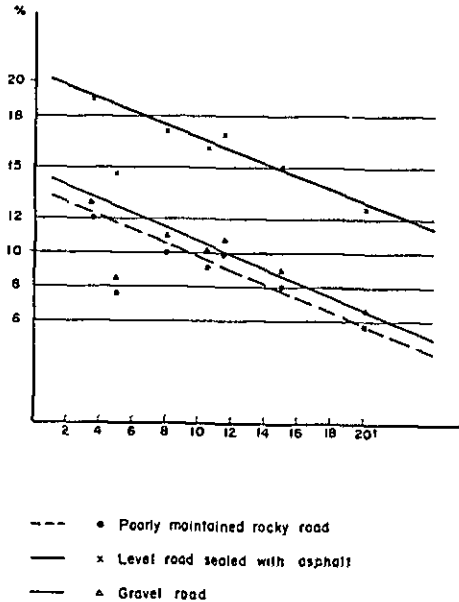


図 III-4-12 ダンプトラック積載量と登坂最急勾配 (2rd ギヤ- 15km/h)

4-5 道路維持補修

道路の維持補修におけるアスファルト舗装と砂利舗装の違いについて大胆な仮定を設定して検討を行なうと次の様になる。

道路の破損度に関する要因は車種、交通量、走行速度、道路線形などの道路構造、降雨などの自然条件、舗装材料等が考えられる。しかし、これらは道路路面に与えられる力と道路路面の材料強度との二つに大別することができる。

従って、破損度は次の様な式で表わすことができる。

$$F = f(a) \times f(b)$$

$f(a)$: 路面に与えられるエネルギー条件による破損度

$f(b)$: 路面材料の性質による破損度

(I) エネルギーによる破損度

車両の大きさ、交通量、車両走行速度、車両タイヤの種類等の車両条件、道路縦断勾配、平面線形等の道路幾可構造条件等によって決められる。車両条件を一定と考えると道路縦断勾配と道路舗装条件により自動車の必要動力Pは次式となる。

$$P = W (1,000 \mu + 10 i)$$

P : 駆動力
W : 車両総重量
 μ : ころがり抵抗
i : 縦断勾配

この式においてiは縦断勾配であり、道路平面曲線による因子が表わされていないが、平面曲線による必要駆動力は次のように縦断勾配に換算することが出来る。

$$A = (80 \sim 120) / R$$

A : 平面曲線による駆動力上昇分を縦断勾配に換算した値

R : 平面曲線半径

今、道路幾可構造を一定と考えると、舗装条件によりその破損度は、走行必要駆動力の比に等しくなる。(表Ⅱ-4-7)

表Ⅱ-4-7 道路勾配による走行必要駆動力(車両総重量20t)

道路勾配(%)	走行必要駆動力(Kg)		比率
	高級舗装道	砂利道 0.03	
0	200	600	3.00
1	400	800	2.00
2	600	1,000	1.67
3	800	1,200	1.50
4	1,000	1,400	1.40
5	1,200	1,600	1.33
6	1,400	1,800	1.28
7	1,600	2,000	1.25
8	1,800	2,200	1.22
9	2,000	2,400	1.20
10	2,200	2,600	1.18
11	2,400	2,800	1.16
12	2,600	3,000	1.15

(2) 材料強度による破損度

路面材料の強度の違いをA S S H O 舗装試験における等価値で表わすと、表 III - 4 - 8 に示す通りになる。但し、この表には、砂利舗装の場合の砂利の飛散や降雨による強度低下は考慮されていない。

表 III - 4 - 8 各種舗装構成材料の等価値

種 類		各 層 の 等 価 値
表 層	アスファルト, コンクリート	3.15
上層路盤	アスファルト安定処理	2.43
	セメント安定処理	1.64
	砕石路盤(粒度調整)	1.00
下層路盤	砂利・砂路盤	0.79

(3) 道路破損度

ここで、道路勾配を9%とした場合の砂利舗装とアスファルト舗装の破損度の相対的比率は $120 \times 3.15 = 378$ となる。

従って、アスファルトを1回補修する場合、砂利舗装は3.78回の補修が必要であることを示している。しかし、実際には同じサービス水準に道路を保とうとすれば、路面の不陸直し等の為に、砂利舗装の方が維持補修に費用がかかる。

5. 道路構造基準の設定

5-1 パナマにおける道路構造基準

パナマにおける地方道路及び山地部道路の道路構造基準を表Ⅲ-5-1に示す。パナマの道路構造基準は、AASHOの基準を基に作成されている。

表Ⅲ-5-1 山地部道路におけるパナマの道路基準

	MOP HIGHWAY DESIGN STANDARDS	DETAILED ROAD IMPROVEMENT STANDARDS	PROGRAMA DE CAMINOS MOP-BID
	LOCAL ROADS		MON TANOSO
設計速度 km/h	40	40	30
最小曲線半径 m	30	40	30
停止視距 m	40	40	50
最大縦断勾配 %	12	10(18)	8[1000m] 10[500m] 12[200m] 15[150m]
舗装幅員 m	5.0	5.0 (6.0)	6.6
路肩幅 m	-	0 (0.5)	-
最小縦断曲線長	-	クラウン部 3%以下	40

注) 縦断勾配()は絶対最小勾配 出所:MOP
縦断勾配[]は制限長

5-2 設計基準の設定

(1) 設計基準

計画道路の構造基準は道路の使用目的、地域の地形土地利用、建設工事の難易によって決められる。ここでは、パナマにおける道路構造基準と以下に述べる理由から表Ⅲ-5-2に示すような道路構造基準を提案する。

表Ⅲ-5-2 計画道路の構造基準

		バイロット道路	ベタキージャ〜コクレシート	コクレシート〜ジャノグラデ
設計速度 km/h		20	30	40
平面曲線半径 m		20(15)	30	60(30)
縦断最急勾配 (%)	アスファルト 舗装	—	8[1,000] 10[500] 12[200] 15[150] 18[50]	8[1,000] — 10[500] 12[200]
	砂利道	9(14)	6[1,000] 8[500] 10[200] 13[150] 16[50]	6[1,000] — 8[500] 10[200]
最小縦断曲線長 m		20	40	40
道路巾員(総巾員) m		30 (1kmに1箇所すれ違い 可能な巾員を確保する)	5.5	6.0
橋梁設計荷重		—	AASHTO HS-15	AASHTO HS-15
橋梁有効巾員 m		—	5.5	6.7

(a) 設計速度

道路の幾可構造を検討し、決定するための基準となる速度であり、線形要素の限界値の決定に直接的な意味をもつ。従って、設計速度は道路区分の考え方、使用区分により決定した。

(b) 縦断勾配

この道路は精鉱運搬が主たる目的であるので縦断勾配はトラックの登坂性能により決定される。道路縦断勾配の標準値は、トラックの3速で登坂可能な勾配とする。表Ⅲ-4-11、表Ⅲ-4-12で求めた値はエンジン出力の低下、路面状態の状況を考慮していないので、これを考慮し、標準値は3速で求めた最急勾配値より2%落した値とする。又、地形上大きく制約される。当該地において、標準値の縦断勾配で勾配を決めると工事費に多大な影響を与える。

しかし、標準値を絶対最大の勾配とすると、峠を越えられないこと及び道路延長が長くなり、工事費が増大する事等の理由から制限長を伴った絶対最大の勾配は更に大きな値とし、これに標準値+10%の値とする。(最大勾配は、2hdギヤにおける理想的路面状態及びエンジン最高出力時において計算した値と同じ値となっている。)

表Ⅲ-5-3 路面条件別縦断勾配

		路面条件		備考
		アスファルト	砂利	
①	3速で登坂可能な勾配20km/h	10%	8%	良好な路面状態での理論値
②	2速で登坂可能な勾配15km/h	16%	14%	"
③	標準縦断勾配	8%	6%	① - 2%
④	制限長のある場合の縦断勾配	18%	16%	③ + 10%

(c) 曲線半径

自動車設計速度で走行して、横すべりを生じないための条件 $R = \frac{U^2}{127(i+f)}$ を基準にして、最小曲線半径を定める。なお、砂利道については、 f をアスファルトより0.02上げた数値として検討している。

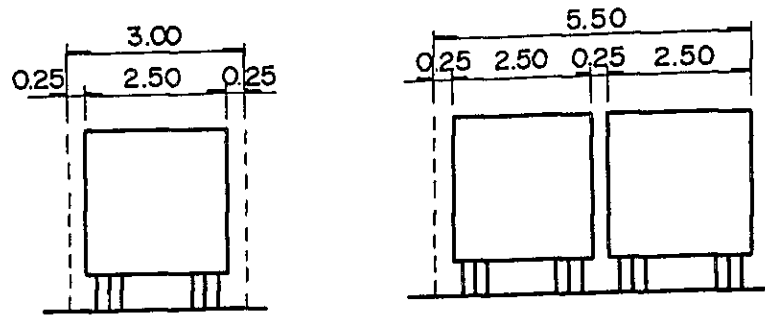
(d) 最小縦断曲線長

自動車が縦断勾配の変化する所を走行するとき、運動量の変化による衝撃の緩和及び視距の確保のため、縦断曲線を挿入する。この基準値として、設計速度で3~4秒間で車が停止できる距離をもって最小曲線長を定めた。

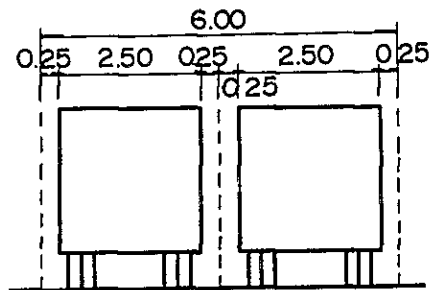
(e) 道路巾員

一車線巾3.0m (図Ⅲ-5-1) を基準に路肩巾を考慮して舗装(総巾員)を検討する。コクレシート~ペタキージャ間の1車線道路において、故障したトラックを追いこし、すれ違いが出来る巾5.5m (2.5m + 2.5m + 0.5m) を確保する(図Ⅲ-5-2)。又、ジャノグランデ~コクレシート間の2車線道路においてトラックがすれ違い走行出来る巾6.0m (3.0m + 3.0m) を確保する(図Ⅲ-5-3)。

(注：トラック巾2.5m)

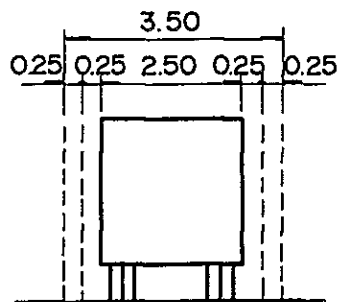


図Ⅲ-5-1 一車線基準巾員 図Ⅲ-5-2 一車線道路巾
(コクレシート～
ベタキージャ区間)



図Ⅲ-5-3 2車線道路巾
(ジャングランデ～
コクレシート区間)

又、パイロット道路においては、1kmごとに巾60mのすれ違いができる箇所を設けるものとし、一車線道路とした。この場合、巾員が小さいので、両側に0.25mずつの路肩を設け総巾員を3.5mとした。



図Ⅲ-5-4 パイロット道路巾
(サンファン川～
ベタキージャ区間)

(f) 設計荷重

橋梁及び舗装の設計荷重としては、設計運搬車両10～11t積トラックが満載した状態を想定してAASHTO HS-15を採用した。

*

6. 道路整備計画

6-1 計画の方針

本調査の対象道路をアズエロ～ペノノメ～ジャノグランデの既存道路区間、ジャノグランデ～コクレシート区間、コクレシート～ペタキージャ区間の3つの区間に大別して、その整備について検討を行なう。

(1) アズエロ～ペノノメ～ジャノグランデ

この区間は、現在車両が通行可能な道路が存在し、精鉱運搬以外の、1搬車両の交通量が多い区間であるので、一部区間の改修についての提案にとどめる。

(2) ジャノグランデ～コクレシート

この区間の道路は、厳しい地形条件の下に仮に建設された道路ともいふべき道路であり、その縦断勾配が急な為、精鉱運搬には、対応できないのが現状である。従って、精鉱運搬を主眼にさらに鉱山都市を中心とした地域の開発にふさわしい道路に改良すべく検討を行なう。

改良案としては、舗装構成によりアスファルト舗装と砂利舗装の2つの代替案と、さらにルートの代替案として、現道をなるべく使用出来るルートと、道路を新設するルートの2案を検討する。

(3) コクレシート～ペタキージャ

この区間は、サンファン川迄の林道を除いて、まったく道路の存在しない区間であるので、道路の新設について計画を行なう。この区間については、舗装構成によりアスファルト舗装と砂利舗装の代替案が考えられる。

サンファン川よりペタキージャ鉱山までは現在、道路がないためパイロット道路を計画し、そのルートは掘削土量の低減等経済性を考慮して、本線ルートとほぼ同じ路線として計画する。

6-2 既存道路の整備

調査対象道路のうちアズエロ港よりジャノグランデ迄の既存道路延長は、131.5kmである。現在、この道路において重車両交通に支障のない区間は、バンアメリカンハイウェイの63.5kmと国道2号線の39.1kmの合計102.6kmである。残り28.9kmについては、次のような改修が望ましい。

(1) アズエロ港よりモナクレ～エルエヒド道路交差部まで2.6km区間

現在砂利道で多少巾員の狭い箇所(3.5m)がある為、道路の拡張、舗装整備及び雨水の排水処理の改善が必要である。

(2) 交差部より国道2号線に至る5.6km区間

現在、カットバックアスファルト舗装であるので、重車両交通に耐えられない、この為舗装の強化(オーバーレイ)及び雨水の排水処理の改善が必要である。

(3) ペノノメ～ジャノグランデ20.7km

現在、カットバックアスファルト舗装で現況においてもかなり路面状態の悪い箇所があり、重車両交通に対して耐え得る舗装が必要である。改良方法としては、著しく悪い路盤の箇所に

ついて、路盤の置き換えを行い、アスファルト舗装のオーバーレイを行うとともに雨水の排水処理の改善を行う。

又、ペノノメ〜ラピンターダ間に架設されているトラス橋3橋のうち、サラチ川及びコクレ川の2橋は老朽化が進んでおり、重車両の交通に耐える橋梁とする。このため、橋梁の補強あるいは橋梁のかけ替えを行う。又、現在橋梁有効巾員は、3.2〜3.5mの1車線である。しかし、新設する場合、橋梁巾員は同一路線で隣接して架設されているコクレデルスルー橋と同巾員6.7mを使用して計画する。

表Ⅲ-6-1 精鉱運搬時の重車両交通に対処する為の現道改修計画

	アズエロ港よりモナクレ〜エルエヒド道路交差点に至るまで	交差点より国道2号線に至るまで	ペノノメ〜ジャノグランデ間
距離 (km)	2.6	5.6	207
改修方針	<ul style="list-style-type: none"> ・巾員の狭い箇所(3.5m)の道路拡幅工事が必要 ・現在未舗装の為、舗装工事が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・表層5cmの舗装強化が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・表層5cmの舗装強化が必要 ・トラス橋2橋の新設(2車線を確保するのが望ましい)

6-3 新設及び改良道路の標準横断

対象地域の厳しい自然条件、特に降雨量、粘性土等による施工の困難性を考慮すると、盛土は最小にとどめ、切土構造を原則とする。標準断面として、ジャノグランデ〜コクレシート間はアスファルト舗装案(図Ⅲ-6-4)と砂利舗装案(図Ⅲ-6-5)、コクレシート〜ペタキージャ間はアスファルト舗装案(図Ⅲ-6-2)、砂利舗装案(図Ⅲ-6-3)を考える。また、サンファン川〜ペタキージャ間のパイロット道路は砂利舗装案(図Ⅲ-6-1)とする。

(1) 舗装計画

舗装は上述した様に、アスファルト案と砂利道案の2案を考え、表Ⅲ-6-3の舗装構成とする。

なお、舗装計画にあたっての設計条件を以下のように考えている。

(a) 舗装計画のための換算交通量

コクレシートに、鉸山都市が出来るものとして、交通量を推定し、舗装設計に用いる5t車に換算した、その結果を表Ⅲ-6-2に示す。

(b) 路床は原則として、切土地盤を使用し、CBRは10と仮定する(土質資料参照)。

* AASHO

(c) アスファルト舗装をおこなう場合、路盤は降雨日数が多い事を考え、施工しやすいセメント安定処理とする。

表Ⅲ-6-2 舗装計画のための5ton車換算交通量

		パイロット道路 コクレシート〜ベタキージャ 16.9 km	ベタキージャ〜コクレシート 2.2 km	コクレシート〜ジャノグラデ 27.2 km
交通量(台/日)	乗用車	—	0.072	1
	バス	—	2.5	2
	トラック	5.9	4.58	4.62
	ゾープ	0.056	—	—
	計	5.9	4.83	4.65

表Ⅲ-6-3 舗装計画

舗装の種類	舗装構成	パイロット道路	ベタキージャ 〜コクレシート	コクレシート 〜ジャノグラデ
アスファルト舗装案	表層アスファルト(cm)	—	5	5
	セメント安定処理(cm)	—	10	10
	粒調砕石(cm)	—	10	10
	砂利(cm)	—	30	30
砂利舗装案	粒調砕石(cm)	15	20	20
	砂利(cm)	30	65	65

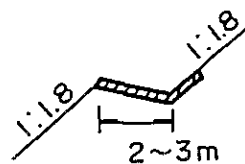
(2) 道路断面の設計計画

(a) 縦断形状

道路の改良および新設予定区間は降雨量も多く、降雨日数が多いこと、表層土質が粘性土であることから、盛土構造は避け切土構造とする。

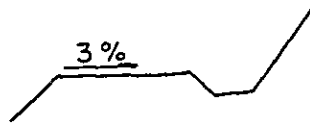
(b) のり面

切土のり面は降雨の侵蝕等を考慮すると、切土法面長は短くすることが必要である。従って、法面長は15m程度以下になるよう路線を選定することが望ましい。切土のり面勾配はパナマの基準に基き土砂1:3/4, 軟岩1:1/2, 硬岩1:1/5~1/3とする。又、盛土のり面勾配はなるべくゆるくし、1:1.8として8mを超える場合は小段を2m~3m設け、小段排水を設ける。



(c) 路床の横断勾配

路床の横断勾配は3%以上の勾配をつけて切土し、舗装材は3%以上の横断勾配をつけることとする。

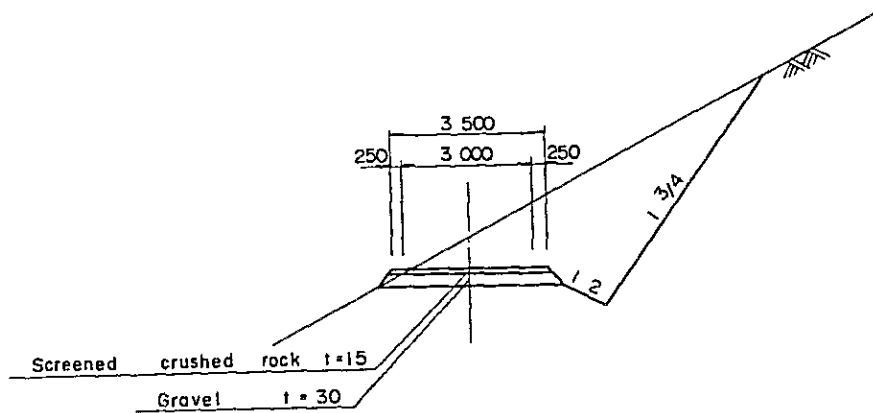


(d) 排水側溝

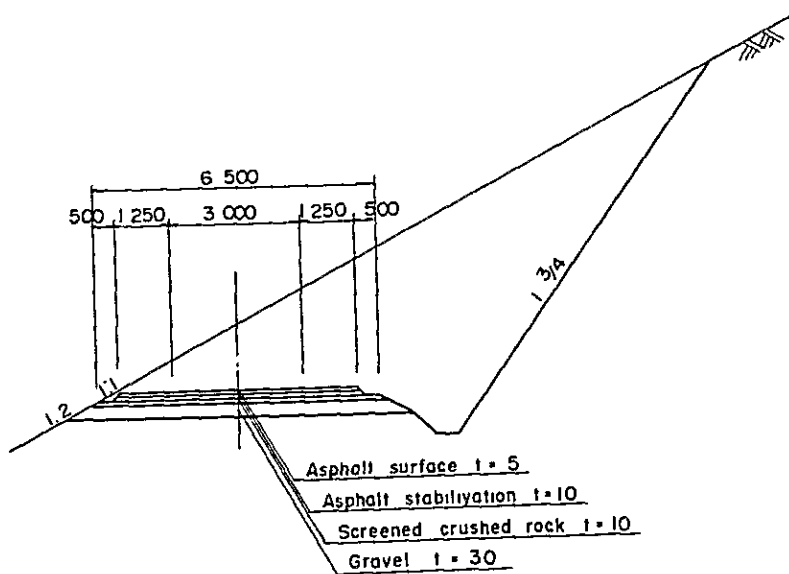
排水側溝は、地山に上巾50cm以上、深さは路面より1m以上の土側溝を設け、地山に沿って流下させる。特に切り盛り境における急勾配排水路はかならず地山の中に作り、呑口と流下水路はソイルセメント等で保護する。路面排水はなるべく切土側に導く。やむをえず谷側に流下させる場合は集水量が多くなるようにする。集水する箇所はソイルセメント等で保護し、地山に沿って流下させる。この場合、呑口と流路はソイルセメントで保護する。

(3) 道路標準断面

前述の考え方に従い新設道路の道路標準断面を図Ⅲ-6-1～図Ⅲ-6-5に示す。



図Ⅲ-6-1 パイロット道路標準横断面



図Ⅲ-6-2 コクレシート～ベタキージャ標準横断面(アスファルト舗装案)

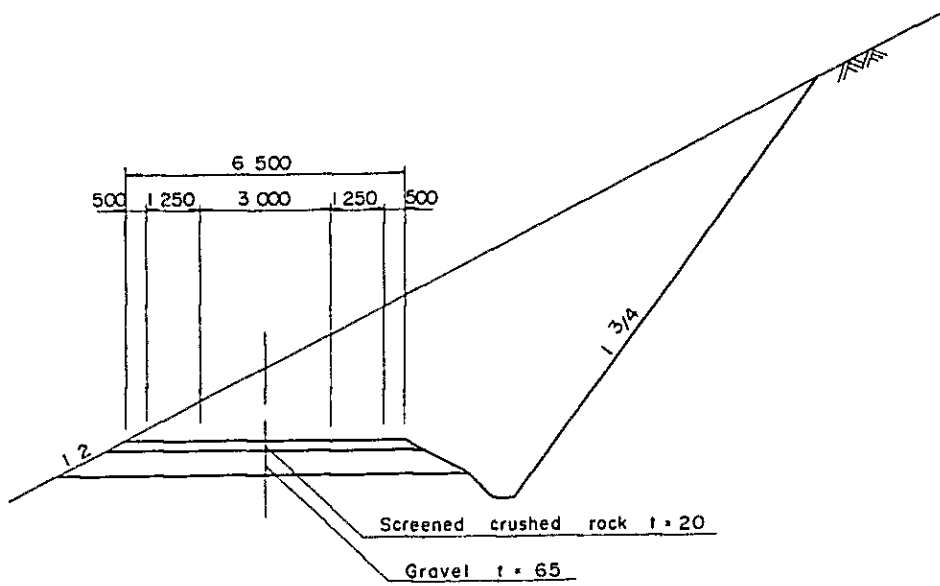


図 III-6-3 コクレシート～ベタキージャ標準横断面図(砂利道案)

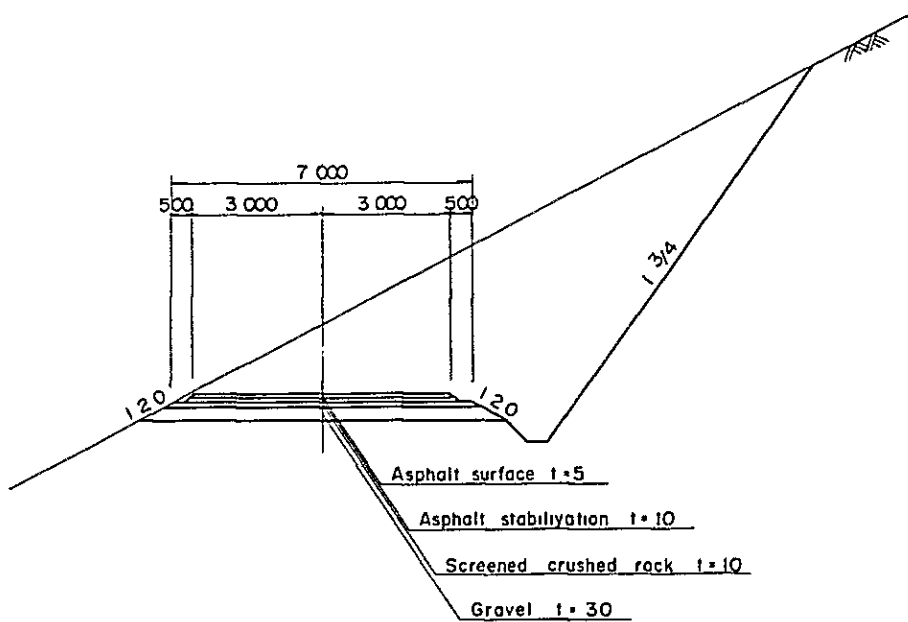
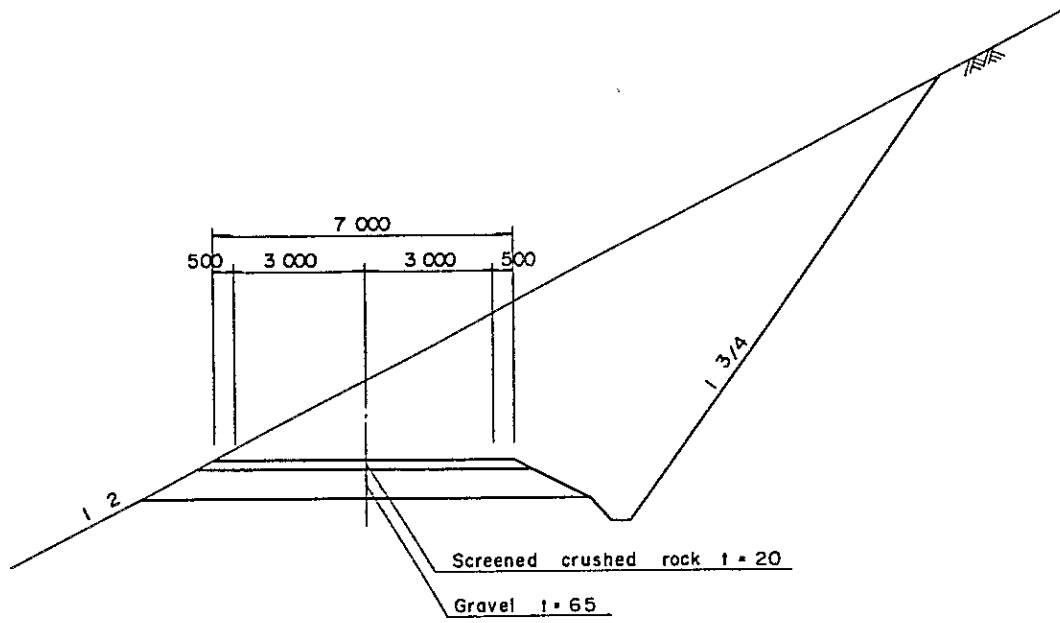


図 III-6-4 ジャノグランデ～コクレシート標準横断面図(アスファルト舗装案)



図Ⅲ-6-5 ジャノグランデ〜コクレシート標準横断面図(砂利道案)

6-4 路線の代替案

計画道路の路線選定に当っては、道路の機能が充分発揮出来るような路線位置及び線形であることが必要である。一方、施工の難易度、土量、構造物の数量等を考慮し、経済的な路線とすることが要求される。調査対象区間のうち、ジャノグランデ～コクレシートについては沿道に少数の部落が存在するのみであり、土地利用も牧場的土地利用が多いため、特に道路路線選定上の支障となるものは存在しない。また、コクレシート～ベタキージャ間は熱帯雨林の中を通過するため、特に社会的な考慮を払うものも存在しない。従って、路線は主として地形条件によって左右され、現地踏査と現在する地形資料より河川の渡河点の良否、切土箇所、盛土箇所、鉱床および選鉱所等をコントロールポイントとして路線は選定される。なお、ジャノグランデ～コクレシート間の土地利用状況を図Ⅲ-6-6に示す。



図Ⅲ-6-6 ジャノグランデ～コクレシート 土地利用状況

1) ジャノグランデ～コクレシート

この区間は、1:60,000の航空写真と既存道路の簡易縦断測量を行なった資料に基づいて、路線選定をおこなった。現状の道路縦断勾配は、基準値(8%)以上の区間が路線延長27.8 km、中16 kmにも達している。この道路を精鉱搬出道として改良するには、縦断勾配を改良する必要があり、その補正すべき区間は16 kmにも達する。

これらを改良する方法として、縦断勾配の急な箇所の切り回しをおこなう方法と現道を切り下げて、縦断勾配をゆるくする方法がある。また、新ルートを選ぶ場合、地形の制約上、大胆な変更は考えられない。従って、ルートは現道と並列するような形となるが、そのサービス水準により多少変化する。

計画路線としては、舗装の種類によって、アスファルト舗装案と砂利道舗装案の2つの案に分け、更にサービス水準の違いにより2つの案、即ち4つの代替案が提案される。

(a) 第1案 現道を改修してアスファルト舗装とする案

ルートはSTA0～STA3付近まで現道ルートを取り、STA3+00付近から現道はずれ、高度を上げながら沢沿いに進み、第2峠の下方約120mの沢の峠に達し、下りは現道に何度も交差するヘアピンカーブを多用して高度を下げ、STA8+00付近のカスカハル沢の渡河点で現道と合流する。これよりSTA11+00付近までは現況ルートをたどるが、STA9+00付近より約600mは第3峠をカスカハル川沿いに迂回する。STA11+00付近より第4峠を迂回するためカスカハル川沿いに進み、ランチェリア川の現道ルート渡河点に達するルートを取り、第5峠を迂回するために峠の山腹を通過してSTA16+800付近の現道と交差する。これより第6峠の山から第8峠の山まで連山を形成しているため、ルートは沢には入らないでこの連山の山腹と尾根を利用し、第6、第7、第8峠を迂回して、STA20+900付近のマチョン川の支流の渡河点に出る。そして、このルートは支流沿いにSTA23+500付近まで下り、現道と合流してコクレシートに到る。

(b) 第2案 現道を多く利用し、砂利舗装とする案

第1案と同じルートを通る。しかし、第1峠の迂回及び第2峠越えの為、STA1+500付近のルイサ川渡河点より現道と別れ第2峠に達する。第2峠の下りは、第1案より長い路線が必要である。そして、第4峠の迂回及び第6峠越えをするため、カスカハル川及びその支流沿いに大きく迂回した路線が選ばれる。

(c) 第3案 新設に近いルートで走行性を重視したアスファルト舗装道路案

第1案とほぼ同じルートであるが、STA0+00からSTA3+00までカスカハル部落を迂回し、STA23+400よりコクレシートまでマチョン川沿いの新ルートを計画した案

(d) 第4案 砂利舗装として走行性を重視した新設ルート案

第2案とほぼ同じルートをたどるが、第3案と同様にカスカハル部落の迂回とマチョン川沿いのルートを計画した案

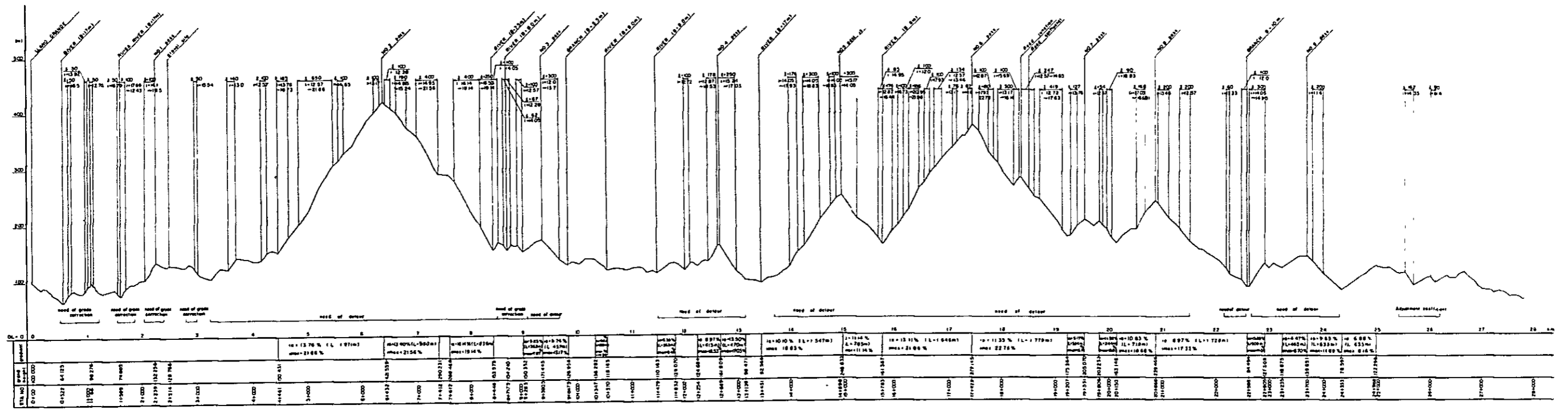


図 Ⅲ-6-7 ジャノグランデ〜コクレシート現道縦断面図

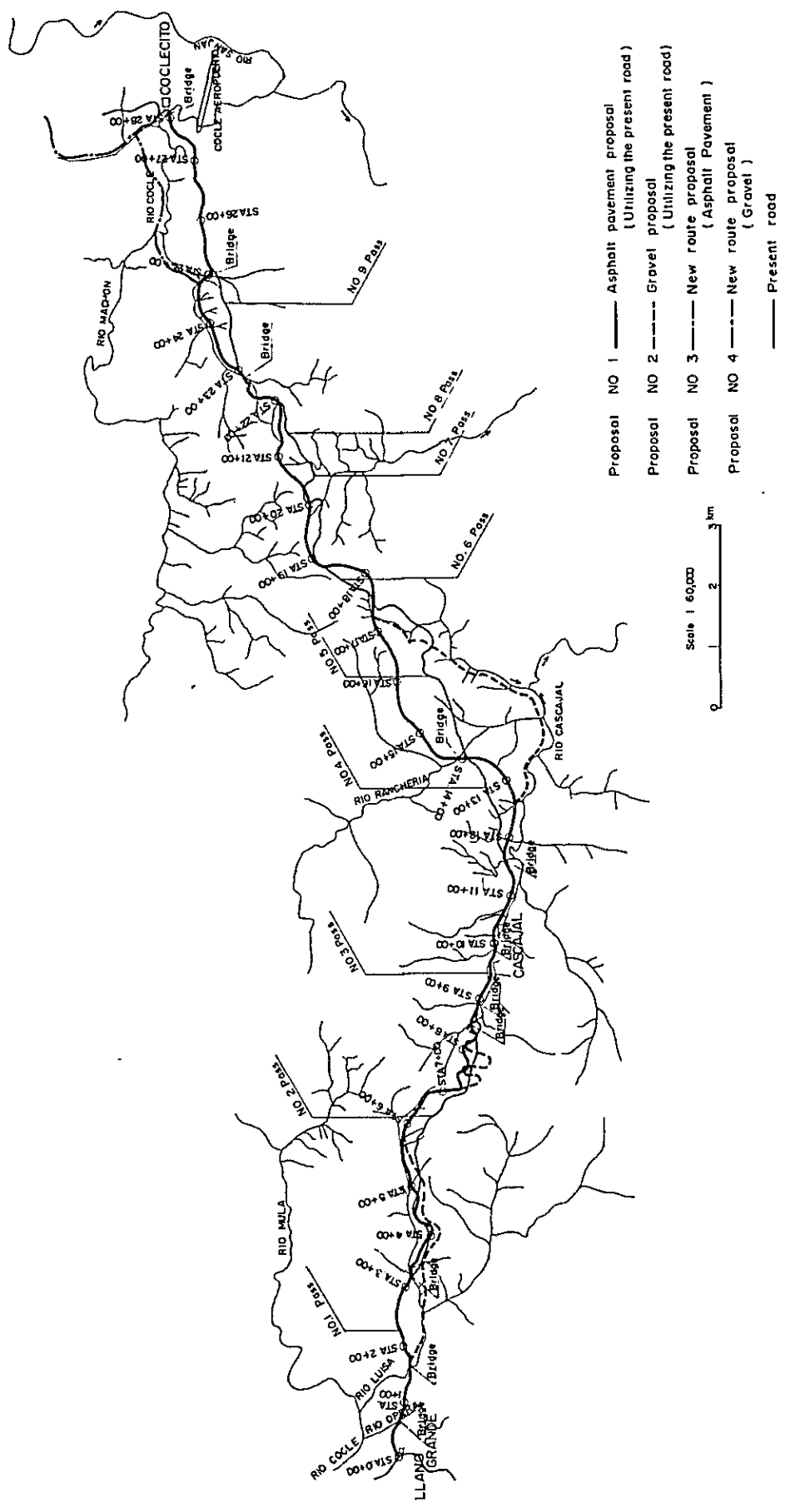
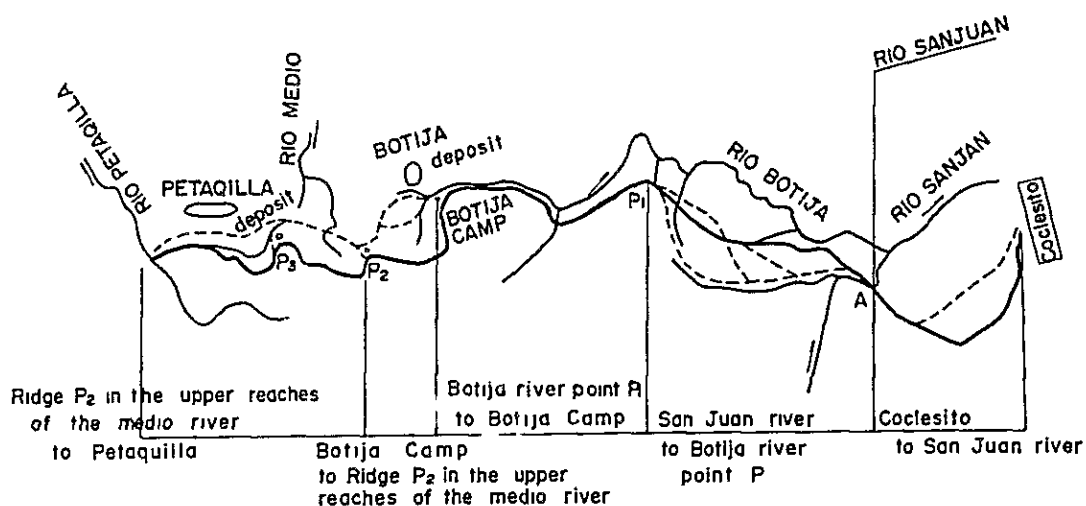


図 1-6-8 ジャノグランデ〜ココレシート計画ルート図

(2) コクレシート～ペタキージャ

この区間は未開発地域のため、ルート選定上の制約条件はそのほとんどが自然条件、特に地形である。現地の地形はかなり小さな山が多く、1:20,000の地形図において尾根を形成している所も実際には多くの凹凸があり、複雑な地形を呈している。このため、尾根に入るルートは現地踏査結果と航空写真の立体化により選定した。

地形的特質により全区間を5つに区分し、それぞれの区間においてルート进行比较し、最適ルートを選定した。この最適ルートにおいて、アスファルト舗装と砂利道舗装案の2案について検討を行なった。



Note; Dotted line represent routes used for comparisons

図 III-6-9 コクレシート～ペタキージャ ルート選定概念図

(a) コクレシート～サンファン川

この区間は現在林道があるので、既存ルート案と新ルート案の2ルートが考えられる。

既存ルート案は、現況道路の縦断改良をおこなうものである。しかし、縦断改修箇所は現在でも大きな切土面を見せているため、改修時における切土は多くの切土量が出る事が予想される。また、この区間を迂回させる計画にすると、その迂回路延長は20km近くなる。このルート上にコクレデルノルテ川よりコクレシート開拓村の中の小高い山を通過する約0.6kmの区間がある。この部分も縦断勾配が急でしかも沿道に開拓村の民家、施設が並んでいる。このような区間において、縦断改修をおこなうことはコクレシートの土地利用上難しい。

一方、新ルート案は、コクレシートよりコクレデルノルテ川を約0.7kmさかのぼり、これよりコクレデルノルテ川の支流沿いに上流にのぼり、小さな尾根を越えてサンファン川に至る。このルート沿道の約半分は牧場あるいは農耕地で、縦断勾配も無理なく計画することが出来る。両案のルート延長は、現道ルート案3.6km、新ルート案4.3kmとなり、新ルート案の方が約

0.7 km長い。しかし、ジャノグランデ～コクレシートのルートとの接続上、新ルート案に結ぶと、その差はほとんどなくなる。

以上の検討結果より新ルート案を選定して計画した。

(b) サンファン川～ポティハ川 P₁ 点

この区間は 1 : 20,000 の地形図において、なだらかな尾根に見えるが、実際は 50 m 程度の山が多く、非常に複雑な地形を呈している。P₁ 点はポティハ川が両側にはさまれて溪谷になる地点である。

P 点に到るルートは図 III-6-9 のように、基本的には、サンファン川の支流沿いに進む案と、ポティハ川の支流沿いに進む案の 2 通りが考えられる。これらのルートは、どのルートもを計画しても、その道路延長は殆んど変わらない。地形的にも、ほぼ同じ様な条件の所を通過しているので、現状では、甲乙つけがたいが、比較のおだやかな地形であるポティハ川に近いポティハ支流を通る案を採用した。

また、現在 A 点の上流部に水力発電用の小ダムを建設していて、小ダム建設点より川上側は水深も深くなり、施工時の切り回しも困難になる。(岩が河床及び両岸とも露頭していて溪谷状をなしている。) また、A 点より下流側は、そのアプローチの山の急峻さ、及び切り回し施工の困難がある。従って、渡河点として A 点を選定した。

(c) ポティハ川 P₁ 点～ポティハキャンプ

この区間は両岸に山が迫っていて、溪谷をなしているので、ポティハ川沿いのルート以外は施工が困難である。

(d) ポティハキャンプ～メディオ川上流部の尾根 P₂

この区間は、ポティハキャンプの裏側を通りポティハ川の上流部を横断して廻り込んで、P₂ に至る案と、ポティハキャンプ付近のポティハ川本流を渡河し、その支流に沿って登る案が考えられる。さらに後者については、2つの案が考えられる。すなわち、その1つは中の沢をつめる中央ルートであり、他は北側の沢をつめるルートである。これら2案は谷の上部において縦断勾配がやや急で、どちらかという中央ルートの方が沢、尾根ともにゆるやかな様相を示している。P₂ 点に至る各ルートの道路延長は、ほぼ同じであるが、後者2案はポティハ川橋梁を考慮する必要があるので、ポティハ川上流を横断して廻り込む前者の案を計画する。

(e) メディオ川上流部尾根 P₂ ～ペタキージャ川

この区間はメディオ川上流部尾根を迂回し、ピエドラス、コロラダス谷の山の中腹をぬって、ペタキージャ川に下るルートを計画する。この他のルートとしてメディオ川に下り、再びピエドラス、コロラダスの分水嶺まで上る案が考えられる。しかし、この案は、縦断勾配が大きくなり、トンネル構造の必要が出てくるので前者を選定した。又、P₂ 点よりペタキージャ鉦床側に下るルートは、鉦山構内道路建設において自由な路線が選定できなくなる事、鉦床がある事、ペタキージャ鉦床側の地形の険しさがある。このためルートは鉦床と反対側ルートを選定した。

(f) パイロット道路

サンファン川よりベタキージャまで約17kmのパイロット道路については、このパイロット道路を使用して本線道路が建設できるように本線ルートとほぼ同じルートとする。

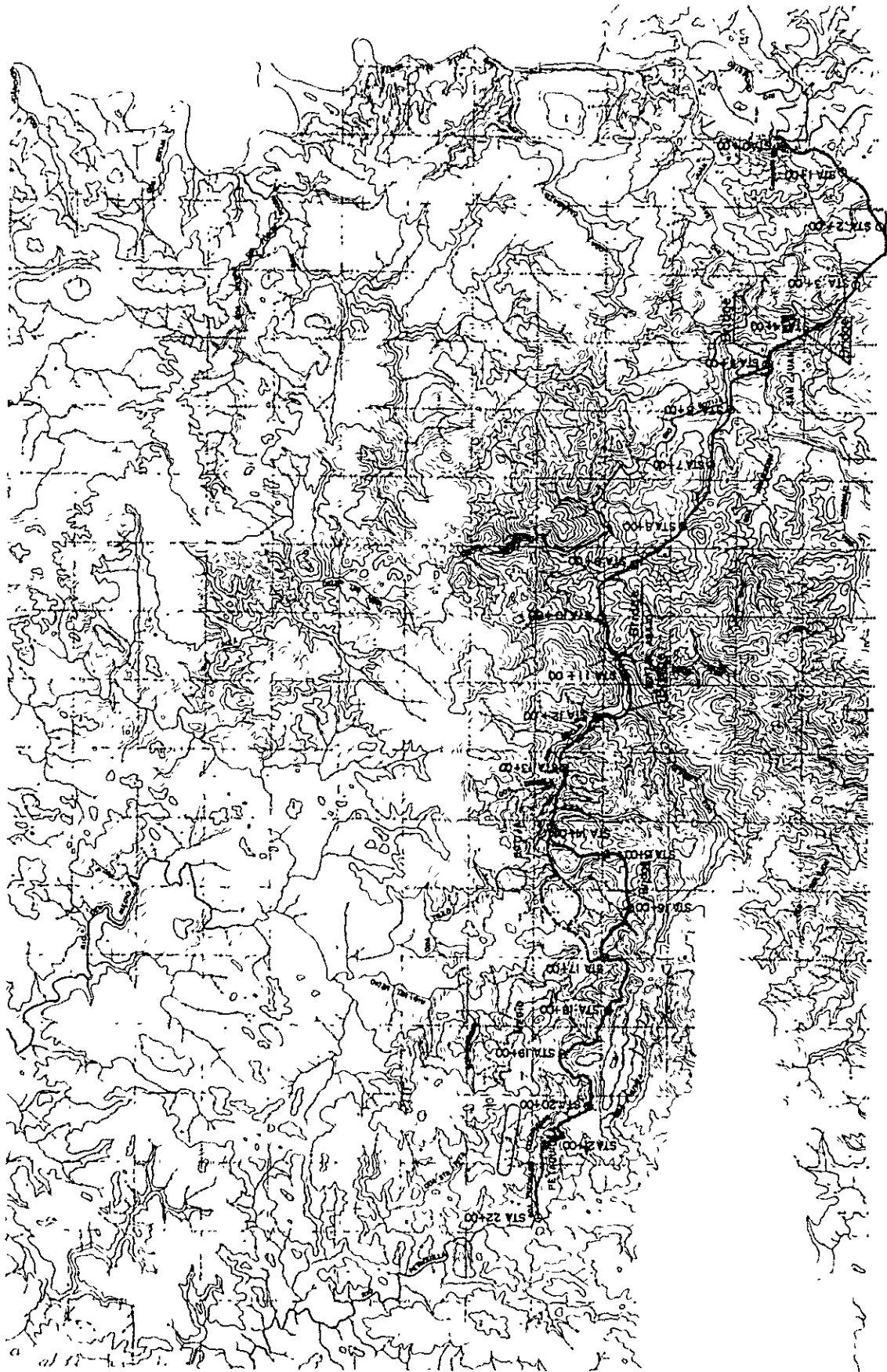


図 III-6-10 コレクショント〜ベタキージャ計画ルト平面図

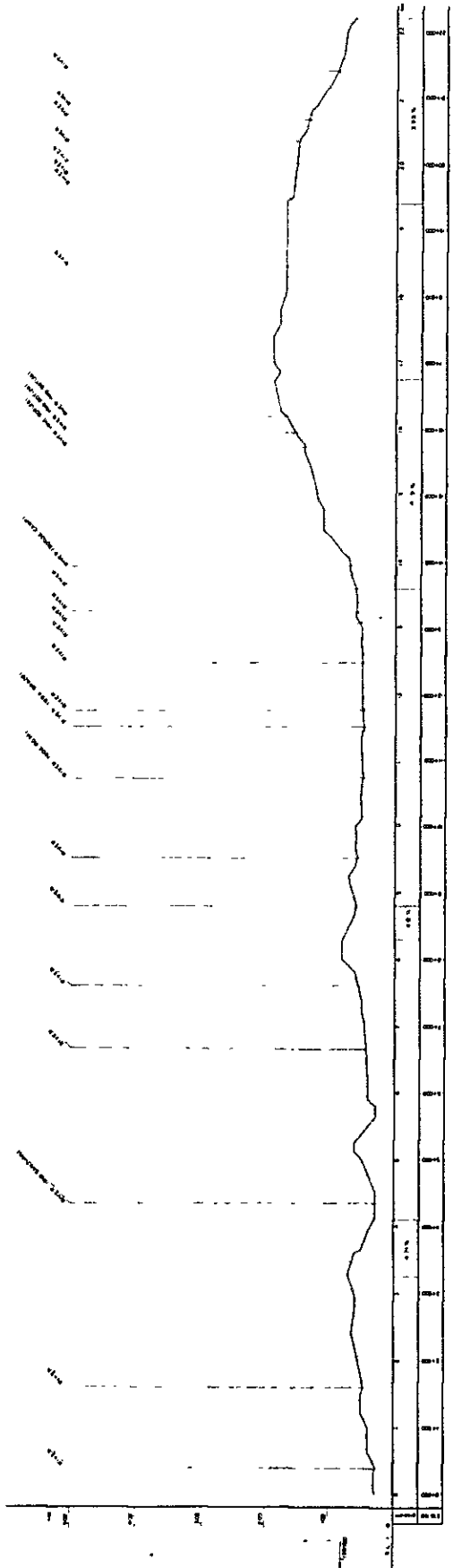


図 Ⅲ-6-11 コクレスタート〜ベタキージ計画ルート縦断面

111

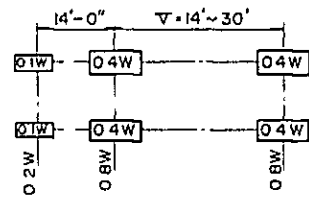
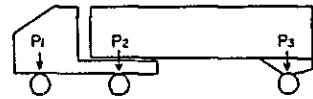
6-5 構造物計画

(1) 基本方針

(a) 本線道路の計画

パナマにおける橋梁の設計は A A S H T O の基準が採用されている。従って、今回の設計においても、橋梁はこの基準に基づいて計画をおこなう。

本計画に採用した H S - 1 5 活荷重を図 III - 6 - 1 2 に示す。



$$W = 54\,000 \text{ LBS} \quad (24\,5^t)$$

$$P_1 = 6\,000 \text{ LBS} \quad (2\,7^t)$$

$$P_2 = 24\,000 \text{ LBS} \quad (10\,9^t)$$

$$P_3 = 24\,000 \text{ LBS} \quad (10\,9^t)$$

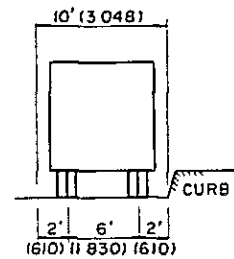


図 III - 6 - 1 2 A A S H T O H S 1 5 - 4 4 荷重

(b) パイロット道路構造物

道路建設のスケジュールによれば、パイロット道路建設は精密探鉱の開始前に行なわねばならず、施工までの期間が短いため、パイロット道路の構造物は簡単で確実に施工できる構造物を検討する必要がある。

(2) 本線道路の橋梁

(a) 橋梁スパン長

計画渡河地点は降雨量の多い山間部にあり、これらの河川は比較的集水面積が小さいが、流出量が多い。この為、降雨時には、河川の増水位が大きく場所により鉄砲水及び倒木等の流下が考えられる。更に、現況水位及び河川巾を考慮して表 III - 6 - 4、表 III - 6 - 5 に示すようなスパンの橋梁を計画する。

表Ⅲ-6-4 ジャノグランデ〜コクレシート間
計画橋梁スパン長

STA 区	橋 梁	有効巾員	河 川 名
STA 0+650	45 (10+25+10)	6.7	オベテ川
" 1+600	45 (10+25+10)	"	ルイサ川
" 3+200	20	"	
" 8+600	"	"	
" 8+950	"	"	
" 9+950	"	"	
" 11+600	"	"	
" 14+000	30	"	
" 22+900	20	"	
" 25+000	20	"	
" 28+100	60	"	コクレデルノ ルテ川
合 計	320 m		

表Ⅲ-6-5 コクレシート〜ペタキージャ間
計画橋梁スパン長

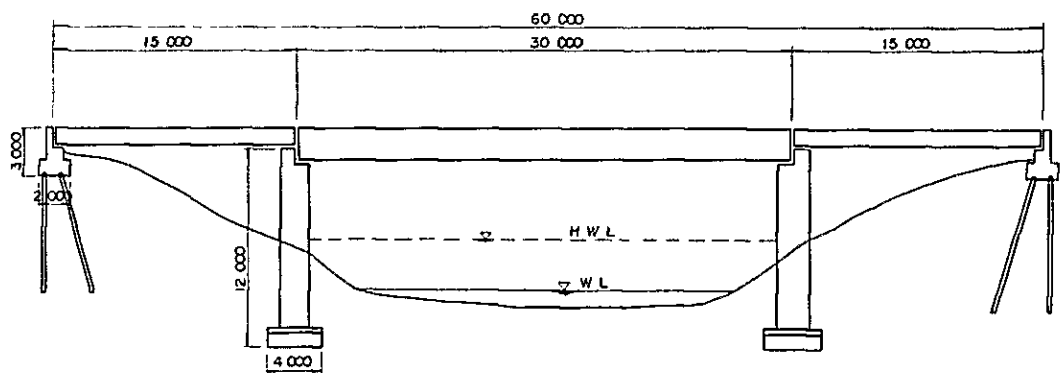
STA 区	橋 梁	有効巾員	河 川 名
STA 4+00	180 m (15+50×5+15)	5.5 m	サンファン川
" 5+000	20	"	
" 10+800	30	"	ロハ川
" 11+500	30	"	ブラゾ川
" 14+500	60	"	ポティハ川
合 計	320 m		

(b) 橋梁計画

本線道路の河川上の橋梁計画に際しては、自然条件等特に雨期と乾期の水位差を考慮して、最適スパン最適橋脚高の検討を行った。

橋梁の計画は、ポティハ川、コクレデルノルテ川を代表河川とし、図Ⅲ-6-13に示すような橋梁を標準とした。

上部工の形式は現地での調査及び施工性を考慮すると、鉄筋コンクリート橋、鋼橋の2案が考えられる。ジャノグランデ〜ペタキージャ間の橋梁施工は、雨期における品質管理、工程管理面で非常に難しい問題を有している。しかし、当該地域において乾期の間の出水の少ない期間にステージング工法が可能であると考えられる為、上部工は建設工事費も比較的安価なコンクリート桁を計画する。



図Ⅲ-6-13 計画橋梁側面図

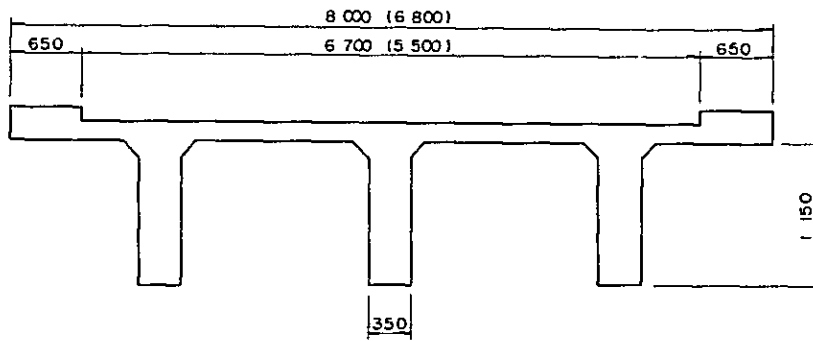
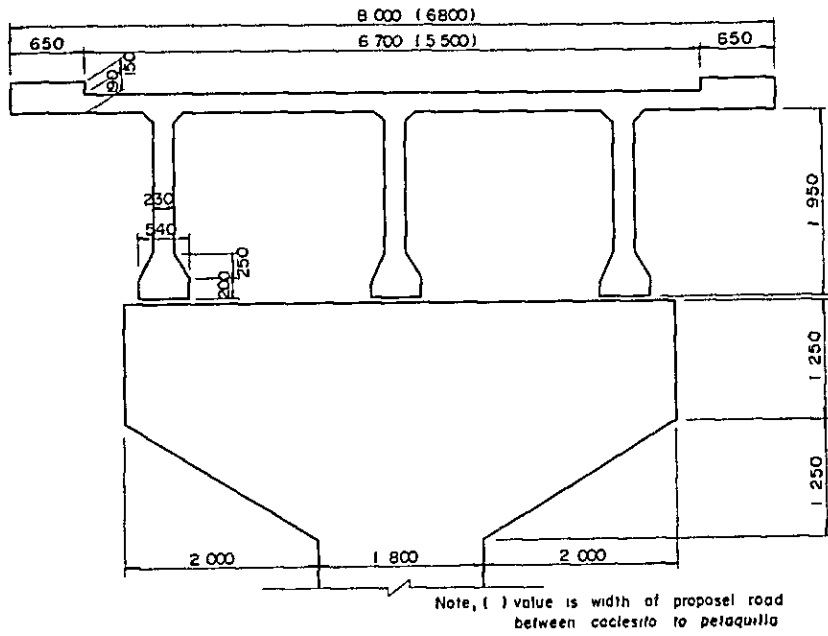


圖 Ⅲ - 6 - 1 4 計畫橋梁断面図

(3) 横断排水構造物

対象地域の河川は、降雨時の出水量が小さい渡河点についても増水位を考えて橋梁を設置することとする。

一方、沢部等の流下量の小さな箇所については410m以上のハイフカルバートを計画する。ハイフカルバート設置箇所数は、ジャノクランデ〜コクレシート間約70ヶ所、コクレシート〜ハタキージャ間約150ヶ所である。

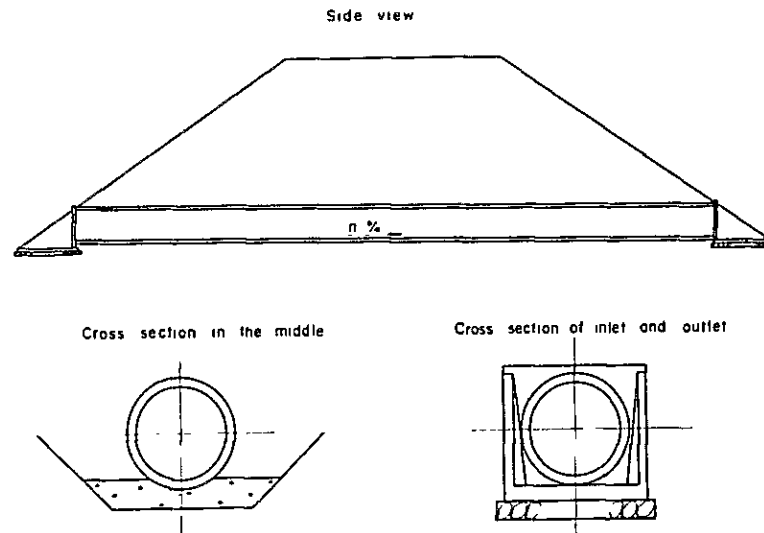


図 III-6-15 横断排水構造物

(4) パイロット道路構造物

河川横断構造物として、簡単にしかも確実に施工できる構造物として、いくつかの構造案が考えられる。これらの構造物は、コクレシートからベタキージャに至る河川を対象に設置することとする。

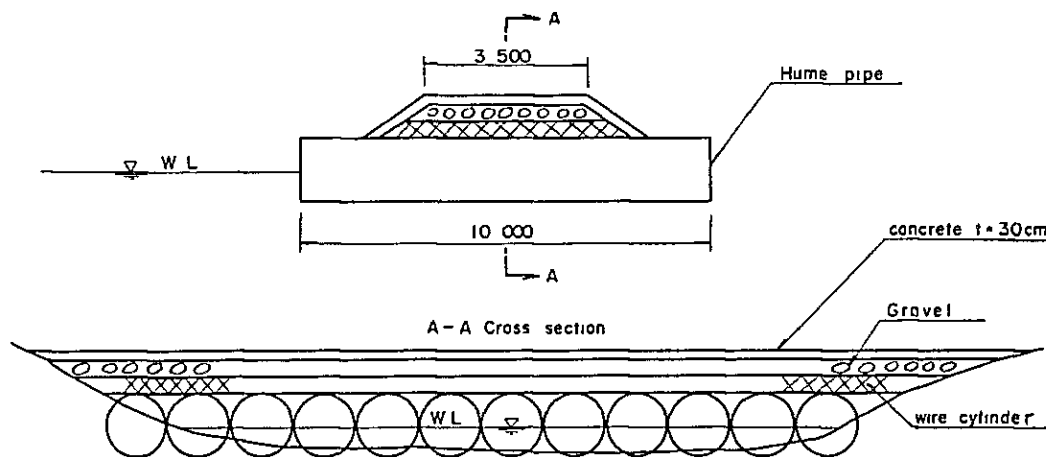
表Ⅲ-6-6 パイロト道路構造物比較案

構造物の形式	特 徴	問 題 点
ヒューム管案	ヒューム管(41,000~1500)を使用し、その上に蛇かご、砂利等を敷き、表面をコンクリートで包み雨によって表層に支障をきたさないような構造物	ヒューム管目地部の施工に多少難しさがある。
コルゲート案	上記と同様であるが、ヒューム管をコルゲートパイプに変えた構造物	大きいものを使用した場合、洪水時に度流されると補修しにくい。
湛水橋	時締切をし、河床にコンクリートを打設して床かためをした簡単な構造物	河川の増水時には通行不能となる。
木 橋	現地の密林地帯の木材を使用してつくる簡単な構造物	重車両交通に対して問題がある。
仮 棧 橋	H鋼等で仮棧橋をつくらした構造物	H鋼打込のみの重機の搬入に問題ある、また打込めるかどうか、貫入層、支持層の確認が必要。

上記比較案のうち、安全性及び施工の確実性を考慮して、ヒューム管で施工する案を提案する。

図Ⅲ-6-16に、ヒューム管を使用した河川横断構造物を示す。

なお、沢等に用いるパイプカルポートについては、本線排水構造物の計画箇所と同数の計画をする。



図Ⅲ-6-16 ヒューム管を使用した河川横断構造物

6-6 工事数量及び建設工事費

(1) 工事数量

道路整備計画に基づいて検討した路線についての工事数量を表Ⅲ-6-7、表Ⅲ-6-8に示す。なお、工事数量は表Ⅲ-6-9の計画道路延長と標準横断図の数量との積により算出した。

表Ⅲ-6-7 コクレシート～ベタキージャ間工事数量

項目	単位	パイロット道路 16.9 km	本線道路 22.0 km		
			アスファルト舗装案	砂利道案	
道路	切土	m ³	128,800	712,500	973,600
	砕石又は砂利	"	21,300	49,500	123,000
	粒調砕石	"	9,500	14,700	30,400
	舗装	m ²	-	121,000	-
	セメント安定処理	m ³	-	12,540	-
排水構造物	m	1,450	2,900		
橋梁	コンクリート	m ³	-	1,700	
	鉄筋	ton	-	240	
	ヒューム管	m	1,200	-	

表Ⅲ-6-8 ジャノグランデ～コレクシート間工事数量

項目	単位	第1案	第2案	第3案	第4案	
		アスファルト舗装案	砂利直案	アスファルト舗装案	砂利道案	
道路	切土	m ³	922,500	1,457,800	1,161,000	1,652,500
	砕石又は砂利	"	67,400	178,200	71,300	175,800
	粒調砕石	"	20,200	44,500	21,400	44,000
	舗装	m ²	168,600	-	178,200	-
	セメント安定処理	m ³	17,400	-	18,400	-
排水構造物	m	1,400				
橋梁	コンクリート	m ³	2,070			
	鉄筋	ton	300			

表Ⅲ-6-9 計画道路延長

	リネサンファン ～ベタキージャ (パイロット道路)	コクレシート ～ベタキージャ (本線道路)	ジャノグランデ～コクレシート			
			第1案 (アスファルト舗装案)	第2案 (砂利道案)	第3案 (アスファルト舗装案)	第4案 (砂利道案)
新設道路距離(km)	16.9	22.0	18.0	22.0	29.7	29.7
切土補正距離(km)	-	-	2.8	2.1	-	-
現道改修距離(km)	-	-	7.3	6.0	-	-
合計	16.9	22.0	28.1	30.1	29.7	29.7

(2) 建設工事費

(a) 材料物価

パナマ建設物価版1979年(10月)による主要建設材料を表Ⅲ-6-10に示す。

表Ⅲ-6-10 材料単価

項 目		単 位	単 価	備 考
労 務 費	人 夫	時 間	0.95	
	熟 練 工	"	105	
	左 官, 大 工 鉄 筋 工	"	135	
セ メ ン ト	袋	3.37		1袋 94lb S=42.6Kg
砂		m ³	5.00	
砕 石		"	5.75	
レディミクストコンクリート $\sigma_{ck}=210 \text{ Kg/cm}^2$		"	39.56	
鉄 筋		ton	478.0	#5 ($\phi 16$)
ア ス フ ェ ル ト		* galon	0.76	
パイプ (PVC) 3/4" × 20'		個	2.98	
ガ ソ リ ン		* galon	1.3244	
デ ィ ー ゼ ル 油		"	0.89	
セメントパイプ 24" × 6'		個	42.18	
6" × 4'		"	6.28	
チ ャ ン ネ ル		ton	8690	3' × 1.41" × 0.70" × 20'
ア ン グ ル		"	757.7	18' × 2' × 2' × 20'

出所: LISTA DE PRECIOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
15 DE OCTUBRE DE 1979

(b) 主要工事価格

パナマにおける最近の建設工事事例を参考にし、1979年(10月)における主要工事単価を表Ⅲ-6-11に示す。

表Ⅲ-6-11 主要工事単価

		単位 ドル	
項 目	単 位	1979年価格	
道 路 掘 削 工事費	m ³	2.46	
砕石又は砂利敷均し	"	9.66	
粒調砕石敷均し	"	17.64	
アスファルト舗装	"	121.0	
コンクリート $\sigma_{ck}=20\text{kg/cm}^2$	"	200.0	
コンクリート $\sigma_{ck}=28\text{kg/cm}^2$	"	250.0	
鉄 筋	kg	1.3	
構造物掘削	m ³	25.0	
基礎栗石	m ²	38.0	
鋼 材	kg	2.4	
RC ハイール 254×254	m	80.0	
コンクリートパイプ	"	230.0	

出所：MOP

(c) 新設道路建設工事費

先に求めた工事数量と工事単価に基づいて建設工事費を算出した。

(表Ⅲ-6-12, 表Ⅲ-6-13)

表Ⅲ-6-12 コクレント～ベタキージャ間建設工事費

(単位千ドル)

項 目	パイロット道路 16.9 km	本線道路 22.0 km		
		アスファルト舗装案	砂利道案	
道路掘削工事費	320	1,750	2,400	
碎石, 砂利敷均し工事費	210	480	1,190	
粒調碎石敷均し工事費	170	260	540	
舗装工事費	-	1,620	-	
橋梁工事費	330	1,000	1,000	
排水構造物工事費	330	670	670	
その他 工事費	ガードレール	-	60	60
	ガードフェンス	-	120	120
	宿舍施設	10	10	10
調査設計費	300	540	540	
予備費(上記計 の15%)	250	980	980	
合 計	1,920	7,490	7,510	

表Ⅲ-6-13 ジャノグランデ～コクレント間建設工事費

単位(千ドル)

項 目	第1案 アスファルト舗装案 28.1 km	第2案 砂利道案 30.1 km	第3案 アスファルト舗装案 29.7 km	第4案 砂利道案 29.7 km
	道路掘削工事費	2,270	3,590	2,860
碎石, 砂利敷均し工事費	650	1,720	690	1,700
粒調碎石敷均し工事費	360	790	380	770
舗装工事費	2,260	-	2,390	-
橋梁工事費	1,220	1,220	1,220	1,220
排水構造物工事費	320	320	320	320
その他 工事費	ガードレール	80	80	80
	ガードフェンス	160	160	160
	宿舍施設	20	20	20
調査設計費	1,040	1,040	1,040	1,040
予備費(上記計 の15%)	1,260	1,340	1,370	1,410
合 計	9,640	10,280	10,530	10,790

(d) 現道改良費

表Ⅲ-6-1で示した現道改良計画に基づいて、改良工事費を推定したものが表Ⅲ-6-14である。

表Ⅲ-6-14 現道改良費

(単位 千ドル)

		距離 km	改良費	備考
アズエロ港より モナクレ～サンターナアリバ道路交差部		2.6	210	未舗装の為 基盤から表層まで
モナクレ～サンターナアリバ道路		5.6	160	表層のみ
ペノノメ～ジャノグランデ	道 路	20.7	590	表層のみ
	橋りょう		530	リオラチ, リオクレ2橋 2車線確保
宿 舎 施 設			10	
調 査 設 計 及 び 予 備 費 (15%)			360 280	
合 計			2,140	

6-7 代替案の評価

新設改良道路における代替案は大きく分けると、舗装の違いによりアスファルト舗装案と砂利舗装案が提案されている。そして、それぞれのルートは既存道路の使用区間がほとんどなく、ほぼ全区間改修あるいは迂回する必要がある。代替案における建設工事量、施工工費の推定をおこなった結果、相互の間に工事費において大きな差がないことが解った。これは当該地区の気象、地形、土質条件等による道路形状によるもので、砂利舗装の場合、大きな切土量が生じるためである。また、維持補修においてはアスファルト舗装と砂利舗装のサービス水準を同一に保つための補修費はアスファルト舗装の方が安価となる。

ジャノグランデ～コクレシート間においては、現道改修案と新設案の2案が提案されている。これらの案の内、建設工事費において現道改修案が有利である。これは既存ルートの改修がおこなわれる区間において切土量が少なくなるためである。また、現道改修案は道路建設の受け入れやすき工事の確実性を考えるとさらに有利となる。

従って推薦案として、ジャノグランデ～コクレシート間は第1案の現道改修をおこなう。アスファルト舗装案とし、コクレシート～ペタキージャ間はアスファルト舗装案とする。

しかし、この地域の厳しい自然条件下での施工を考慮すると、アスファルト施工の難しさも予想されるため、今後、十分な土質等の調査をおこなうと共に、パイロット道路建設の際の施工経験を基に慎重に検討する必要がある。従って、アスファルト被覆については、施工中の道路の路盤状況を充分把握すると共に降雨の少ない時期に施工する等の配慮が必要とされる。

以上の推薦案を採用した工事費合計を表Ⅲ-6-15に示す。

表Ⅲ-6-15 建設工事費の合計

(単位 千ドル)

パイロット道路	コクレシート ～ベタキージャ	計	ジャノクランド ～コクレシート	計	現道改良費	合計
1,920	7,490	9,410	9,640	19,050	2,140	21,190

6-8 施工上の留意点

施工計画は、機械計画、労務計画、資材計画、工程計画等から成るが、現在計画道路の建設主体も決まっておらず、地形図、地質土質などの基礎的な資料が不足する部分も多いので、実際の施工計画は今後の調査、設計によるものとする。ここでは、今後の詳細な計画立案及び施工の際に配慮すべきポイントについて述べることにする。(表Ⅲ-6-16)

(1) 施工上の問題点

(a) 盛土及び切土

対象地域のような降雨量、降雨日数、地形、地質、土質等、特殊な自然条件下における土砂の切り盛り施工は、その施工性と施工日数、及び品質管理に問題が生じる。特に、盛土は切土時の排水処理及び盛土材に十分な注意が必要である。そして、盛土材は工期に影響しない良質な材料とし、粘性土等は捨土とする。又、捨土処理方法、捨土処理場の排水処理についても十分注意する。

(b) のり面工

切土、あるいは盛土のり面は、なるべく早い時期にのり面整形をおこない、のり面を流下する雨水の集水をさける。又、必要に応じ、植生、木枝にてのり面保護をおこなう。

(c) 排水処理

切土時の降雨排水対策として、大きめの排水路の確保、あるいは切土面を5%程度以上の勾配をつけ切土し、雨水のすみやかな排水に配慮する。これとともに、排水路の位置、大きさ、盛土部分への導水について注意する。

(d) 舗装

降雨日数が多いため、路盤の敷均し、締め固め、転圧作業等の施工には十分な配慮が必要である。このため、路盤材料は膨張吸水性が少なく、耐水性の強い性質のもので、しかも締め固めにおいて含水量の影響の少ない材料とする必要がある。すなわち、粘岩、片岩類の軟かい材料よりも硬い材料、細粒分の少ない材料が必要である。

(e) 土質及び骨材の確保と構造物支持層の把握

降雨による工事用道路の軟弱化防止のため、骨材は多めに入れる事と軟弱化した場所の復旧作業のため、骨材の確保をおこなう。このため、骨材採集場はなるべく現場近くに設けるとともに、その量の把握をおこなう。

又、構造物支持層、中間層の確認により、構造物基礎工の施工方法を確立しておく。又、構

造物裏込め材は、降雨のため十分な締め固めが出来ないので、その品質管理、材料管理に十分な注意が必要である。

(f) セメント、鋼材の保管

湿度が高いので、セメントの風化、鋼材の防錆のため、それらの保管に際して適切な対策を立てることが必要である。

表Ⅱ-6-16 施工上の留意点

	工 種	留 意 点
降雨日数が多い	土工及び舗装	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工可能日数と建設工程 ・ 盛土、舗装工の品質管理 ・ 施工方法と降雨対策 ・ 捨土処理場の排水処理
	構 造 物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工可能日数と建設工程 ・ 仮設方法と施工方法 ・ コンクリート品質管理
	そ の 他	<ul style="list-style-type: none"> ・ セメント、鋼材等の保管
流水量が大きく 洪水回数が多い	土 工	<ul style="list-style-type: none"> ・ のり面処理 ・ 排水処理及び捨土処理
	構 造 物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 橋梁架設方法と時期 ・ 水路切り廻しとその施工方法 ・ 構造物基礎とその施工方法
土質および骨材 の量と質、場所、 構造物支持層の 把握	土 工	<ul style="list-style-type: none"> ・ 土工処理機械の能力とタイプ ・ 施工方法、品質管理 ・ 土取場、碎石場位置
	構 造 物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造物裏込み材の品質と施工管理、 施工方法 ・ 構造物基礎の施工方法
その他 プラント 二次製品	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼 装 ・ 橋 梁 ・ 排水構造 	<ul style="list-style-type: none"> ・ プラント能力と施工量、施工工程 ・ コンクリート二次製品生産能力と 生産位置 ・ 骨材採掘場所とプラント位置

(2) 主要機械作業能力と施工スケジュール

(a) 主要機械作業能力

土木建設機械の作業量は、その作業内容、作業条件により大巾に変化するが、ここでは標準的な作業量を設定し、施工工程の概略の検討をおこなうものとする。

表Ⅲ-6-17 主要機械作業能力

作業内容	主要機械	1日当り作業量
伐 開	ブルドーザー 19t	900~1,400m ²
掘 削 土砂, 軟岩 硬岩 掘り起こし	ブルドーザー 19t	200~ 250m ³
	ブルドーザー 26t	270~ 330m ³
	ブルドーザー D9	150~ 300m ³
水路掘削	ドラッグショベル ^{バケツ} 0.3m ³	90 m ³
	ドラッグショベル ^{バケツ} 0.3m ³	60 m ³
敷 均 し	ブルドーザー 19t	500~ 660m ³
	ブルドーザー 19t	560~ 720
	ブルドーザー 19	600~ 840
路面整形	モーターグレーダー 巾3.7m	3,600~4,200m ²

表Ⅲ-6-18 標準的作業量の推計

作業内容	主要機械	28.1 km		22.0 km		16.9 km	
		ジャノグラデ〜コクレシート		コクレシート〜ベタキージャ		パイロット道路	
伐 開	ブルドーザー 19t	480 千m ²	480 台日	190 千m ²	190 台日	190 千m ²	190 台日
掘 削	ブルドーザー 19t~26t	1,100 千m ²	4,100 台日	720 千m ²	2,700 台日	130 千m ²	490 台日
水路掘削	トラクライン 12m	13 千m ²	180 台日	10 千m ²	140 台日	6 千m ²	80 台日
敷 均 し	ブルドーザー 19t	200 千m ²	340 台日	150 千m ²	250 台日	30 千m ²	50 台日
路面整形	モーターグレーダー 巾 3.7m	850 千m ²	240 台日	660 千m ²	180 台日	260 千m ²	70 台日

(b) 施工工程

標準的な作業量及び鉱山開発スケジュール上の道路建設期間から施工の工程を仮りに当てはめてみると表Ⅲ-6-19～表Ⅲ-6-21のようになる。ただし、雨天日数の多いことから施工可能日数を考慮すると、工程管理の難かしいことが予想される。従って、建設工程は余裕をもって計画を行なうことが望ましい。

橋梁の施工は、ステージング工法による上部工鉄筋コンクリート桁の架橋を行なうこととしている。しかし、工程を早める意味から掘水位を30～60cm程度水深のあるコクレデルノルテ川、サンファン川、ボティハ川の河川上の橋梁は、急速施工という考えにたった場合、上部工を鋼構造とする案も考えられる。この場合、若干の工費の増加が必要となる。

表Ⅲ-6-19 建設工程表 パイロット道路

主要作業	日 程				
	100	200	300	400	500
準備	50日				
伐開	190日				
掘削	300日				
排水	160日				
舗装	120日				
構築物	250日				

表Ⅲ-6-20 建設工程表 コクレシート～ペタキージャ

主要作業	日 程									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
準備	50日									
伐開	200日									
掘削	700日									
排水	300日									
舗装	80日									
構築物	750日									

表Ⅲ-6-21 建設工程表 ジャノグランチ～コクレシート

主要作業	日 程									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
準備	50日									
伐開	300日									
掘削	800日									
排水	380日									
舗装	340日									
構築物	750日									

7. 今後の課題

今回の道路計画は、予備的な基本計画段階にとどまっているので、鉱山開発の進捗に応じて、道路整備の実施までに、幾つかの解決すべき問題点が残されている。

(1) 測量, 土質調査, 実施設計等の調査の実施

今回の調査時点では、主たる調査対象地域の国土基本図も未整備な状態であるため、まず、地形の詳細な把握が必要である。また、厳しい自然条件の下で、建設される道路であるため、土質条件の把握が必要である。より精度の高い調査を行うことにより、設計の精度も高まり、経済的な道路建設を行なうことが可能となる。その際の調査・設計・監理についてはMOPが行なうケースは充分考えられ、その際、MOPの見解によっては、新たな提案も充分考えられる。現在、MOP自身の技術水準は決して低いものではないが、エンジニアの数は充分であるとは云えない。

(2) 建設主体の決定

現在、鉱山関連道路の建設及び、維持補修を行なう主体は、パナマ政府であるか、コブレ、パナマ社であるかが未定であるが、公共事業省の年次予算規模からみても、決して、小額の投資ではないので、慎重にその決定を行なう必要がある。

実際の施工は、コントラクターが行なうことが一般的であり、パナマにおいては、外国系企業もあり、またローカルコントラクターも、近年、力をつけて来ているので、施工能力としてはあまり問題はないと考えられる。

(3) 鉱山都市, 鉱石積出し港, 位置の決定

今回の調査においては、鉱山都市の位置は、コクレシート、鉱石積出し港はアスエロと云う前提で、調査を進めているが、実際には現在のところ、懸案事項となっており、決定されていない。鉱山都市の位置如何によっては、ジャノグランデ～コクレシート間道路の機能づけ及び道路構造が異なり、また、港湾位置が変更になれば、アクセス道路の検討を再度行なう必要がある。

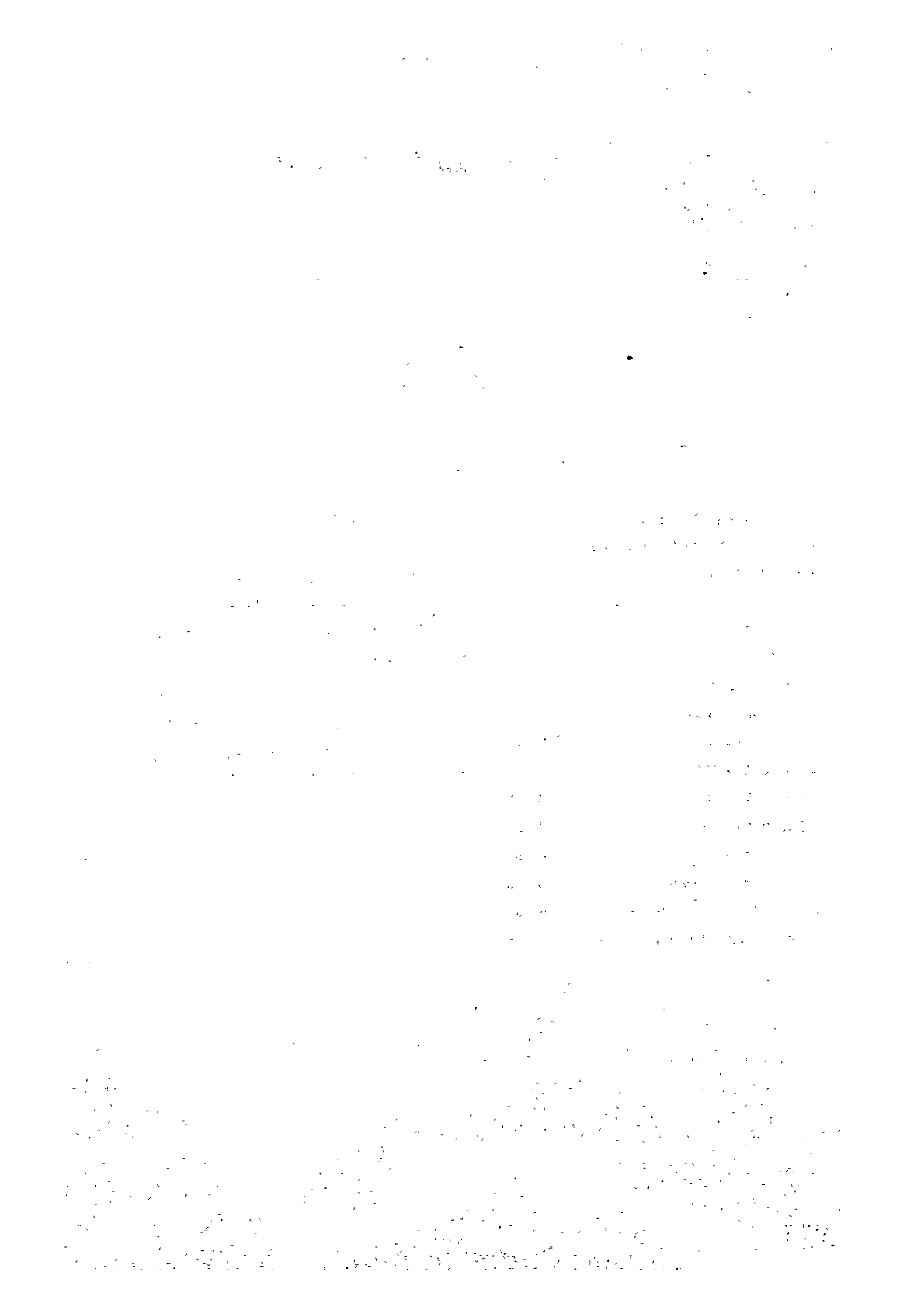
アスエロ港は、砂糖の積出しのために建設された港で1500t級船舶が対象とされている。私企業のグループにより、建設された港であり、財政的な理由から全ての施設は完成していない。現在、施設の拡張の構想はあるが、実現性は私企業の意志如何であり、具体的なプログラムも存在しない。

それに対して、パナマ運河太平洋口のバルボア港、第7ふ頭をバルキーカーゴ用のふ頭に変更しようとする計画があり、その計画との調整がつけば、積み出し港をバルボア港とする可能性も開けて来るものと考えられる。その場合の鉱石輸送ルートは、ペタキージャ～ペノノメ～バルボアに変更になるが、ペノノメ～バルボア間は、パンアメリカンハイウェイであり、特にアライハン～チョレラのバイパスも近く完成することでもあり、若干、距離が伸びるだけで輸送路としての問題点は少ない。

いずれにしても、これら、道路計画と関連の深い他のインフラストラクチャが、早急に決定されることが望ましい。

第IV章 送電線計画

1. パナマ共和国電気事業の概況	IV- 1	4. 建設工事および建設工事費	IV-67
1-1 パナマにおける電気事業の歴史	IV- 1	4-1 工事数量	IV-67
1-2 IRHEの現状	IV- 7	4-2 資材の輸送および保管	IV-67
1-3 中央アメリカ諸国との比較	IV-27	4-3 施工計画	IV-68
1-4 将来計画	IV-29	4-4 建設工事費	IV-70
2. 送電計画	IV-40	5. 電気料金と工事費負担金	IV-76
2-1 電力需要想定	IV-40	5-1 電気料金	IV-76
2-2 供給力および送電系統	IV-45	5-2 工事費負担金制度	IV-79
2-3 調査対象設備	IV-46		
2-4 送電計画策定の方針	IV-50	附 録	IV-81
2-5 計画の内容	IV-52		
3. 送電線の設計	IV-58		
3-1 設計の条件	IV-58		
3-2 架空送電線の設計	IV-58		
3-3 送電線引出口の設計	IV-65		
3-4 保安通信回線の設計	IV-65		



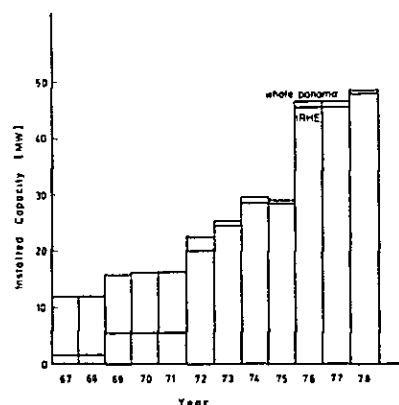
第Ⅳ章 送電線計画

1. パナマ共和国電気事業の概況

1-1. パナマにおける電気事業の歴史

(1) 供給力

パナマ共和国の電気事業はパナマ市、コロン市を中心とした首都圏およびパナマ運河を中心に発達した。現在パナマの電気事業はIRHE (Instituto de Recursos Hidraulicos y Electrificación) という水資源電力公社によって運用されている。IRHEは1961年1月パナマにおける電気事業の一元化と電源開発の促進を目的として設立された公社である。IRHE発足当時、1963年におけるIRHE発電設備のシェアは、パナマ共和国の発電設備の9.2%に過ぎなかった。しかし15年後、1978年におけるIRHEの発電設備のシェアは98.6%に進展し初期の目的通り電気事業の一元化が達成された。



図Ⅳ-1-1 発電設備容量のシェア
(1967~1978)

1967年~1978年における発電設備容量および発電電力量の推移を表Ⅳ-1-1および図Ⅳ-1-1に示す。

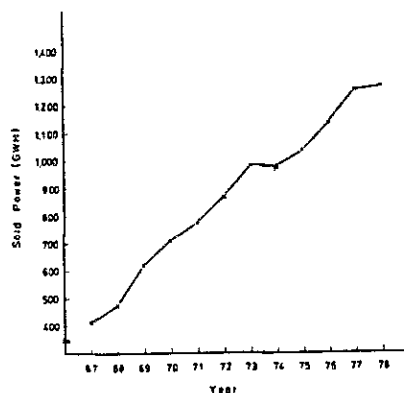
表Ⅳ-1-1 IRHE発電設備, 発電実績の推移
(1967~1978)

年 度	設 備 容 量 (KW)			発 電 電 力 量 (発 電 端) MWh			備 考
	IRHE (1)	LA PEPUIJCA(2)	(1)/(2) %	IRHE (3)	LA NPABUCA(4)	(3)/(4) %	
1767	15,825	119,538	13.2	23,349	508,347	4.6	
68	15,329	118,544	12.9	28,153	584,324	4.8	
69	53,995	156,844	34.4	170,531	748,741	22.8	
70	54,315	162,740	33.4	276,849	837,986	33.0	
71	54,080	162,505	33.3	302,441	878,708	33.7	
72	200,035	225,660	88.6	548,365	1,007,409	54.4	(1)
73	245,060	253,275	96.8	1,075,628	1,178,978	91.2	(2)
74	284,985	294,565	96.7	1,170,107	1,198,477	97.6	
75	280,290	289,230	96.7	1,220,715	1,251,157	97.6	(3)
76	456,525	465,465	98.1	1,381,190	1,408,134	98.1	
77	456,395	465,195	98.1	1,458,429	1,486,520	98.1	
78	481,093	486,533	98.9	1,480,933	1,501,697	98.6	

- 注) (1) 72年9月パナマ電力株式会社(Compania Panamena de Fuerza y Luz)を合併
 (2) 73年9月サンチャゴ電力株式会社(Santiago Elctrica S.A)を合併
 73年10月チリキ電力株式会社(Empresal Electricas de chirigui S.A)を合併
 (3) 75年4月エルバレ水力株式会社(Hidro Elctrica El Valle S.A)を合併

これによれば、IRHEの発電設備および発電電力量のシエラは1972年9月のパナマ電力株式会社の合併、1973年におけるサンチャゴ、チリキ両電力会社の合併により急激に増加している。IRHEが自前で本格的な水力開発を行ったのはバヤノ発電所(75MW X2)で、これは1976年に運転を開始した。これにより水火比率は6:94から36:64に上昇した。その後1978年におけるラ・エステラ第1期21MWまた1986年におけるホルトナ発電所の運用予定などにより、水力比率はさらに急速に高まることが予想される。

IRHEにおける発電設備容量、水火比率の推移を表IV-1-2に示す。



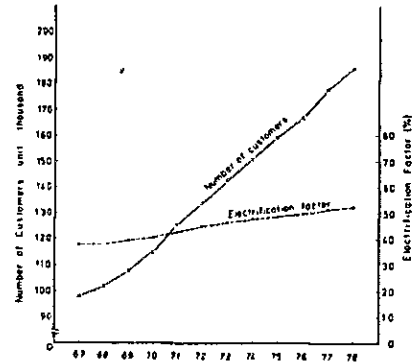
図IV-1-2 販売電力量の推移

表IV-1-2 発電設備容量の推移
(LA REPUBLICA 1967~1978)

年 度	設 備 容 量 (KW)				水 力 比 率 (単 位 %)
	水 力	デ ィ ー ゼ ル	汽 力	合 計	
1967	15,175	33,268	71,095	119,538	12.7
68	15,175	32,274	71,095	118,544	12.8
69	15,175	32,644	109,025	156,844	13.9
70	15,175	38,540	109,025	160,740	9.3
71	15,175	38,305	109,025	162,505	9.3
72	15,150	61,485	149,025	225,660	6.7
73	16,150	88,100	149,025	253,275	4.1
74	16,100	90,065	188,400	294,565	5.5
75	16,100	90,230	182,900	289,230	5.6
76	166,100	116,465	182,900	465,465	35.7
77	166,100	116,185	182,900	465,185	35.7
78	187,100	116,533	182,900	486,533	38.5

(2) 電力需要

パナマの電力需要は1967年、415,610MWhに過ぎなかった。それがその後順調に伸び続け1978年には1,268,156MWhと約10年で3倍増となった。その平均複利増加率は10.5%である。その経過をみると1967～73年の6ヶ年間は平均複利増加率15.4%と順調な伸びを示している。しかし1974～75年の2ヶ年は石油ショックのための販売電力量は伸び悩んだ。その後1976～77年には販売電力量は平均複利増加率9.7%まで回復したが、78年は世界的な不況のあおりを受け伸び悩んでいる。



図IV-1-3 需要家数および電化率の推移

一方パナマ共和国の電化率は1967年から1978年までの11年間に38.1%から52.4%まで順調に伸びている。

これは中南米ではコスタリカに次いで第2位の成績である。

パナマ政府は今後さらに農村電化を強力に推進する方針をとっているため、電化率はさらに順調に伸びることが期待できる。

販売電力量および電化率の推移を表IV-1-3、表IV-1-4、および図IV-1-2、図IV-1-3に示す。

表IV-1-3 送電端電力量、販売電力量および損失率の推移 (1967～1978)

(単位 MWh, %)				
年度	送電端電力量	販売電力量	損失電力量	損失率
1967	483,917	415,610	68,307	14.1
68	555,301	476,497	78,804	14.2
69	709,358	623,801	85,557	12.1
70	801,765	710,335	91,430	11.4
71	859,435	775,401	84,034	9.8
72	980,367	869,836	110,531	11.3
73	1,139,892	983,943	155,949	13.7
74	1,147,948	980,763	167,185	14.6
75	1,214,285	1,041,059	173,226	14.3
76	1,348,740	1,143,107	205,633	15.2
77	1,450,360	1,260,179	190,182	13.1
78	1,469,060	1,268,156	200,904	13.7

表IV-1-4

電化率の推移

年 度	人 口	家 族 数	需 費 家 数	電化率(%)
1967	1,288,000	257,600	98,085	38.1
68	1,330,000	266,000	102,721	38.6
69	1,373,500	274,700	108,234	39.4
70	1,413,680	282,736	115,443	40.8
71	1,454,320	290,864	125,969	43.3
72	1,495,900	299,180	133,961	44.8
73	1,538,510	307,702	142,713	46.4
74	1,582,270	316,454	151,631	47.9
75	1,627,270	325,454	159,095	48.9
76	1,673,580	324,716	167,197	49.9
77	1,721,290	344,258	177,960	51.7
78	1,770,420	354,084	185,575	52.4

注) 人口は6月1日現在。Bocas del Toroを含まず。1世帯当りの家族は5人と推定した。

(3) 送電線

パナマ共和国の電力系統は首都圏を中心に発達した。パナマの電力系統は従来それぞれつぎの5の地区に分れて運営されていた。

首都圏 (Area Metropolitana)

パナマ西部 (Panama Occidente)

中央4県 (Provincias Centrales)

チリキ (Chiriqui)

その他 (Sistemas Aislados)

1975年I R H Eはパナマ～チヨレラ～デビサ間の送電線の建設を計画し1977年12月に、230KV 2回線263 Kmの送電線を完成した。これにより首都圏とパナマ西部および中央4県の系統連系が可能となり全国連系 (Integration National System Electro) の第1期分の運転が開始された。すなわちアクアドルセ付近にボクリ変電所、またチトレ付近にはラ・アレナ変電所を新設し、これと既設34.5KV系とを連系した。当時の送電系統図を図IV-1-4に示す。

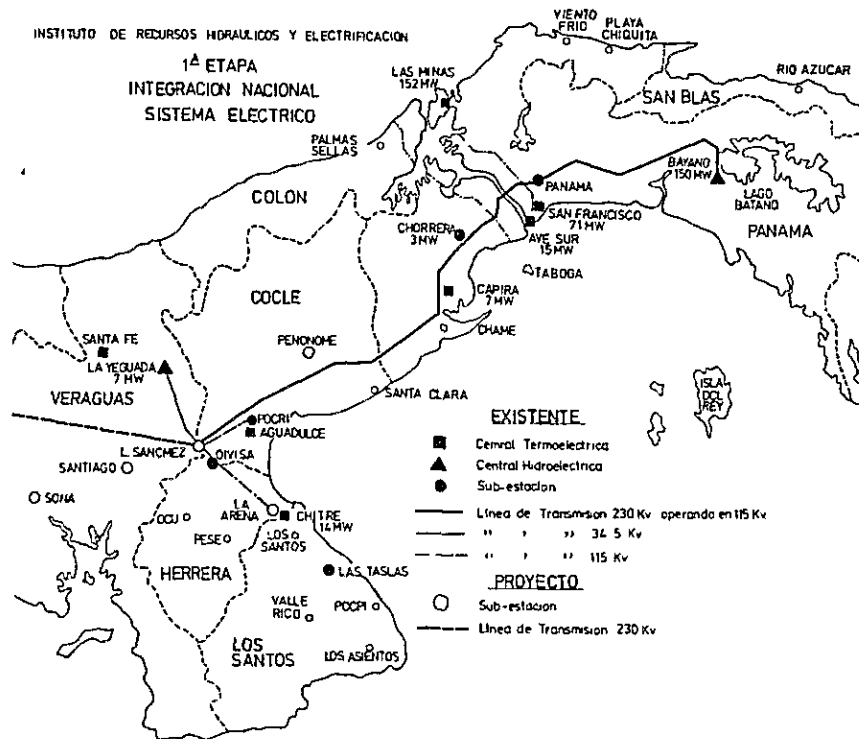


図 IV-1-4 1977年12月のIRHEの送電系統図

その後全国連系の第2期分として、パナマ共和国の水力電源地帯であるチリキ県と首都圏との系統連系を計画し、1979年9月に230KV、217km、2回線を竣工し、IRHE待望の480kmに及ぶ230KV全国連系送電線が誕生した。この送電網はパナマにある給電指令所から遠方監視制御されており、230KV、115KV系は勿論、34.5KVの配電線用しゃ断器まで中央より遠方操作されている。

(4) 電気料金仕上り単価

パナマ共和国の1967年度における電気料金仕上り単価は、各契約種別総合で3.7¢/KWhであった。これがその後石油価格の下落により漸次低下し、1970年には2.8¢/KWhとなり電気料金仕上り単価は最低になった。その後電気料金は小康を保っていたが、1974年の石油ショックにより電気料金は急騰し74年には4.8¢/KWh、また75年には5.6¢/KWhとなった。76年は横這いであったが77年には再び高騰し、78年には仕上りで7.4¢/KWhに達している。

これを銘柄別にみると住宅用は平均より高く、また商業・工業および政府自治体用は平均値より低廉である。年度別、用途別電気料金仕上り単価の推移を表IV-1-5、図IV-1-5、図IV-1-6にまた平均燃料単価の推移を表IV-1-6に示す。

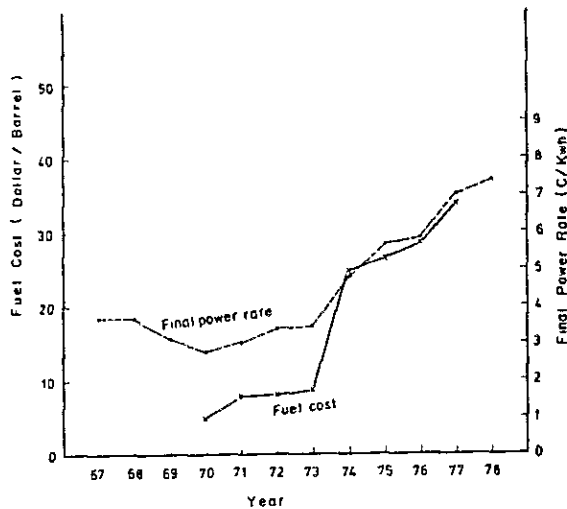


図 IV-1-5

燃料単価と仕上り電気料金単価の推移

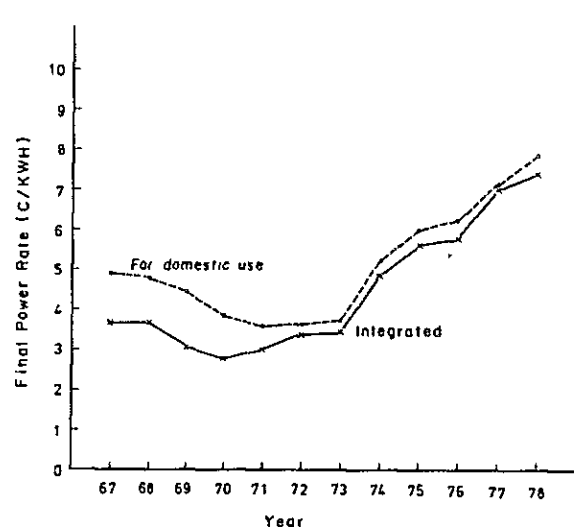


図 IV-1-6

用途別仕上り電気料金単価の推移

さて電気料金の仕上り単価と燃料費の関係をみると、両者は極めて相関が高いことがわかる。これはパナマの水力比率が小さいため、電気料金はほとんど火力燃料費によってきまるためである。最近パヤノ発電所の運開を始めとする水力開発が強力に進められており、水火比率は今後著しく改善されるので、電気料金の引下げが充分期待できる。燃料費と電気料金仕上り単価との関係を図IV-1-7に示す。

表IV-1-5

年度別、用途別仕上り電気料金単価の推移

(単位 ¢/KWh)

年 度	総 合	住 宅	商 業	工 業	政府自治体
1967	373	4.90	3.31	2.41	3.86
68	366	4.81	3.27	2.44	3.54
69	3.09	4.46	3.24	2.42	3.36
70	2.79	3.86	3.02	2.33	2.69
71	330	3.61	3.35	2.38	3.49
72	3.39	3.64	3.45	2.73	3.32
73	3.46	3.73	3.39	2.82	3.54
74	4.84	5.21	4.86	4.24	4.42
75	5.64	6.05	5.59	4.90	5.44
76	5.80	6.25	5.67	5.24	5.56
77	7.04	7.41	6.79	6.68	7.01
78	7.42	7.89	7.23	6.94	7.24

(単位 ドル/バレル)

年 度	平均単価	C 重 油	ディーゼル油
1970	506	463	789
71	798	747	1101
72	811	751	1148
73	864	766	1360
74	2470	2379	3007
75	2654	2560	3087
76	2841	2553	4296
77	3375	3015	4795

1-2 IRHEの現状

(1) 業務と組織

パナマ共和国の電気事業はパナマ、コロンなどの都市に対する電力供給を目的とし汽力発電を中心にして発達した。一方地方ではそれぞれの各地の拠点都市を中心とした中小の電力会社が林立し、ディーゼル発電機による供給が行なわれていた。

1961年1月パナマ政府は上記のように分散孤立した電力会社を一元化し電源開発の促進、電化の普及を目的とした公社設立を計画し、水資源電力公社 (IRHE, Instituto De Hidraulicos y Electrificacion) を商工省の下部機関として設立した。IRHEは1972年にパナマ電力会社1973年にはサンチャゴ電力、チリキ電力会社を、また74年にはエルバレ水力株式会社を吸収合併し1978年にはパナマ共和国の電気事業の99%を占めるに至った。

なおパナマ政府は1979年12月28日に機構改革を断行し今後エネルギーの自給をより一層徹底させるため通信電力省を新設し、IRHEはこの省の下部機関として組込まれることになった。

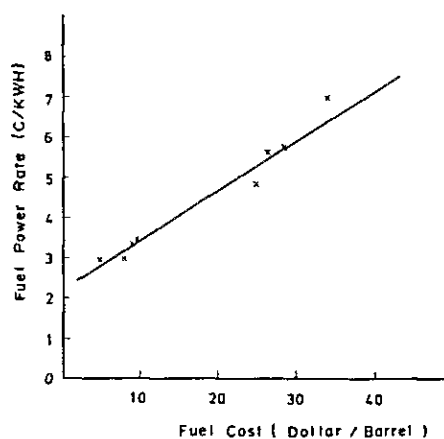
IRHEの組織図を図IV-1-8に示す。

(2) 需給バランス

1978年度におけるIRHEの需給年報 (BOLE - TIN DE ESTADISTICA ELECTRICA ANO 1978)によればIRHEの1978年度の需給バランスは表IV-1-7の通りである。

(a) 需 要

IRHEの1978年度における販売電力量は1,268MWhでこれは前年比の0.6% (7,977MWh)

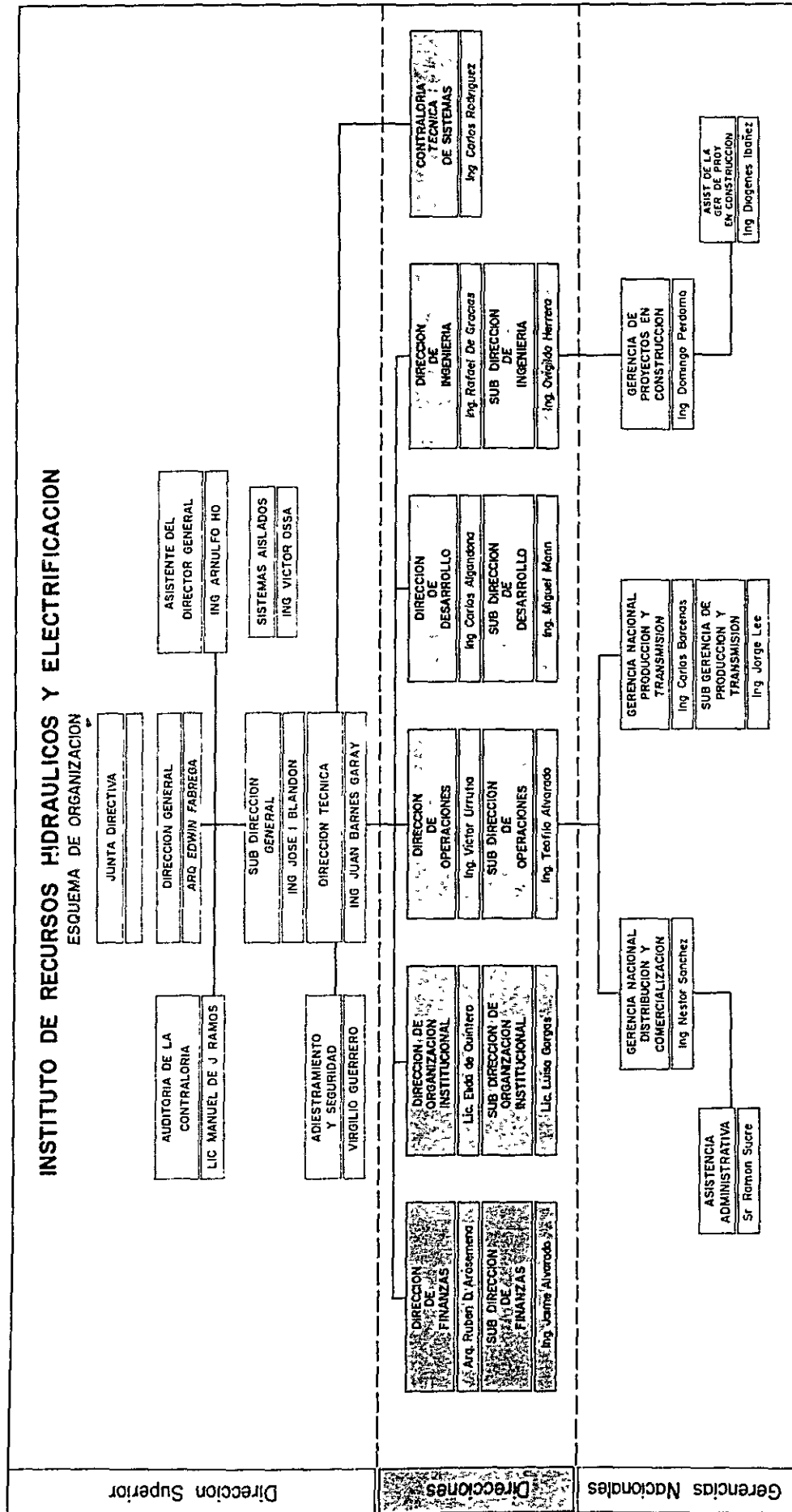


図IV-1-7

燃料費と仕上り単価の関係

INSTITUTO DE RECURSOS HIDRAULICOS Y ELECTRIFICACION

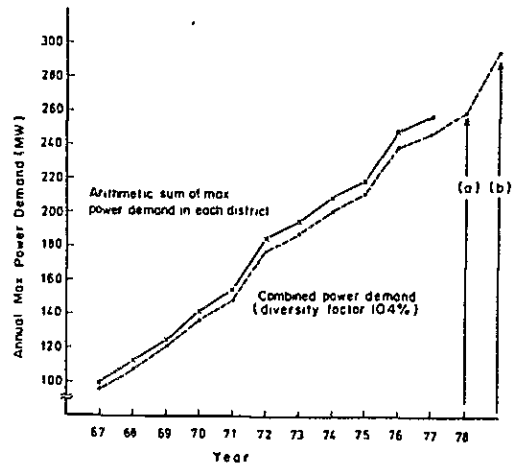
ESQUEMA DE ORGANIZACION



IV - 1 - 8 I R H E 組織図

の増加に止まった。これを地区別にみると首都圏が85.5%, チリキ県が8.6%, 中央4県が4.5%となり, I R H Eの需要の大半がパナマ, コロンを中心とした首都圏に集中している。また需要を用途別に分類してみると住宅用, 商業用がそれぞれ33%で, ついで政府自治体の18%工業用の11%がこれにつぐ。日本の用途別に較べ工業用がきわめて少いのが特徴である。

1978年の年間最大電力は260,123 MWで対前年比増加率は1%に過ぎない。但し前年(1977年)までは電力系統は5ブロックにわかれており, 全国計の最大値はこれら5ブロックのデータの算術和であるため実際の値よりは大きく出ている。したがって対前年比の伸び率は各地区の分だけ修正する必要がある。I R H Eの年間最大電力の推移を表IV-1-7および図IV-1-9に示す。



Note a) National Integrated Power System completed except for Chiriqui Prov
b) National Integrated Power System fully completed

図IV-1-9 I R H E年間最大電力の推移

表IV-1-7 I R H E年間最大電力の推移(地区別)

地区 年度	地区別					計	合成値
	パナマ	パナマ 西部	中央部	チリキ	その他		
1967	79	2	5	11	3	100	96
68	89	3	6	13	2	113	108
69	100	3	7	13	3	125	122
70	113	4	8	14	3	142	137
71	121	5	10	16	3	155	149
72	144	6	12	18	5	185	178
73	151	8	13	18	5	195	188
74	162	8	15	19	6	210	202
75	169	8	16	20	6	219	212
76	192	9	18	23	6	248	239
77	201	10	18	22	6	257	247
78	232	232	232	21	7	260	260
79						295	295

表Ⅳ-1-8 1978年度需給実績一覧表

詳細	単位	1977年	1978年	増加率(%)	増分
1 設備容量					
計	KW	465,185	486,533	4.6	21,348
a 水力		166,100	187,100	12.6	21,000
b 火力		299,085	299,433	0.1	348
汽力		182,900	182,900	0	0
ディーゼル		103,935	104,283	0.3	348
ガスタービン		12,250	12,250	0	0
2 発電端電力量	MWh	1,486,520	1,501,697	1.0	15,177
a 水力		341,385	718,935	110.6	377,550
b 火力		1,145,135	782,760	-31.6	△ 362,375
汽力		859,570	579,499	-32.6	△ 280,071
ディーゼル		267,152	185,226	-30.7	△ 81,926
ガスタービン		18,413	18,035	-2.1	△ 378
3 所内電力量	MWh	53,586	42,997	-19.8	△ 10,589
4 送電端電力量(2-3)	MWh	1,432,934	1,458,700	1.8	25,766
5 他社受電	MWh	17,427	10,360	-40.6	△ 7,067
6 送電端電力量(4+5)	MWh	1,450,361	1,469,060	1.3	18,699
7 販売電力量実績	MWh	1,260,179	1,268,156	0.6	7,977
a 一般電灯		402,523	413,131	2.6	10,608
b 業務用		396,620	419,081	5.7	22,461
c 大口電力		1,279,07	1,425,20	11.4	14,613
d 街路灯		22,905	23,755	3.7	850
e 政府,自治体		196,501	223,522	13.8	27,021
f その他		14,727	15,575	5.8	848
小計		1,161,185	1,237,584	6.6	76,399
g 他社融通(送電)		93,835	23,119	-75.4	△ 70,716
h 自社消費電力		5,161	7,453	44.4	2,292
8 損失電力量	MWh	190,182	200,904	5.6	10,722
9 損失率	%	13.1	13.7	0.6	-
10 燃料消費量	10 ³ ガロン	95,653	68,207	-28.7	△ 27,446
a c 重油		76,317	53,634	-29.7	△ 22,683
b ディーゼル油		19,326	14,573	-24.6	△ 4,753

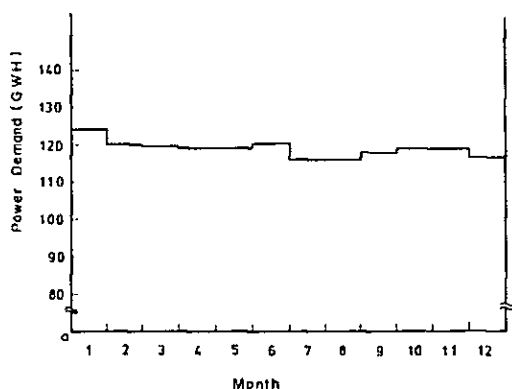
注 7-c バヤノセメント工場(国営)に対する売電を含む

7-e 新国際空港への売電を含む

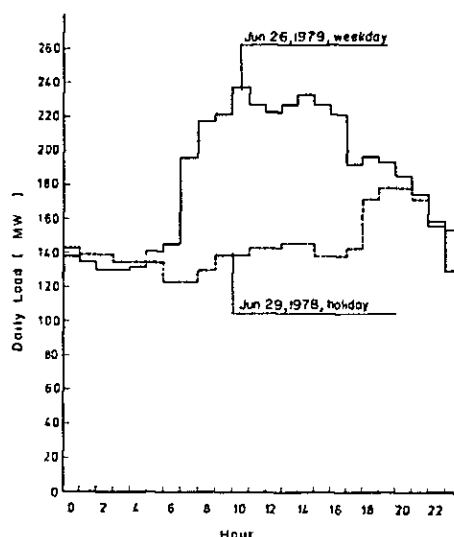
なお1979年における年間最大電力は295MWで12月22日15時に発生している。これは前年比13%の伸び率であり依然、最大電力が増勢を示していることがわかる。

1978年度におけるIRHEの月別電力量の実績を図IV-1-10に、また地区別年間最大電力、電力需要実績および用途別電力需要実績を表IV-1-8～表IV-1-10に示す。パナマ共和国は熱帯に属し月別最高温度の変化は27～31℃で年間を通して変化は少ない。したがって月別電力量の実績は年平均電力に対し+4.5%～-2.7%でその偏差値は極めて小さく、日本に見られるような、いわゆる8月最大、12月最大はなく、年間を通して平均化されている。図IV-1-11に典型的な日負荷曲線を示す。日負荷曲線は平日と休日とで著しい相違を示しているのは日本と同様である。パナマでは日曜祭日は商店も会社も一斉に休業するので昼間帯の落ち込みがとくに目立つ。平日の負荷曲線は典型的な冷房負荷形で、ピーク継続時間は10～16時間で、またその最大は14時に発生している。日本にくらべピーク継続時間が長いこと深夜の落ち込みが少ないのが特徴である。

一方休日の負荷曲線は昼間帯が落ち込み、ピークは点灯時に発生しピーク継続時間は4～5時間である。



図IV-1-10
1978年度月別販売電力量



図IV-1-11
日負荷曲線(平日, 休日)

表IV-1-9 年間最大電力 (1978年度)

系 統	最大電力(kw)	月	日	時 間
全国統一系統	1,770,420	11	29	15:00
チリキ	20,870	11	29	14:00
その他	※ 7,000			
計	260,123			

※印は推定値 チリキランド社(La Chiriqui Land S.A.)の実績推定値

表IV-1-10 地区別電力需要実績(1978年度)

(送電端)

地 区	需 要 (MWh)	百分率 %
首 都 圏	1,246,933	85.5
(パナマ)	(814,410)	(55.8)
(コロノ)	(432,523)	(29.7)
パナマ西部	15,248	1.0
中央4県	65,888	4.5
チリキ県	125,031	8.6
その他孤立系	5,600	0.4
合 計	1,458,700	100%

表IV-1-11 用途別電力需要実績(1978年度)

(需要端)

用 途	需 要	百分率 %	
住 宅	413,131	33.4	32.6
商 業	419,081	33.9	33.0
工 業	142,520	11.5	11.2
街 路 灯	23,755	1.9	1.9
政府自治体	223,522	18.1	17.6
そ の 他	15,575	1.3	1.2
小 計	1,237,584	100.0	97.6
他社融通	23,119	-	1.8
自社消費	7,453	-	5.9
合 計	1,268,156	-	100.0

(b) 供給力

1978年度における発電設備容量は最大486,533KWでその内訳は水力187,100KW、で水力比率は38.5%である。その前年比の増分は4.6%21,348KWで、その内訳はラ、エステラ発電所の増分348KWである。I R H Eの供給力は需要と同様首都圏に集中し、その構成比は78%に達する。とくに汽力発電所は全部首都圏にあり、水力も80%は首都圏に集中している。発電設備の形式別、地区別設備容量を表IV-1-11に示す。

1978年度における発電実績は1,501.676MWhで前年比で1%の増加であった。その内訳は水力718.935MWh、火力782.760MWhで水力は前年比110%377,550MWh増加した。1978年度の需要増は前年比0.6%に過ぎなかったため、水力の増加分だけ火力の発電電力が落ち込み、この年の火力の発電実績のシェアは昨年度実績77%から52%まで減少した。こ

のため燃料消費量は29%減少し、水力の開発はそれだけこの国の燃料費と外貨を節減したことになる。

表IV-1-12

形式別、地区別発電設備容量(1978年度)

(単位KW)

系 統	合 計	水 力	汽 力	ディーゼル	カスタービン
計	486,533	187,100	182,900	104,283	12,250
首都圏	381,350	150,000	182,900	36,200	12,250
パナマ	231,850	150,000	40,900	28,700	12,250
コロソ	149,500	0	142,000	7,500	0
パナマ西部	10,200	0	0	10,200	0
中央部の諸県	29,750	7,000	0	22,750	0
チリキ県	58,570	30,000	0	28,470	0
弧立系	6,663	0	0	6,563	0
百分率	100%	38.5%	37.6%	21.4%	2.5%

表IV-1-13

地区別、用途別電気料金仕上り単価(1978年度)

(単位¢/KWh)

	合 計	住 宅	商 業	工 業	政府自治体
総 合	7.42	7.87	7.23	6.94	7.24
首都圏	7.19	7.72	7.12	6.82	6.87
パナマ	7.19	7.70	7.08	6.78	6.81
コロソ	7.70	7.87	7.45	8.59	7.78
パナマ西部	8.54	8.81	8.43	8.04	8.12
中央4県	8.47	8.85	8.06	7.53	8.64
チリキ県	7.89	8.32	7.76	7.23	7.98
弧立系	9.53	9.09	9.42	7.45	10.33

なお1978年度における地区別、用途別仕上り単価を表IV-1-12に示す。首都圏の仕上り単価は7.19¢/KWhなのに比べ弧立系に含まれる農山村地区の単価は9.53¢/KWhで首都圏にくらべ30%も割高になっている。

なお1979年度に稼働中の主要発電設備を表IV-1-13に、また現在建設中または計画中の発電設備を表IV-1-14に示す。

表IV-1-14

主要発電設備(1979年度)

(単位KW)

発電所名	形式	台数	送電端出力	運転開始年度	運用状態
アベニダ・スール	汽力	3	7,500	1930/1941/1945	供給予備力として待機中
サン・フランノスコ	"	1	6,000	1949	"
サン・フランノスコ	"	1	6,000	1953	"
アベニダ・スール	"	1	7,500	1958	運転中
サン・フランノスコ	"	1	11,500	1960	"
サン・フランノスコ	ガスタービン	1	12,000	1964	"
ハハリ・ラス・ミナス #1	汽力	1	22,000	1966	"
ユエグアダ	水力	2	6,000	1967	"
バハリ・ラス・ミナス #2	汽力	1	37,500	1969	"
バハリ・ラス・ミナス #3	"	1	37,500	1972	"
バハリ・ラス・ミナス #4	"	1	37,500	1974	"
バヤノ #1 #2	水力	2	150,000	1976	"
ラ・エステレラ #1	"	1	22,500	1978	"
ラ・エステレラ #2	"	1	22,500	1979	"
ロス・パレス #1 #2	"	2	45,000	1979	"

注) 送電端出力=認可出力-所内消費電力 (需給計画に使用する数字)

表IV-1-15

建設中または計画中の発電所

年度		認可出力 MW	年間発電電力量 GWh/y	
1982	バヤノ3号機	75	-	ピーク供給力の増強 計画中
1983	ホルトナ 第1期	275	1,250	建設中
1985	ホルトナ 第2期	-	100	ダム嵩上げ完成による増分電力量
1988	チャノギノーラ 1	264	1,510	

(3) 送変電設備

(a) 送変電設備の現況

IRHEの統計によれば1978年度末における送配電線は下記の通りである。

送電線	4762	km
230KV	263.0	km
115KV	201.6	km
44KV	11.6	km

配電線			3,280.9 km
34.5 Y	19.9KV		617.5 km
13.2 Y	7.6KV		2161.0 km
4.16 Y	2.4KV		502.4 km

しかし1979年9月にデビサ〜ダヒット間，230KV送電線217kmが完成したので230KV送電線の長は480kmとなった。

また230/115KV変電所は4ヶ所で、その主変圧器仕様は下記の通り。

パナマ	230/115/13.8KV	175MVA	2台
ラ・ラノサンチエス	230/115/34.5KV	70/60/30MVA	1台
マタ・テルマンセ	"	42/56/70MVA	2台
チョレラ	"	30/40/30MVA	1台

1979年12月末におけるIRHEの送電線ルート図，送電系統図を図IV-1-12および図IV-1-13に示す。

(b) IRHEの送変電設備の特徴

日本の標準または慣習と著しく異なる点は下記の通りである。

◦ IRHEの送電電圧の標準は

送電線 (Transmission Line)	230KV
" (Sub-transmission Line)	115, 43.8および34.5KV
配電線	34.5, 13.8KV

である。

◦ 発電機器の雷インパルス試験電圧(BIL)は次の通りで日本の規格と多少異っている。

公称電圧(KV)	雷インパルス試験電圧値(BIL)	(日本)
14.4	110	
34.5	200	(200)
46	250	
115	500	(550)
230	900	(900)

◦ 電線の最高使用温度は120°F(48.9℃)である。

◦ 機器に加わる水平震度は0.3Gで、地震はないものとして変電機器の設計を行っている。

◦ 115KV変圧器の高圧側シャ断器は取付けないで負荷開閉器で代用する。主変故障時には転送信号を送電端に送信し、転送シャ断を行なう。

◦ 送配電の標準設計値およびその建設費(計画値1979年6月)は下記の通りである。

1 Km 当り 建設費					(単位 千ドル/km)	
13.2KV	配電線	3相	1回線	木柱	1/0AWG	10.6
34.5KV	配電線	3相	"	"	266KCM	13.2
34.5KV	送電線	3相	"	"	"	16.8

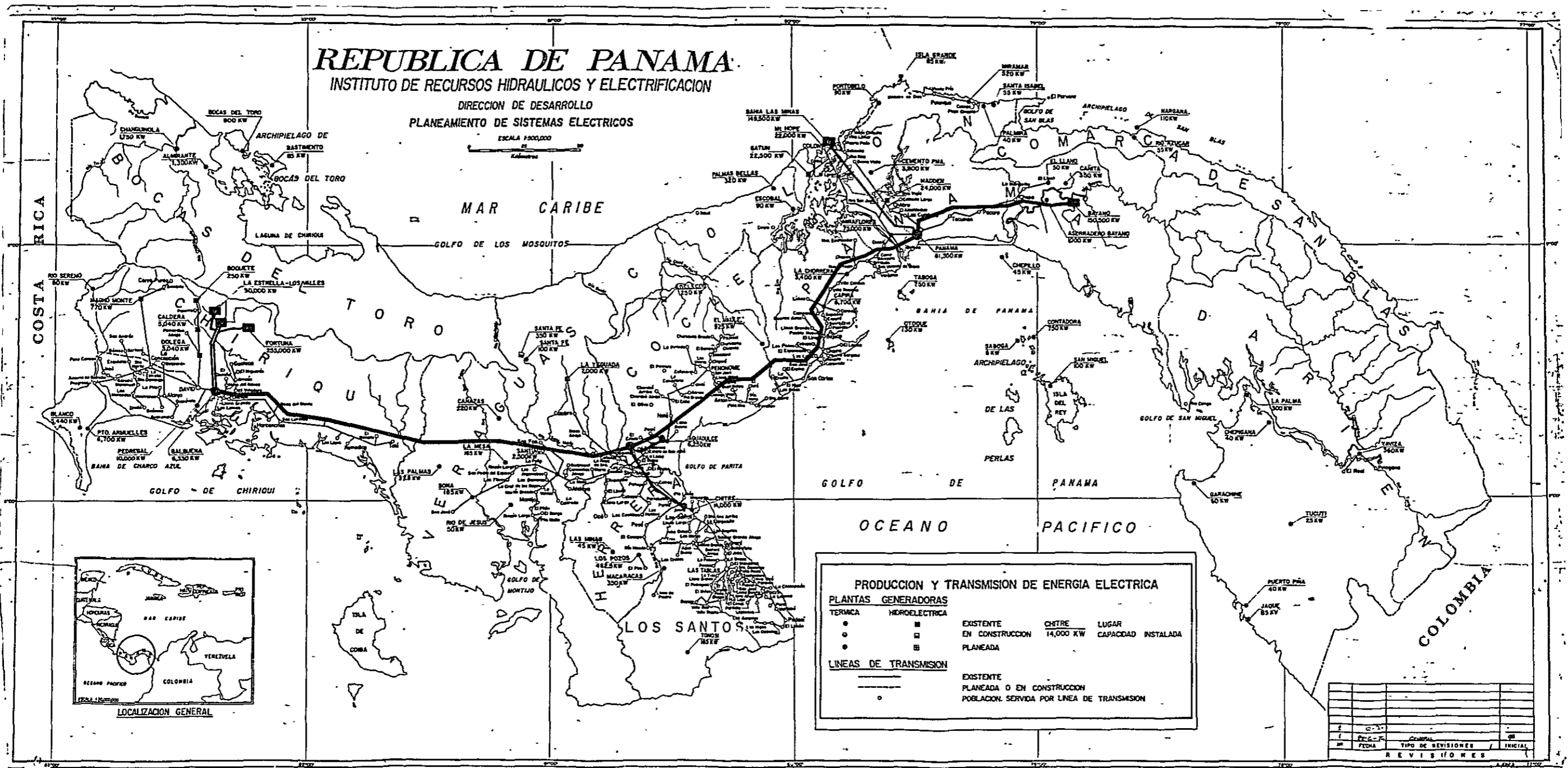
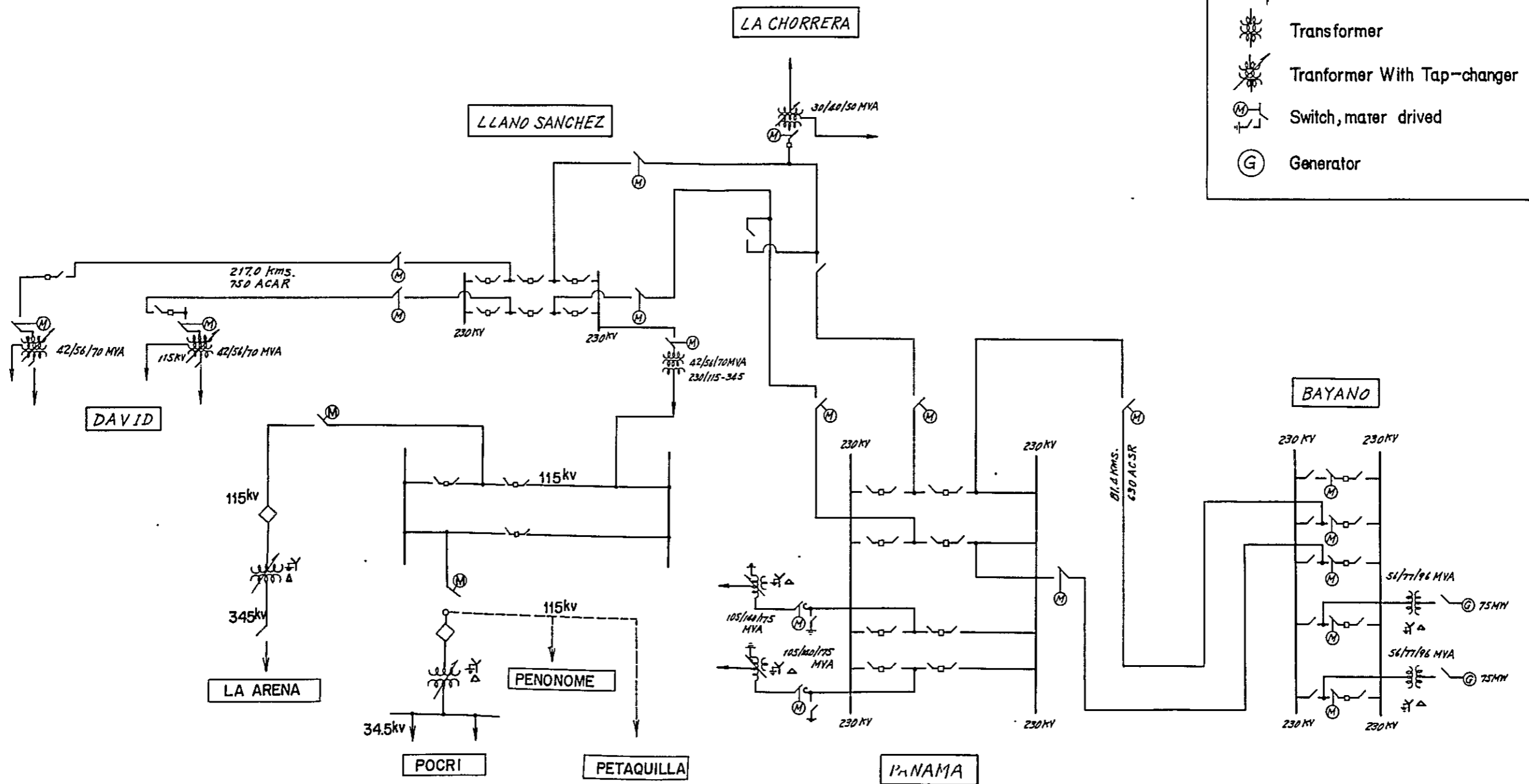


図 N-1-12 IRHE 送電線ルート図

IRHE 230KV TRANSMISSION SYSTEM



Legend	
	Circuit Breaker
	Load Break Switch
	Line Switch
	Delta Connections
	Wye Connections (Neutral point grounded)
	Wye Connections
	Auto-transformer
	Transformer
	Transformer With Tap-changer
	Switch, motor driven
	Generator

图IV-1-13 送电系统图 (IRHE)

115.0KV	送電線	3相	1回線	木柱	477KCM	38.8
115.0KV	"	"	"	鉄塔	"	53.2
115.0KV	"	"	2回線	"	"	70.3
230.0KV	"	"	1回線	"	750KCM	67.6
230.0KV	"	"	2回線	"	"	90.1

◦ 送電用鉄塔は日本に較べて極めて軽量でありまた建設費も低廉となっている。これはパナマが台風の影響をうけないためで、その風圧荷重は架渉線45Kg/m鉄塔75Kg/m²で日本のそれに較べ半分またはそれ以下であるためである。

写真IV-1-1~3にパナマにおける230KV, 115KV送電用鉄塔の写真を示す。

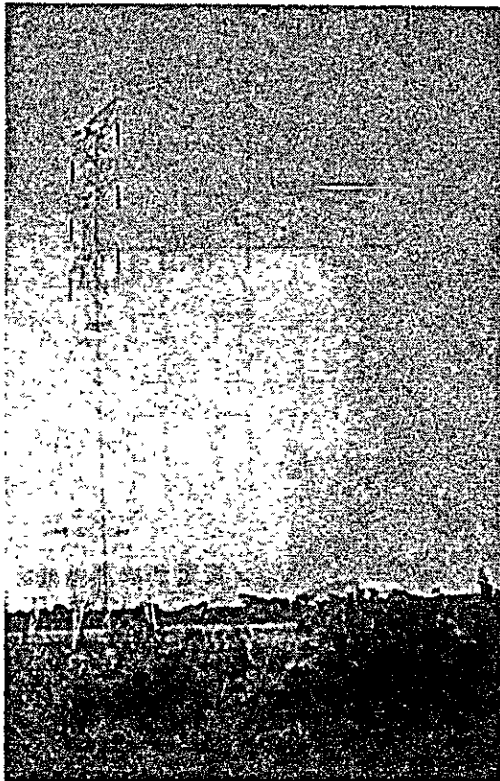
◦ 34.5KV配電用変電所では変電側のシャ断器と省略して電力用フューズで代用しているものが多い。保護継電器も日本ほど整備されていない。

◦ 230KVの保護継電器は距離継電器を使用している。

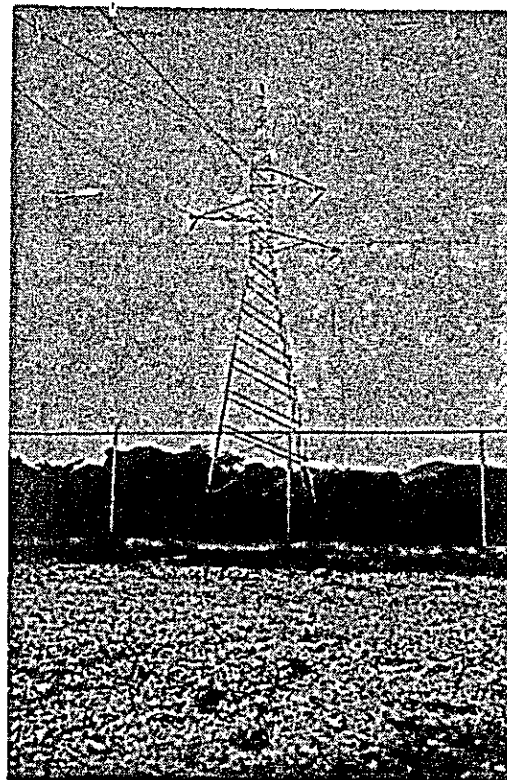
主保護は静止形(トランジスタ・タイプ)後備保護は電磁形で日本の154KV送電線とほぼ同じである。再閉路は单相, 3相再閉路を選択できるよう切換スイッチが取付けてある。

◦ 115KVポクリ変電所と34.5KVペノノメ変電所の単線結線図を図IV-1-14~15, またその写真を写真IV-1-4~5に示す。

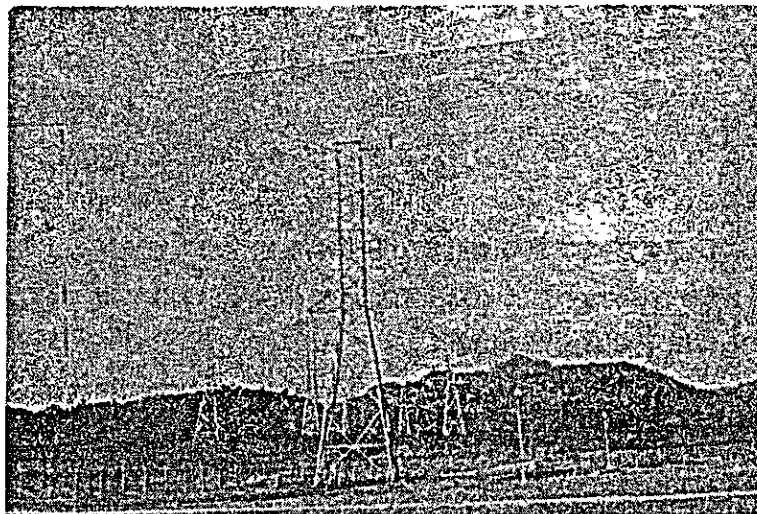
◦ 写真IV-1-6~7にジャノサンチエス変電所の写真を示す。



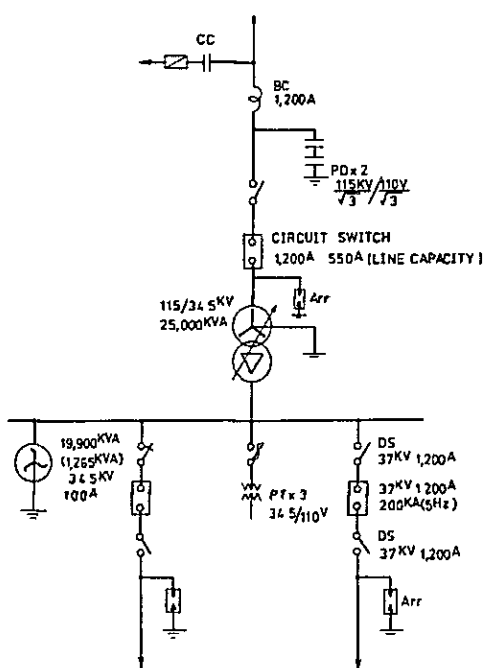
写真IV-1-1 230KV送電線直線鉄塔



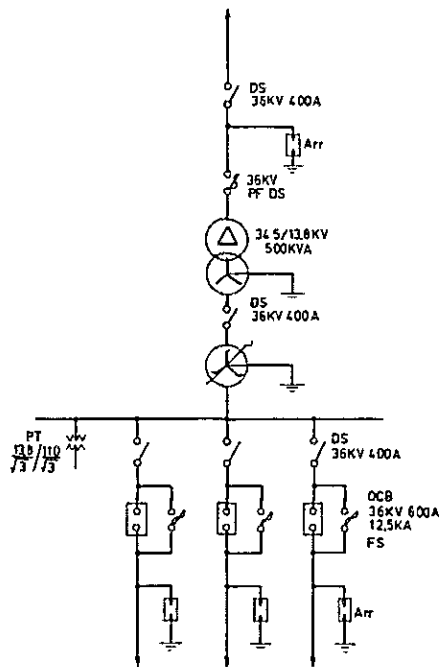
写真IV-1-2 115KV送電線引留鉄塔



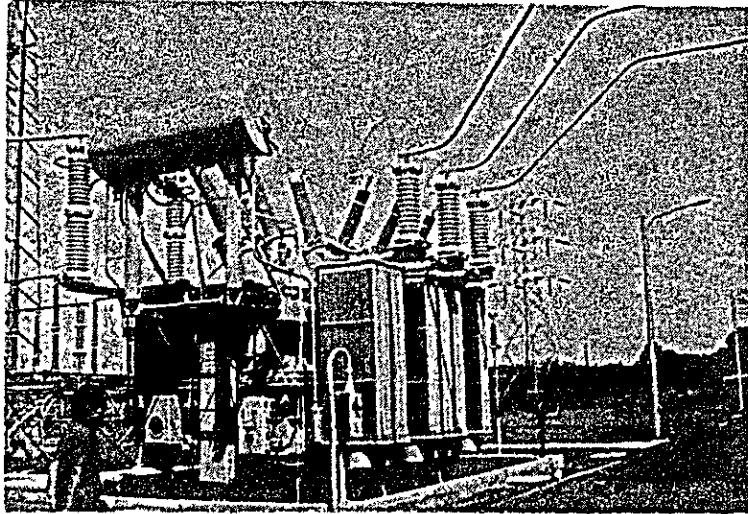
写真IV-1-3 230KV送電線引留鉄塔



図IV-1-14 ポクリ変電所単線結線図



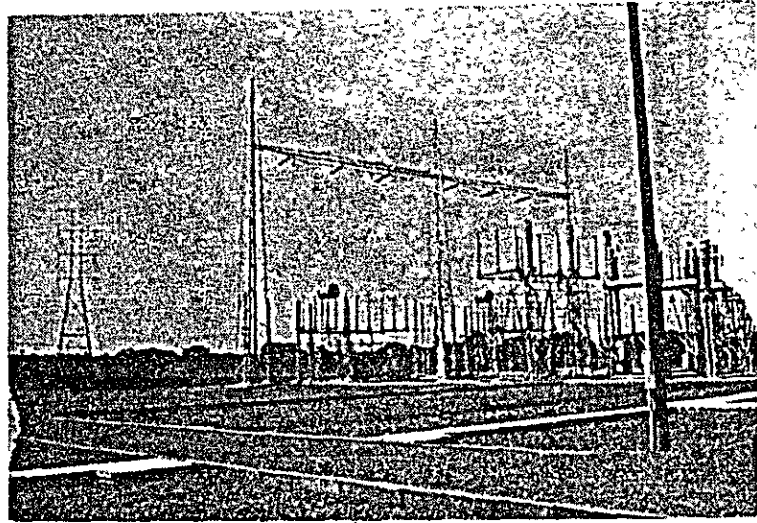
図IV-1-15 ベノメ変電所単線結線図



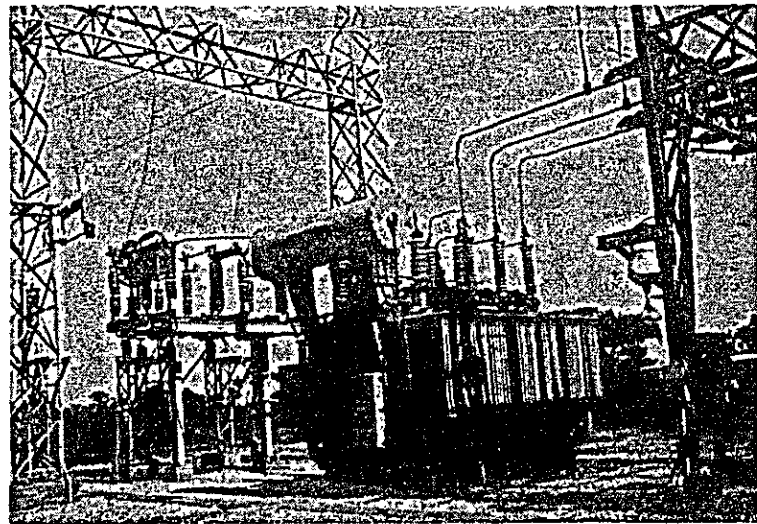
写真IV-1-4 ポクリ変電所主変圧器(115KV)



写真IV-1-5 ペノノメ変電所全景(34.5KV)



写真IV-1-6 ジャノサンチェス変電所 230kV送電線
引出口



写真IV-1-7 ジャノサンチェス変電所 230/115/34.5kV,
70/60/30 MVA主要変圧器

(4) 電力系統の運用

(a) 系統および系統運用

1979年来におけるパナマの電力系統は既述の通り発電設備56ヶ所総出力486,533KW
また主幹送電線は230KV480km,115KV202Kmで、発電出力の割に送電線長が長いのが特徴である。

従来、パナマ共和国の電力需要および供給力はともにパナマ市を中心とする首都圏に集中している。しかし1980年代にはホルトナ(275MW)、チャンギノーラ(264MW)などの大規模水力地点が相次いで運転を開始し、また今後の水力電源の開発は需要地から400Kmも離れたチリキ県北部の山岳地帯に集中する。この大水力電源地帯と需要地パナマを連系し、あわせて中央部の電力供給を確保するために、1979年9月230KV送電線による全国連系が完成し、全系の一貫運用が始めて可能となった。これにより首都圏の火力発電所と北部の水力電源の組合せによる電源の総合運用、各地区電源の有機的結合による供給予備力、運転予備力の軽減、火力燃料費の節減が可能となり、水力主導形の電源開発の進展にともない、遠距離大容量送電系統に急速に変容し始めている。

したがって、このような広範囲にわたる複雑な電力系統全体を総括・運用する給電指令所が必要となる。このためIRHEは1979年にパナマ変電所に隣接して“給電指令所”を新設し、これにより系統運用を開始した。この給電指令所は、日本の給電指令所と系統制御所を兼ねたもので、系統運用および運用計画の策定のほか発電所の遠方監視制御を行っている。

給電指令所には64Kの制御用電子計算機2台を中心に、1,200ボアのデータ伝送回路など最新の設備を有し、火力発電所に対する経済負荷配分装置(ELD)、系統の自動周波数制御(AFC)もこの電子計算機とデータ伝送回線によって行なわれている。

一般に、ある国の電力供給の品質を判定するには周波数の偏差がどの位の値をとるかによって判断される。もし系統の供給力が不足すれば周波数は低下し、供給力が過剰になれば周波数は逆に上昇する。自動周波数制御は負荷および供給力の変動に自動的対応し特定の発電所の出力の調整を行うもので、その制御の良否は系統周波数の偏差として現れる。IRHEの周波数偏差は約 ± 0.05 Hzで日本の ± 0.01 Hzには及ばない。しかし系統容量が日本の約1/30であることを考慮すれば、周波数制御はきわめて良好に動作しているといえよう。

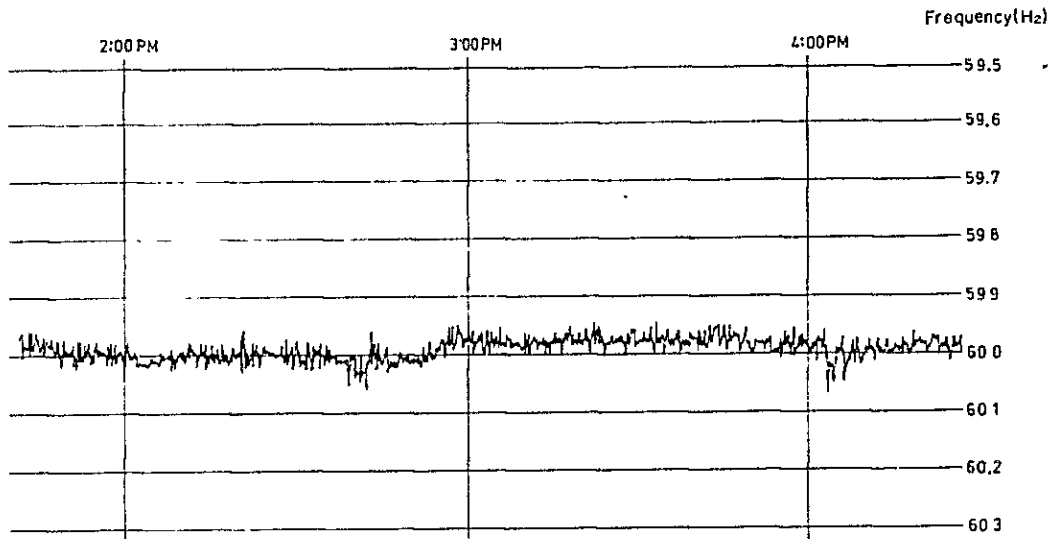
1979年の最重負荷時における周波数の記録を図IV-1-16に示す。

(b) 自動周波数調整装置

IRHEの自動周波数調整装置は中央給電指令所の電子計算機によって行われている。系統の周波数の偏差が規準周波数(60Hz)から ± 0.01 Hz偏差が出ると、周波数調整発電所の調速機に信号を送り周波数の偏差を修正する。周波数調整発電所はバヤノ(水力)およびラス・ミナス(火力)である。また累積周波数偏差は1時間毎に補正を行ない、系統の電気時計の誤差を標準時計に合せる。

(c) 電圧調整

送電系統の電圧調整は主要変圧器の負荷時タップ切換装置で行なう。230/115KV連系系統の場合、一次・二次側とも直接接地系統であるので、主要変圧器は単捲変圧器を用いている。変圧器のタップは230KV側は固定タップまた115KV側は負荷時電圧調整器で行なう。電圧の偏差値は±5%を目標として運用を行っている。



図IV-1-16 I R H E 重負荷時の周波数記録

(d) 自動給電装置概略仕様

・制御用電子計算機

Leeds & Northrop Type(XEROX SIMOS IV)

主記憶装置容量 64K

デュアルシステム(1)

・通信回線

電力線搬送

4ルート 全二重伝送路(2)

音声帯域 4KHz

2進信号 1,200キ一

(e) 自動給電装置の業務

① 当日、翌日の負荷予想，発電計画の作成

② 経済負荷配分

注) (1) デュアルシステム

計算機を2~3台設置し同一事務，同・処理を同時に処理する方式。これは高精度の解答が必要であり，またマシンダウンなどによる事務処理中断や瞬断が許されない場合にとられる方式に，処理された結果が同一かどうかを比較し，一致した場合，出力としてアウトプットする。

(2) 全二重伝送路

通信回路の両端で互に独立して同時に送信，受信のできる伝送路

- ③ 自動周波数制御
- ④ 貯水池，調整池の運用計画作成
- ⑤ 送電線，主要変圧器の遠方監視
- ⑥ 火力定期補修の期間および日時決定
- ⑦ 系統擾乱時，系統故障時における緊急操作の指示（特定負荷の緊急しゃ断を含む）
- ⑧ 遠方制御
 - 230 KV 115 KV 44 KV 34.5 KVしゃ断器の開閉（首都圏の13.8 KV しゃ断器を含む）
 - 230 , 115/34.5 KV, 115/13.8 KV主要変圧器のタップ調整
- ⑨ 給電日誌，発電実績表，需給日報などの作成
- ⑩ データロッキング
- ⑪ 計測および表示
 - MW Var KV Hz 貯水池水位
 - 積算電力量 KWh KVarh
 - しゃ断器開閉装置の開閉状況表示
 - ポジションシグナル
 - 警 報
- ⑫ 制御表示
 - しゃ断器の開閉操作
 - 主変圧器タップ制御
 - 特定負荷の緊急しゃ断
 - 発電量の自動制御

1-3 中央アメリカ諸国との比較

1976年のCEPAL (COMISION ECONOMICA PARA LATINOAMERICA) の報告書によればパナマの電力事情は次の通りである。なおこの統計ではカナルゾーンを含むものとして計算した。

(1) 電化率

パナマ共和国の電化率は49.6%で中央アメリカではコスタリカに次いで高い。中央アメリカ諸国の電化率は次表の通りである。

順位	国名	電化率%
1	コスタリカ	61.2
2	パナマ	49.6
3	エルサルバドル	25.7
4	ニカラグワ	23.3
5	ホンジュラス	15.8
6	ガテマラ	15.2
	中央アメリカの平均	26.0

ちなみに1978年におけるパナマの電化率は52.4%であるがコスタリカのそれにはまだ及ばない。

(2) 人口1人当りの発電電力量

1976年における人口1人当りの発電電力量は806kWhこれは中央アメリカで第1位である。

順位	国名	1人当りの発電電力量(単位 kWh)
1	パナマ	806
2	コスタリカ	762
3	ニカラグワ	385

なお1978年におけるパナマの発電電力量は1人当り830KWhで2ヶ年で3%増加したことになる。

(3) 水火比率

1976年におけるパナマ共和国の水火比率は35.7%, 64.3%で中央アメリカ諸国の水力比率よりはるかに低い。

	水力比率(単位 %)
中央アメリカ諸国	41.6
パナマ	35.7
コスタリカ	62.2

中央アメリカで最も水力比率の高いのは上記のコスタリカの62.2%である。

なお1978年度におけるパナマの水力比率は38.5%で2ヶ年間に2.8%改善された。

(4) 仕上り電力単価

上述のようにパナマ共和国では水力比率が低いため電力の仕上り単価は中央アメリカ諸国にくらべ極めて高い。

中央アメリカ諸国平均	4.6 ¢/KWh
コスタリカ "	4.04 "
パナマ "	5.80 "

中央アメリカ諸国で一番安いのはコスタリカの4.04 ¢/KWh。これに対しパナマは5.80 ¢/KWhで中央アメリカ諸国平均に対し26%も高い。

1978年の仕上り単価は世界的な石油価格の上昇により2ヶ年で28%も上昇し、7.4 ¢/KWhとなった。このためIRHEでは水力の開発を積極的に推進するとともに、老朽化した火力とくにディーゼル発電機の廃止を計画している。

(5) 1需要家当りの消費電力量

1976年度におけるパナマ共和国の1需要家当りの消費電力は年間5,734KWhであった。

順位	国名	1 需要家当り年間消費電力量 (単位 KWh)
1	ニカラグワ	8,031
2	パナマ	5,734
3	コスタリカ	5,327

中央アメリカで最も消費電力量の多いのはニカラグワで、パナマはこれについて 2 位である。第 3 位はコスタリカ。なおパナマの 1978 年度における実績は 5,827 KWh/戸/年 で 2 ケ年間で 1.6 % 増加している。

1-4 将来計画

(1) 需給計画

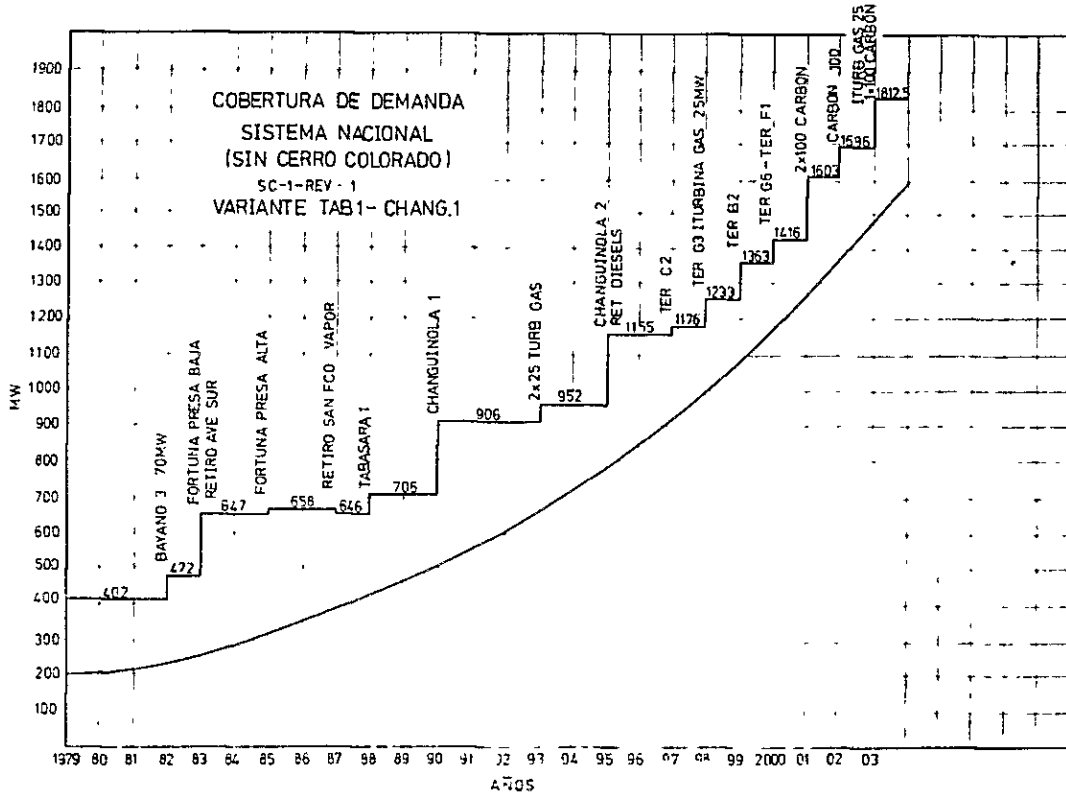
(a) 長期需給バランス

I R H E の作製した長期需給バランスは図 IV-1-17, 図 IV-1-18 の KW および KWh バランスで表わされている。またこれには、それぞれ、セロコロラド銅山を開発する場合と開発しない場合の二つのケースが計画されている。セロコロラド鉱山の電力需要は 175 MW といわれており、これは I R H E の 1979 年度における最大電力 290 MW の 60 % に相当する。したがってセロコロラドが操業開始するためには現在の長期計画の水力発電所を 2~3 年早く運転開始する必要がある。I R H E の計画にはセロコロラド鉱山が 1983 年頃から操業を開始するもとしてホルトナ、タバサラなどの水力地点を 2~3 年早めて投入することを計画している。

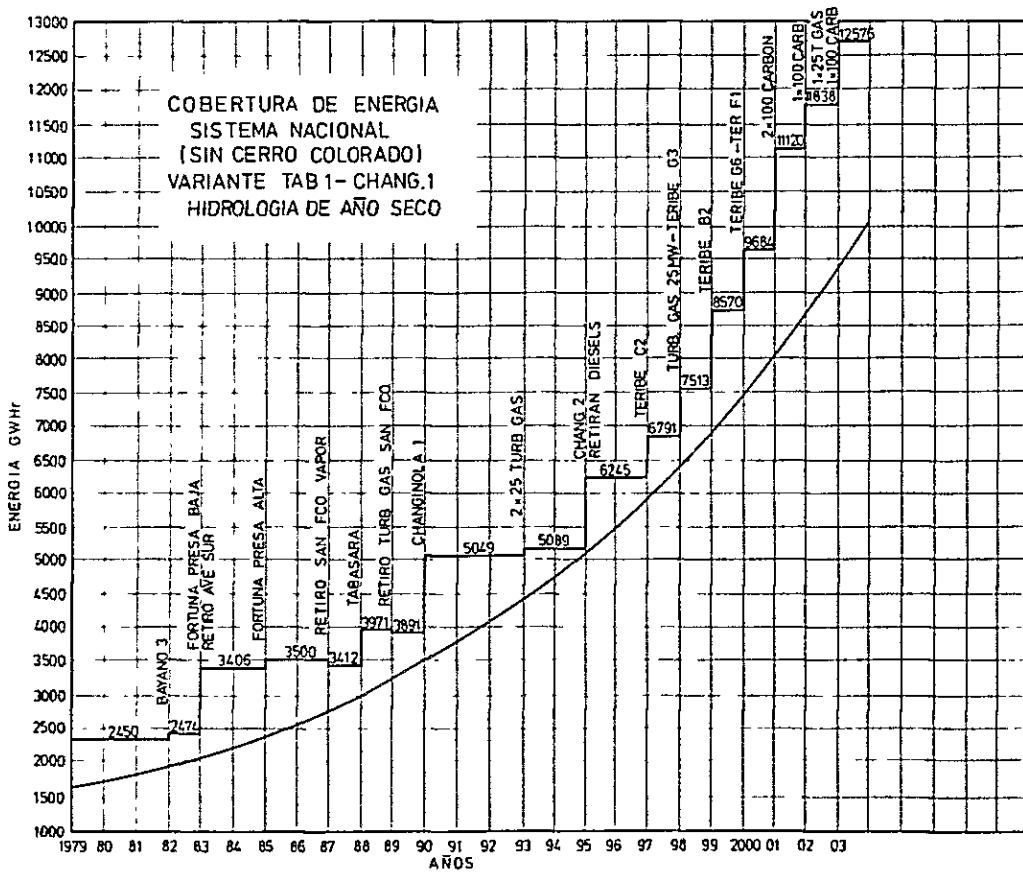
この計画では需要の伸び率を年複利増加率約 7 % とみており、2002 年における需要を次のように見込んでいる。

	セロコロラドあり	セロコロラドなし	差 額
年間最大電力	1,842 MW	1,696 MW	146 MW
年間消費電力量	12,067 MWh	11,120 MWh	947 MWh

KW バランス

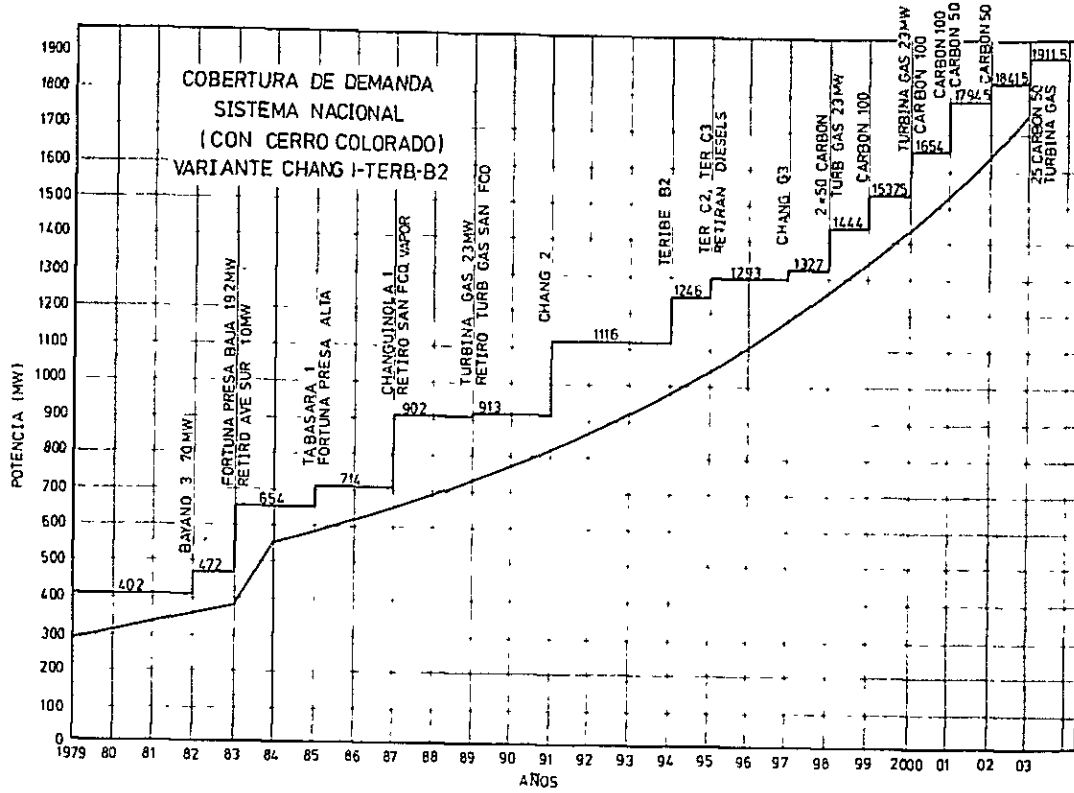


KWh バランス



☑ IV-1-17 長期需給バランス (セロコロラド鉱山のない場合)

KW バランス



KWh バランス

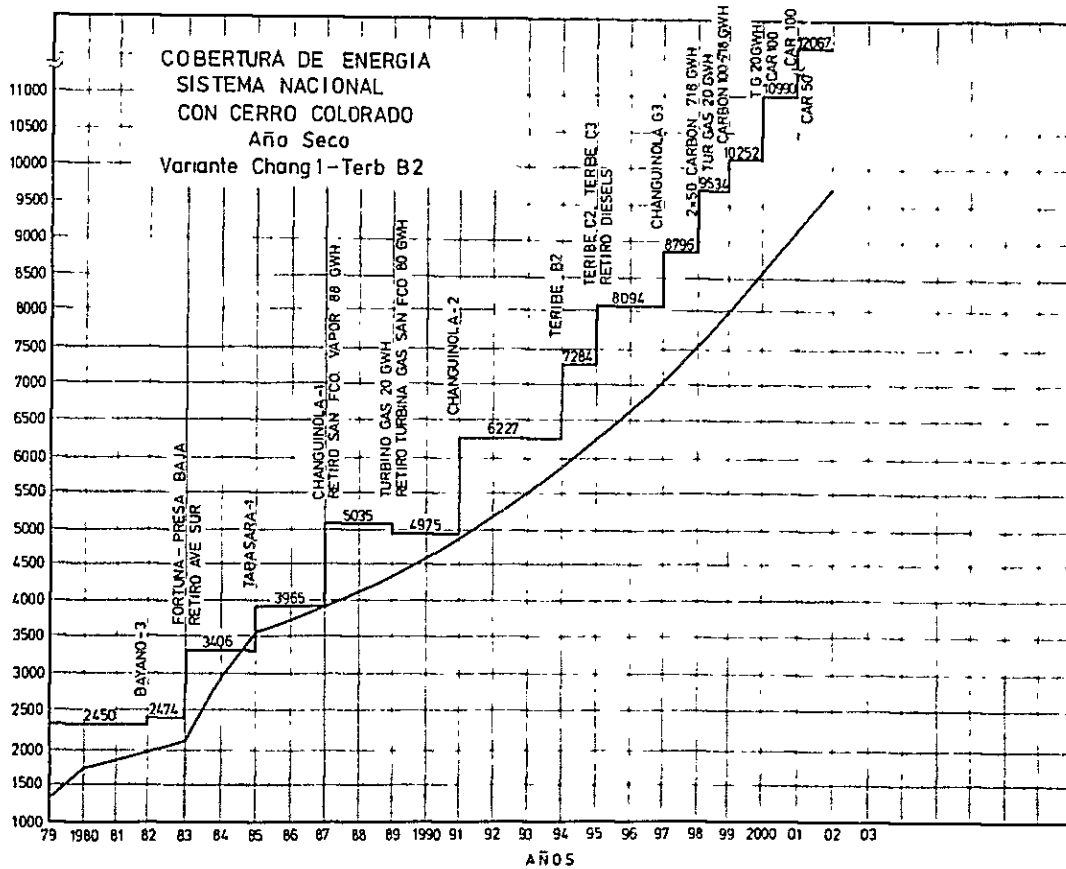
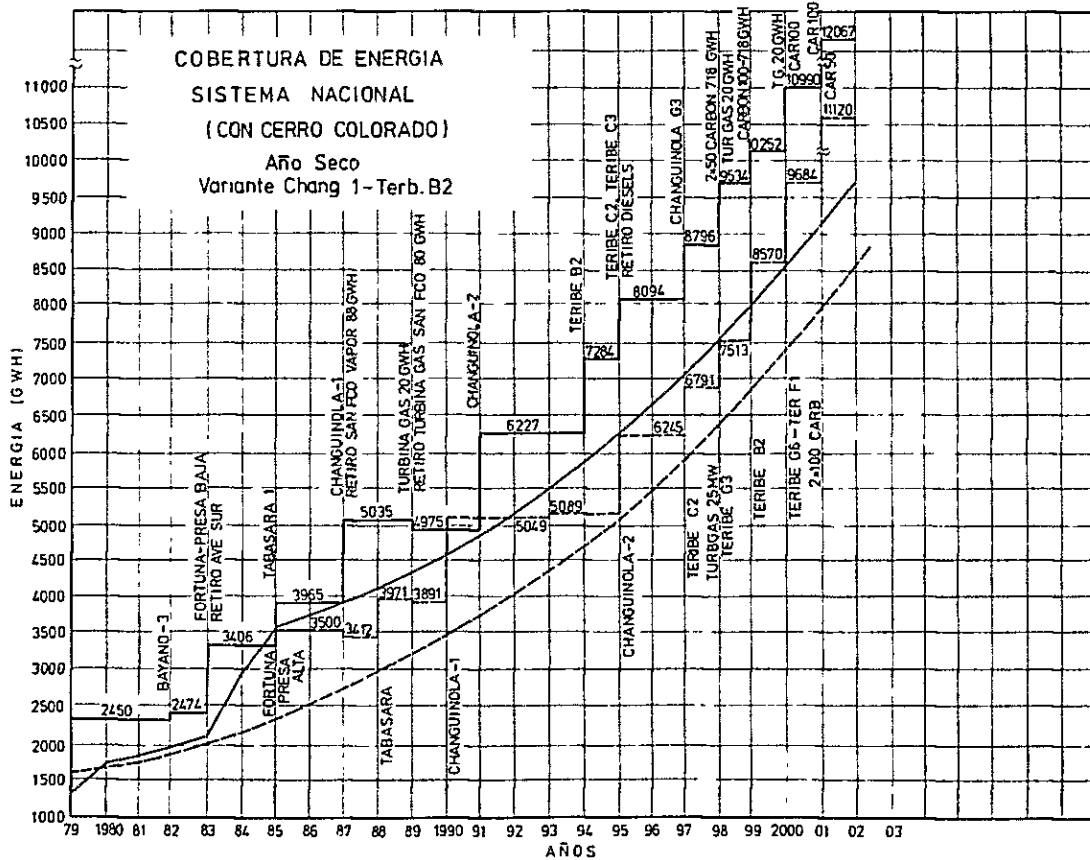
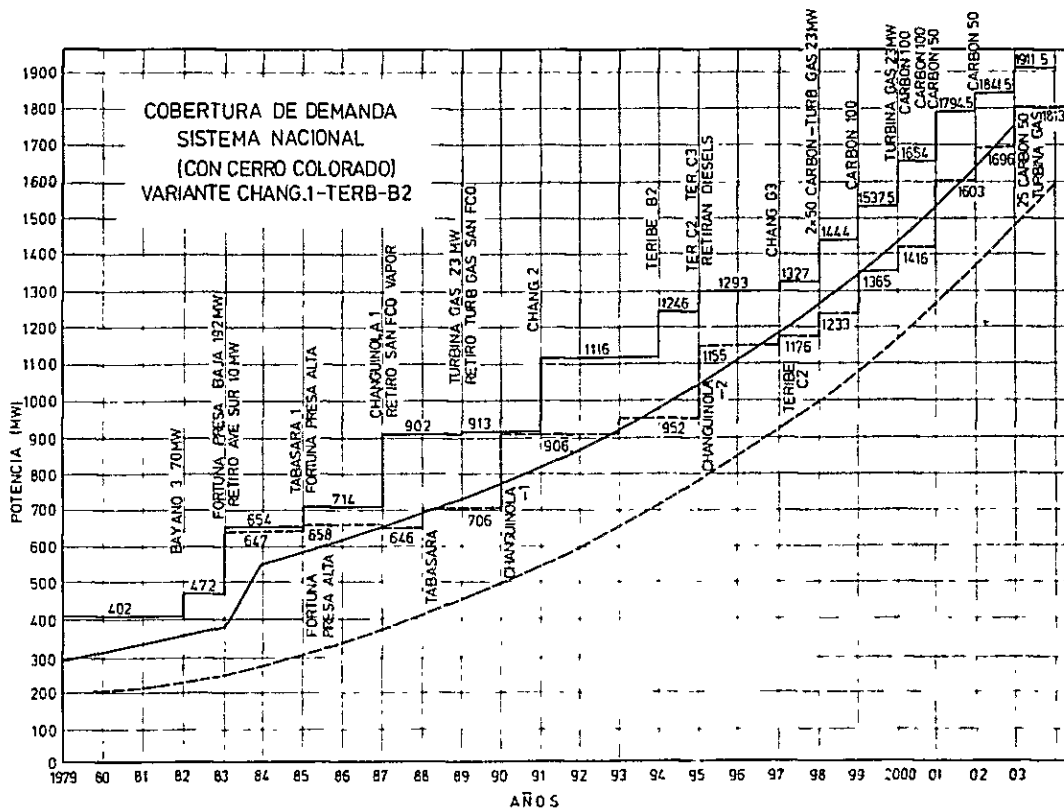


図 IV-1-18 長期需給バランス(セロコロダのある場合)



図IV-1-19 二つの長期需給バランスの比較

セロコロラドのある場合及び、セロコロラドのない場合の長期需給バランスの比較を図Ⅳ-1-19に示す。なおこの長期需給計画にはベタキーシャ銅山の需要は含まれていない。(需給バランスはAPPENDIX Ⅳ-1参照)

この需給バランスの特徴は火力供給の増強が極めて少いことである。IRHEは1983年頃より現在供給予備力となっているサンフランシスコ火力(35.5MW)を順次廃止するとともに地方に散在する老朽ディーゼル発電所も配電網の拡充に従って廃止する方針で、今後火力としては25MW級のガスタービンを1990年代に2台投入するに過ぎない。この国の負荷は冷房負荷が大部分であるため日負荷曲線は平坦であり、日本のようなピーク供給力を必要としない。したがってピーク供給力は貯水池系水力発電所とガスタービンで対処することを考えており、貯水系としては既設パナ発電所が後年度にピーク供給力としてきわめて有効に運用される。

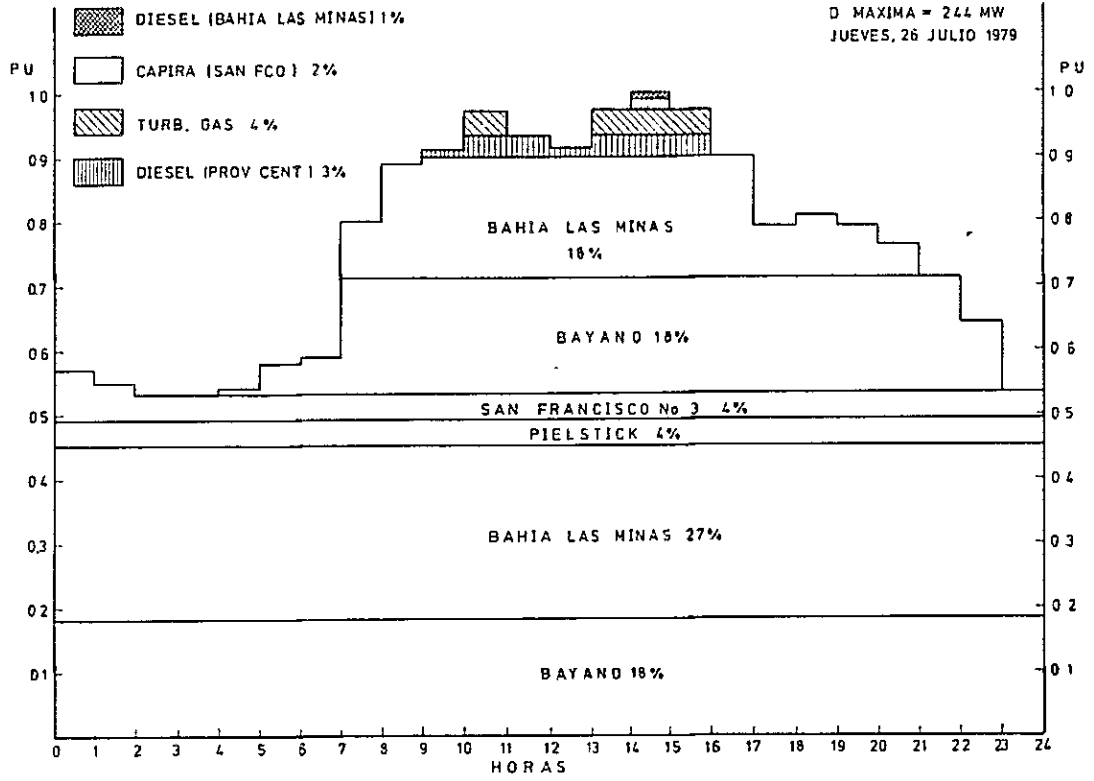
(b) 発電所の稼働状況予想

IRHEが作製した1979年、1980～1983年および1983～1985年の平日、休日における発電所稼働状況予想図を図Ⅳ-1-20、図Ⅳ-1-21および図Ⅳ-1-22に示す。

平日

DIA TIPICO

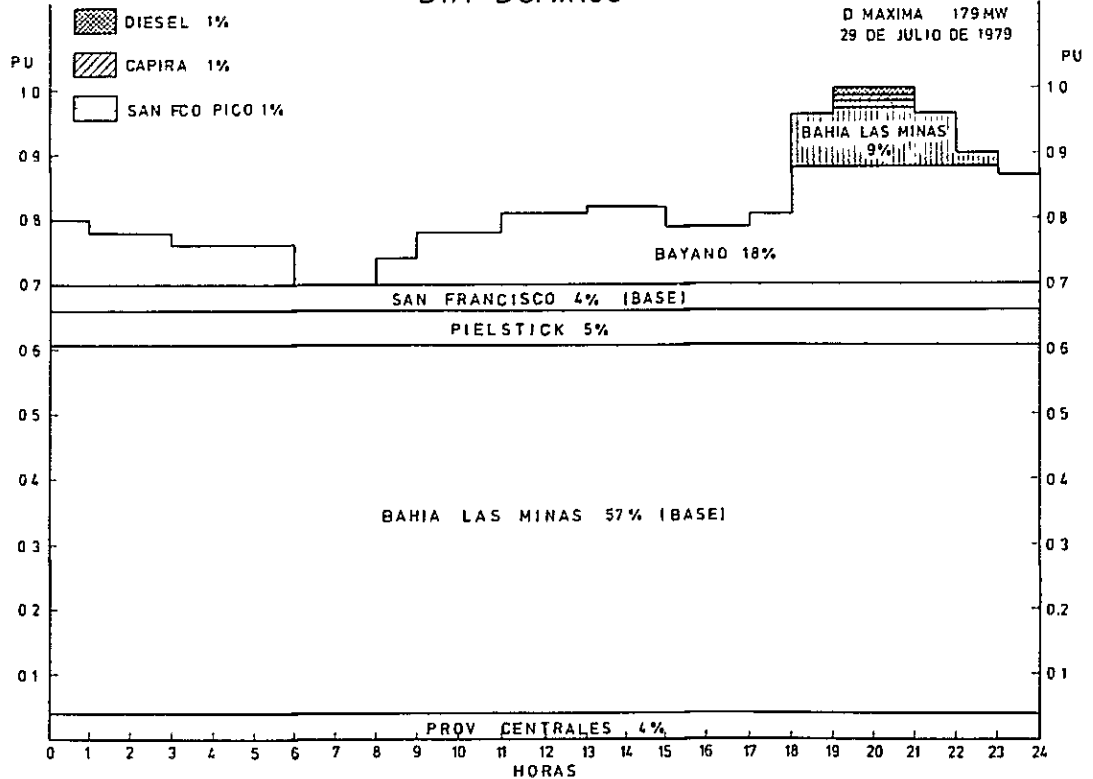
D MAXIMA = 244 MW
JUEVES, 26 JULIO 1979



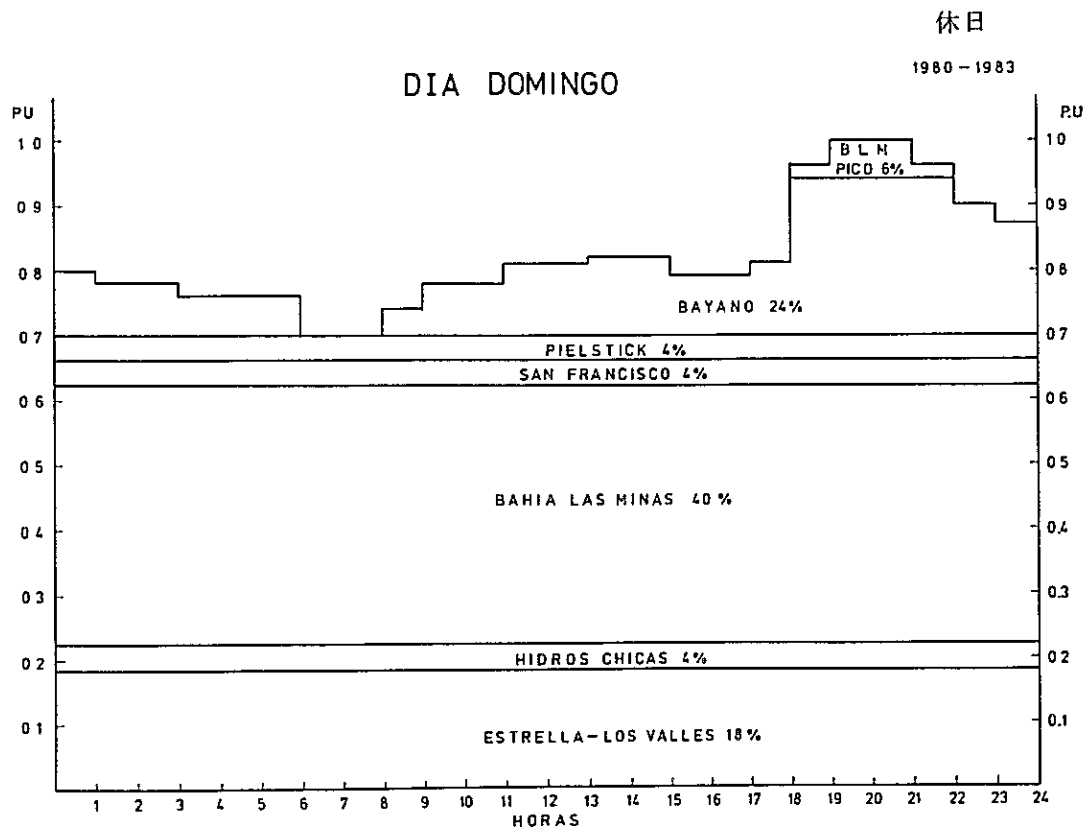
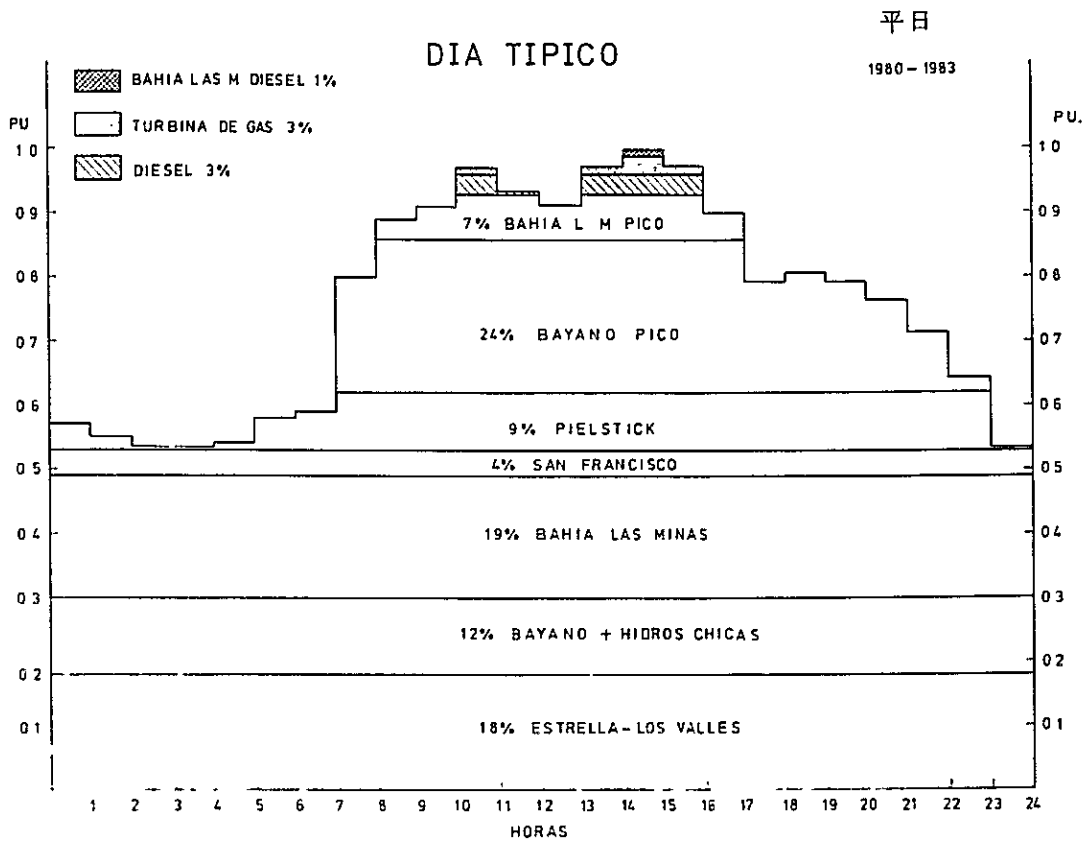
休日

DIA DOMINGO

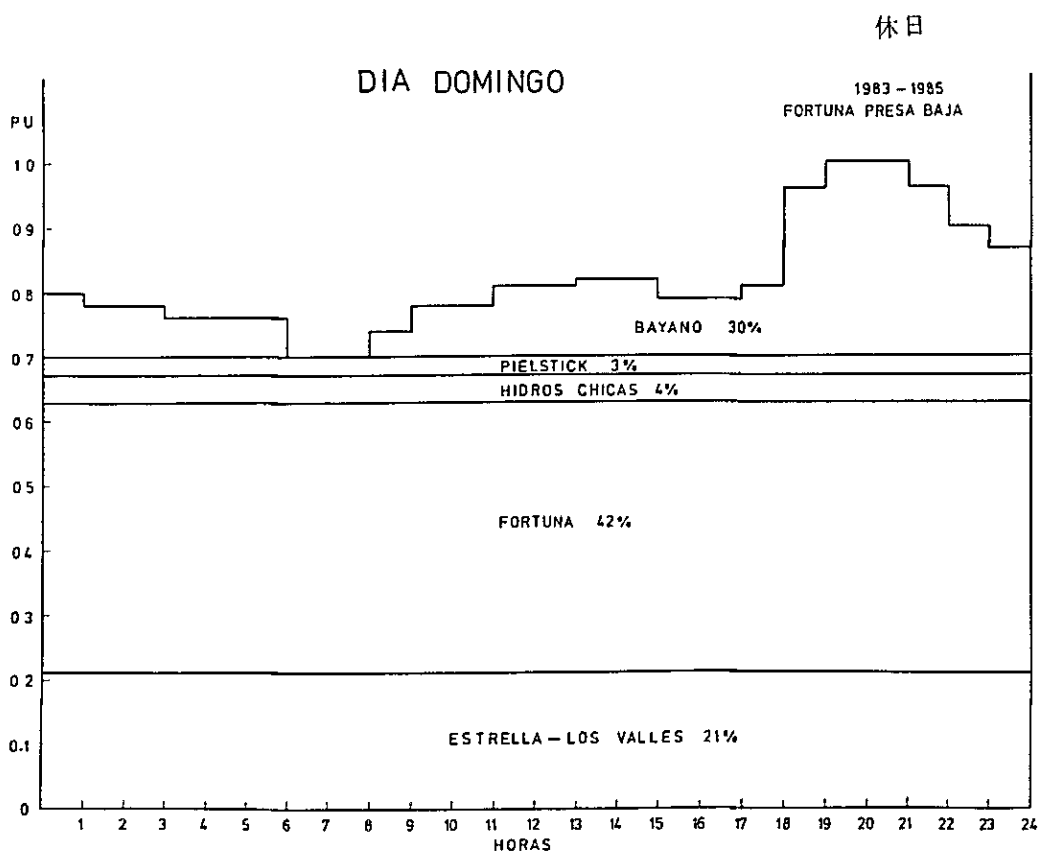
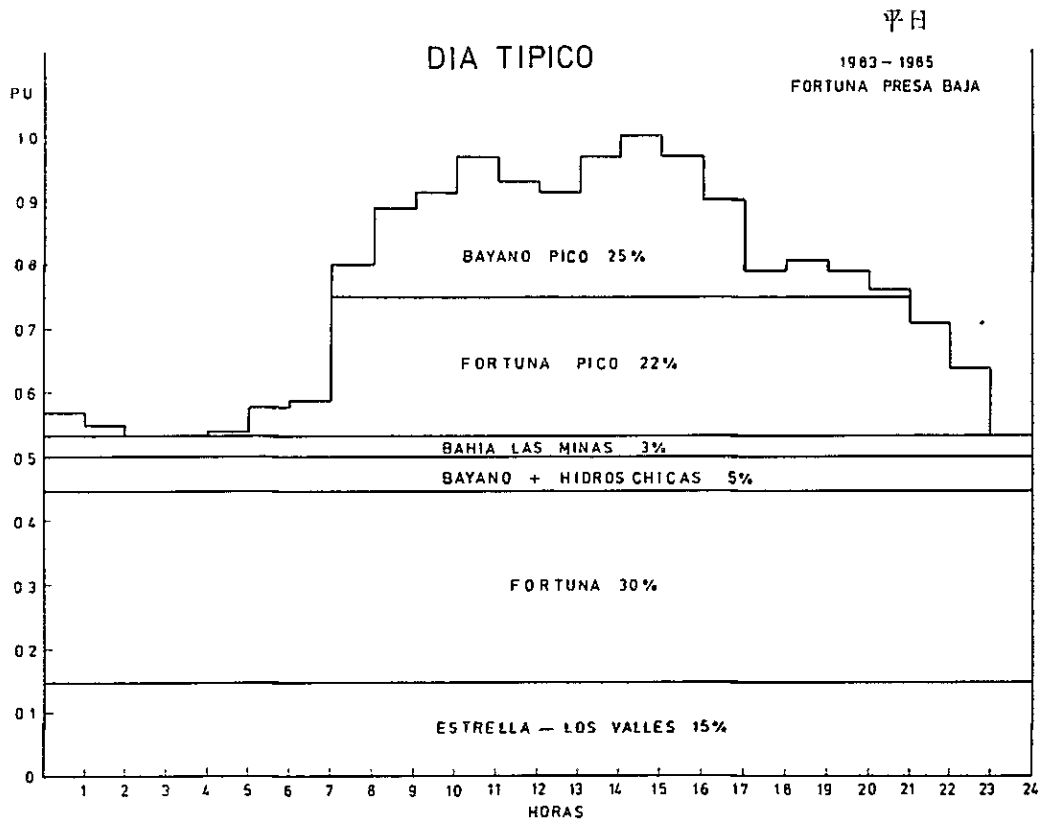
D MAXIMA = 179 MW
29 DE JULIO DE 1979



図IV-1-20 発電所稼動状況 (1979年, 平日・休日)



図IV-1-21 発電所稼動 (1980~1983年, 平日, 休日)



図IV-1-22 発電所稼働 (1983~1985年, 平日・休日)
IV-36

表IV-1-16 発電所負荷配分の推移(平日分)

	1979	1980~1983	1983~1985
ベース供給力(24時間運転)			
バヤノ (水力)	18%	12%	5%
ラスミナス	27%	19%	3%
ビールスティック	4%	—	—
サンフランシスコ No.3	4%	4%	—
エステレラ・ロスバレス(水力)	—	18%	15%
ホルトナ (水力)	—	—	30%
(小計)	(53)	(53)	(53)
ミドル供給力(10~16時間運転)			
バヤノ (水力)	18%	24%	—
ラスミナス	18%	7%	—
ホルトナ (水力)	—	—	22%
ビールスティック	—	9%	—
(小計)	(36)	(40)	(22)
ピーク供給力			
バヤノ (水力)	—	—	25%
プロビンス, セントラル(ディーゼル)	3%	3%	—
ガスタービン	4%	3%	—
カピラ (サンクランシスコ)	2%	—	—
ラスミナス (ディーゼル)	1%	1%	—
(小計)	(10)	(7)	(25)
合計	100%	100%	100%

これによればベース供給力(24時間連続運転), ミドル供給力(10~16時間運転)およびピーク供給力の内訳は次の通りとなる。(表IV-1-16)

① ベース供給力

1979年におけるベース供給力はバヤノ(水力)ラスミナス(火力)が主力である。この段階では水力供給力が少いので貯水池式の貴重なピーク供給力を流込式と同様に使用することになる。

しかし1980年代にはエステレラ, ロスバレス水力発電所が運開しベース供給力となるので老朽火力であるビールスティック火力は供給予備力として待機することになる。これにより火力の燃料費は大幅に減少する見込みである。

1983年以降、ホルトナ水力発電所が運轉すればホルトナが主力となりベース供給力の約60%を分担するので貯水池系であるバヤノの運轉は5%に減少し、火力はラスミナス火力のみとなり、さらに燃料費は軽減される。

② ミドル供給力

1979年まではミドル供給力の全部をバヤノ(水)およびラスミナス(火)が等分に負担する。しかし1983年以降にはホルトナ発電所が運轉を開始し、ミドル供給力の全部を分担する。したがって火力と貯水系水力はピーク供給力として運轉されることになり、バヤノ(水)はピーク供給力として貯水系本来の使命を果すことになる。

③ ピーク供給力

ホルトナが運轉を開始する1983年までは、熱効率の低いディーゼル、ガスタービンがピーク供給力を分担している。しかしホルトナ(水)の運用に伴ない、バヤノがピーク供給力のすべてを分担することになる。したがってこの時点からは火力はベース供給力として、最大電力の3%に相当する出力だけ24時間運轉され、その他の火力は供給予備力として待機する。したがってバヤノはピーク供給力として貯水系本来の使命を果すことになる。

(2) 包蔵水力

I R H Eは1979年11月25日新聞紙上にパナマ共和国の包蔵水力を公表した。それによればパナマ政府は総合エネルギー対策の一貫として1965年以来包蔵水力の調査を進めてきたが現在までに国土の70%に達する地域の調査を完了した。しかし残りの30%の地域(コクレ、ベラグラスおよびダリエン)は地図が完成していないのでまだ調査されていない。

パナマ共和国の中でもっとも包蔵水力の多い地区はボコス、デルタロおよびチリキの山地で、ここにはホルトナ、チャンギノーラ、テリベなどの大水力開発地点がある。I R H Eはこれらの大水力地点のほかに、農山村電化のための小水力開発にも力を入れている。

I R H Eの発表によれば包蔵地点のうち、開発が有利と考えられている地点の発電力の合計は2,500MW、その年間発生電力量は13GWhで1979年の発電設備の5倍に達する。なおこの中には約15MWの小水力(50~5000KW)を含んでいる。

新聞紙上に発表された水力地点の諸元を表IV-1-17に示す。

表IV-1-17

包蔵水力および発電水力地点一覧表

		設備容量 (MW)	発生電力量 (MWh)	建設費 (10 ³ B)	1KW当り 建設費 (B/KW)	1KWh当り 建設費 (B/KWh)
1	BARU	86.0	47555	91332	1,062.0	192.0
2	CAISAN	60.0	33015	64590	1,076.5	195.6
3	SAN ANTONIO	76.0	38539	89245	1,174.3	231.6
4	CANDELA	35.0	128.00	35761	1,021.7	279.4
5	LIRF	15.0	-	19500	1,300.0	-
6	SAN PALBO	60.0	220.00	136,075	2,267.9	618.5
7	CANAZAS (I)	25.0	140.00	71,690	2,867.5	512.1
8	" (II)	67.0	350.00	44,343	661.8	126.7
9	" (III)	1.2	7.20	1,560	1,300.0	216.7
10	SOLEDAD	78.0	35300	101,400	"	287.3
11	ANTON	3.0	23.00	3,900	"	163.6
12	COCLE DEL NORTE	45.7	350.00	59,410	"	169.7
13	LAGARTO	1.9	17.00	2,470	"	145.3
14	GATUN	4.5	24.00	5,850	"	243.8
15	PIEDRAS	100	70.00	13,000	"	185.7
16	TRINIDAD	7.6	33.00	9,880	"	299.4
17	TARASARA "A"	140.0	751.00	217,426	1,553.0	289.5
18	" "I"	30.0	260.00	44,197	1,473.2	170.0
19	BONYIC	18.0	10380	23,800	1,322.2	229.3
20	CIRI GRANDE	17.0	90.00	22,100	1,300.0	245.6
21	TERIBE B-2	237.0	1342.00	270,000	1,139.2	201.2
22	CHANGUI NOA D-2	264.0	1500.00	320,000	1,212.1	213.3
23	FORTUNA	255.0	1321.00	250,000	980.4	189.3
24	CHIRIQUICITO	20.0	105.00	26,000	1,300.0	247.6
25	ESTI	50.0	285.00	66,500	1,330.0	233.3
合計		1,606.9	8,664.09	1,990,029	1,238.4	229.7

出所: HYDROELECTRICAL POTENTIAL OF THE REPUBLIC OF PANAMA

LA ESTRELLA DE PANAMA

LA REPUBLICA Domingo 25 de Noviembre de 1979

2 送電計画

2-1 電力需要想定

(1) 銅山の電力需要

「パナマ共和国地域開発調査報告書」52年5月（金属事業団）によればベタキージャ銅山の電力需要は次の通りである。

粗 鉍 処 理 量	1 2,0 0 0 ton/day	2 0,0 0 0 ton/day
最大需要電力	1 6,0 0 0 KW	2 6,0 0 0 KW
採 鉍 お よ び 選 鉍	1 1,5 0 0 KW	2 0,0 0 0 KW
そ の 他	3,7 0 0 KW	5,0 0 0 KW
鉍 山 都 市	8 0 0 KW	1,0 0 0 KW
年間消費電力量	1 0 5,1 2 0 MWh	1 7 0,8 2 0 MWh

また「ベタキージャ鉍山第一次開発計画書」52年9月（パナマ鉍物資源開発株式会社）によれば銅山の需要は

粗 鉍 処 理 量	1 8,0 0 0 ton/day	比 率
最大需要電力	1 9,0 0 0 KW	
年間消費電力量	1 2 6,0 0 0 MWh	1 0 0 %
採 鉍	9,4 0 0 MWh	7
選 鉍	1 0 9,0 0 0 MWh	8 7
そ の 他	7,6 0 0 MWh	6

で消費電力量の大半は選鉍場で消費される。

銅鉍山の電力需要は採掘の方法、湧水の量、鉍山の規模などにより著しく異なる。しかしいまベタキージャ銅山と同じ露天掘の鉍山の消費電力、設備最大電力をそれぞれの開発増産計画書から抜粋し、列挙してみた。その結果を表Ⅳ-2-1および図Ⅳ-2-1図に示す。これによれば露天掘銅鉍山の設備最大電力と産銅鉍量の相関はきわめて高くその相関係数は97%に達する。

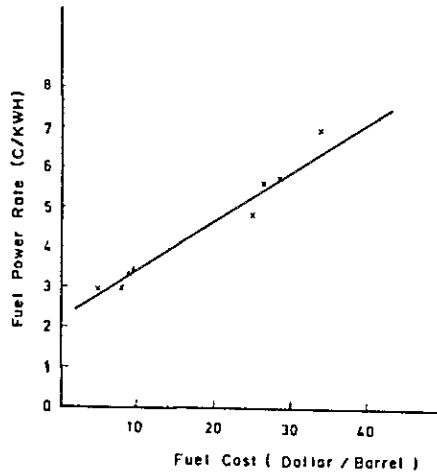
一般に電力需要は、鉍山の機器の容量を集計しこれに利用率・負荷率・不等率などをかけた積上げ方式、製品1単位当りの消費電力量（原単位）による方法などのマイクロ・マクロの方法および類似鉍山の実績値など種々の方法で想定される。しかし産銅鉍量と設備最大電力の実績値が一次回帰曲線に沿って分布して居り、また今回の想定値もこの回帰曲線と一致している。したがって今回の想定値

粗 鉍 処 理 量	1 8,0 0 0 ton/day
最大需要電力	1 9,0 0 0 KW

年間消費電力量

126,000MWh

は決して従来の実績とかけはなれた値でないことが推定出来る。



図Ⅳ-2-1 露天掘鉱山の設備最大電力

表Ⅳ-2-1 露天掘銅鉱山の設備電力(開発・増産計画書より抜粋)

鉱山名 国名	産出鉱量		設備電力		消費電力			備考
	10 ³ ton/年	t/日	KW	KW/t/日	MWh/年	KWh/t	選鉱のみ	
ベタキージャ パナマ	6,300	18,000	19,000	1.056	026,000	2.00	17.3	
マムート マレーシア	5,250	15,000	15,000	1.000	108,620	20.69	19.9	
ローネックス カナダ	12,410	34,473	34,764	1.008	275,844	22.22		
ブーゲンビル バプア	29,393	71,400	65,000	0.910	-			
タキーネ ベル-	13,063	36,300	33,333	0.918	-			
ミナキシイ ベルフ	14,000	40,000	38,000	0.950	270,065	19.29	16.7	
シバライ フィリッピン	9,000	25,000	25,000	1.000				

(2) 鉱山都市の電力需要

金属事業団の報告書では、ベタキージャ鉱山の鉱山都市の候補地としてベタキージャ、コクレント、カスカジャ、ラビンターダおよびベノメの5ヶ所をあげ種々比較検討を行っている。そして鉱山都市の最適地としてコクレントを選びその人口を6500~8,800人と想定している。

さてIRHEの給電年報(1978年度)によれば1978年度の販売電力量は

一般電灯 $413,131 \times 10^3$ KWh
 1世帯当りの年間消費電力量 1,167 KWh/年
 原単位 97 KWh/月/1世帯

である。これは昭和30年末における日本の全国平均値にほぼ等しい。いま鉾山都市の電力消費が1978年におけるパナマ共和国の平均値まで到達したものととして電力需要を推定すると

鉾山都市人口	8,800人
世帯数	1,700世帯
電化率	100% とした場合
年間消費電力量	2,054MWh
年間最大電力	430KW (負荷率55%)
原単位	100KWh/月/1世帯

となる。

この電力需要が年複利増加率10%で増加するものとすればベタキージャ鉾山運開年(1978年)の電力需要は

年間消費電力量	5,300MWh
年間最大電力	1,100KW となる。

これは1979年におけるベノノメの年間最大電力実績1320KWに匹敵する値である。

(3) コクレシート集団農場の電力需要

今回の現地調査によればコクレシート集団農場の人口は1979年末で約800名でその約50%が乳幼児である。住民の大部分は農業および牧畜に従事しており、その平均耕作面積は約5ヘクタールで、トウモロコシ、米、バナナ、コーヒーの栽培および肉牛の放牧を行っている。

いまコクレシートの電力需要を概算すると次のようになる。

人口	814人
世帯数(1世帯6人と仮定して)	140口

いま電化率を100%と仮定し、またこの地区の1需要家当りの年間消費電力量を330KWhと仮定すればコクレシートの年間消費電力は46,200KWhとなる。いま年負荷率を30%とすれば年間最大電力は18KWとなる。これに製材、街灯、官公庁などの需要を追加しても、コクレシートの年間最大電力は30KW以内であり、現有のディーゼル発電機の容量(30KW)を超過することはまずないものと思われる。

いま需要の年複利増加率を10%(IRHE長期計画値)とし鉾山が稼働を開始する時期および最盛期の電力需要を想定すると

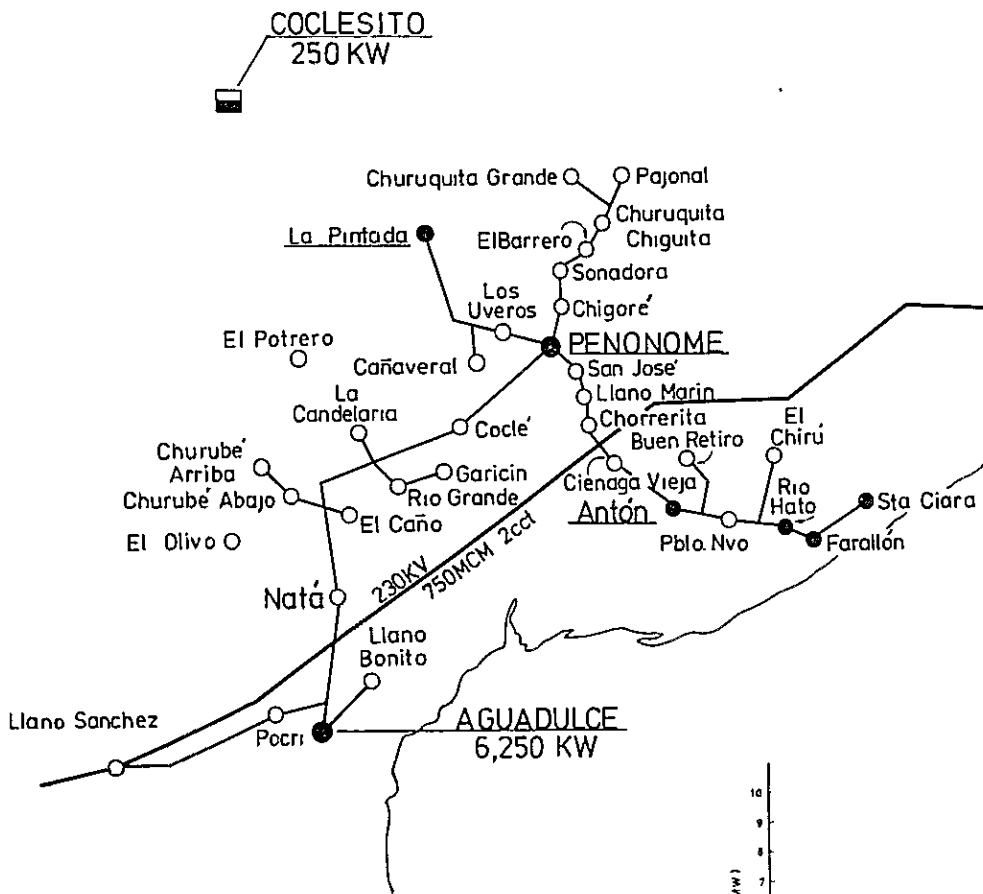
1987年(鉾山稼働開始時)	約80KW
1997年(鉾山最盛期)	約200KW

で、コクレシートが集団農場として発展する限り、現在建設中の地元小水力125KW×2台で充分供給可能である。

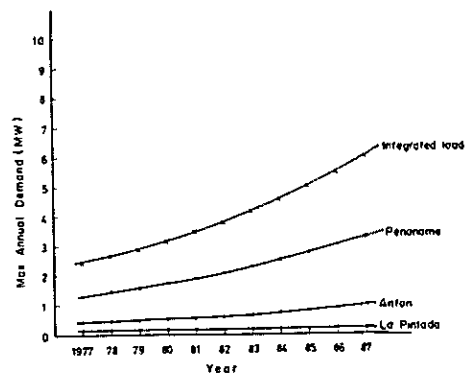
4) ペノノメ周辺の需要

現在ペノノメ地区には34.5KV配電線によりアクアドルセ近郊のボクリ変電所から供給されている。IRHEの計画によれば、1987年度にペノノメ市に115/34.5KV、42MVAの変電所を新設する。運転開始時におけるIRHEの想定値は年間最大電力6,000KWであり、そのサービスエリアは図IV-2-2、またペノノメの需要想定値(IRHE試算値)は図IV-2-3、表IV-2-2、表IV-2-3の通りである。

IRHEの構想によればベタキーニャ変電所運開後における34.5/13.8KV配電所の数はペノノメ、ラビンターダ、アントン、リオハト、ファラロンおよびサンタクララの6ヶ所でそのうち6ヶ所でそのうち5ヶ所は大平洋岸に分布しており、ペノノメより山側の変電所はラビンターダだけである。IRHEの想定によればラビンターダの電力需要は1987年でわずか200KWに過ぎない。これからみても現段階では、IRHEは中央山脈付近の需要増はほとんど人を期待しておらず、ベタキーニャ山線の地域開発に及ぼす影響はきわめて少ないものと想定される。



図IV-2-2
ペノノメ変電所サービスエリア



図IV-2-3
ペノノメ地区負荷予想

表IV-2-2 ペノノメ地区電力需要想定値 (MW)

PENONOME SUBSTATION	1977	1978	1979	1980	1981	1982
SUBESTACION PENONOME						
PENCNOME	2.401	2.681	2.884	8.161	3.404	3.797
LA PINTADA	1.621	1.448	1.587	1.789	1.906	2.089
AMION	0.084	0.092	0.100	0.110	0.121	0.132
RIO HATO	0.390	0.427	0.468	0.518	0.558	0.617
FARALLON	0.190	0.209	0.229	0.251	0.275	0.301
SANIA CLARA	0.191	0.210	0.230	0.252	0.276	0.302
	0.225	0.240	0.270	0.896	0.324	0.355
	1983	1984	1985	1986	1987	
	4.161	4.560	4.998	5.478	6.004	
	2.290	2.509	2.750	3.014	3.304	
	0.145	0.159	0.174	0.191	0.209	
	0.676	0.741	0.812	0.890	0.975	
	0.330	0.362	0.396	0.484	0.476	
	0.331	0.363	0.398	0.486	0.478	
	0.389	0.427	0.468	0.513	0.562	

表IV-2-3 ペノノメ地区電力需要想定値 (MWh)

AREAS	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
PENONOME	4,821	5,284	5,791	6,347	6,947	7,625	8,357	9,159	10,088	11,002	12,058
LA PINTADA	305	334	366	401	450	482	528	579	685	695	762
RIO GRANDE	228	249	273	300	328	360	895	433	474	520	570
ANION	1,423	1,559	1,709	1,873	2,053	2,250	2,466	2,703	2,962	8,247	3,558
RIO HATO	695	761	834	914	1,002	1,099	1,204	1,320	1,446	1,585	1,738
FARALLON	698	765	838	918	1,007	1,103	1,209	1,325	1,453	1,592	1,745
SANTA CLARA	820	898	984	1,079	1,183	1,296	1,421	1,557	1,707	1,871	2,050
SOB-TOTAL	8,990	9,850	10,795	11,832	12,970	14,215	15,580	17,076	18,715	20,512	22,481

2-2 供給力および送電系統

(1) 供給力

ヘタキ シャ鉱山の消費電力はIRHEの230KV 全国連系系統から受電するものとして計画を作成する。

IRHEの発電設備は1978年12月31日現在で、認可出力481MWでその水火比率は約40:60である。IRHEの発電設備は汽力・水力およびナセル発電所は小形で老朽化したものが多く熱効率も低い。現在運転中の主要発電設備は次の通りである。

発電所名	所在地	出力(MW)	形式
パヒア・ラス・ミナス	コロノ	40 × 3	汽力
"	"	22 × 1	"
パヤノ	パナマ	75 × 2	水力
ラ・エステレラ	チリキ	21 × 2	"
ロス・バレス	チリキ	24 × 2	"
計		382	

IRHEの水力発電所の出水率は雨期と乾期により著しく変動する。ラ・エステレラ、ロスバレスなどの流込式の発電所では乾期の出水は最大使用水量の1/3程度まで低下する。IRHEにおける代表的水力発電所の渇水期における発電力の低下の実績値を表4-2-4に示す。

表IV-2-4 渇水期における水力発電所の出力低下

発電所名	形式	認可出力	発電電力量	渇水期における発電力		渇水期における低下率	
		(MW)	(GWH/年)	(MW)	(GWH/月)	電力(%)	電力量(%)
パヤノ	貯水池式	150	603	145	32.6	97	65
ラ・エステレラ ロス・バレス	流入式	90	530	31	22.4	34	50

これは数年間の発電力の平均値であるので異常渇水年にはこの値よりさらに出力が低下する。したがって供給力が水主火従に移行するにつれて、十分な供給予備力を保有する必要性が生じてくる。

一方IRHEの水力発電所の単機容量は系統容量に比較して極めて大きい(通常は系統容量の10%以下)。IRHEの単機容量の限界値は1983年まで投入する分について、100MW、1984年以降投入するものは150MWと計画しているという。これは大容量による建設量の低下、いわゆるスケールメリッ

トを狙ったもので、現有の最大単機容量はパヤノ発電所の75MWで、これは現在の系統容量の約1/4に相当する。いまこの発電機が事故で脱落すれば、系統擾乱を発生し全系停電まで発展するおそれがある。したがってIRHEでは常時20～30%の運転予備力を待機させており、これを水力・火力発電所に分担させている、単機容量が大きいは経済的には極めて有利にあるか系統の信頼度はその分だけ低下する。しかしパナマではまだ工業化・自動化が進んでいないので、この程度の供給信頼度で充分と考えているものと思う。

なおIRHEでは電子計算機による自動周波数制御を実施しており、その周波数偏差は±0.05Hz程度で良好である。またIRHEは水力電源の開発を積極的に進めており、1983年にはホルトナ発電所(275MW 1250GWh)が運転を開始する予定である。

したがってIRHEは供給力には充分の余裕をもっており、ベタキ・ジャ・鉱山の需給申込みにより電源開発計画を改訂する必要はないといえる。

(2) 送電系統

1979年9月、IRHEは230KV送電線による全国連系を完成した。これによりパナマを中心とする首都圏の電力系統とチリキにある水力電源地帯がパナマ給電指令所の指令により一貫運用されることとなり、供給予備力の節減、火力燃料費の低減および供給信頼度の向上など系統連系の効果が遺憾なく発揮されるようになった。

さて今回の計画ではベタキ・ジャ・鉱山線の需給地点をベノノメ変電所として計画を策定した。しかし現在ベノノメにはまた115KV送電線は導入されておらず、ベノノメ～アクアドルセ間に34.5KV、60kmの配電線が建設されているに過ぎない。IRHEの長期計画によれば、1987年には115KV ACSR 160mm² 1回線の送電線およびベノノメ変電所115/34.5KV 42MWが建設される予定である。したがってこのベノノメ変電所からベタキ・ジャ・鉱山線を引出すことにし、一応IRHEの諒解を得た。なおベタキ・ジャ・鉱山線およびその需要はIRHEの長期計画に計上されていない。

1979年度末における送電系統図を図IV-2-4に示す。

2-3 調査対象設備

金属事業団報告書には送電線のほか、鉱山用変電所、コクレシート鉱山都市・集団農場に対する供給設備および保安通信回線の公衆電話利用が織込まれている。したがって今回の調査でも当初これら関連設備の総合的利用を念頭において調査を進めた。しかし現有調査の結果、今回の調査対象設備を鉱山専用線だけに限定し、他の関連施設すなわち鉱山用変電所、鉱山都市に対する供給設備およびコクレシート集団農場に対する電力・通信設備は今回計画から除外した。

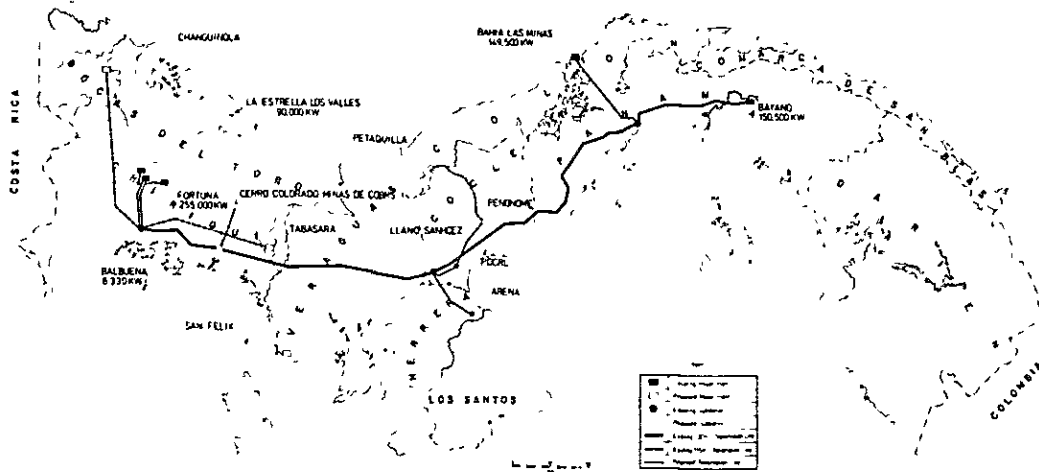
(1) 今回の調査対象

今回の調査対象設備の仕様概略は次の通りである。

- 115KV 送電線 鉄塔(木柱) 1回線
ACSR 266.8KCM 63km

(配電盤、開閉装置1式)

なお鉾山用変電所、鉾山都市に対する供給設備など関連設備を除外した理由は次の通りである。



図Ⅳ—2—4 I R H Eの送電系統図(1979年度末)

(2) ベタキージャ銅鉾山用変電所

鉾山の受電用変電所を鉾山側で新設するか、またはI R H Eで建設するかは今後鉾山とI R H Eの受給交渉で決定される問題である。しかし通常、電力会社には大口需要家に対する供給規程がある筈なので、前もってI R H Eの意向を打診してみた。I R H Eの規定によれば大口需要家の受電用変電所は原則として需要家側で建設することになっており、その財産分界点は受電用変電所115KV線路側断路器の線路側端子となっている。しかしもし需要家側からの要請があれば、たとえ鉾山専用変電所であってもI R H Eがこれを建設し、また保守管理することもありうるという。この場合変電所の設計建設はもちろん竣功後の保守管理・運用など一切をI R H Eが行なう。また電気料金は当然変電所の減価償却、運転費を織込んだものとなり115KV受電に較べ割高になる。この変電所の運転制御はパナマ給電指令所からの直接遠隔監視制御を行なう。また巡視・点検などの保守管理はアクアドルセに分駐しているI R H Eの作業班が行なう。この場合、保守管理費はもちろん有償である。

しかし「ベタキージャ鉾山第一次開発計画書」には鉾山側の受電用変電所の建設費を次のような仕様で起業費の中に織込んである。

- 主要変圧器 3相 60Hz 115/34.5/6.6KV
25/9/25 MVA 1台

○ 配電盤開閉装置

120KV	1200A	ガスしゃ断器	1台
120KV	1200A	断路器	1台
計測保護装置			1式
6.6KV閉鎖形配電盤			8面
34.5KV配電盤開閉装置			1組

(ボテハ鉱山用)

このほかベタキージャ鉱山の電気設備として

○ 非常用ディーゼル発電機	400KW	3台
○ 6KV配電線		10KW
○ その他現場用電気設備		1式

などの予算が計上されている。そしてこれらの電気設備の運転・保守要員として技術者、作業員の配置も計画書の中に織込まれている。また現地パナマ鉱物資源開発株式会社は受電用変電所を自己資金で建設する意向のようであるので、今回の調査項目の中から鉱山の受電用変電設備を除外することにした。

(3) コクレスート鉱山都市に対する電力供給

「金属事業団の報告書」によればコクレスート鉱山都市の規模は人口6,500~8,800人で、その規模はほぼ現在のペノノ市に近い。そしてこのほかにも鉱山都市の構想について発表されたものはなく、その規模・地点はまだ未定である。

ベタキージャ鉱山第一次開発計画書によれば、パナマ政府は特定の企業が支配するような鉱山都市の形成は避ける方針であり、このため最終的な都市の位置決定はパナマ政府が行ない。さらに鉱山従業員の住宅を含み建設住宅都市計画省が実施する意向である。したがって鉱山都市に対する電力供給は受電用変電所のほかにも高低圧配電線・引込線を含めた総合的な建設計画を作成しなければならず、これらの計画の作成は当然IRHEが行うべきものと考えた。従って少くとも現段階においては、ベタキージャ鉱山開発の関連施設に含めて検討する必要はないと考え、今回調査対象項目から削除した。なお参考として前記金属事業団報告書にある115/34.5KV 1000KVAの受電用変電所の建設費および代替供給案についても検討した。その結果、原案の変電所は特殊設計のため割高であり、かえってベタキージャ銅山から34.5KV、15kmの配電線で供給した方が経済的にははるかに有利であることが判明した。

(APPEN DIX IV-1 コクレスート鉱山都市に対する電力供給参照)

(4) コクレスート集団農場に対する供給設備

前述の通りコクレスート集団農場の電力需要は電化率を100%として、1987年に約80KW、1997年に約200KW程度と推定される。IRHEは現在30KWのディーゼル発電機により電力供給と行っているが、このほかにもIRHEは125KW2台の小水力発電所を建設中で近く運転を開始する予定である。この水力はIRHEの農村電化長期計画にもとづいて計画されたもので、最大用水量を渇水量に近くとつてあるので渇水の影響も少い。したがってコクレスートは

今後10～20年間この小水力発電所の単独運転で供給されよう。したがって今回の計画から、コクレスト集団農場に対し送電線により電力を供給する計画は削除することにした。

(5) 鉾山および鉾山都市の通信設備

金属事業団報告書およびベタキーヤ鉾山第一次開発計画書によれば、鉾山とパナマ本社および積出港の連絡および鉾山都市住民の公衆回線としてベタキーヤ鉾山線の電力線搬送電話回線を利用し、これをペノノメでINTEL⁽¹⁾のマイクロ回線と連絡する計画である。その加入者数は次表の通り、

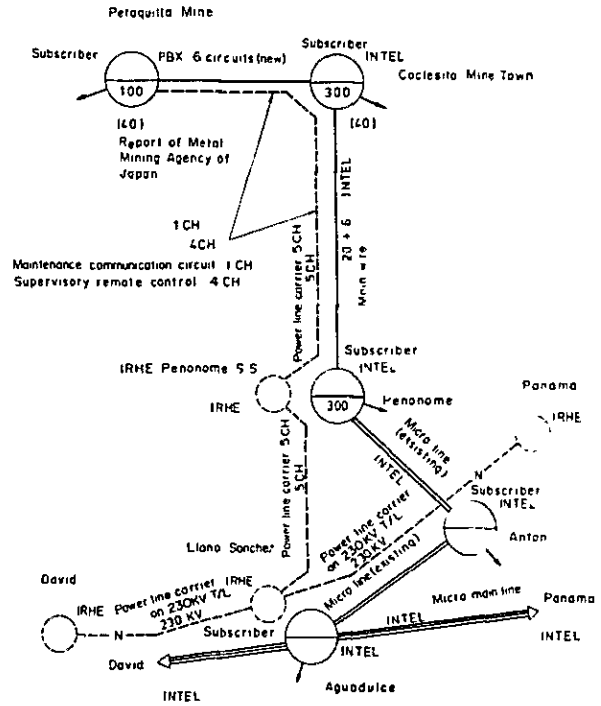
設置場所	加入者数	
	金属事業団報告書	開発計画書
ベタキーヤ鉾山	40	100
コクレスト 鉾山都市	40	⊕ 200～300

⊕はペノノメ市の実績値(1978年度)

上記の加入者数に対して必要な局線数を計算すると20～30回線の局線が必要となる

(APPENDIX IV-2 局線数の決定法参照)

一方電力線搬送電話の通話路数は通話の品質を考慮して6CHが限度といわれている。IRHEの電力線搬送電話の規格は最大5CHはあり、これ以上の通話路を必要とする場合はマイクロ回線を採用する方針である。今回の計画には図IV-2-5図に示すように1CHが保安通信回線に、また4CHが遠方監視制御に使用されるので原案のように保安通信回線を公衆回線として利用する余裕はない。したがって鉾山および鉾山都市の通話はすべてINTELの公衆回線を使用することにし電力線搬送の公衆回線利用は行なわないものとした。図IV-2-5に鉾山運開後の通信系統図(構想)を示す。



図IV-2-5 通信系統図

(注) INTEL (Instituto Nacional de Telecomunicaciones)
電々公社

2-4 送電計画策定の方針

(1) 送電電圧の選定

IRHEの電力規格はANSI (American National Standard Institute)の規格に準拠しているといわれている。ANSIではHigh-voltage Systemの標準電圧として、69, 115, 138および230KVの4つの電圧が制定されている。しかし現行のIRHEの標準には69KVがなく送電線の標準電圧は34.5, 115, 230KVの3種類となっている。

ベタキージャ鉱山線は鉱山専用線の性格が強く、鉱山の需要(19,000KW)を約60km、電圧降下±5%以内で送電できればよい。この程度の送電容量の送電電圧としては通常69KV送電線を採用するのが常識的であり、また日本や米国にはその例が多い。しかしパナマ共和国でIRHEの標準にない66KVを採用すれば、新たに115/66KVの変電所を新設する必要があり、また送変電設備の保守管理、保修材料の互換性を考えると得策ではない。とくに送電線が鉱山専用線の場合はIRHEの供給規程により工事費負担金工事の対象となり、送電線はすべてIRHEの規程によって建設され、IRHEの資産となるのでIRHEの標準に従う方がよい。したがって今回の送電電圧はIRHE標準に従い115KVとした。

(2) 電線サイズの決定

送電線の電線サイズは一般に許容電流、コロナ発生電圧などの電氣的諸特性、送電損失、建設費などの経済面および電線の機械的強度などの諸因子で決定する。しかしベタキージャ鉱山線のように負荷に対し送電容量が極めて大きい場合は、電線サイズはコロナ発生電圧、機械的強度で最小断面が与えられることが多い。IRHEの115KV既設送電線を見ると、幹線を除く一般送電線は115KVにおける最小断面積の導体で設計されているものが多い。

今回ベタキージャ鉱山線の電源側送電線を調査したところ、デヒサ〜アクアドルセ間(19km)デヒサ〜トレ間(48km)などはACSR266.8KCMの電線を使用している。1987年に運用する予定のアクアドルセ〜ベノノメ間(60km)もIRHEの計画ではACSR266.8KCMを採用する計画のようである。これらの例からみて、ベタキージャ鉱山線も115KV送電線の最小断面積であるACSR266.8KCMを採用すべきで、送電容量に相当の余裕があっても、電線サイズACSR266.8KCMに統一しておくほうが保守管理上有利である。したがってベタキージャ送電線の電線サイズは関連送電線の電線サイズにあわせACSR266.8KCMを採用した。

(3) 系統構成

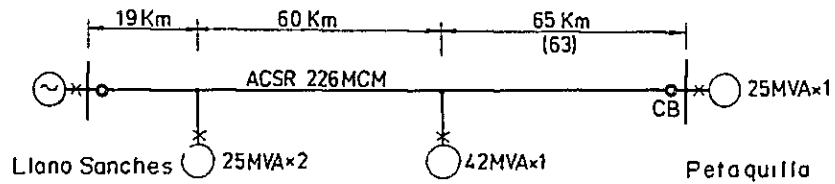
ベタキージャ鉱山に対する電力はIRHEの230KV全国連系系統から受信しジャノサンチエス変電所で115KVに遁降しボクリ、ベノノメ、ベタキージャに送電される計画である。このうち、ジャノサンチエス〜ポリク間の115KV送電線は運転中であり、またポリク〜ベノノメ間60kmは1987年までIRHEが新設する予定である。したがって系統構成上の問題はベタキージャ鉱山線をベノノメでT分岐するか、 π 分岐するかである。T分岐をすれば事故回線の選択シャ断が不可能になるのでジャノサンチエス〜ベタキージャ間約140kmの何処かに事故が発生してもアクアドルセ、ベノノメおよびベタキージャは停電する。しかし高価な線路側シャ断器を省略出来るので経済的には有利である。 π 分岐した場合は、これと反対にベタキージャ

線の事故を選択し断できるので、ベタキ-ジャ線の事故によりベノノメ、アクセトルセが停電することはない。しかし線路側断器が必要となる。

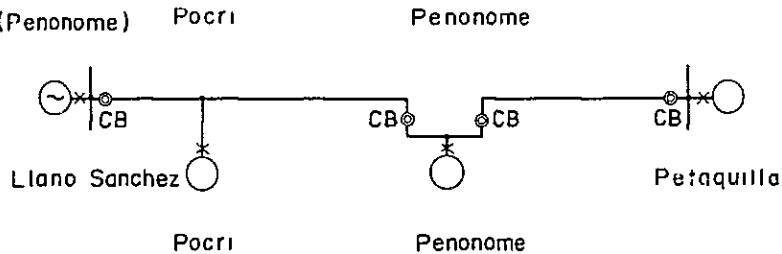
ベタキ-ジャ鉸山は一方電源の樹枝状系統の末端にあるから、T分岐・ π 分岐の如何に拘らず、この系統に事故があれば全停する。T・ π 分岐で供給信頼度が変わるのはベタキ-ジャ、アクアトルセ両地区の供給信頼度である。信頼度計算の結果、 π 分岐にすれば上記両地区の供給信頼度がT分岐にくらべ約3倍良くなる。ベノノメ~アクアトルセはこの国の首要都市であるので停電をなるべく少くしたいというIRHEの意向を尊重し、ベタキ-ジャ線を π に引込むことにした。

ベノノメT・ π 分岐の事故率比較

T-branch (Penonome)



π -branch (Penonome)



地点名 分岐方法	地域別の事故率			ベノノメ。 ポクリ平均
	ベタキ-ジャ	ベノノメ	ポクリ	
ベノノメT分岐	2.09×10^{-2}	2.09×10^{-2}	2.09×10^{-2}	2.09×10^{-2}
ベノノメ π 分岐	2.09×10^{-2}	7.9×10^{-2}	7.9×10^{-2}	7.9×10^{-2}

Note: 115KV送電線の事故率は次のように仮定した。

- a) ベノノメ~ベタキ-ジャ間 2×10^{-2} 回/km/年
(経過地は中央山脈越えで、熱帯雨林、雷害多し)
- b) その他の区間 1×10^{-2} 回/km/年

2-5 計画の内容

(1) 送電線ルートを選定

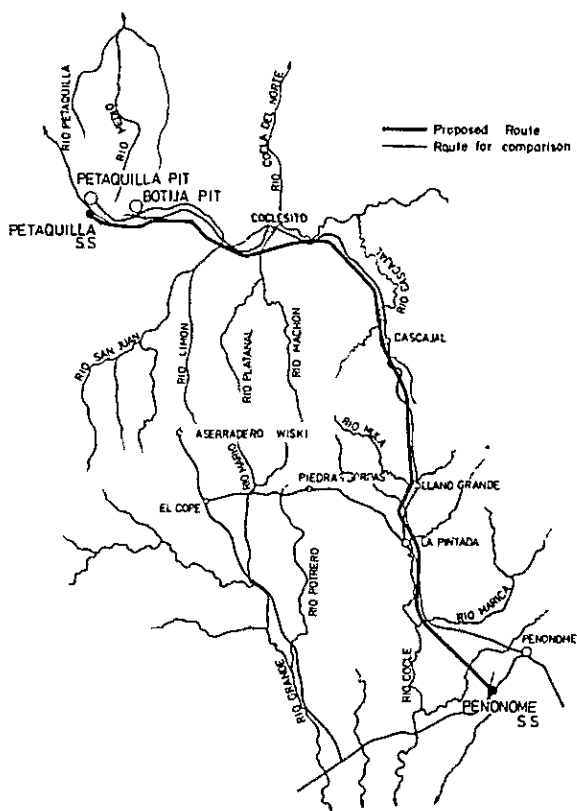
(a) 変電所の位置

ベタキ ジャ鉱山線の引出口はIRHEと打合せの結果、IRHEのペノノメ変電所(115/34.5KV 42MVA 1987年運開予定)の115KV母線とした。ペノノメ変電所の位置はまだ決定されていないので、今回の調査では主要変圧器しゃ断器などの重量物や主要機器の運搬を考慮して、とりあえずペノノメ市南端の国道沿いと仮定し計画を作成した。(図IV-2-7参照)

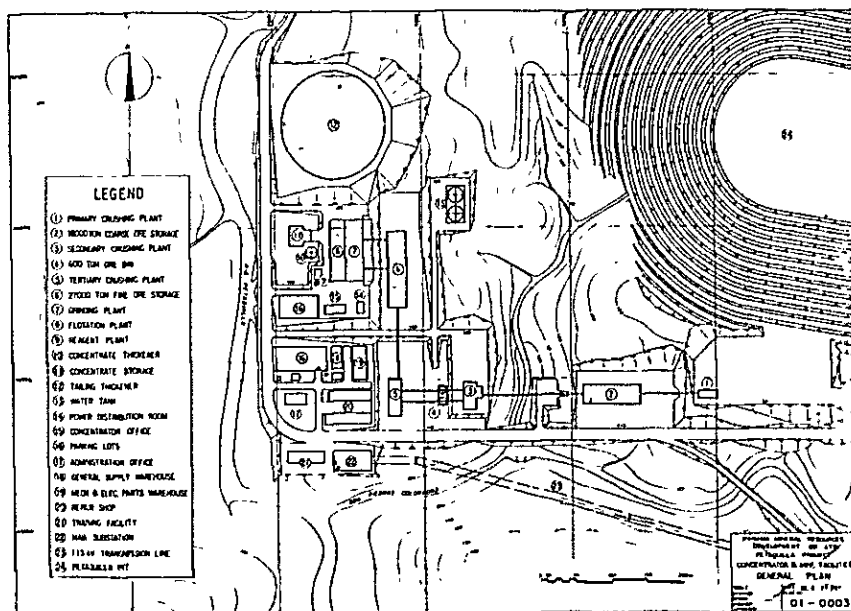
鉱山側変電所の位置は「ベタキ-ジャ鉱山第一次開発計画書」付図にある選鉱場南端と考えた。ベタキ-ジャ変電所の位置を図IV-2-6に示す。

(b) 支持物

送電線の支持物は鉄塔、木柱の2案を計画した。標準径間は鉄塔300m、木柱200mとしてルート選定を行った。ルートは巨視的にみて鉄塔、木柱の場



図IV-2-6 ベタキ-ジャ鉱山線概略ルート図



IV-2-7 ベタキ-ジャ銅鉱山一般平面図

合ともほとんど差がないので、現段階では同一ルートとして計画した。なお木柱の場合は標準間隔が短いので、鉄塔にくらべ地形により屈曲したルートとなることが多いので、約5%亘長が長くなるものとして計画を作成した。

(e) ルートの調査および選定

115KV ベタキージャ 鉦山線のルートは、原則として鉦石運搬道路沿いに建設する。これは建設用資材の運搬、建設作業員の輸送など建設工事と容易であること、および運開後における巡視点検など保守に便利であることなどの特徴を生かすためである。調査の結果、送電線のルートは前回の金属事業団報告書とほぼ一致した。これは現行の送電線ルート調査の定石によって作業したため、当然の結果と考える。

なお今回のルートと金属事業団報告書の送電線のルートの比較を図IV-2-7図に示す。今回の調査ではコクレシート飛行場における軽飛行機の離着陸に送電線が障害にならぬようルートを選定した。このためコクレシートの5km手前で送電線ルートをサンファン川とポテイハ川の合流点の方向に変えた。これが前回案にくらべ目立った変更点である。

このルートのうちベノノメ〜ジャングランデ間は平坦地でその地目は畑、草地および荒地である。この地帯は焼畑の跡地が多く、樹木も少ないので、送電線ルートの確保は容易である。

ジャングランデ〜コクレシート間は沢のいりくんだ複雑な地形である。この地区では道路沿いに焼畑耕作地やその跡地が点在しており植生も少ないので、ルートの確保は比較的容易である。しかしこの地区の地図が発売されておらず、今回は航空写真によりルートの選定を行った。なるべく早く地図を入手し調査の精度を向上させる必要がある。

またコクレシート〜ベタキージャ間は典型的な熱帯雨林であり、送電線建設のためには多量の伐採が必要となる。しかしこの区間の送電線を建設する時点までには、すでに鉦石運搬道路が完成しているため、資材、建設機械等の運搬も容易であり、建設工事は比較的容易であろう。

115KV ベタキージャ 鉦山線ルート図 縮尺 1/125,000 を図IV-2-8に示す。

(2) 送電設備の概要

仕 様

区 間	ベノノメ変電所からベタキージャ変電所まで
亘 長	6.3 km (6.5 km)
公 称 電 圧	115 KV
回 線 数	1 回線
電 気 方 式	3 相 3 線 式 60 Hz
中性点接地方式	直接接地
支 持 物	鉄 塔 (木 柱)
電 線	ACSR 226.8 KCM (HDCC AWG3/0 相当)
架 空 地 線	アルミ覆鋼より線 AWG NO #5×3
碍 子	250mm 懸垂碍子 8ヶ連結
電 線 配 列	鉄塔 三角配列 木柱 水平配列



図Ⅳ-2-8 115KVベタキージャ鉱山線ルート図 S = 1/125,000

(3) 送電設備の運用と保守体制

(a) 送電設備の運用

ペタキー・ジャ・鉾山線の運用はIRHEが行なう。すなわちペノノメ変電所の引出口しゃ断器は給電指令により手動で開閉するか、またはパナマの給電指令所より遠方監視制御装置で直接制御する。

ペタキー・ジャ・鉾山変電所の受電用しゃ断器は、IRHEの給電指令により鉾山の電気技術者が行なう。しかし詳細は今後の需給交渉により変更される。なお非常用電源はIRHEの系統に絶対に並列しないよう厳重なインターロックを行なうものとする。

(b) 保守体制

アクアドルセにはIRHEの電力技術者約20名が分駐しており、その内訳は技術者6名、作業員14名で、これが4班にわかれ、アクアドルセ・ペノノメを中心とする中央4県の電気設備の保守管理を行っている。今回、ペタキー・ジャ・鉾山の変電所の保守点検は鉾山側の電気技術者が行なうものとした。なおIRHEは需要家側からの要請があれば需要家側変電所の運転保守管理を行なうことがありうる。

(c) 事故の操作

送電線に事故が発生したら次の手順で事故処理が行なわれる。

- 送電線保護継電器が動作し故障区間を判定し、選択しゃ断する。
- 事故しゃ断後一定の時間（数秒～1分）経過した後、しゃ断器を自動的に再投入する。これを再閉路という。再閉路後に事故が継続していない場合は、そのまま送電を継続する。このケースを再閉路成功という。再閉路の成功率は通常80～90%といわれており、これにより送電線事故の80～90%が自動的に除去される。
- もし再閉路後も事故が継続していれば再び保護継電器が動作し送電を停止する。この場合は給電指令により、アクアドルセに分駐している送電技術者に出動の要請があり、作業員が線路の巡視を行ない、故障点の発見および修理を行なう。
- 日本では故障点の標定に、故障点標定器を使用し、故障点発見の迅速化をはかっている。しかしIRHEでは230KV送電線にもまだ設置されていないので今回設置は見合せた。

(d) 日常保守業務

送電線の日常保守業務は巡視・点検および保守作業にわかれる。これらの保守業務はアクアドルセに分駐しているIRHEの作業員が、あらかじめ作製された年間作業予定表にしたがって行なう。

日常行なわれる巡視は年1～2回実施する全線徒歩による巡視のほか、雨期前の予防巡視および地すべり崩壊地区に対する特別巡視など、その地域の特性に依じた巡視点検が行なわれる。これらはすべてIRHEの保安規程によって行なわれる。このほか鉄塔・碍子・電線などの点検もあらかじめ作製された予定表により数年に1回の周期で行なわれる。

3 送電線の設計

3-1 設計条件

送電線の設計基準は原則として I R H E の基準に従った。なお I R H E の基準にないものは日本の規格規準を採用する。

(1) 自然条件

標 高	海 抜	60 m ~ 420 m
外気温度	最 高	32℃
	最 低	23℃
	平 均	27℃

(2) 安全率

I R H E の規準により次の通りとした。

電 線 (A C S R)	4.0
碍 子	4.0
鉄 塔	2.5
木 柱	4.0
基 礎	2.0

(3) 導体の温度

導体の最高使用温度	120° F (48.9℃)
導体の許容温度	90℃

(4) 設計風圧荷重

最大風速	22.6 m/sec
風圧荷重 架渉線	45 kg/m ²
鉄 塔	75 kg/m ²
木 柱	63 kg/m ²

(5) 架渉線の地上高

架渉線の地上高は I R H E の規準により次の通りとする。

(導体の温度 48.9℃ で、無風時)

項 目		
車両の通る道路	横 断	7.0 m
	そ の 他	7.0 m
車両の通らない道路	横 断	7.0 m
	そ の 他	7.0 m
電 話 線 上		2.6 m

3-2 架空送電線の設計

(1) 設計基準

115KV ベタキージャ鉾山線の設計に当っては次の事項を基本とし、また I R H E の既設設備との調和と協調を十分考慮して設計を行った。

- (a) 鉾山に対し良質な電気を安定供給すること。
- (b) 既設電力系統の信頼度を低下させないこと。
- (c) 経済的であること。

とくに経済性については、鉾山の寿命が20年であることを考慮して、鉄塔のほかに代案として木柱送電線の設計も行った。

(2) 送電線の設計

鉄塔送電線の設計はIRHEの設計基準によった。なお木柱送電線の設計基準はIRHEがないので、日本の基準によって設計を行った。

(a) 供給信頼度の向上

- 送電線事故の大半を占める接地事故に対しては、再開路を実施し供給信頼度の向上をはかる。
- IRHEの創立以来、碍子汚染による事故例は次の2件に過ぎない。

115KV送電線： パナマ市内セメント工場付近

3.45KV配電線： ラスダバラスの製塩所付近

またベタキー-ジャ鉾山線の経過地域は多雨地帯であり、既設送電線も標準懸垂碍子を使用していることを考え合せ、今回は汚染対策は実施しない。

- 送電線には架空地線を設置し雷害防止に努めた。

架空地線条数	鉄塔	1条
	木柱	2条

しゃへい角度 0～30°

- 電線の微風振動による素線切れを防止するため次の対策を講じた。

懸垂碍子装置にはアマロッドを取付ける。

300m以上の長径間筒所にはタンパーを取付ける。

鉄塔の“ゆるみ止め”のためナットに“ゆるみ止めナット”を取付ける。

- 送電線の経過地は多雨地帯であるため木柱の支線アンカーに打込みアンカーを採用し、支線アンカーまわりの土壌の安定化を図った。

(b) 絶縁強度

架空送電線の絶縁は定常電圧に耐えることは当然のこととして、系統に発生する開閉サージならびに短時間商用周波数過電圧に耐えること。また雷に対してはある程度のフラッシュオーバーの発生はやむを得ないとした。なお塩害対策は考慮しない。

○ 碍子の種類 250mm 懸垂碍子

○ 碍子の連結個数

懸垂碍子連 8個

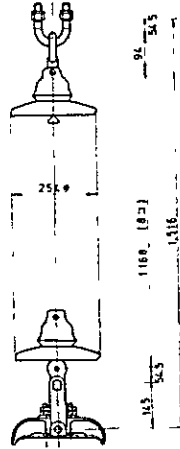
耐張碍子連 9個

碍子の連結個数はIRHEの規程に従った。この碍子連結個数は計算上では7個で充分である。しかし不良碍子交換の手数を考慮して、それぞれ1～2個の余裕を見込み懸垂8個、耐張9ヶ連とした。図IV-3-1、図IV-3-2に碍子装置図を示す。

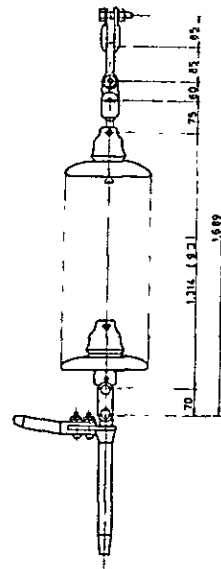
- 標準絶縁間隔 110 cm
- 最小絶縁間隔 70 cm
- 横振れ角度 I R H Eの規準により決定した。
 - 最大横振角 50°
 - 無風時常時横振れ角度 30°
- 水平線間距離

クリアランスダイヤグラムによる検討結果に電線の横振れを考慮して次の値とした。

木	柱	水平配列の場合	4.20 m
鉄	塔	三角配列の場合	5.30 m



図IV-3-1 ベタキージャ鉱山線
碍子装置図(懸垂)



図IV-3-2 ベタキージャ鉱山線
碍子装置図(耐張)

(c) 標準径間

支持物が鉄塔の場合および木柱の場合のそれぞれについて標準径間と建設費の関係を検討し最経済的な径間を次のように決定した。

支持物	標準径間
鉄塔	300 m
木柱	200 m

標準径間と鉄塔重量・電柱材積の関係は次表の通り。

標準径間と鉄塔重量の関係

標準径間 (m)	200	250	300	350
1 km当りの鉄塔重量 (ton)	7.95	7.40	7.20	7.50

標準径間と木柱材積の関係

木柱寸法 55 (16.8m)

標準径間 (m)	180	190	200	210	220	230	240
1 km当りの材質 (m ³ /km)	15.0	14.2	13.5	12.9	12.3	11.8	11.3
施度の余裕	1.5	1.3	1.0	0.8	0.5	0.2	-0.1

上記の検討結果から鉄塔の場合は最も鉄塔重量の軽い300mを、また木柱の場合は弛度に1.0mの余裕をみて200mを標準径間として採用した。

(d) 支持物

○鉄塔

115KV / 回線鉄塔	四角形
電線配列	三角配列
基礎	鋼材基礎 (土壌基礎)

鉄塔はIRHEの既設115KV鉄塔の規格により設計し、その基礎もIRHE標準に従い土壌基礎とし工費の節減および工期の短縮を図った。

今回採用した標準鉄塔の略図を図IV-3-3, 図IV-3-4に示す。

○木柱

115KV 1回線用木柱	H柱 (クレオソート注入柱)
電線配列	水平配列
腕金	L100×100×10

今回採用した標準木柱の略図を図IV-3-5, 図IV-3-6に示す。

(e) 電線

IRHE既設送電線との協調を考慮し次の仕様のものを使用することにした。この電線サイズはベタキージャ鉾山線の電源側にあるジャノサンチエス〜ボクリ線(115KV 1回線)と同一であり、送電容量としては充分余裕がある。しかし電線・電線付属品・保修用資材を共通にすれば今後の保守・点検が容易になるので、この地域の既設115KV送電線と同一のものを採用した。

鋼心アルミより線 (ACSR)	266.8 KCM
素線構成	A1 26×2.57mm/st 7×2.00mm

(f) 地 線

I R H E の 115KV 送電線は直接接地系であるので、異常時に瞬時ではあるが膨大な電流が流れる。また通信線に対する電磁誘導障害も抵抗接地系にくらべて大きい。このため架空地線の低抵抗化をはかるため次の電線を採用した。

アルミ覆鋼より線	3 × # 5 AWG
素線構成	3 × 4.62mm

(3) 主要資材の仕様

(a) 鉄 塔

形 式	115KV 1回線鉄塔
部 材	四角鉄塔
鉄 塔 形	構造用鋼材 垂鉛めつき
	直線鉄塔
	角度鉄塔 軽角度鉄塔
	重角度鉄塔
	引留鉄塔

(b) 木 柱

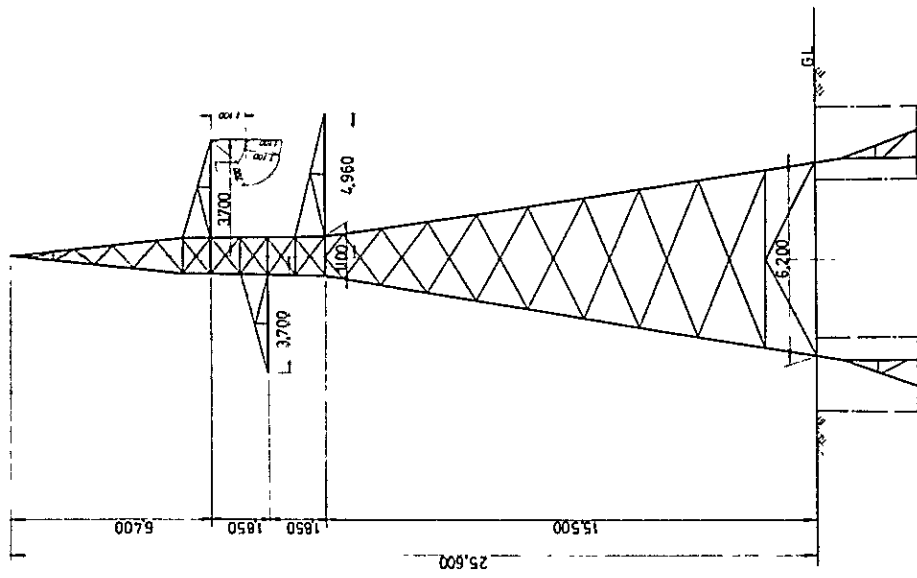
材 質	(American Standard Association Class 1. 相当品)	
	松材 (クレオソート注入)	
	55 f	60 f
長 さ	16.8 m	18.3 m (Fiber Stress 7,400 lbs/m ²)
末 口	0.218 m	0.218 m
元 口	0.404 m	0.420 m

(c) 電 線

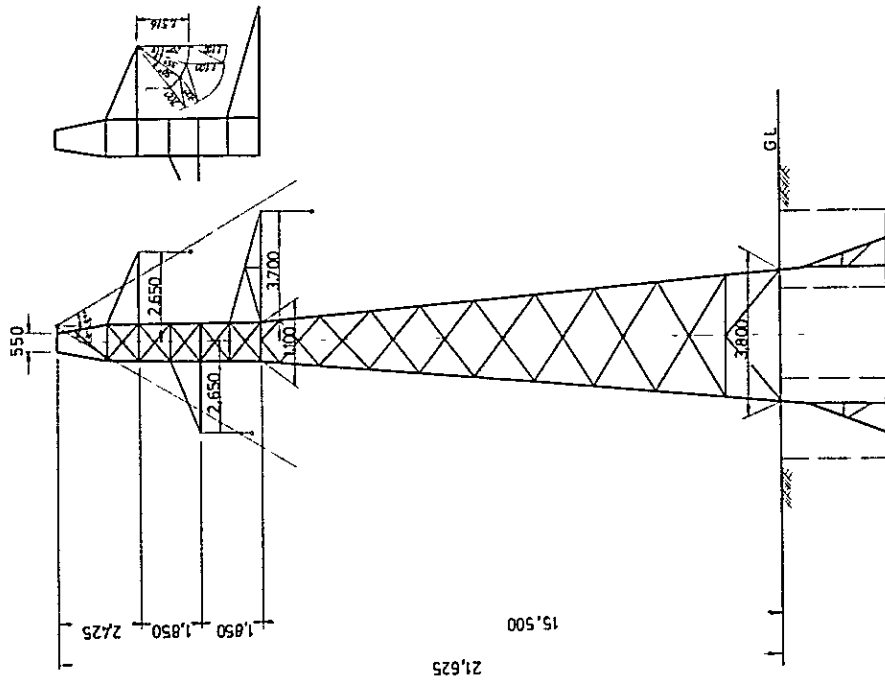
鋼心アルミより線	ACSR 266.8 KCM "パトリッジ"
等価銅断面積	8501mm ²
アルミ断面積	1352mm ²
鋼断面積	220mm ²
電線全断面積	1572mm ²
素線重量	A1 26 × 2.57mm/st 7 × 2.000mm
外 径	16.28mm
電線重量	545.4kg/km
抗 張 力	5100kg

(d) 地 線

アルミ覆鋼より線	3 × #5 AWG
素線構成	3 × 4.62mm
外 径	9.957mm
断 面 積	50317mm ²
重 量	334.052kg/km
抗 張 力	5546 kg



図IV-3-4 115KV ベタキージヤ鉦山線
角度鉄塔概略図



図IV-3-3 115KV ベタキージヤ鉦山線
直線鉄塔概略図

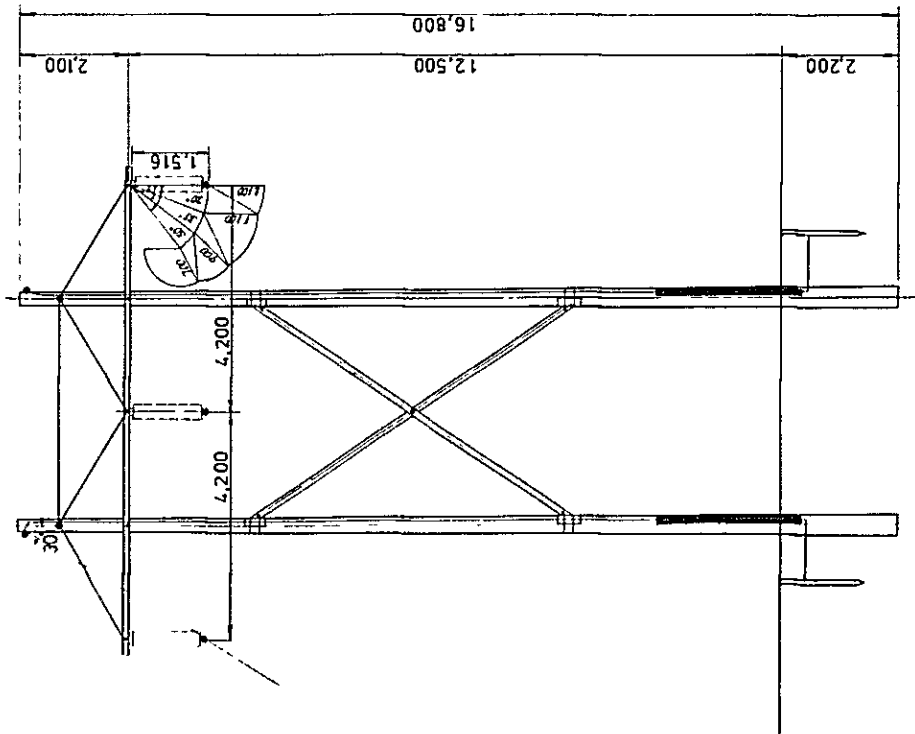


図 IV-3-5 115KV ベタキージヤ鉾山線
直線木柱概略図

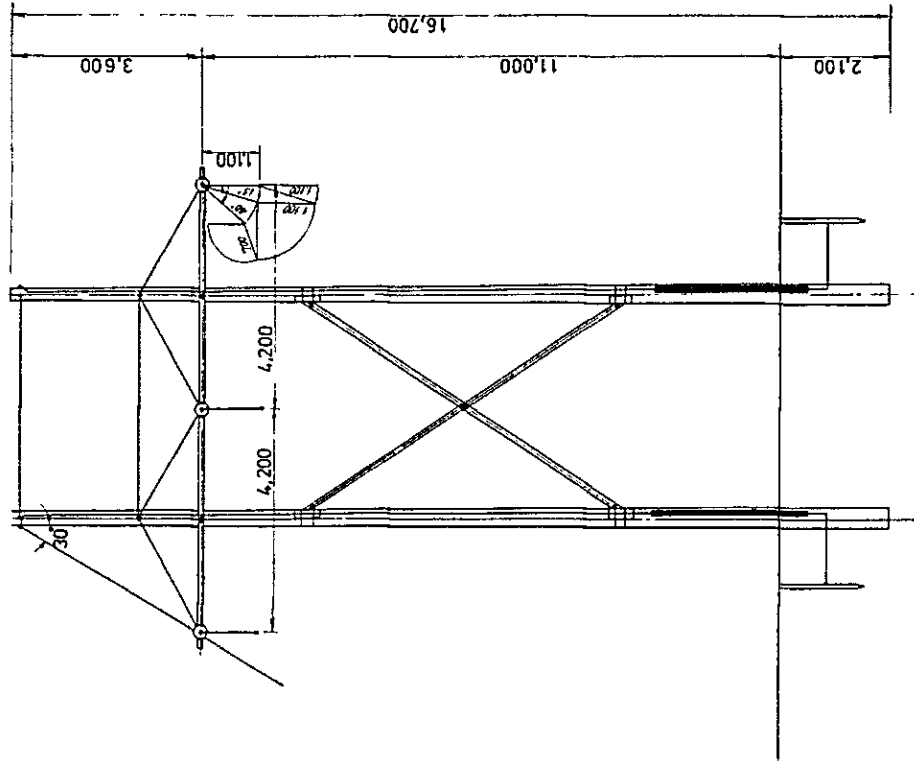


図 IV-3-6 115KV ベタキージヤ鉾山線
角度木柱概略図

(e) 磚 子

懸垂磚子	(254mm×146mm)
注水耐電圧	50KV
50%衝撃閃絡電圧	125KV
商用周波油中絶縁破壊電圧	110KV
課電破壊耐重量	6804 kg
重 量	4.99 kg

3-3 送電線引出口の設計

主要機器仕様

ガスしゃ断器	120KV	800A	125KA	1台
断 路 器	120KV	800A	手動操作	
			(接地装置付)	1台
断 路 器	120KV	800A	手動操作	1台
配 電 盤	(計器盤, 保護継電器盤)			2面
屋外鉄構	(5 ton)			1式

注) 遠方監視制御装置

操作用直流電源(蓄電池および充電装置)

電灯・動力盤

配電盤室はIRHEのベノメ変電所のものを使用するものとして今回計画から除外した。

3-4 保安通信回線の設計

○電力線搬送装置

伝送方式	搬送波阻止単側帯波伝送方式 (SSB)
通話路数	3CH
音声周波数帯域幅	300~2300Hz
信号方式	通話帯域外 2周波によるFS方式
搬送波の標準入出力レベル	出力 +270dBm/CH 入力 0 dBm/CH
音声の標準入出力レベル	入力 -8dBm 出力 0 dBm
装置の入出力インピーダンス	高周波側 75Ω 音声周波側 600Ω
自動利得調整	+10~10dBで圧縮率20%

○ 電力線搬送用結合コンデンサ

定格電圧	110/√3 KV
絶縁階級	120号
静電容量	0.02 μF
定格周波数	60 Hz

○ ブロッキングコイル

115KV 400A

○ 無停電静止電源装置

形 式	サイリスタ及びシリコン整流素子を素子とする 静止形。
冷却方式	強制空冷式
回路方式	交流→直流→交流変換方式
順変換方式	三相全波整流方式
逆変換方式	多重インバータ方式
直流切換方式	DCスイッチ切換方式

○ ペタキージャ鉈山線電力線搬送装置の構想を図IV-3-7に示す。

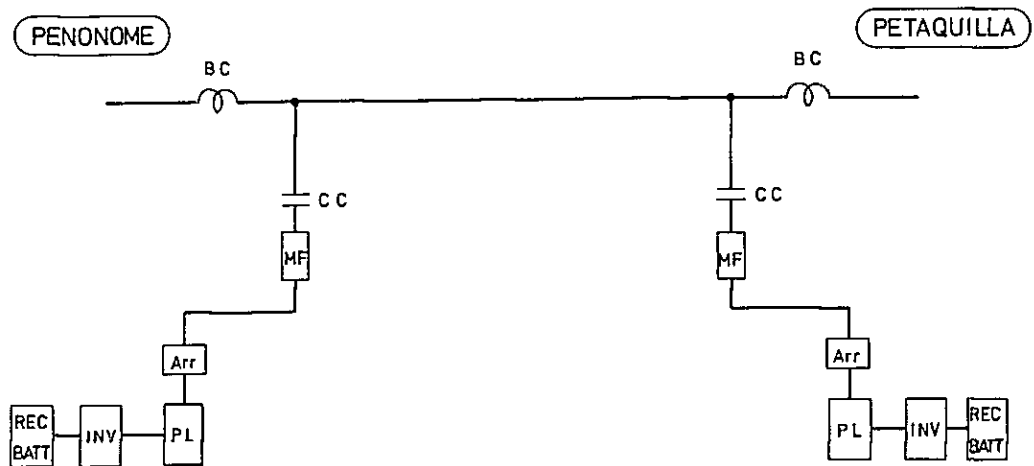


図 IV-3-7 ペタキージャ鉈山線 電力線搬送装置

4. 建設工事および建設工事費

4-1 工事数量

(1) 送電線

ペノノメ変電所よりバタキーノヤ鉾山までの115KVバタキーノヤ鉾山線は鉄塔送電線路のほか代案として木柱送電線も計画した。

その設備数量は次の通りである。

	鉄塔線路	木柱線路(代案)
電 圧	115KV	
回 線 数	1回線	
電 線	ACSR 266.8KCM	
架空地線	1条	2条
支持物	鉄塔	木柱(H型)
配 列	三角配列	水平配列
標準径間	300m	200m
亘 長	63km	65km

(2) 115KV送電線引出口(ペノノメ変電所) 1回線分

(3) 115KV送電線用保安通信回線 3/6 cH 1組

(ペノノメ, バタキーノヤ2端局分)

4-2 資材の輸送および保管

(1) 梱包および重量

(a) 鉄塔線路

主 要 資 材	数 量	重 量(ton)	荷 姿
鉄 塔	210基	756	鋼帯バイント
電 線	195km	106	ドラム
碍 子	6560ヶ	33	木 枠
地 線	65km	22	ドラム
架 線 金 物	1式	6	木 箱
その他諸材料	1式	50	
合 計		973	

(b) 木柱線路

資材	数量	重量 (ton)	荷姿
木柱	650	880	ハラ
電線	201km	110	ドラム
碍子	10300ヶ	52	木枠
架線金物		12	木箱
アーム・フリース類		190	鋼帯ハインド
その他雑材		60	
合計		1304	

鉄塔材、アーム・フリースなどの鋼材は、運搬中荷崩れしないよう鋼帯ハインドとする。電線、地線は輸出仕様のドラム、また碍子は木枠に6ヶ入りとして梱包する。

(2) 資材の輸送

揚陸後の陸上輸送はトラック輸送とする。なお、木柱・鉄塔材の長尺物は大型トレーラによるものとした。

パナマおよびコロソ港よりペノノメ市まではパンアメリカンハイウェイがあり、重量物の運搬については問題はない。ペノノメ～ジャノグランデ間は鉾山開発のためにある程度の道路整備がすでに完了しているものとした。また、ジャノグランデ～コクレシート～ペタキージャ間は鉾山開発のために道路の改修、新設がすでに完了しているものとして計画を策定した。

(3) 資材の保管・倉庫

建設工事は数工区に分け、各工区毎に平行して工事を進めるものとした。各工区はそれぞれ遠距離に分散しているため、数工区毎に資材集積場を設けることとした。

資材集積場には周囲に柵を設け、その中に小物資材および建設用工具を保管・管理するため、現場事務所を兼ねた倉庫を建設する。資材集積所は運搬路と資材集積場用地の確保に便利なペノノメおよびコクレシートの2ヶ所とし、その広さは概略次の通りとした。

	敷地面積	倉庫面積
ペノノメ	1400 m ²	50 m ²
コクレシート	1400 m ²	50 m ²

4-3 施工計画

(1) 施工方法および施工体制

送電線建設にあたって人力による施工を主体に考えて計画を作成した。これは現地の労働力をできる限り活用すること、工事量が少いので大形建設機械の導入が必ずしも経済的でないこと、およびこれら建設機械の運搬が困難であると想定したためである。しかし、測量・設計および架線作業は高度な技術と熟練を要するので外国人技術者に頼るものと想定した。

各工事の種類と作業内容，班編成，作業員人数は表Ⅳ-4-1の通りである。

表Ⅳ-4-1 作業員人数

鉄塔送電線路

工 種	班 数	合計人数
測 量 調 査	4	3,969人
基 礎	10	21,420
組 立	6	5,260
架 線	4	9,040
送電線引出口	1	500
計		40,189

木柱送電線路

工 種	班 数	合計人数
測 量 調 査	4	3,275人
支持物工事	12	13,530
架線工事	4	10,848
送電線引出口	1	500
計		28,153

○ 鉄塔基礎工事

鋼材基礎を採用したので，工事は掘削，据付および埋戻しだけとなり，コンクリート基礎に比較し工事量が減少したので，建設機械の採用は見合わせた。

○ 鉄塔組立工事

鉄塔が軽量なので台棒を使用した工法で充分対処できる。

○ 架線工事

日本で通常行なわれている延線車，架線車および普通釣車による工法で対処する。

○ 木柱支持物工事

長尺物の電柱を使用しているため建柱時の掘削は階段掘りとして，また建込みは“三つ又”を使用することにした。なお，道路から現場までの小運搬は畜力およびエンジンウインチによる巻上げを考えた。

(2) 工程について

(a) 鉄塔送電線

測量・設計が完了してから鉄塔下部材が現地に入荷するまでの期間を3ヶ月を見込んだ。な

お、架線開始時には基礎工事は全部完了しているものと考えた。

(b) 木柱送電線

測量・設計が完了してから支持物工事の着工まで5ヶ月の期間を見込んだ。これは木柱の入荷に少くとも5ヶ月程度必要と見たからである。このほか木柱の場合は装柱に必要な資材が多く、これらが全部品揃いするにはこれ以上の期間が必要となることも考えられるので、場合によっては納入業者の指定を早目に行うなどの処置も必要となる。

送電線工事の工程表を表IV-4-2に示す。

表IV-4-2 送電線概略工程表

铁塔送電線路	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
測量設計																								
基礎工事																								
铁塔組立工事																								
架線工事																								
送電線引出し口工事																								
通信工事																								

木柱送電線路	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
測量設計																							
支持物工事																							
架線工事																							
送電線引出し口工事																							
通信工事																							

4-4 建設工事費

ベタキージャ鉦山線の建設工事費は、まず送電線1km当りの標準工事費を積算しこれに送電線亘長を乗して総工事費を算出した。

送電線(铁塔および木柱)の1km当り標準建設費を第IV-4-3表、第IV-4-4表に示す。また引出口工事はIRHEの仕様によるものを1回線分、また保安通信回線は、ペノノメおよびベタキージャの2端局分を算出した。

送電線引出口工事および保安通信回線1端局当りの工事費算出値を表IV-4-5、表IV-4-6に示す。なお、送電線、引出口および保安通信回線の工事費にはIRHEの予算書に準じ、それぞれ直接工事費の10%を予備費・エンジニアリングフィーおよび管理費として計上し、総工事費を算出した。

(1) 工事費算出の前提条件

建設工事費のうち資材単価・労務費・国内輸送費などの主要項目は次の条件によって算出した。

(a) 資材費

1979年末のCIF価格とし輸入関税は計上していない。なお、資材費の算出に当っては、IRHEの実績(1978年)、製作者の概略見積り等を参考にした。

(b) 労務費

1976年におけるダビント〜サンタマリア間230KV送電線の実績をベースにし、これにその後の労務費上昇を見込んだ。

なお、資材費・労務費の算出に当っては、パナマの建設物価版(CAMARA PANAMENSA DE LA CONSTRUCCION LISTA DE PRECIOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION)を参考にした。

(c) 国内輸送費は資材のCIF価格の10%を計上した。

(d) 予備品は資材費の0.4%とした。

(e) 予備費は外貨・内貨分とも直接工事費の10%を計上した。

(f) エンジニアリングフィーおよび管理費はそれぞれ直接工事費の10%とした。

(2) 内貨・外貨の区分

建設工事費のうち内貨・外貨の区分は次の通りとする。

(a) 外貨分

機械器具, 鉄塔, 碍子, 電線, 木柱など

架線工事費

測量および設計

エンジニアリングフィー

予備品

仮設費の一部

(b) 内貨分

労務費(架線工事費を除くすべて)

国内輸送費

仮設費の大半

予備費および管理費

各設備毎の内・外貨区分を表IV-4-7に示す。

表IV-4-3 ベタキージャ鉾山線建設費(鉄塔1km当り)

(単位ドル)

資材費	2 3,984
電線	2,432
碍子	609
鉄塔	20,110
その他	833
労務費	16,593
運搬費(資材費×10%)	2,398
仮設費(労務費×10%)	1,659
測量,設計	4,170
予備品	100
小計(A)	48,904
予備費(A×0.1)	4,890
エンジニアリングフィー(A×0.1)	4,890
管理費(A×0.1)	4,890
合計	63,574

表IV-4-4 ベタキージャ鉾山線建設費(木柱1km当り)

(単位ドル)

資材費	17,626
電線	2,431
碍子	955
木柱	4,903
その他	9,336
労務費	13,248
運搬費(資材費×15%)	2,606
仮設費(労務費×10%)	1,325
測量・設計	3,750
予備費	80
小計(A)	38,635
予備費(A×0.1)	3,864
エンジニアリングフィー(A×0.1)	3,864
管理費(A×0.1)	3,864
合計	50,227

表IV-4-5 ベタキージャ鉾山線引出口建設費(115KV1回線)

(単位千ドル)

資材費					167
カスしゃ断器	120KV	800A	12.5KV	1台	64
断路器	120KV	800A	手動操作(接地付)	1台	21
断路器	"	"	手動操作	1台	18
屋外鉄構				1式	6
配電盤(計器盤)				1面	10
配電盤(保護継電器盤)				1面	16
パイプ母線他				1式	15
予備品・諸材料・その他				1式	17
請負工事費				1式	96
労務費				1式	63
運搬費					25
仮設費					8
小計					263
予備費				1式	26
エンジニアリングフィー				1式	26
管理費				1式	26
合計					341

表IV-4-6 ベタキージャ鉾山線電力線搬送電話建設費(1端局分)

(単位千ドル)

資材費					46
電力線搬送電話端局装置				1台	15
静止形予備電源1kVA(整流器蓄電池を含む)				1台	20
結合コンデンサ	115KV	0.02μF		1台	6
ブロンキングコイル		300A		1台	2
結合フィルタ				1台	2
同軸ケーブルおよび諸材料				1式	1
請負工事費					6
電力線搬送電話端局装置据付				1式	1
結合コンデンサ据付他				1式	5
小計					52
予備費				1式	5
エンジニアリングフィー				1式	5
管理費				1式	5
合計					67

表IV-4-7 ベタキージャ・鉾山線建設工事費(内・外貨別)

(単位千ドル)

	合 計	外 貨	内 貨
鉄塔の場合			
送 電 線	4,004	2,505	1,499
送電線引出口	341	225	116
保安通信設備	134	92	42
計	4,479	2,822	1,657
木柱の場合			
送 電 線	3,315	2,196	1,119
送電線引出口	341	225	116
保安通信設備	134	92	42
計	3,790	2,513	1,277

(3) 年度別工事資金

測量設計から竣工までの所要年数を2ケ年とした場合の年度別工事費(総額・設備別)を表IV-4-8に示す。

表IV-4-8 ベタキージャ・鉾山線年度別工事費

(単位千ドル)

	合 計	-1年	運用年
鉄塔の場合			
送 電 線	4,004	1,275	2,729
送電線引出口	341	225	116
保安通信設備	134	-	134
計	4,479	1,500	2,979
木柱の場合			
送 電 線	3,315	1,961	1,354
送電線引出口	341	225	116
保安通信設備	134	-	134
計	3,790	2,186	1,604

(APPENDIX IV-4 参照)

(4) 総工事費

鉄塔および木柱の場合の総工事費は次表の通り。

(単位千ドル)

	鉄塔の場合	木柱の場合
総工事費	4,479	3,790
送電線	4,004	3,315
引出口	341	341
保安通信設備	134	134

5. 電気料金と工事費負担金

通常大口電力の受電を希望する場合はあらかじめ電力供給の申込みを電力会社に対して行う必要がある。IRHEの場合はあらかじめ次の項目を明示する必要があるとしている。

最大需要電力 (KW)

年間消費電力量 (KWh)

受電電圧 (KV)

負荷力率 (%)

希望受電開始年月日

将来の拡張計画

その他(負荷の急変、フリッカーの有無)

電力会社は上記の申込みをうけると直ちに供給力の余力の有無、関連送電線の余裕の有無などを検討し、受給地点、工事費負担金、電気料金などを検討し大口需要家との交渉に入る。この場合電気料金、工事費負担金の範囲などは、あらかじめ監督官庁の認可を経た電気供給規定をもとに算出する。通常、電気料金は電力会社の新旧発送配変電設備の全部を総合して計算した原価、いわゆる総括原価をもとに計算される。総括原価の計算は作業量が膨大なので、通常、料金認可申請のときに行い、料金が認可になったとき電気料金表として公表する。

IRHEの場合、ベタキージャ鉱山のような大口需要家は今まででなかったので、10MW程度の大口需要に対する料金は決っていないようである。従って今回、ベタキージャ鉱山のためにある特定の発電所が新設されたと仮定し、その発電原価、送電費などから電気料金を試算している。このように新規増分需要に対し、これに対応する増分発送変電設備を考え算出した原価を増分原価といい、一つの料金算定の目安として用いられる。

今後、ベタキージャ鉱山の電気料金が、総括原価方式で計算されるか、または増分原価になるかは、IRHEの意向および受給両者間の交渉結果による。従って、次に述べる料金は料金決定の目安として算出したものに過ぎない。今後の石油価格の上昇、諸物価とくに建設費の高騰などにより、その都度見直すべきものである。

5-1 電気料金

(1) 増分原価の計算

ベタキージャ鉱山の電気料金については、1977年3月にその試算値がIRHEから提出されている。この試算は増分原価であり、総括原価から本格的に計算したものではない。今回もIRHEから第2回目の電気料金(増分原価)の素案がIRHEから提出されている。

ここでいう増分原価とは、ベタキージャ鉱山が運用する時点における増加する水火力供給および送電線の増分から計算した原価である。これは、あたかもこれらの水火力発電所や送電線がベタキージャ鉱山のために建設されたと仮定して計算したもので、計算法が簡単なため電気料金の概数値を出すのに都合がよい。しかし、これはあくまでも概数値であり、本格的な料金は今後の交渉によって決まる。

前後2回の増分料金原価計算の前提条件および計算結果を表IV-5-1に、また計算の前提条件の比較を表IV-5-2に示す。

表IV-5-1 電気料金計算結果の比較(増分原価)

(単価 B/K/月)

			1977年3月	1979年12月 (修正案)	1979年12月 (IHRE原案)
固 定 費	資 本 費	発 電	9.40	11.19	11.68 (保守費こみ)
		送 電	3.69	3.09	7.93 ㊦
		変 電	-	1.32	1.32
	(小 計)		(13.09)	(15.6)	(20.94)
運 転 保 守 費	運 転 保 守 費	発 電	0.64	0.61	-
		送 電	0.07	0.17	-
		変 電	0.11	0.11	-
	(小 計)		(0.82)	(0.89)	-
一般管理費		(1.39)	(1.53)	-	
固 定 費 合 計			《15.30》	《18.02》	《20.94》
可 変 費	燃 料 単 価		1974	25.0	25.0
	燃 料 消 費 率		12.53	13.5	13.5
	送 電 損 失		10%	10%	-
	KWh 当 り 燃 料 費		0.0375	0.0441	-
可変費(水火合成)			0.0227	0.0136	0.0122
(水・火比率)			(50:50)	(70:30)	
仕 上 り 単 価			0.0460	0.0462	0.0503

㊦の送電費が大きすぎるので計算方法を変えた。

表IV 5 2 電気料金計算の前提条件(前回との対比)

	今 回 (1980年1月)	前 回 (1977年3月)	変 更 の 著 しい も の
発 電 所 名			
水 力	タハサラ(123MW)	テリベ(296MW)	
"	チャングノーラ(264MW)	フォルトナ(255MW)	
火 力	ラスミナス(141MW)	ラスミナス(75MW)	(4)
発電所建設単価(B/KW)			
水 力	B/1,222/KW	B/1,269/KW	
火 力	B/824/KW(1)	B/987/KW	(4)
燃料単価			
重 油	B/25.0/バーレル	B/19.74/バーレル	(5)
耐用年数			
水力発電所	50年	40年	(4)
火力発電所	25年	35年	
送電線	40年	40年	
水火比率			
水 力	70%	50%	(4)
火 力	30%	50%	
契約最大電力	19,000KW	25,000KW	(4)
"年間消費電力量	12,600MWh	16,425MWh	(4)
金 利	12%	10%	

注) ① 141MW; 61,780 10³Bを 75MW; 61,780 × 10³Bに修正

② B/バルボア = 1ドル

前提条件で前回(1977年3月)と大きく異った点は、次の通りである。

- 1) 火力発電所建設単価：今回のラス・ミナス発電所の建設単価が前回の44%になっている。前回値の方が適正のようであるので修正した。
- 2) 燃料単価は前回の19.74ドル/バーレルから25.0ドル/バーレルに約27%上昇とみた。
- 3) 耐用年数、水力発電所耐用年は今回40年と50年に延長、火力発電所は35年を25年に短縮。送電線の耐用年は前回40年を今回35年に修正してきた(1979年12月分)。送電線の耐用年は再度修正し法定耐用年の40年とした。
- 4) 水火比率を50:50から70:30に変更。したがって火力燃料費が著しく軽減された。
- 5) 契約最大電力、年間消費電力量を今回次のように縮小した。

	今 回(1979)	前 回(1977)	
最 人 電 力(MW)	1 9	2 5	3 2%減
年間消費電力量(MWh)	1 2.6	1 6.4 2	3 0%減

6) 送電費の計算方法が前回は公称最大送電電力で計算していた。それを今回平均電力に変更(1979年12月分)。しかしこの計算書では計算値に誤りがあったので、前回の方法で計算を実施した。

(2) ペタキージャ銅鉱山の電気料金

契約最大電力	1 9,0 0 0 KW	
年間使用電力量	1 2 6,0 0 0 MWh	とすれば
基本料金	$1 8.0 2 \times 1 2 \times 1 9,0 0 0 = 4,1 0 8,5 6 0$	B/年
電力量料金	$0 0 1 3 6 \times 1 2 6 \times 1 0^6 = 1,7 1 3,6 0 0$	B/年
計		5,8 2 2,1 6 0 B/年
仕上り料金単価	$(5,8 2 2,1 6 0 / 1 2 6,0 0 0) \times 1 0^{-3} = 0.0 4 6 2$	B/kWh

(電気料金計算書 APPENDIX IV-6参照)

5-2 工事費負担金制度

電気料金は原価主義の原則、公正報酬の原則、需要家に対する公平の原則にもとづき決定される。すなわち供給に必要なすべての経費と公正な報酬は各需要家に適正・公平に適用することになる。原則として電気料金の中には新たな需要に供給するために必要な適正な経費が含まれているので、電力会社は自己の負担で行いうる範囲内において供給施設を施設するよう義務づけられている。しかし電気事業は独立採算であり、また公益事業として地域独占事業としての特性から、料金回収限度を超える供給工事についても供給の義務が負わされている。この場合、電気事業の負担限度を超える工事費を如何に回収するかが問題となる。

これについて考えられる方法の主なものは

- (a) 当該需要家には一般より高率な料金を適用する。
- (b) 負担限度を超える工事費は当該需要家の負担とする。
- (c) 負担限度を決定せず工事費はすべて電力会社の負担とする。

(a)(b)は原因者負担主義であり、(c)はこれと反対に工事費の負担に要する料金を全需要家に平均して負担してもらうことになる。上記の3方法ではいずれも工事費の回収は可能であるが、(a)は需要家毎にそれぞれ別の料金を適用することが実務上困難であるばかりでなく、景気変動、技術革新などにより電力需要が減少した場合予定した資本回収が困難になるおそれがある。また(c)は公平の原則の観点からふさわしくない。したがって日本では(b)の考え方によって原因者負担主義が採用されている。IRHEの場合も例外でなく、(b)の原因者負担の制度を採用している。

(1) IRHEの工事費負担金制度

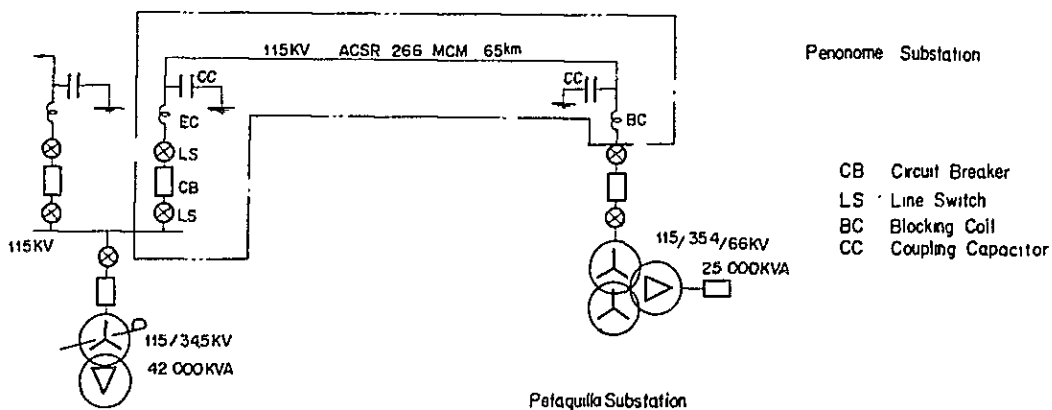
IRHEの工事費負担金制度は日本の制度と極めて類似している。両者の相異点はIRHEの場

合、工事費負担金の全部または一部を5年年賦で返済することである。なおその概略は次の通りである

- (a) 送電線の仕様、受給地点、需要最大電力、年間消費電力量、力率、運用年月、今後の拡張計画などについて、あらかじめIRHEの承認をうけたものであること。
- (b) 需要家は送電線建設に必要な工事費を負担するものとする。
 - 工事負担金の一部または全部は(3)によって需要家に返却する。返却金には金利5%を見込む。
 - IRHEは、需要家が工事費負担金の全額の支払いをうけない限り工事に着手しない。
- (c) IRHEは工事負担金を月別消費電力量に比例して支払う。支払の開始は竣工後60日を経ってから行う。支払い期間は5ケ年とする。5ケ年間の消費電力量が契約電力量に達しないときは、未達分に比例した分の工事負担金は返済しない。
- (d) 送電線はすべてIRHEの財産となる。送電線の保守、運用はIRHEが責任をもって行う。IRHEは必要に応じてこの送電線の変更、延長を行うことができる。
- (e) IRHEの電気供給規定が変更になった場合は受給契約を変更することができる。

(2) 工事費負担金の範囲

IRHEの工事費負担金制度をベタキーン+鉾山線に適用した場合の工事費負担金の範囲を図IV-5-1に示す。IRHEの説明によれば図の115kV送電線1回線、ペノノメ変電所115kV送電線引出口、保安通信回線のほか、IRHEが取引用に設置する計量装置(PT, CT, WHM)も工事費負担金の中にも含まれる。なお、これら設備の負担金は今後の需給交渉により変化するのは勿論である。



図IV-5-1 工事費負担金の範囲