5.2.3 連系線の送電方式

(1) 送電々圧

現在ビサヤス地域に存在する最高電圧はAC 138 kVであり，各島の電力需要の大きさ，現在建設が進められ，あるいは計画されている電源の大きさ，そのユニット容量からみて，この地域の送電々圧は138 kV がよい。又この電圧によって連系目的に見合う送電能力を充分確保することができる。なお海底ケーブルの亘長は最大で16.5 km（Panay～Negros間の合計ケーブル亘長）であるから，AC送電方式で問題となるケーブルの静電容量に起因する充電電流の大きさも問題とはならず，従って高価なDC送電方式を適用する必要はない。

(2) 回線数

Sta. Barbara～Pulupandan間，およびAmlan～Naga 間は1回線，Pulupandan－Kabangkalan－Amlan 間は2回線とする。この連系送電線はビサヤス地域の電力系統の背骨（電気的にも象徴的にも）となることから，信頼度の高い鉄塔を本プロジェクトのすべての区間に採用することとした。

この連系系統は典型的な長距離串型系統（Panitan変電所からBanilad変電所まで431 km）なので安定度の計算が必要である。

第7章の安定度解析結果から全区間1回線では安定度上，さほど余裕がないので直列系統の中央部を2回線にして3島全系統の安定度向上を図るものとする。

(3) 電線の種類とサイズ

架空線については，ACSR 240mm² を採用するものとする。海底ケーブルについてはパナイーネグロス間，ネグロスーセブ間ともXLPE単心300 mm² を採用することとした。

5.2.4 連系ルート

(1) 連系ルート選定方針

連系系統の骨格となる138 kV送電線はパナイ島のPanitan変電所からネグロス島を経由してセブ島のBanilad変電所に至る長距離送電線である。このうちパナイ島のPanitan変電所からDingle発電所を経由し，Sta.Barbara変電所に至る送電線はすでに完成しており変電所はPanitn変電所及びDingle発電所が完成，Sta. Barbara が工事中である。又セブ島ではNaga 発電所からBanilad 変電所に至る送電線および両変電所が運転中である。

したがって連系ルートの選定はすでに完成している両端を除いた中間部，すなわちSta. BarbaraからNaga 発電所に至る送電ルートおよびその途中に設置すべき変電所が対象となる。

連系ルートの選定にあたっては，下記事項に留意した。

i) 長距離串型系統の背骨となる送電線であるから安定度的にみてなるべく短いルートであること。

ii) 変電所の位置選定に関連して需要と電源の接続が容易なルートであること。

iii) 架空線ルートについては極力アクセスの容易な道路沿いを選定し，工事保守に便ならしめるものとした。

iv) 海底ケーブル・ルートについては以下に留意した。

(a) 海底ケーブルの工事費は架空線の 10 倍前後かかることから極力短いルートであること。

(b) 海底の状況（地形，地質，潮流の速度，障害物の有無など）ならびに水深がケーブル布設に支障がないこと。

(c) 海底ケーブルの揚陸に適した地点で，後背地にケーブルと架空線の接続設備を設ける場所があること。

v) 新設の変電所については以下の項目に留意した。

(a) 需要と電源の接続が容易な地点であること。

(b) 塩害を避けるため海岸線より 1 km 程度離れた地点であること。

(c) 既設変電所が利用できる場合は，それを拡張利用する。

(d) なるべく平坦で用地面積が 9 ha 程度とれる地点であること。

(2) 変　電　所

ネグロス島の Pulupandan，Kabangkalan，Amlan の 3 地点に関連変電所を建設するものとする。

i) Pulupandan 変電所

同地点は大きな需要地である Bacolod 市に近いこと，Bago 水力発電所及び Mambucal 地熱発電所に近いこと，ならびにギマラス島からくる海底ケーブルの揚陸地点に近いことが特徴である。

ii) Kabangkalan 変電所

同地点は Pulupandan 変電所と Amlan 発電所のほぼ中間に位置し Sipalay 方面の大きな Mining 需要及び Negros Thermal I（石炭火力）と連系するのに都合の良いことが特徴としてあげられる。

iii) Amlan ディゼル発電所

同地点は既設の Amlan ディゼル発電所を拡張して使用するもので Palimpinon 地熱発電所ならびに海底ケーブルの揚陸点に近い。

(3) 海底ケーブル・ルート

海底ケーブルの選定にあたっては，海底の地質，地形及び陸上部の架空送電線との接続のための端末設備の立地条件等を考慮してそのルートの選定がなされた。その詳細は第 6 章予備設計で述べる。

パナイ・ネグロス間は Iloilo 海峡ならびに Guimaras 海峡をネグロス・セブ間は Tañon

海峡を渡るルートが適切である。推奨するケーブルの揚陸地点と亘長は以下の通りである。

i) Iloilo海峡

Panay 側 : Jaro ポイントに近い Jaro 地点

Guimaras 側 : Salag ポイント

距 離 : 3.7 km

ii) Guimaras 海峡

Guimaras 側 : Tumanda ポイントに近い Barcelona 地点

Negros 側 : Pandan ポイントに近い Pagayan 地点

距 離 : 12.8 km

iii) Tañon 海峡

Negros 側 : Jilocon 地点

Cebu 側 : Liloan ポイントに近い Liloan 地点

距 離 : 7.1 km

(4) 架空線ルート

架空線ルートは，これまでに選定された変電所地点および海底ケーブルの揚陸地点をそれぞれほぼ最短距離で結ぶルートが推奨される。

(5) 連系ルート図と亘長

連系ルート図と各区間の亘長を Fig 5－2 に示す。Sta. Barbara 変電所から Naga 発電所に至る総亘長約 326 km である。うち架空線は 302 km，海底ケーブルは 23.6 km である。

(6) 連系ルートの代替案に関する検討

以下に示す3つの代替案について検討したが，いずれも先に述べた連系案より経済性において劣る。

i) Calatrava～Talavera 連系案（Alternative－A）

Amlan～Naga 連系線にかえて Pulupandan 変電所から Bago 水力発電所を経由して Negros 石炭火力Ⅱが設置される Calatrava から海底ケーブルで Talavera にあがり Naga 発電所に至るルートである。この案は Calatrava～Talavera 間の海底ケーブルが約25 km と長く，経済性において明らかに原案に劣る。

ii) Pulupandan～Amlan 間2ルート案（Alternative－B）

1回線1ルートは原案と同一ルートとし，他の1回線はセブ島に面する海岸線を通って Calatrava から Bago を経由して Pulupandan に至るルートをとる案である。

この案は原案に較べるとループ系統となるので若干，供給信頼度はよくなるが工事費が高く，原案と比較して経済性が劣る。

iii) Kabangkalan ～Sipalay ～Amlan 連系案（Alternative －C）

大きな Mining 負荷の集中する Sipalay を経由する案である。原案に較べて工事費が高いことと，連系線の距離が長くなるので安定度において劣る。

以上の代替案の比較をFig.5－3に示す。次に連系ルートとは直接関係はないがSipalayへの供給方法について付言する。原案では Palimpinon 地熱発電所の電力を連系線であるAmlan ～ Kabangkalan線を経由してKabangkalanからSipalay へ138 kV 2回線で供給する計画である。従って連系線がPalimpinon 地熱発電所の運開と同時期に完成しないとSipalayへの電力供給に支障をきたすことになる。

その様な場合は，連系線に先行して Amlan から138 kV 1回線で Sipalay へ供給し連系線完成後，Kabangkalan から Sipalay まで138 kV 1回線を建設することが考えられる。（Fig 5－3参照）

5.2.5 連系時期

次に述べる理由により，可及的早期にかつ同時期に3島全部の連系を完成することが望ましい。

(1) 1985 年の断面計算で連系の経済性が確認されている。（第9章経済評価 参照）

(2) Palimpinon地熱発電所（37.5 MW×3）の運開が1983 年に予定されている。

ここで発生された電力を連系線を通してKabangkalan から Sipalay へ供給するとともにセブにおけるディゼル運転を減少させることが得策である。

(3) 連系を急がないとパナイの電力不足をまねく

(4) Naga 石炭火力の55 MWユニットは1981 年に運開する。セブ単独系統のみではこの大容量ユニットがトリップすると大巾な周波数低下を引起す。早期に連系をして系統容量を大きくすれば，大容量ユニットのトリップ時の影響を緩和できる。

5.3 レイテ・サマール電力系統

NAPOCORはレイテ島とサマール島を連系するために，AC138kV木柱1回線送電線をTongonan地熱発電所～Wright変電所間（亘長115 km）に建設することで計画を進めている。その運開はTongonan 地熱発電所の運開と同時期を予定している。この送電線は木柱で構成されているが，サマール島における電力需要の大きさと，Tongonan地熱発電所とWright 変電所間の送電距離を考慮すれば，適用される送電電圧および電線サイズは特に問題はない。しかしSan Juanico 海峡の横断部は長径間であるため大型高鉄塔が必要となる。

5.3.1 電力需給と電力潮流

レイテ島における Tongonan 地熱発電所の大規模開発をテコにレイテ・サマール電力連系

を含む電力網を整備してPasarの大規模銅製錬所に対する電力供給および電化組合に対する電力供給を図るのがこの系統の特徴である。

現在Ormoc市がTongonan地熱発電所から電力供給されている以外はレイテ，サマールともディゼル発電設備で供給されており，その負荷は小規模である。

レイテ，サマールの需要は1985年に90 MW，1990年に158 MWと想定されている。このうちPasarの需要が60％程度を占め，一方サマール全体の需要は10％程度である。

一方電源であるが，Tongonan地熱発電所は1990年までに37.5MWユニットが合計6台開発される計画である。この計画は想定される需要に比較して，一見過大にみえるが，これは前記パイロット発電設備の運転経験に基いて供給信頼度上なされた配慮であり，妥当と考えられる。この開発によって既設のディゼル発電設備はすべて予備力となろう。

又，サマールは水力発電所建設の可能性があり80年代後半には，Catubig水力発電所の運開が予定されている。NAPOCORの電力拡張計画をTable 5－3に示す。

次に1985年と1990年における電力潮流を想定するとFig 5－4に示す通りであり，Tongonan地熱発電所～Wright変電所間の潮流は15MW程度である。

5.3.2 送電方式と連系ルート

NAPOCORの計画している138 kV，1回線は妥当である。69 kVの電圧では連系線の亘長が115 kmと比較的長いので，定態安定度上，送電容量の余裕が少ないから妥当でない。

電線サイズについては標高1,000 m以上の山岳部を越えるがコロナ・ノイズを考慮しても336.4 MCMの採用は可能である。Tongonan地熱発電所からWright変電所に至る送電線ルートはSan Juanico海峡の横断を除いて特に問題はない。この海峡を横断する方法としてSan Juanico（2.7 km）に電力ケーブルを添架することも考えられるが，工事費が高く経済性において劣るため架空線で海峡横断する方法をとるものとする。

推奨案はUbanルートで，送電線の最大スパンは約1,200 mである。

5.3.3 鉄塔送電線の採用

基幹送電線としての信頼度，将来における大型木柱の入手難および建替にともなう工事費の増大などを考慮すると，連系送電線が次に必要となる時期には，支持物を鉄塔として建設すべきである。

5.4 セブ・レイテ連系について

NAPOCORは，セブ島とレイテ島とを海底ケーブルによって連系する構想を持っている。これら両島の電力系統を連系すれば，Tongonan地熱発電所で発生する低廉かつ非石油エネルギー電力をビサヤス地域の電力需要中心地であるセブ市へ送電できること，供給予備力の節減に

より電源開発量を削減できることなど，パナイ・ネグロス・セブ3島連系の場合と同様の効果が得られる。

セブ～レイテ連系ルートとして次の3案が考えられる。

i) Camates 海北部ルート

ii) Camates 諸島経由ルート

iii) ボホール島経由ルート

上記のii) Camates 諸島経由ルートは，島内にケーブル充電々流補償設備を設置して送電容量を増加できるというメリットはあるが，ケーブルターミナル等の附帯設備が多く，必ずしも経済的に有利にはならないであろう。また，iii)ボホール経由ルートでは，海底地形が複雑であるため適当なケーブル・ルートを得ることが困難であると予想されるとともに，レイテ側の揚陸地点が同島南部の電力需要過疎地にあたり，長距離の陸上送電線を要することなどの不利な点が多い。

現段階で有力視されるのはi)Camates海北部ルートであり，この海域で2～3案のケーブルルートが考えられる。その1案として，セブ島北端に近いTobogan北方の地点とレイテ側西岸のCanaguayan附近の地点とを連系するルートは，海底ケーブル亘長約40km 陸上架空線亘長約120km（Cebu市～Tongonan地熱発電所）である。

この海底ケーブル・ルートにおける最大水深は約800mに達し，世界的にみても最深の海底ケーブル・ルートとなり，極めて厳しい布設条件である。ケーブル布設中に作用する張力は40ton程度となるため，機械的強度が極めて大きなケーブルを要するとともに，布設工法等の諸々の問題についての研究開発が必要であり，これらの問題解決には多大の費用と期間を伴う。

ケーブル種類としては，OFケーブル，GFケーブルおよびXLPEケーブルが検討対象となろう。ケーブルのサイズも機械的特性の面から，その最小断面積が制限されることになる。このようなことから最少の送電容量は150MW程度となり，これ以下の連系容量では経済的に著しく不利である。

なお，電圧として交直流のいずれを採用すべきかの問題については，本海底ケーブル線路の規模では，交直流の経済分岐点の近くにあたっているので，詳細な比較検討によって決定されるべきである。ケーブル亘長がさらに長距離になるか，あるいはAC／DC変換装置がコストダウンされれば直流送電採用のメリットが得られるであろう。

このセブ・レイテ連系に要する建設費は概ね50百万ドル程度と予想されるが，Tongonan地熱発電所における発電原価が低廉であるので，連系ケーブルに適当な電力潮流があれば経済的メリットを期待できることになる。将来，前述の技術的問題の解決の見通しが得られ，かつ，セブ島およびレイテ島における電力需要が増大して，両島の電力系統の系統容量が500MW程度に達する時点において，セブ～レイテ連系送電の妥当性がもたらされるであろうと予想される。

Fig. 5-1 Power Flow (Panay - Negros - Cebu Grid)

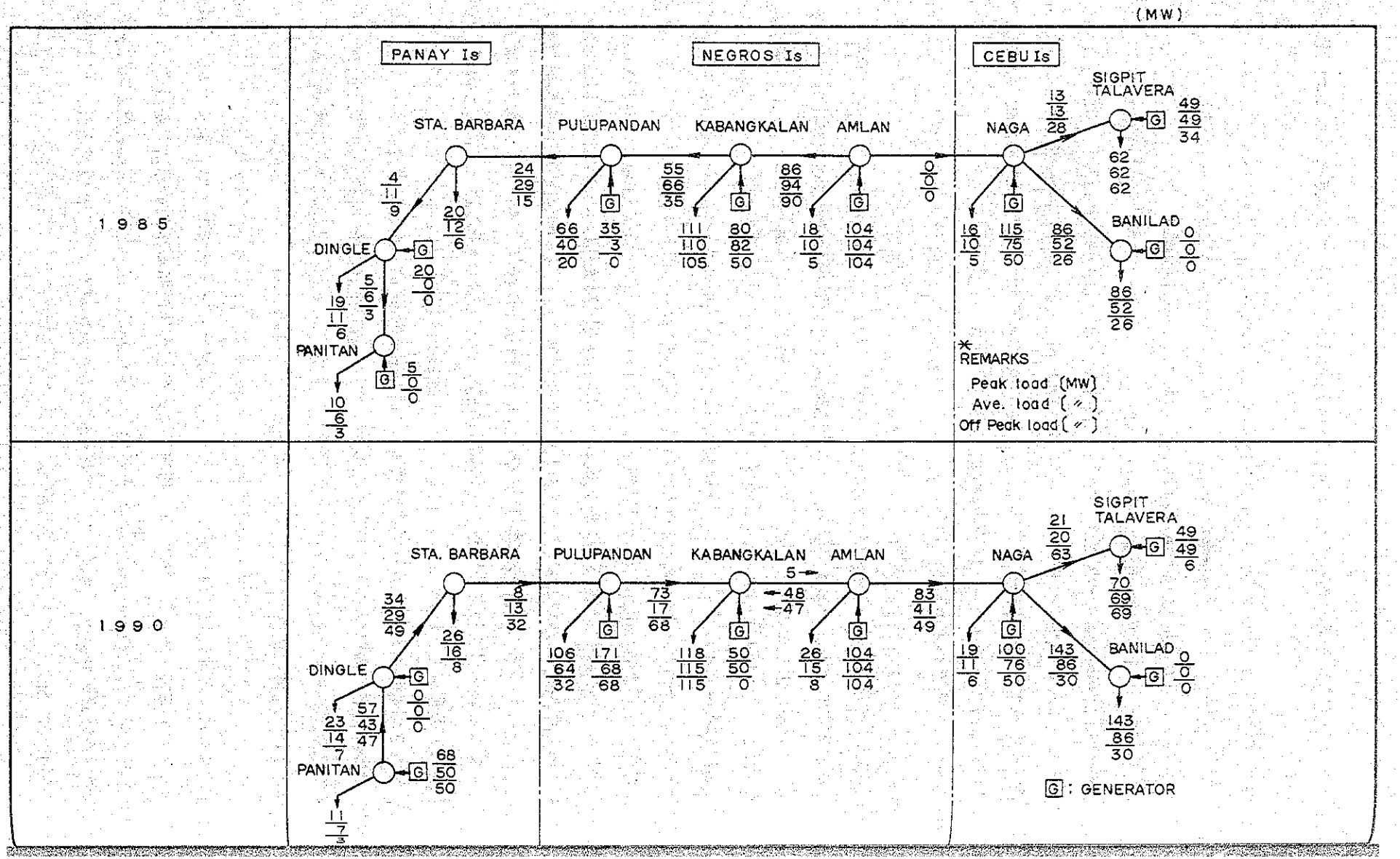


Fig. 5-2 Interconnection Route Diagram

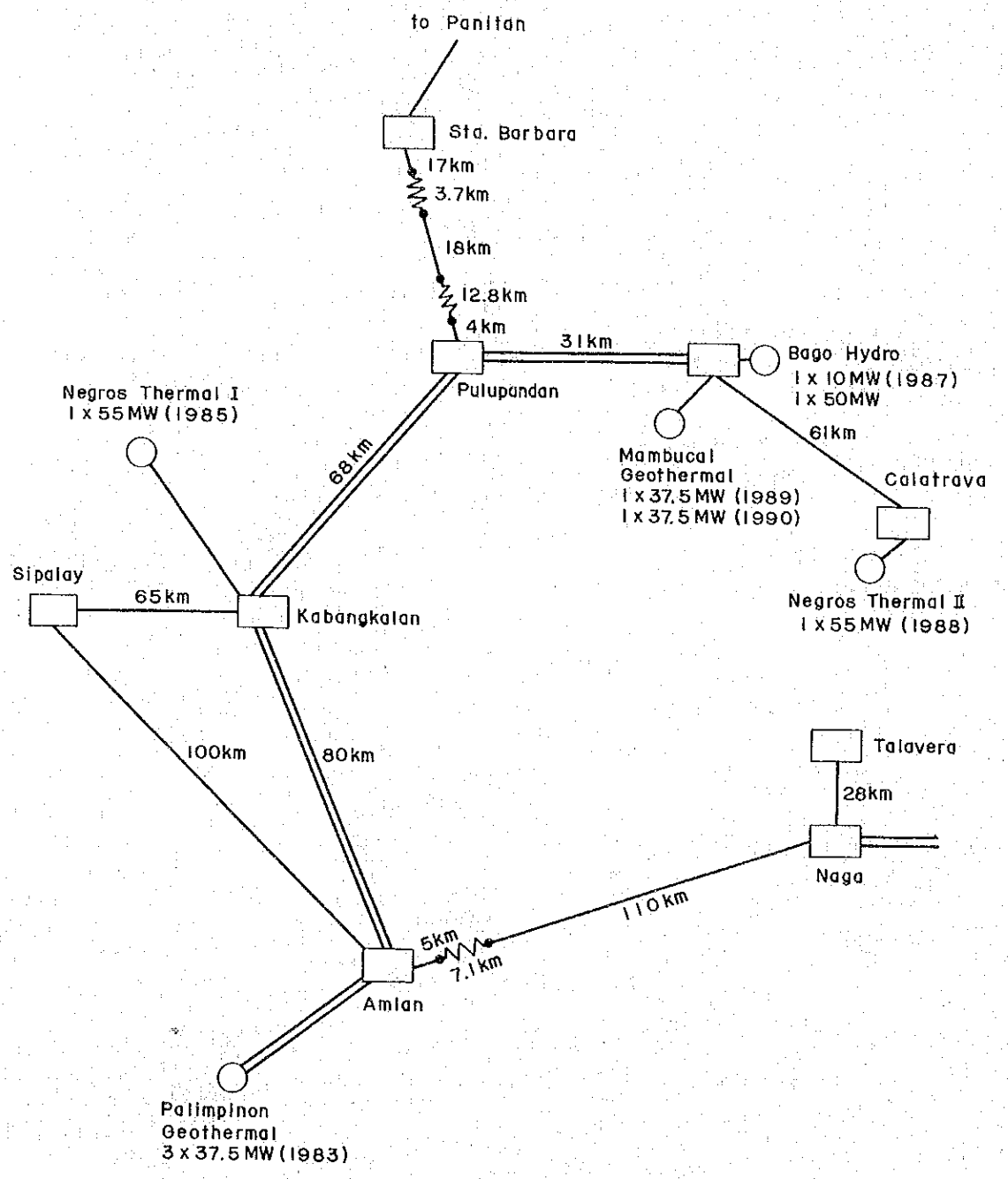
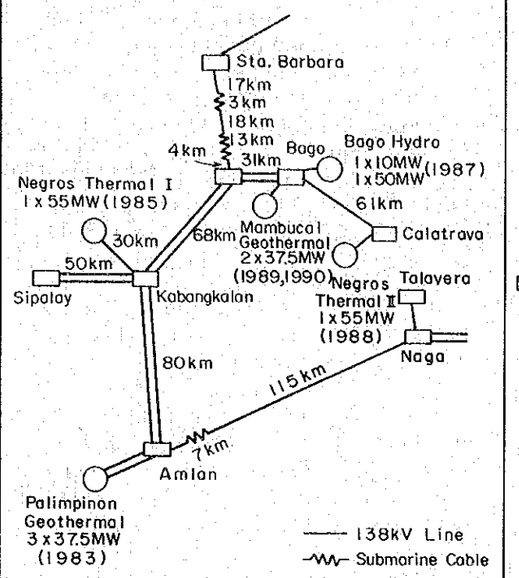
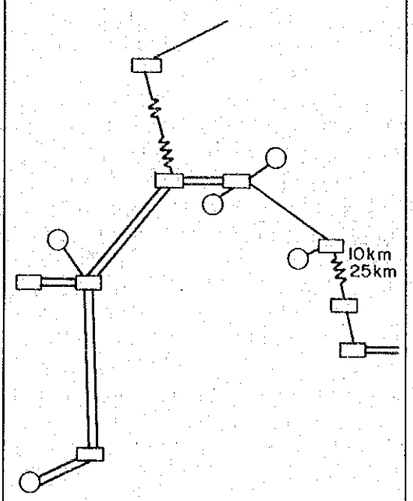
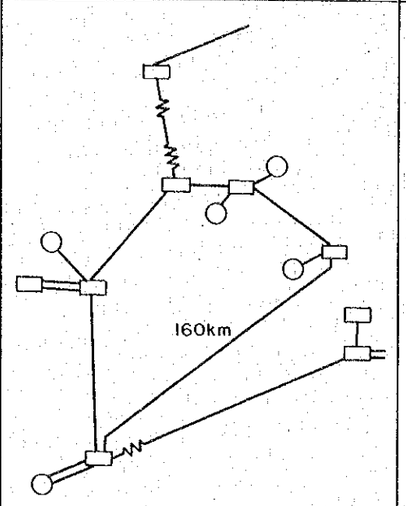
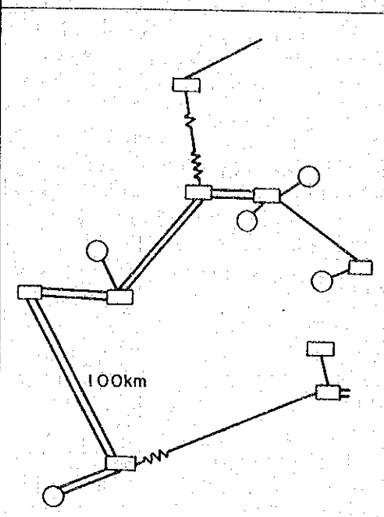
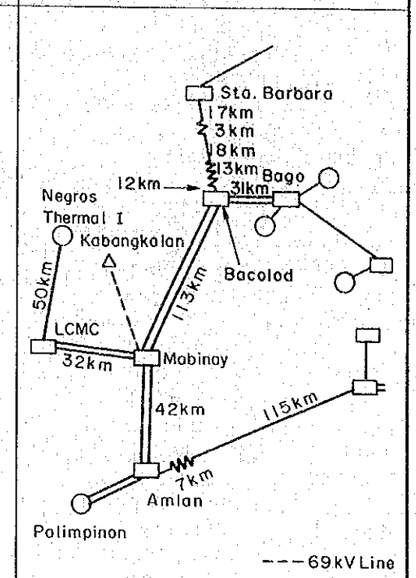


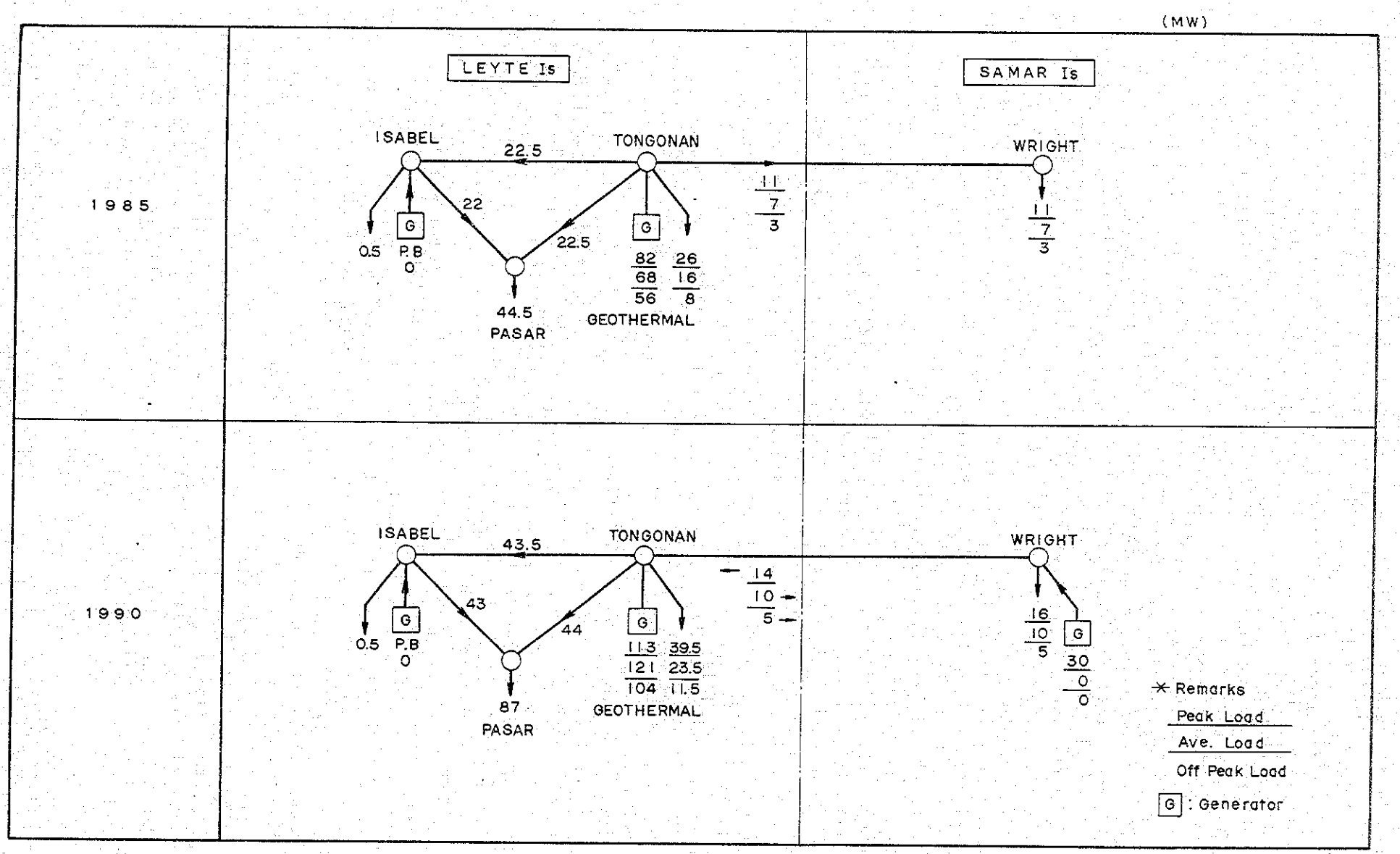
Fig. 5-3 Comparison of Construction Cost and System Characteristic

	JICA Original Plan	Alternative Plan - A	Alternative Plan - B	Alternative Plan - C	※Napocor Revised Plan
					
Interconnection	Amlan - Naga	Calatrava - Talavera	Amlan - Naga	Amlan - Naga	Amlan - Naga
Construction Cost of Transmission Line	138kV 2cct 229km 138kV 1cct 245km Cable 1cct 23km 100 % 47.25x10^6 US$ ①	138kV 2cct 229km 138kV 1cct 140km Cable 1cct 41km 113 % 53.2x10^6 US$ ⑤	138kV 2cct 50 km 138kV 1cct 584 km Cable 1cct 23 km 112% 53.1x10^6 US$ ④	138kV 2cct 249km 138kV 1cct 245km Cable 1cct 23km 103% 48.8x10^6 US$ ③	138kV 2cct 218km 138kV 1cct 273km Cable 1cct 23km 102% 48x10^6 US$ ②
Stability	Electrically Equivalent Distance Sta. Barbara to Naga 251km ②	Electrically Equivalent Distance Sta. Barbara to Naga 166.5 km ①	Electrically Equivalent Distance Sta. Barbara to Naga 325km ⑤	Electrically Equivalent Distance Sta. Barbara to Naga 286 km ④	Electrically Equivalent Distance Sta. Barbara to Naga 262.5km ③
Reliability	Two feeders are enough for power supply to main loads in terms of reliability each plan has sufficient reliability level.				
Order of Priority	①	⑤	④	③	②

Note (1) Cost estimate per Kilo-meter of 138kV Transmission Line and Submarine Cable (138kV 2cct : 77x10^{3}US$/km, 138kV 1cct : 58x10^3 US$/km, Cable 670x10^{3}US$/km)

(2) ※ As a result of comparison Study between JICA's original plan and NAPOCOR's revised plan, the incremental construction cost including 69kV Transmission Lines, compared with the JICA's original plan is 1.3 million US dollers.

Fig. 5-4 Power Flow (Leyte - Samar Grid)



第6章　予備設計

第6章　予　備　設　計

第6章 予 備 設 計

6.1 予備設計の方針

本送電設備は，パナイ・ネグロス・セブの3島を連系する送電系統の基幹をなす最重要の送電幹線であり，その主要な役割の一つは前章で述べたように，非石油系燃料で発電された低廉な電力を前記3島の各地へ送電することにある。本送電設備に一度事故が発生して送電不能の事態が発生すれば，パナイ・ネグロス・セブ3島に於ける電力供給に支障を来たすおそれがある許りでなく Palimpinon 地熱発電所の貴重なエネルギーが無駄に失われることになる。従って，本送電設備には極めて高い信頼度が要求されるとともに，万一の事故発生時には速やかに復旧されなければならない。

このような観点から，本送電設備の予備設計に当っては，出来るだけ高い信頼性を確保することを重視することとした。また，経済性に対しても意を用いていることは云うまでもないが，将来に於ける送電系統の展開を考慮し，ネックとなることの無いよう若干余裕のある設計を採用することとした。

この予備設計とビサヤス地域にある既設138kV 送電線との関係は，基本的な設計条件については両者の協調を考慮するが，総合的な信頼性ではより優れたものとなる。

6.2 パナイ・ネグロス・セブ電力系統

6.2.1 架空送電線

(1) 架空送電線のルート

NAPOCOR はパナイ，ネグロス，セブ3島に新設すべき 138kV 送電線の計画ルートを有しており，ネグロス島内においては既に送電線ルートの地形測量を実施している。よって，今回の調査はこれらのNAPOCORの計画ルートに沿って実施した。

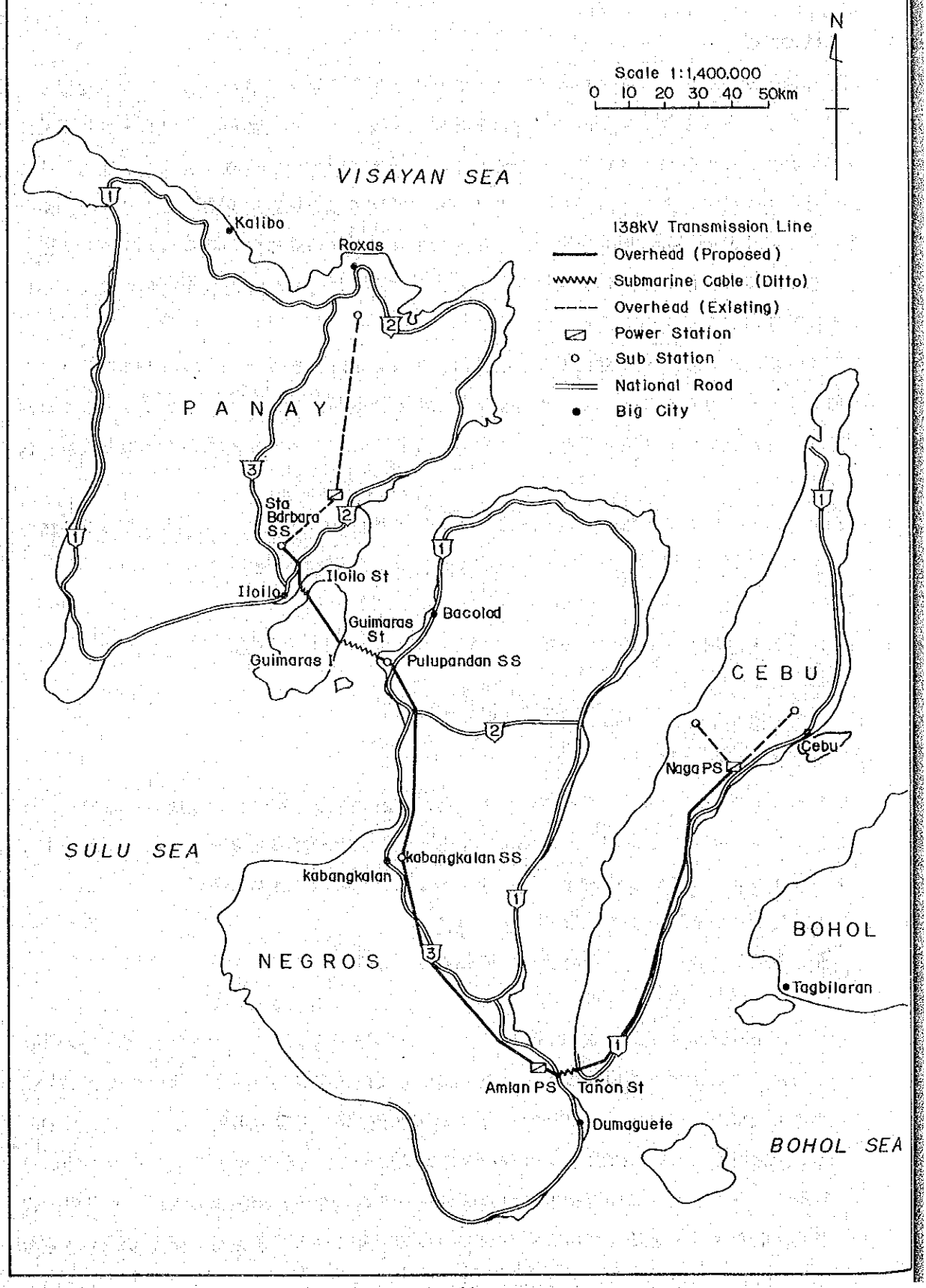
各送電線の調査ルートをFig 6－1に示す。

各島の架空送電線ルートの概要は以下の通りである。

i）パナイ島内送電線ルート

Sta.Barbara 変電所と海底ケーブル・ターミナル予定地点 Jaro との間はほぼ全区間が水田地帯であって，如何なるルートをとっても水田地帯を避けることはできない。Jaro 地点に近接した位置にあるPECOのLa Paz変電所に対して電力供給するためSta.Barbara 変電所からNAPOCOR所有の 69kV送電線がすでに建設されており，この 69kV 送電線のルートは両地点間を結ぶ最短の直線ルートをとらずに用地上の理由から東側へ若干迂回したルートを採っている。NAPOCORは，新 138kV 送電線を既設 69kV 送電線

Fig. 6-1 138 kV Transmission Line Route
(Panay - Negros - Cebu Line)



に並行させて建設することを予定している。このルートは，亘長約 17km であり水田地帯における軟弱な地層は既設送電線の工事経験からみて 2 m程度以下であるとされており，また建設資材の運搬条件も特に悪くはないので，送電線ルートとして概ね妥当である。

ただし，水田地帯の様な軟弱な地質条件の地域については，他島の同様な地域を含めて，予定ルート上の代表的な鉄塔設置地点においてそれぞれ必要な深さまで地盤の支持力等の地質状態の調査を実施する必要があると考えられる。そのデータに基いて，送電線支持物の基礎の設計がなされるべきである。

Guimaras 島内の送電線ルートについては，島の北側の Salag と南側の Tumanda Pt 附近の Barcelona との両ケーブル・ターミナル地点の間をほぼ直線的に通過するルートが考えられる。このルートは，亘長約 18 km であり，地形は全区間が丘陵地である。Guimaras 島内で使用される建設資材の輸送には，島の北側の Sant Rosario の船着場にある小規模の岸壁を利用することが可能であるが，陸揚用施設は全くないので，人肩によって資材を陸揚げするか或いは簡単な陸揚用設備を仮設する必要があろう。

ii) ネグロス島内送電線ルート

Guimaras 海峡の海底ケーブル・ターミナル予定地点 Pagayon から，Pulupandan 変電所を経て Kabangkalan 変電所との間の送電線ルートは，ネグロス島西岸の国道 1 号線に沿いながら，途中に散在する養魚池等の湿地帯を避けて経過しており，この区間の亘長は約 68 km である。

Kabangkalan 変電所から Amlan 発電所までは大部分が山地であって，送電線は Negros 島を南北に縦断している背稜部を越えることになる。最高地点の標高は海抜約 500 m であり，3 島連系送電線ルート全区間を通じて最高位の地点である。亘長は約 80 km で，このうち地形的に峻しいのは約 1／4 の区間であり，ほぼ全区間にわたって送電線ルートに沿って国道 3 号線がある。

これらの送電線ルートについて，NAPOCOR は地形測量を既に完了している。

ネグロス島には，Mambucal や Palimpinon 地熱地帯があることからも推察されるように，Kabangkalan 変電所と Amlan 発電所の間に中央部の山稜に沿って大きな地質断層が走っており，更にこれの附近に小規模な断層が若干存在していることが地質図より判断できる。万一，断層上に送電線支持物を設置すると，将来その支持地盤が移動するおそれがある。鉄塔はそれ自体構造物として信頼度の高いものであるが，支持地盤の変化に対してはたとえ僅少な偏位であっても意外に弱い特性があるので，送電線の信頼度を低下させることになるばかりでなく，支持地盤の移動が実際に発生するとその動きを止めることは不可能であり，鉄塔移設等の大規模な対策工事が必要となる。従って，送電線予定ルート上に鉄塔設置位置を選定するにあたって，地質断層を避けるべく注意することが極めて重要である。

iii) セブ島内送電線ルート

セブ島南端部の海底ケーブル・ターミナルLiloan地点から本連系送電線の終点となるNaga発電所までの区間のルートは，同島東岸に並行した亘長110 kmのルートである。建設資材の運搬の面からは，海岸沿いの国道1号線に可能な限り接近させることが望ましいが，この反面送電線の碍子に対する海塩汚損の観点からは海岸から1km程度以上離すか或は標高100m以上の地点にルートをとるのが適当である。また，海岸線に近接して多くのココナッツ林が点在するため，これらを避けることが用地上の理由から必要となる個所も予想される。

本区間の送電線ルートは全区間が海岸に近接しているため，強風時に海塩による碍子汚損によって，その絶縁性能の低下が発生することが送電線の電気的信頼度の面から極めて重要なことである。従って，現地における碍子汚損条件を調査測定し，そのデーターに基いて設計を行う必要がある。他島における同様の条件の地域に対しても，碍子汚損条件の調査を行う必要があろう。

また，本区間の南側1／2の区間のルートでは，表土が比較的浅いことが推定され，特にLiloan Pt附近で海抜100m程度までサンゴ礁が隆起した地質構造である。鉄塔設置位置としては，出来る限り基礎工事の施工が容易な地質条件の地点を選定することとし，更に地質調査によって信頼性の高い岩盤であることが確認された地点に対しては岩盤基礎を採用して経済性の向上を計ることも考えられる。

以上の3島の架空送電線の亘長はそれぞれTable 6－1に示す通りである。

(2) 予備設計の概要

i) 電　線

本連系送電線の連系容量は第5.2.2項で述べたように100 MWを目標としており，電線サイズは送電容量から決定する。NAPCORが行った予備検討によれば電線として336.4 MCM ACSRを使用する計画であったが，送電容量が若干不足するので，本送電線には240 mm² ACSRを採用するものとした。この場合の送電容量は120 MWとなる。送電線建設費と送電ロスとを含めた経済性について，336.4 MCM ACSRを使用する場合と240 mm² ACSRを使用する場合とを比較検討した結果，送電線全区間にわたって年間の平均送電々力が5,000 kW程度以上であれば後者の方の経済性が有利になると判断された。

なお，バナイ方面の区間については電力潮流が比較的小さいと予想されており，送電容量の点からは336.4 MCM ACSRの採用が可能であるが，上記の送電ロスの観点ならびに将来の系統拡大による電力潮流の増加を考慮して，3島連系の全区間一率に240 mm² ACSRを使用することとする。

Table 6-1 Length of Overhead Transmission Lines

Island	Section	No. of circuits	Length (km)
Panay	Sta Barbara (SS) - Jaro (CT)	1	17
Guimaras	Salag (CT) - Barcelona (CT)	1	18
Negros	Pagayon (CT) - Pulupandan (SS)	1	4
	Pulupandan (SS) - Kabangkalan (SS)	2	68
	Kabangkalan (SS) - Amlan (PP)	2	80
	Amlan (PP) - Jilocon (CT)	1	5
Cebu	Liloan (CT) - Naga (PP)	1	110
	Sub-total	1	154
	Sub-total	2	148
	Total		302

Notice : SS : Substation
PP: Power Plant
CT: Cable Terminal

240mm² ACSR の電線表面電位傾度は 12 kV／cm と低い値であり，コロナ障害に関しては何等問題ない。

電線の架線条件は，常時（気温 15 ℃，無風）の電線張力を破断強度の 22 %以下とし，且つ台風時（気温 7.22 ℃:45 °F相当）風速 46 m／s ，風圧低減率 0.6)のそれを40 %以下にするものとし，最大水平張力を 3,600 kg 程度とすればよい。

また，電線の微風振動の防止対策として，電線支持点にはダンパーならびにアーマーロッドを取付けることとする。

ii) 碍　子

本送電線の経過地は前節で述べたとおり，海岸線に近接している区間が多い。海面から吹く潮風によって碍子表面に塩が附着して絶縁性能が低下するため，この影響を考慮して碍子の取付個数を決定する必要がある。

碍子の汚損状況に関する設計資料を得る目的で，今回の現地調査に際して,NAPOC - OR および VECO の電気設備の表面塩分附着密度を測定したところ次のデーターが得られた。

－NAPOCOR　Naga発電所

1月／21日測定　Trans. Bushing　（3ケ月曝露）Max 0.06mg／cm²

3月／　1日測定　Pilot SP Insulator　（40日曝露）　0.03～0.033mg／cm²

－VECO　セブ発電所

1月／23日測定　Trans. Bushing（2ケ月曝露）　Max 0.078mg／cm²

Ave 0.061mg／cm²

碍子の塩分附着量は気象条件や測定地点によって大きく変化するので，或る地域における碍子汚損状況を把握するには，その地域の多くの地点でしかも2～3年月の長期間に亘る調査測定を継続しなければならない。今後，送電線予定ルートにおいて充分な調査を実施して，碍子汚損状況を把握し，それに基いて碍子取付個数を決定する必要があると考えられる。

日本における碍子塩分付着調査の経験によると，ある地域で長期間の測定を行ったときの最大値は，その地域の平均付着量の4倍にも達している。しかし，ビサヤス地域は日本よりも年間降雨量が多く，且つ周期的に降雨があるので，上記の比率はより小さな値になることが期待できる。このような点を考慮して前記の測定データーから，最大塩分付着量を概略推定すると，海岸附近で0.12mg／cm²程度，海岸附近以外の一般地域で0.05mg／cm² 程度ではないかとみられる。この汚損条件に対して，常規対地電圧 80 kV（＝138kV／$\sqrt{3}$）に耐えるのに必要な碍子個数は，海岸地域で250mm 懸垂碍子 10 個，一般地域で同じく8個である。本予備設計では，この碍子個数を取付けるものと想定する。

なお，NAPOCORの標準設計では懸垂部；8個，耐張部；9個の碍子をそれぞれ取付けることとしており，この考え方は海岸から至近距離の範囲を除けば概ね妥当であるということができる。

iii) クリアランス

線路の最高許容電圧を 145kV とし，各電気所において有効接地を行なうものとして開閉サージ電圧の大きさを2.8Puと想定する。また，台風時の最低気圧950 mb（海面位），最高標高500mを考慮して，25％の絶縁低下があり得るものとする。

所要クリアランスの大きさは，標準絶縁間隔100cm，最小絶縁間隔75cmである。なお，開閉サージ電圧に対して必要な碍子個数は7個であり，前記の碍子汚損より定まる個数を取付れば充分である。

iv) 耐雷設計

年間雷雨日数は，気象統計によればIloilo市98.8日，セブ市131.5日，Tacloban市69.5日であり，5月～10月の雨季に発生頻度が多いようである。ビサヤス地域としては100日前後であり，総じて多雷地帯と云うことができる。このため，送電線への雷撃は100 km当り年間 200 回にも達することが予想されるので，雷害対策を講ずること

とする。

架空地線として70mm² GSC 1条を電線に対する遮蔽角が30°以下になる様に架設して，95％の雷撃から電線を遮蔽する。

鉄塔または架空地線へ雷撃があったとき，電線への逆閃絡事故の発生を出来るだけ少なくするため鉄塔の接地抵抗を20Ωを目標として低減させる。

また，逆閃絡発生時の碍子破損を防ぐため碍子連にアーキングホーンを取付けることとし，そのホーンギャップは90 cmとする。

以上の耐雷設計により，雷害事故率を推定すると100 km当り年17回程度になると予想される。

v) 支持物

本送電線は連系基幹送電線として高い信頼性が要求されること，線路経過地の60％は山地であること，木柱は腐食の進行によって建替えを要すること等を考慮し，支持物にはアングル鉄塔を使用することとする。

1回線および2回線用鉄塔の代表的な形状をFig 6－2に示す。

支持物の基礎についても同じく信頼性の面から，通常の床板を有するコンクリート基礎とした。水田地帯に対しては，第6.2.1(1)節に述べたように軟弱な地層が浅いものと推定されたので，特に杭補強は考慮していないが，地質調査のデーターによっては杭補強の使用が必要となるかも知れない。

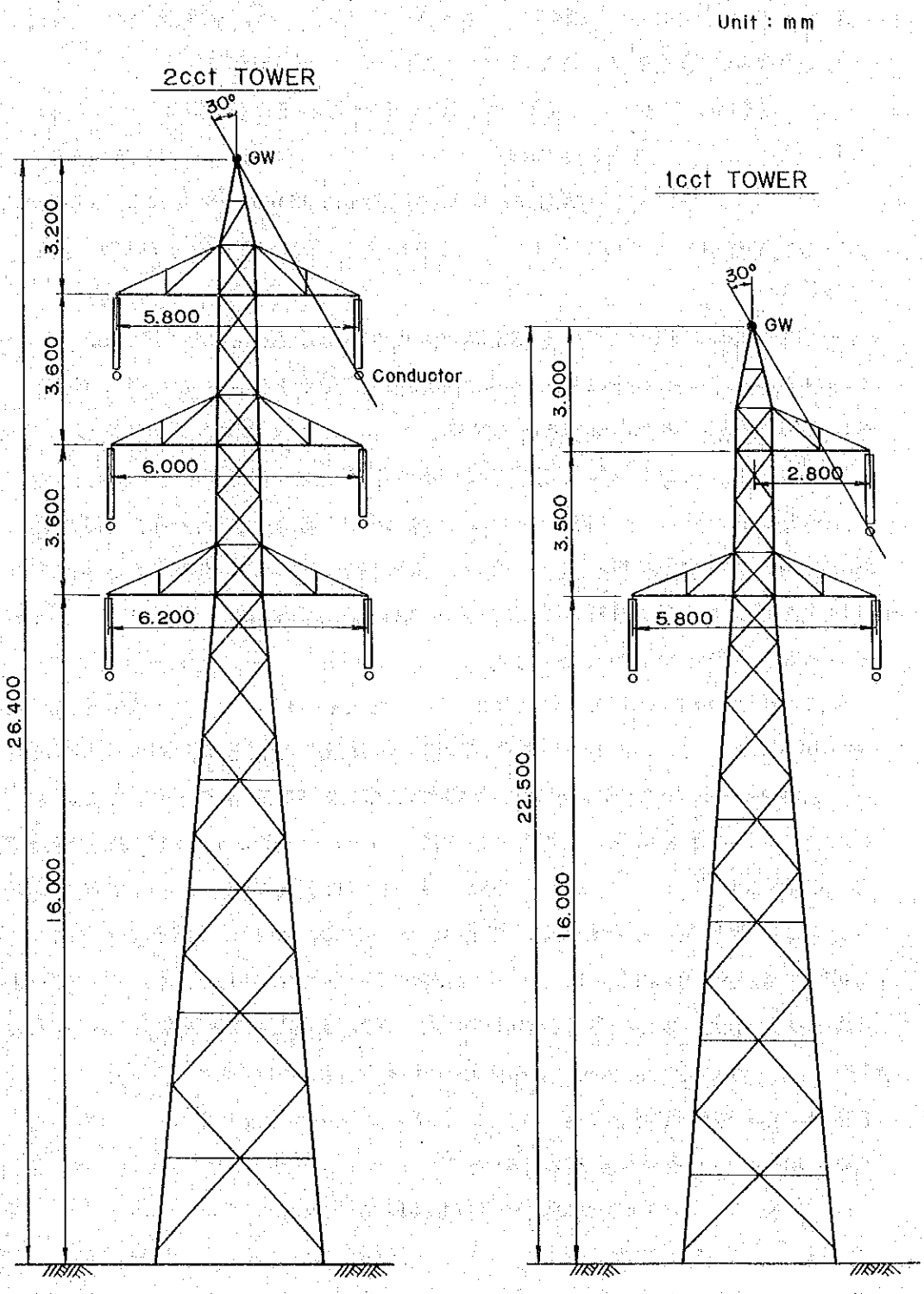
次に支持物の設計風速について検討する。NAPOCORでは，設計風速46m／s（166 KPH瞬間）を標準としており，これをビサヤス地域の既設送電線に対しても適用している。1948年以後1975年まで28年間の台風時の強風観測データーによると，ビサヤス地域における最大風速（1分間平均）は130 kts（66.9m／s，観測場所セブ，観測日Dec．51）である。しかし，強風データーの極値分布解析を行って求めた再現期間50年の風速（by Dr.Roman L. Kintanar，PAGASA）によれば，パナイ，ネグロス，セブの3島は90 kts（46.3m／s）で概ねカバーされている。よって，本送電線の設計風速は，既設送電線のそれと協調させて，NAPOCORの標準風速46m／sによるものとする。

(3) 架空送電線の設備概要

本連系送電線の設備概要は次のとおりである。

亘　長	302 km，区間別亘長はTeble 6－1に示す。
電　圧	AC 138 kV
電気方式	3相3線式　60 Hz
回線数	1回線および2回線
電　線	240 mm² ACSR

Fig. 6-2 138 kV Transmission Line Standard Type Suspension Tower



架空地線　70 mm² GSC 1 条

碍　子　250 mm懸垂碍子 8個連または10個連

支持物　アングル式鉄塔

基　礎　コンクリート製床板式基礎

6.2.2 海底ケーブル

(1) 海底ケーブル・ルートとケーブル・ターミナルの選定

i) 選定方針

海底ケーブル線路の計画を作成するに当って，その経済性とともに信頼性を重視すべきことは他の電力施設の場合と変りないが，特に後者をなおざりにすることはできない。なぜならば，何らかの原因によって海底ケーブルに事故が発生した場合に，その復旧のために数ケ月の期間を要することがあり，この間の電力供給に支障を来たすおそれがあるからである。

また，ケーブル・ルートの選定は海底ケーブル線路それ自身の経済性および信頼性を支配する最も重要な要件であって，多面的且つ詳細な調査によってケーブル・ルートを決定することが肝要である。調査すべき事項の中の主要な項目を挙げ，これ等について以下に述べる。

(a) ケーブル亘長

海底ケーブル線路の建設コストは主にケーブル亘長によって支配され且つ架空送電線路のそれの 10 倍にも当るので，ケーブル亘長がより短い程経済性がより有利となる。また，ケーブル亘長があまりに長いとケーブル自体が持っている静電容量を充電する電流のために実効的な送電容量が減少するばかりでなく，OF ケーブルの場合にはその絶縁性能を保持するための給油の面にも影響する。

従って，ケーブル亘長が可能な限り短くなる様なケーブル・ルートを第1に選定すべきである。

(b) 海底地形および底質

海底の地形および底質は，ケーブル線路の信頼性を確保するために最も重要な事項である。海底が砂質であり，且つ可能な限り平且であることがケーブル・ルートとして最も適している。

ケーブル・ルートに比較的小規模の起伏（間隔数m～数10 m）があると，そこでケーブルがブリッジして海中に浮んだ状態となって，波浪や潮流の影響を受け機械的に疲労して損傷が発生する。また，なだらかで大規模の起伏（間隔数100m以上）はあまり問題でないが，急傾斜の部分があるとケーブルの熱伸縮に伴って長年月の間にはケーブル自身が長手方向に移動することがあり，その部分のケーブル張力が増大し

て好ましくない状態となる。

一般的に云って，海底地形が複雑である場合や岩質である場合には前述の小規模の起伏の存在が予想されるので，このような地点はケーブル・ルートとして是非とも避けるべきであり，これを海底土木工事によって克服するには多大の費用を要することになる。海底がサンゴ礁の場合にも同様のことが云えるが，サンゴの種類によっては海底土木工事費が幾分安くてすむであろう。

海底地質が砂質であれば，一般的に起伏は少ないのでケーブルに損傷が発生することは無く，またケーブルを海底に埋設するのに必要な費用も比較的安い。よって，ケーブル・ルートにおける底質は砂質であることが最も望ましい。

なお，泥質の場合には，ケーブルの機械的損傷の面では問題ないが，泥の熱伝導度が小さいためケーブルの送電容量を減少させるので必ずしも好ましい地質条件とはいえない。

(c) 水　深

海底の水深はケーブル・ルートとして必ずしもクリティカルな要件ではないが，経済性やケーブル布設工事の難易に関連するので同じく重要な事項である。

海底に布設されたケーブルが波浪の影響を強く受けるのは水深5m程度以浅であり，この区間ではケーブル自体の防護のために海底に埋設するのが一般的である。ケーブルが波浪による影響を受ける最高の水深は，その海域における波浪条件にもよるが15m～20m 程度とされている。

一方，潜水夫による海中作業が可能なのは水深 30m程度までの範囲であり，60m以深の範囲では海中作業が不可能であるとされている。したがって，水深 30～60m以上のより深い個所でケーブルに事故が発生した場合に復旧作業はより困難になるのみでなく，それに要する期間，費用もより大となる。

また，ケーブル・ルートの水深はケーブル自体の設計やケーブル布設工事にも関連する。ケーブル・ルートの最大水深が非常に深いと，ケーブル布設中の張力が非常に大きくなるので，ケーブル自体の機械的設計にそれを考慮することが必要であり，またケーブル布設に使用するブレーキ装置等の所要性能にも影響する。

以上のことから，ケーブル・ルートとして好ましい水深は20～30m であると云うことができる。

次に，海岸が遠浅の場合にはケーブル埋設区間が長くなるのでこれに要する費用も増大する。また，ケーブル布設船の喫水の関係から，ケーブル陸揚時の繋留地点が海岸から遠く離れてしまい作業が困難になるか或いは布設船を使用すること自体が不可能になることもあり得る。したがって，遠浅の海岸はケーブル・ルートとして好ましい条件でない。

(d) 潮流・波浪・天候

波浪等の海象はケーブルに機械的損傷が発生する原因となり得るが，前述のように地形および底質が適切なケーブル・ルートを選定し且つ浅海部でのケーブル防護が充分になされていればケーブル自体の信頼性を大きく支配することはないであろう。しかし，ケーブル布設工事や事故復旧工事の難易に大きな影響を与える事項である。すなわち，潮流や波浪が厳しい条件の下では，船舶および作業従事者の安全面から不適当であることは云うまでもなく，予定したケーブル・ルートに沿った操船が困難となり，またケーブル布設工事に使用する船舶のトン数・所要性能・隻数にも関連してくる。更に，布設工事中にケーブルの性能低下を招くおそれがあり，またケーブルの実際の布設位置が不明確になるという問題も派生する。

したがって，波浪，潮流等の海象がより厳しい地点であるほど，ケーブル・ルートをより慎重に選定すべきであり，且つ波浪，潮流の発生状況を充分に調査してケーブル布設工事等の時期を設定することが必要である。

まず，これらの工事に適当な季節は天候，波浪によって決定され，海上が静穏な状態の日がより多く且つより長く連続して発生する季節に工事を実施する必要があり，工事費算定上の天候係数にも関連してくる。次に工事実施日は潮流の変化によって決定され，潮汐表を使用して小潮時すなわち潮流が比較的遅くなる期間にケーブル布設日を設定し，更に転流時に合せてケーブル布設時刻を選定する。

このように，潮流，波浪，天候の発生状況によってケーブル布設時期を選定する必要があるので，この自由度を制約することのないように充分な工事期間を要する。

次に，高波が発生すると大気中の塩分濃度が増加して，ケーブル・ターミナルおよびその附近の架空送電線に取り付けられている碍管や碍子の表面が塩分によって汚損され，電気的事故が発生するおそれがある。したがって，高波の発生頻度が高い海域に海底ケーブルを設置する場合には，ケーブル・ターミナルの位置選定および設計に配慮することが必要である。

(e) ケーブル・ターミナル

ケーブル線路と架空線路との接続点であるケーブル・ターミナルには①ケーブル・エンドボックス，②ケーブル保護用避電器，③事故区間判別装置，④架空線引出鉄構および⑤通信装置その他附帯設備ならびにOFケーブルの場合には給油装置が設置され，これらの施設のために必要なスペースは35m×35m程度（給油装置の大きさによって所要スペースが変化する。）である。

この所要スペースの範囲が平坦な地形であり，且つ各機器の基礎の設置に適した地質である地点を選定することを要する。

ケーブル・ターミナルの位置は，地中ケーブルの亘長を短くするため可能な限りケー

ブル揚陸点に近い方がよいが，あまりに海岸に近い地点であると，海水の飛沫を直接に受けて碍管に海塩が附着するため絶縁低下して地絡事故が発生するおそれがあり，また各種装置の腐食が比較的速く進行する。

地中ケーブル・ルートはなだらかな地形であり且つ埋設工事が容易な地質であることが望ましく，崖や急傾斜の段差がある場所は避けなければならない。崖ではケーブル布設が困難であり，またケーブル自身の熱伸縮に伴ない長手方向への移動が発生する。ただし，低い段差の場合には，土木工事やケーブル固定装置の取付によって対処することが可能である。

一方，ケーブル・ターミナルの位置選定に当っては，接続架空送電線をも考慮して，内陸側の適当な方向の適当な地点に鉄塔設置場所を得られるような地点をケーブル・ターミナルとして選定する必要がある。

更に，資機材の運搬条件や，所内電源用配電線の引き込み，万一事故が発生した場合にその復旧のため海上荒天時でも保守員が陸上から到達できる進入路の設置等多面的な配慮を要することは云うまでもない。

ii) 海底ケーブル・ルートの選定

ケーブル・ルートの調査は，海底地形および底質を海図によって推定し，海岸附近について踏査ならびにヘリコプターによる観察を行った。この調査結果により，前節の選定方針に基いてケーブル・ルートを選定した。

Iloilo海峡，Guimaras 海峡ならびにTañon 海峡の3海峡の調査ルートをそれぞれ，Fig 6－3－(1)，Fig 6－3－(2) ならびにFig 6－3－(3)に示す。

現時点における各海峡のケーブル・ルート案は以下に述べる通りであるが，海底地形，底質等について詳細調査を実施して，ケーブル・ルートを最終的に決定すべきである。

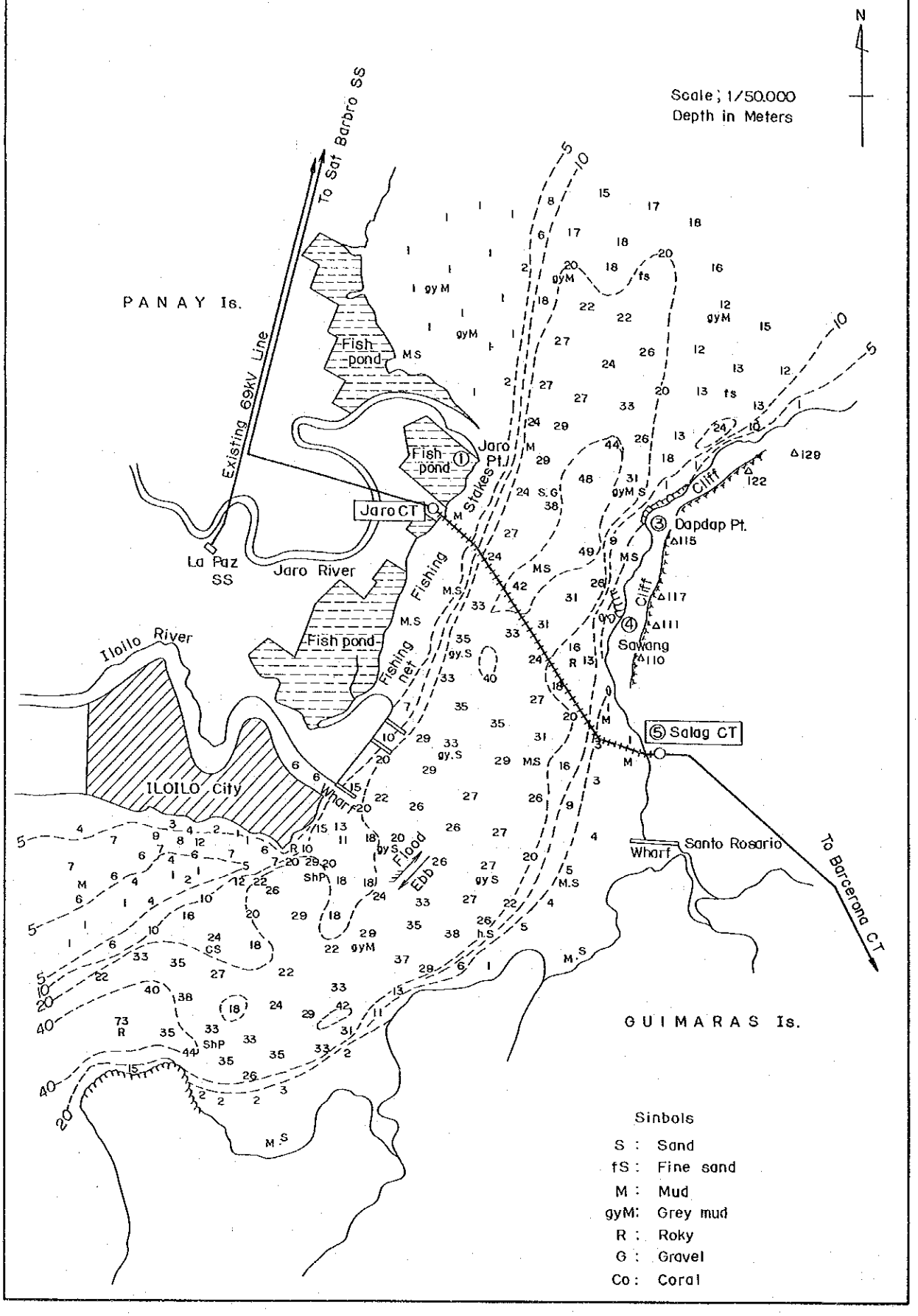
(a) Iloilo 海峡

Iloilo ～Guimaras 両島間の最短ルートは，Jaro Pt ～Dapdap Pt間約 2km である。

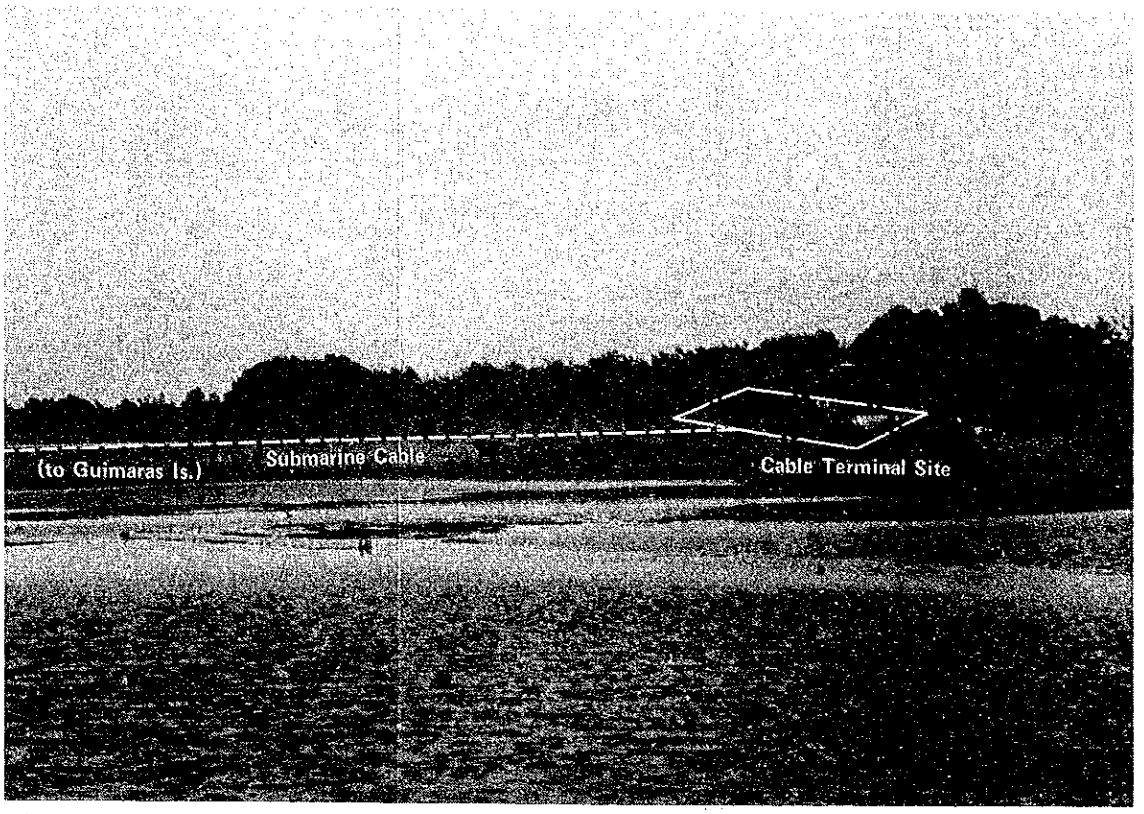
しかしながら，Iloilo 側のJaro Pt①附近は養魚池が広範囲に存在しているのでケーブル・ターミナルおよび接続送電線の建設が困難であるため，Jaro Pt から約 1 km 南側の地点②をケーブル揚陸点として選定した。

一方，Guimaras 側の Dapdap Pt ③は海岸が岩質であり，且つ内陸側の山稜が崖をなしていて接続送電線の建設が極めて困難であり，ケーブル揚陸点として不適である。Dapdap Ptから約 1 km南側の Sawang ④附近に小規模の砂浜があるが，接続送電線の建設が地形上同様に困難であるとみられる。更に約 1.5 km 南側にあるSalag地点⑤は地質・地形ともケーブル揚陸に適しており，ケーブルターミナルおよび接続送電線にも適地があるので Salag 地点⑤をケーブル揚陸点の第 1 候補と考える。な

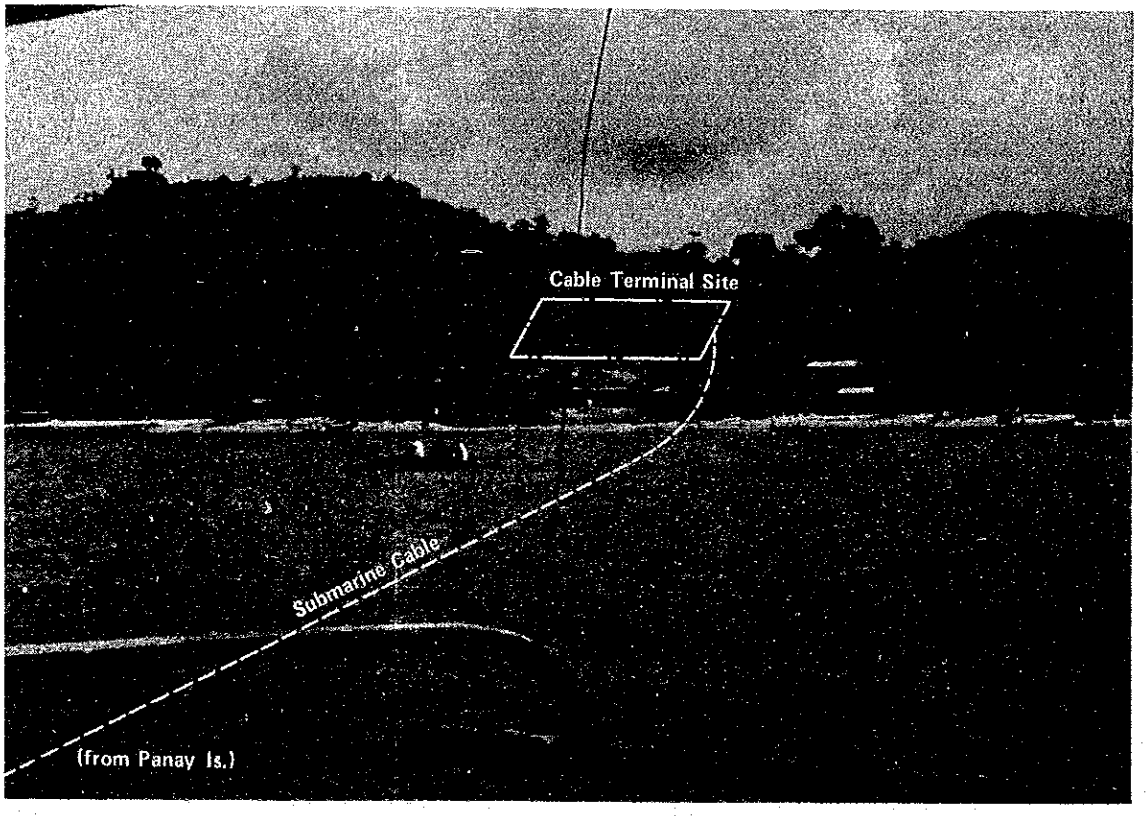
Fig. 6-3-(1) Submarine Cable Route in the Iloilo Strait



Iloilo Strait

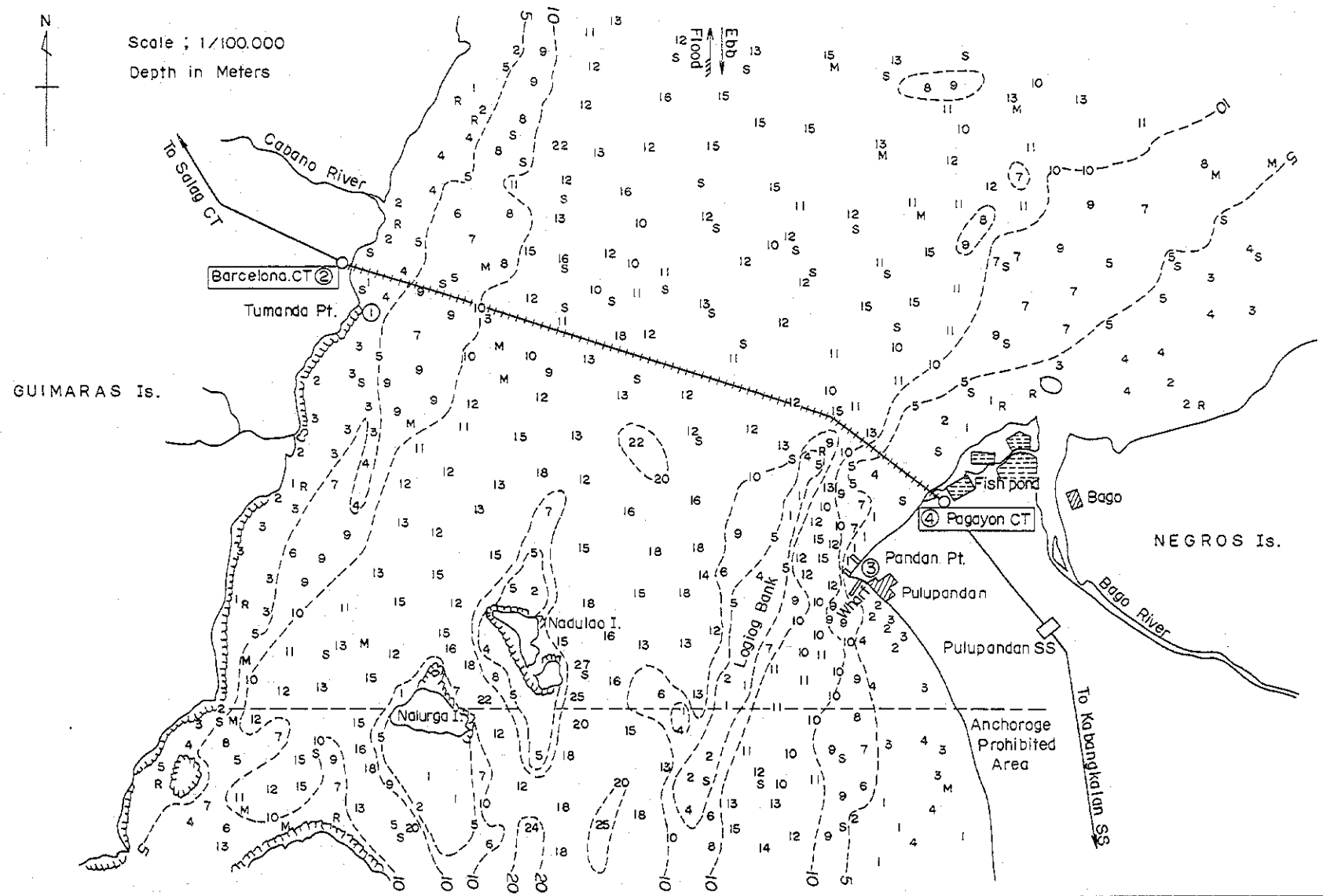


Jaro Cable Landing Site (Panay Is.)

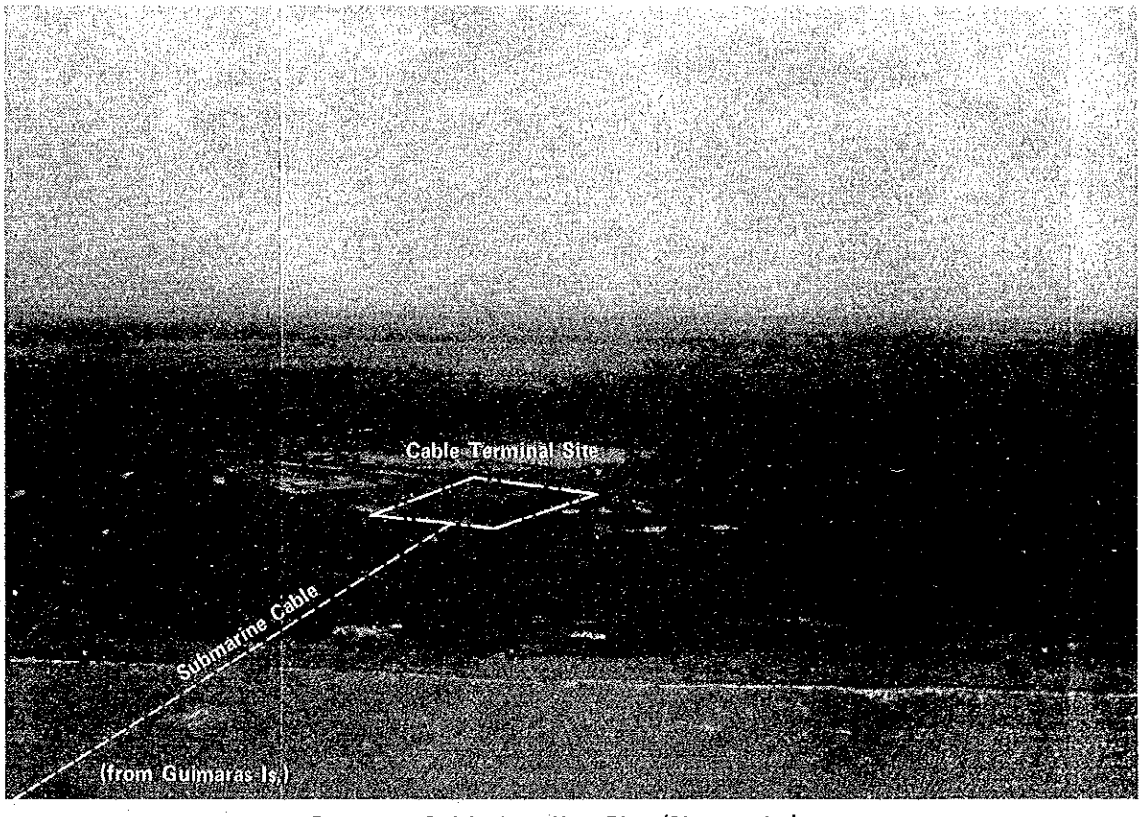


Salag Cable Landing Site (Guimaras Is.)

Fig. 6-3-(2) Submarine Cable Route in the Guimaras Strait

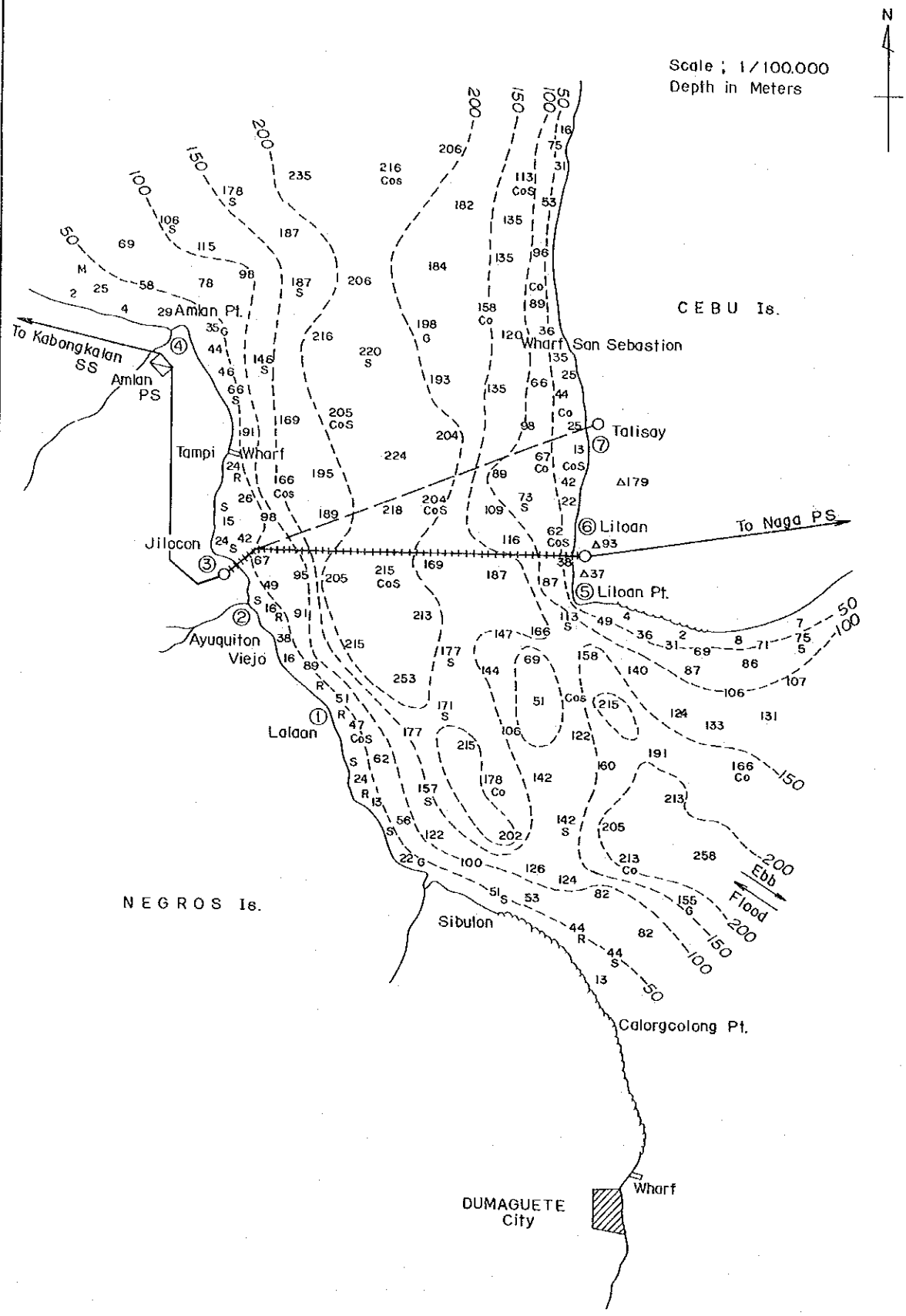


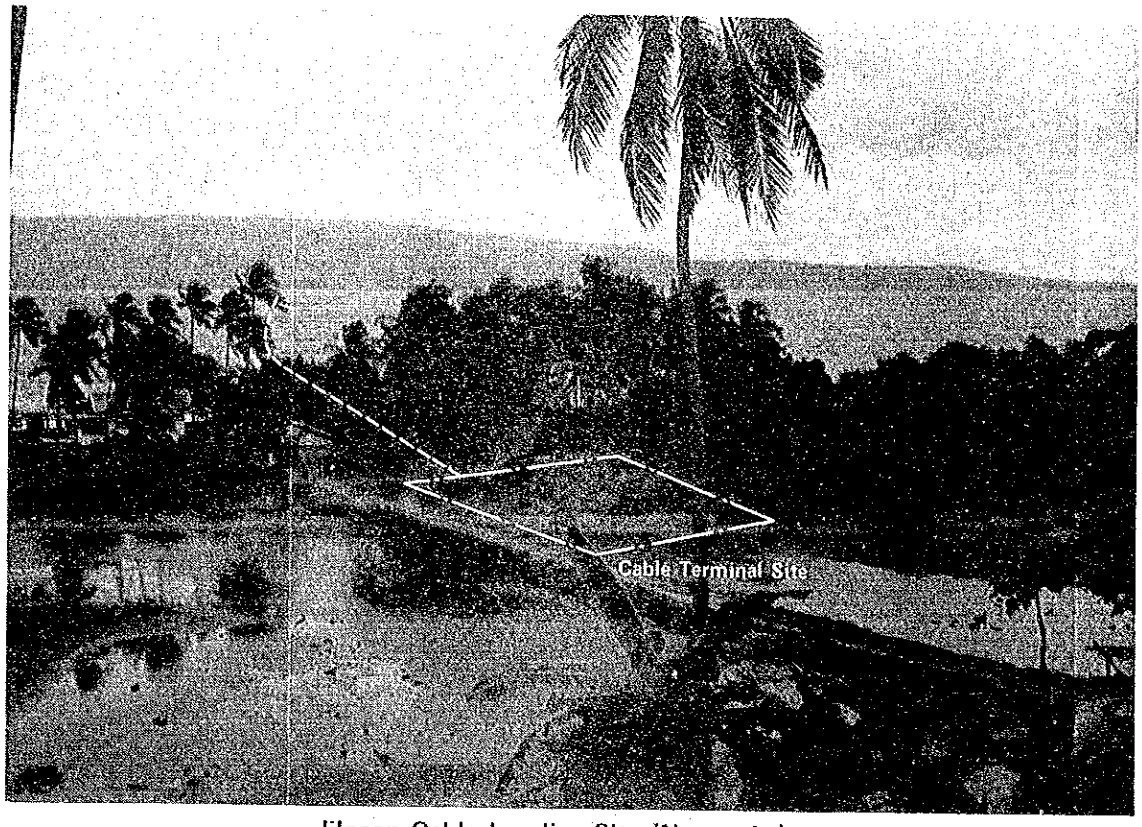
Barcelona Cable Landing Site (Guimaras Is.)



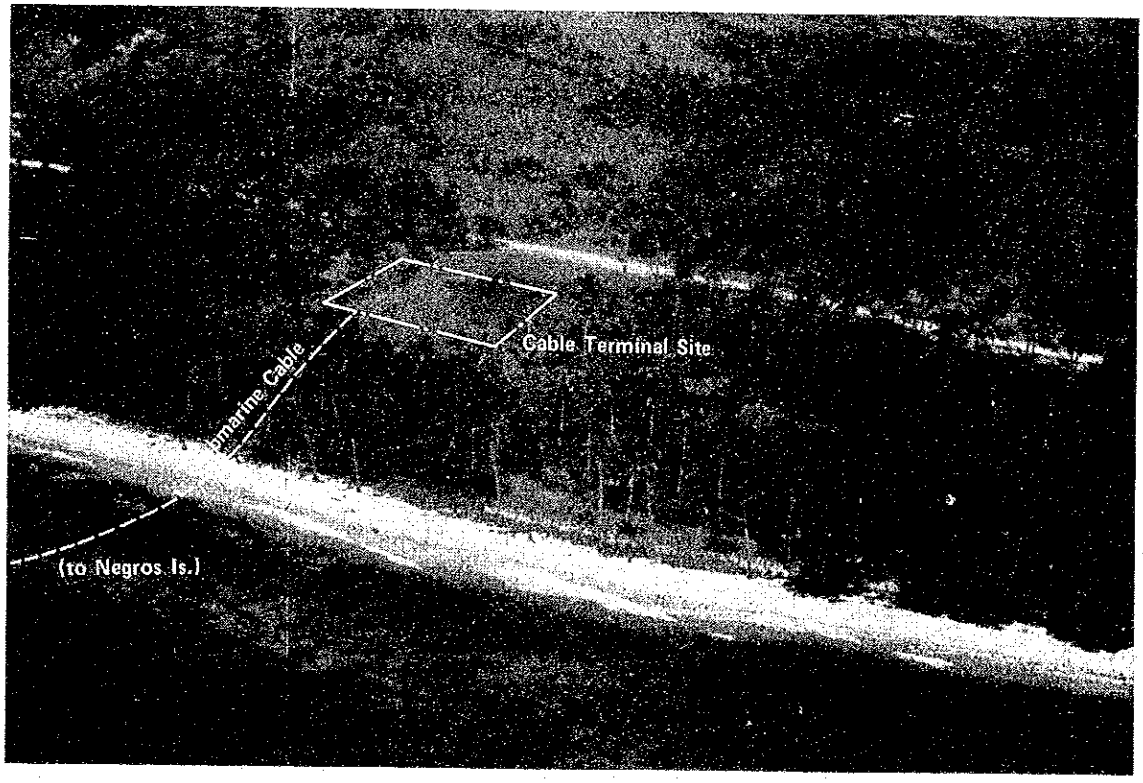
Pagayon Cable Landing Site (Negros Is.)

Fig. 6-3-(3) Submarine Cable Route in the Tañon Strait





Jilocon Cable Landing Site (Negros Is.)



Liloan Cable Landing Site (Cebu Is.)

おSawang地点において詳細調査のうえ送電線建設が可能であると判断されれば，この地点をケーブル陸揚点としてもよい。

海峡中央部の底質は概して砂質または泥であり，ケーブル布設に対して特に問題はない。

ケーブル・ルートJaro ②～Salag ⑤間の亘長は3.7km（NAPOCOR計画 3 km）であり，最大水深 42m である。

(b) Guimaras 海峡

Guimaras 島側のケーブル揚陸点は，Tumanda Pt ①が岩礁地帯であるため，その北側の砂浜Barcelona ②に選定した。ただし，この附近の浅海部の地形が複雑であると思われるので，海底地形および底質を詳細調査のうえケーブル・ルートを最終決定する必要がある。

ネグロス側のPandan Pt ③ 附近には砂糖工場等の既設施設があるので，接続送電線ルートも考慮してその約 2 km 北側のPagayon地点④をケーブル揚陸点として選定した。

海峡中央部の底質は大部分が砂であると考えられる。しかし，ネグロス側沖合約2 km の地点にLogiog Bank の浅瀬があり，岩質または硬質の砂質地盤であることが予想されるので，ケーブル・ルートはこの浅瀬部を迂回するのが適当であろう。ただし，底質調査によってLogiog Bankが充分な厚さの砂層であることが確認されれば直接的なケーブル・ルートとすることもできる。

ケーブル・ルート亘長は12.8km（NAPOCOR計画13km）であり，最大水深 18 mである。

(c) Tañon 海峡

ネグロス～セブ島間の最短ルートはLalaan ～Liloan Pt 間約5.5 kmであるが，この両地点を結ぶ線上附近およびその南側の海域では海図によれば海底地形が複雑に変化しているものと推定されるので，海底ケーブル・ルートとして採用するには慎重に海底調査を実施した後に判断する必要があり，現在のところは不適当であるとみなしておくべきである。

ネグロス島側のLalaan 地点①一帯は海岸が岩礁地帯であって，ケーブル揚陸地点として不適である。その北側約2 kmのAyuquitan Viejo ②の河口部の砂浜に揚陸して，河川敷に陸上ケーブルを布設する方法を考慮したが，出水時の流況が強く河川状況が変化し易いと推定されるので本地点も不適当であると判断される。Negros側ケーブル揚陸点として最も適しているのはJilocon 地点③の砂浜であり，ケーブル・ターミナルを送電線に接続するための適地もある。Amlan Pt ④附近は砂浜であり，ケーブル揚陸が可能であるが，その沖合は砂利が堆積して浅瀬をなしており，また潮流方向が変化し操船が

難しいと思われるので，ケーブル揚陸点として適しているとはいえない。

一方，セブ側の Liloan Pt ⑤附近は広い砂浜であり，内陸部にケーブル・ターミナルの好適地もあるが，沖合にサンゴ礁がありその先端部は急傾斜の地形をなしている可能性がある。また，潮流方向が複雑に変化する海域であるので Liloan Pt はケーブル揚陸点として必ずしも適していない。Liloan Ptの北方約 1 km の地点⑥は，海岸が砂浜であり，沖合のサンゴ礁もあまり広くないと思われるので海中土木工事によってケーブル防護が可能であり，陸側にある高さ約 3 m の段差も土木工事によって対処できる。よって，Liloan ⑥地点はケーブル揚陸点とすることができる。更に北側約2.5 kmの Talisay ⑦地点附近は，陸上側の地形については Liloan ⑥よりも適しているが，ヘリコプターからの観察によるとサンゴ礁の広がりが著しいようである。底質の詳細調査によりサンゴ礁を処理することが可能と判断されれば，Talisay ⑦地点をケーブル揚陸地とするのが有利となる可能性もある。

この海域の底質は砂質とサンゴ片の混合相であると推定され，浅海部にはサンゴ礁が発達しており，海底地形および底質の調査を特に重要視すべきである。そして，前記 2 ルートの取捨選択は海底調査の結果によって行うのが妥当と考えられる。

Jilocon 地点③～Liloan 地点⑥のケーブル・ルート亘長は約 7.1 km（NAPOCOR 計画 7km）であり，最大水深は約 220 m である。

iii) 各海峡ケーブル・ルートの概況

Iloilo海峡，Guimaras 海峡ならびに Tañon 海峡のケーブル・ルートの概況は Table 6－2 に示す通りである。

3 海峡の近接港湾にある港湾事務所での調査によれば，いずれのケーブル・ルートも特に船舶の投錨地域ではなく，沈船等の障害物も存在しないであろうという情報が得られた。また，波浪の状況については，5～6 月が波が小さく，海上作業に最も適している時期であるという示唆があった。

他方ケーブル布設工事中の基地とする港湾については次の通りである。

Iloilo 海峡での工事中に近接地の Iloilo 港を使用することができる。Guimaras 海峡のケーブル・ルートも Pulupandan 港に近接しているが，同港には防波堤がないので，強風時にはビサヤス海または Sulu 海からの波が高く，海上がかなり荒れる。現在Bacolod において築港工事中であって，これが強風時の避難港として利用できると思われる。次に，Tañon 海峡については，Dumaguete 港が近接港であるが，ボホール海に直接面しているので，強風時には Tagbilaran 港またはセブ港へ避難することとなろう。

iv) 海底ケーブル・ルートの詳細調査について

海底ケーブル線路の信頼性と，ひいては経済性を確保するのに，海底地形・底質等の海底状況の調査が極めて重要であることは，既に本章(1)節において述べた通りである。し

Table 6-2 General Condition of Submarine Cable Routes

Item	Iloilo Strait cable route	Guimaras Strait cable route	Tañon Strait cable route
Section	Jaro - Salag	Barcelona - Pagayon	Jilocon - Liloan
Length	3.7 km	12.8 km	7.1 km
Depth	Max. 42 m	Max. 18 m	Max. 220 m
Geographical condition	Almost plane	Almost plane partially shallow	Steep slope near the both side shore
Geographical condition	Sandy and mudy	Sandy	Sandy and coral partially coral reef
Tide current	Max. 3 - 4 kt Ave. 1.5 kt	Max. 2 kt Southwest monsoon season Max. 6 kt	Highest tide 5 - 6 kt Neap tide 2 - 3 kt
Fishing	Private fishing Fishing fence is seted near the shore Jaro side.	Private fishing	Private fishing
Cable terminal	Jaro : Land work is required	Barcelona : No problem	Jilocon : No problem
	Salag : No problem	Pagayan : Piling may be needed.	Liloan : Low cliff of coral. Civil work is required.

かしながら，今回のフィジィビリティ・スタディでは時間的な制約もあるため，海底の状況に関しては海図，水路誌等の資料や現地関係機関からの伝聞に頼っており，実施した現地調査は海岸附近のみに限っていて，ケーブル・ルート調査としては不充分なものである。

海底ケーブルの最終計画内容を策定するのに先行し，出来る限り早い時期に，各ケーブル・ルートの海域において海底状況を初めとする必要な事項に関し詳細な調査を実施すべきである。なお，具体的な実施方法としては，NAPOCORが重要な項目について予備調査を行って概略の状況を把握し，その後更に詳細な調査をコントラクターまたはサプライヤーに行わせることが考えられる。

海底ケーブル・ルート調査の必要な調査事項は以下の通りである。

ケーブル亘長

水　　深

海底地形，漂砂等による変化状況

底質（特に転石，岩礁）熱伝導率（特に泥）

潮流（底流および表層流）潮位，潮汐および転流

水温，水質，水中微生物

気象（気温，風速，風向，霧，その他）

波浪の高さ，発生頻度，発生時時

障害沈設物（既設ケーブル，沈船，漁床等）

船舶の航行，投錨

漁撈の漁法および漁具

揚陸地点およびケーブル・ターミナル

　地形，スペース，地質，海岸からの距離

　碍管汚損条件，陸上送電線の引出ルート

　所内電源用配電線の引込み

工事基地港湾，工事用船舶の調達

他の工事計画（護岸，浚渫）

電力ケーブル，海上工事等の関係法令

(2) 予備設計の概要

i) ケーブル種類の選定

本海底ケーブルに採用するケーブル種類としては，油入ケーブル（OFケーブル）および架橋ポリエチレン・ケーブル（XLPEケーブル）を検討する。

電力用ケーブルとしては，これらの外に油含浸紙ケーブル（PLケーブル）やガス入ケーブル（GFケーブル）等がある。PLケーブルは最も古くから低電圧階級用のケーブルとして広く使用されてきたが，その耐久性が劣ることから現在ではあまり使用されていない。特に海底ケーブルの場合にはケーブル・ルートに傾斜部があることは避けられず，傾斜部分において長年月の間に含浸油が低位の方へ移動して，その部分に脱油状態が発生する。これに対して諸々の脱油防止対策が講ぜられてはいるが，本質的に劣化性のケーブルであることは否定できないので，給油設計が不可能である様な極めて長距離の海底ケーブル以外ではほとんど採用されることはない。また，GFケーブルは，過渡圧力変化が小さいので深海用の海底ケーブルに適しているが，特殊な製造技術を要するため世界的にみても使用例はあまり多くない。

さて，電気的信頼度が高いのはOFケーブルであり，高電圧用電力ケーブルのほとん

どに採用されている。このケーブルでは給油のための附帯設備が必要であり，ケーブル本体の事故は極めて稀であるものの，むしろ給油装置系統にトラブルが発生し易く，その綿密な保守点検を要する。また，海底ケーブルは布設工事中に様々の機械的取扱いを受けることになるが，OFケーブルは機械的な影響を受け易いという短所がある。

次に，XLPEケーブルは1950年代から使用され始め，初期のケーブルには諸々のトラブルが多く発生したが，改良段階を経て，現在では66～77kV以下の範囲はほとんどOFケーブルにとって代っており，154～230kVケーブルも使用実績が次第に多くなりつつあり，最近では273kV～330kV系統にも採用され始めている。XLPEケーブルは現在も改良のための研究開発が続けられており，進歩段階にあるケーブルである。そして電気的信頼度においてOFケーブルより劣るとは云え，既に超高圧ケーブルにまで採用されており，実用上の性能は確立したものと見てよいと考えられる。更にXLPEケーブルは，機械的ストレスに対して強いこと，給油装置が不要なこと，保守が容易であること等多くの利点を有している。海底ケーブルとしては，比較的低電圧のものには使用されているが，138kV系統ではいまだ使用実績はない様である。その理由の一つは海水による絶縁体への影響が懸念されることであるが，これに対しては金属遮水層として鉛シースを付けることによって全く問題はなくなる。また，絶縁体の温度変化に伴う膨張収縮によって鉛シースが疲労を来たし，外水圧によって座屈することが考えられるが，この点についても導体温度を制限すれば疲労発生の可能性を低減することができよう。

OFケーブルとXLPEケーブルとの経済性については，ケーブルのみの価格ではXLPEケーブルよりOFケーブルの方が若干安価であるが，XLPEケーブルは給油装置を要せず，布設工事も相対的に簡単であり，且つ保守が容易であるので，総合的には両ケーブルに大差はないものと考えられる。おそらく個々のサプライヤーによって経済的評価が逆になることもあろうと思われる。

以上の検討により，機械的に強いこと，保守が容易であること考慮して，また今後の鉛被の疲労に関しての研究開発を期待して本海底ケーブルにはXLPEケーブルを採用することとする。なお，最終設計の段階でケーブル種類を変更することがあっても，建設費としては大差ないので，本報告書の目的であるフィジィビリティ評価の結論には影響しない。

ii) ケーブル・サイズおよび布設条数

ケーブルの電流容量は，ケーブルが布設されている状態での周囲の土壌の熱伝導率によって支配される。海底ケーブルの場合にも海岸附近の埋設部で電流容量が制限され，同じく熱伝導率が問題となる。

第5.2.2項で述べた連系容量を得るのに，土壌の固有熱抵抗が40℃・cm／W程度以下であれば，ケーブル・サイズは200mm²を使用可能である。しかし，今回は現地の固有熱

抵抗が不明であるので，悪条件の場合を想定しケーブルサイズは300 mm²を採用するものとする。海底の詳細調査によって固有熱抵抗値が把握された後にケーブル・サイズを最終決定すべきである。300mm²のケーブルを使用した場合に，Tañon海峡においては底質が砂質系と推定されているので固有熱抵抗を60℃ cm／Wとすると電流容量は610Aであり，連系容量は130MWとなる。100MW送電時の導体温度は65℃程度となり，鉛被疲労の可能性も軽減される。Iloilo海峡の底質は泥が主体であるので固有熱抵抗を140℃cm／Wとすると電流容量は500A，送電容量は100 MWとなる。なお，渚部からケーブル・ターミナルまでの間の陸上ケーブルの所要サイズは，最終設計で検討する必要がある。

300mm² XLPEケーブルを3心ケーブルとして構成を考えるとケーブル外径が約180 mmφとなり，製造限界を超えるので必然的に単心ケーブルを使用することになる。他の技術的見地からも単心ケーブルの採用が妥当であるといえる。すなわちTañon海峡は水深が200 mをこえるのでケーブル布設中の張力が10t以上となり，それを安全に布設するためブレーキ装置を要する。そして，ケーブルがブレーキ装置でスムースに繰出されるように，ケーブル自体と外径がほとんど同径の接続方法を必要とするが，高電圧の3心ケーブルで同径接続は現在開発されていない。また，単心ケーブルの方が単位長重量が軽く，布設工事が比較的容易である。

iii) ケーブル布設条数

海底ケーブルの信頼度を向上させるために，事故発生時に使用する予備ケーブル1条を含めて，計4条を布設することが考えられるが，今回は以下の理由から3条のケーブルを布設することとする。

ケーブル・ルートの3海峡はいずれも地方の主要な航路ではあるが，大型船舶の通過は左程多くなく，現地海域は投錨地区でもないし，海底ケーブル事故の原因となり易い漁撈についても個人的な漁法程度のものが多く，大型トロール漁は操業されていない。

ケーブル自身についても後節で述べるように可能な限りの防護措置を施すこととしているので，ケーブル事故が発生する可能性は高くないものと推定され，初期建設費用を削減することをも考慮して，ケーブル3条を布設するのが妥当であると判断される。

なお，将来万一予想に反してケーブル事故が多発するような事態となった場合には，予備ケーブルを1条追加布設することが必要となろうが，単心ケーブルを採用する理由はここにもある。

iv) 絶縁設計

ケーブルの定格電圧を138kV，BILを650 kVとし，また陸上ケーブルでの実績等を考慮して，絶縁厚さを20mmとする。

他方，本地域は多雷地帯であることを考慮し，ケーブル両端のケーブル・ターミナルに

おいて避雷器を取付け，雷撃時の侵入サージに対してケーブルを保護するものとする。

V) ケーブルの鎧装および防護方法

ケーブルには，錨害の防止ならびに布設張力に対する機械的補強を目的として，8 mmφ 鉄線1層の鎧装を施すこととする。

海底ケーブルの断面構成をTable 6－3およびFig 6－4に示す。

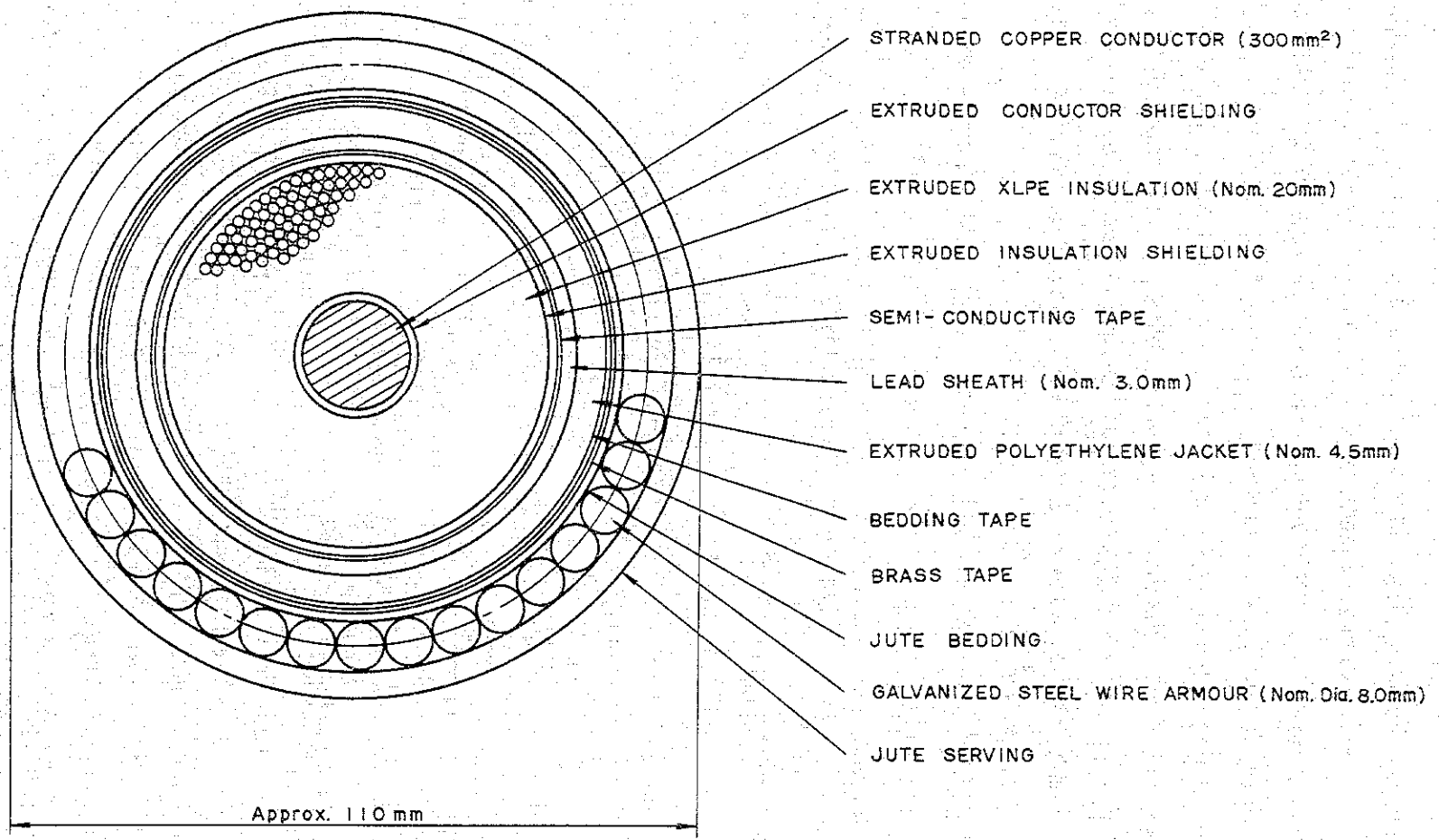
ケーブルの防護の目的は第1に錨害および波浪によるケーブルの損傷を回避することにあり，その具体的方法は海底地形や底質に応じて検討しなければならない。海底状況の詳細調査の結果に基いて具体的防護方法を決定することになるが，本報告書では次のとおり想定することとした。

各海峡のケーブル・ルートいずれにおいても，海岸から水深約5 mまでの範囲のケー

Table 6-3 Composition of 138 kv Submarine Cable

	Kind	XLPE	Cross linked polyethylene
	No. of core	Single	
Conductor	Section area	300 mm^2	
	Material	copper	
	Shape	Compressed circular	
	Diameter	20.65 mm	
Insulation	Conductor shielding layer	1.0 mm	Inner semi-conducting
	Insulation layer	20.0 mm	XLPE
	Insulation shielding layer	1.3 mm	Outer semi-conducting
	Shielding tape	0.2 mm	Semi-conducting
	Interrupt water layer	3.0 mm	Load sheath
	Anticorrosive jacket	4.5 mm	Polyethylene jacket
Protection	Bedding tape	0.25 mm	Cotton tape
	Insect repellent	0.3 mm	Brass tape
	Bedding	1.5 mm	Jute
	Armour wire	8mmφ x 33 wires	Galvanized steel wire
	Serving	4.5 mm	Jute
	Outside/diameter	Approx. 110 mm	
	Weight of unit length	Approx. 31.8 kg/m	in the open air

Fig. 6-4 Cross Section of 138 kV Submarine Cable



ブルを主としてジェット埋設工法によって海底に埋設する。この区間のうち海岸側の約1／2の区間については鋳鉄製防護管を取付けるものとする。なお，Tañon海峡のLiloan側浅海部にはサンゴ礁が発達しているので，ケーブル布設に先行して海中土木機械によりトレンチを堀っておき，その中にケーブルを布設した後に砂袋またはコンクリートによって蔽う工法によるものとした。

vi) ケーブル・ターミナル

各ケーブル・ターミナルにはケーブルの終端接続箱および架台，引出送電線のための鉄構が設置される外，附帯設備としてケーブル保護用避雷器，事故区間判別装置等がおかれる。また，事故区間判別装置の信号伝送や保守連絡電話のため通信回線の導入が必要であり，これらの電源として配電線引込および予備電源用蓄電池を設置することになる。ケーブル・タミーナルのレイアウトの1案をFig 6－5に示す。

vii) ケーブル布設工事

ケーブルを外国の工場で船積し，現地へ輸送してそのままケーブルを布設する。布設船としては5～6000 Ton級の船舶を要し，海外からの航海には外洋型船舶が望ましいが，ケーブル・ルートの水深が浅いため喫水の浅いフラット・バージを使用することになるかも知れない。

海底ケーブルの布設は，海象が最も安定している5～6月に実施するのが適しており，これに先行して予備的土木工事，ケーブル・ターミナル関連工事を，また布設後にケーブル防護工事等をそれぞれ数ケ月にわって実施することになる。

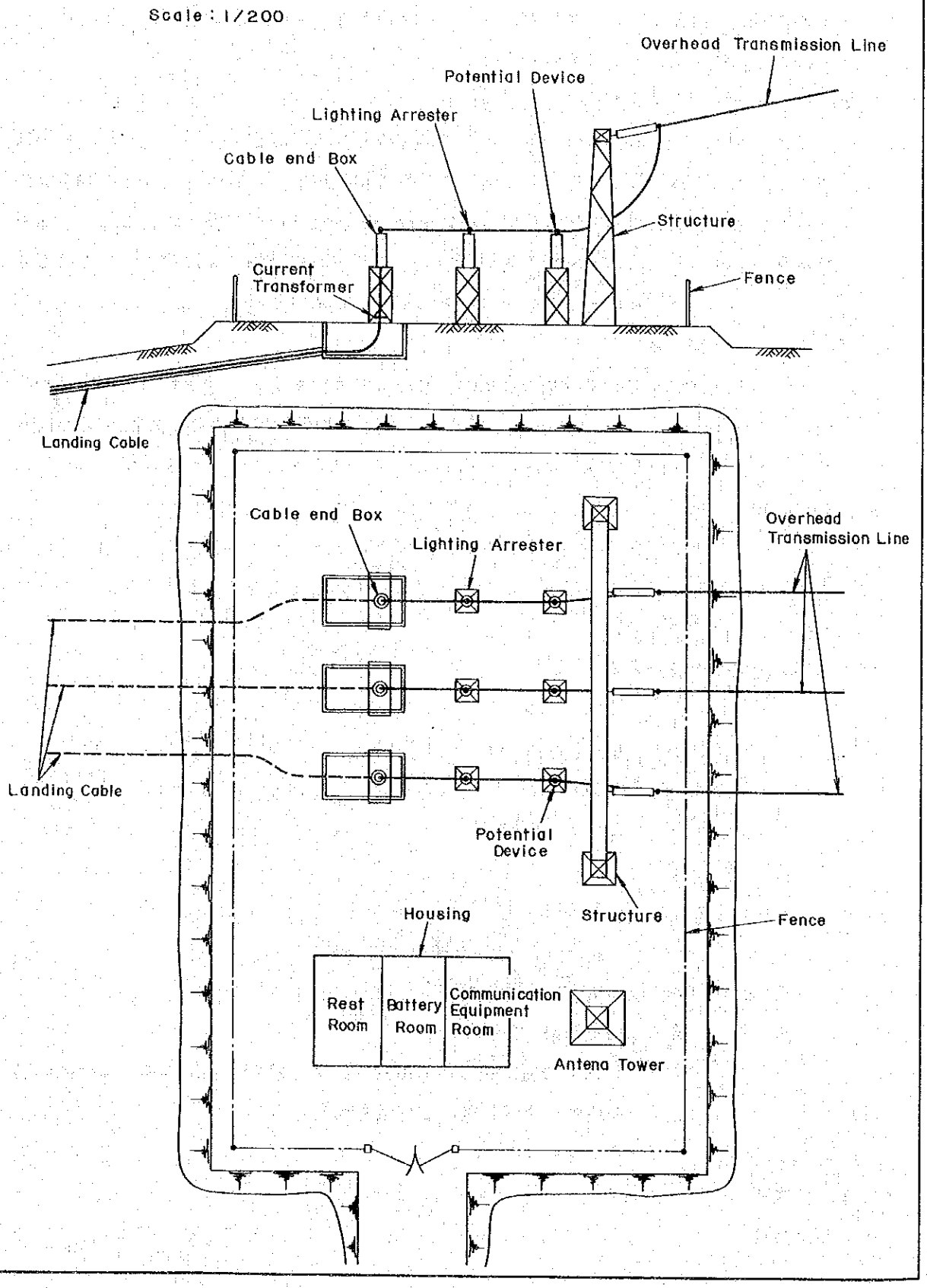
(3) 海底ケーブルの設備概要

亘長	Iloilo 海峡	3.7 km		
	Guimaras 海峡	12.8 km		
	Tañon 海峡	7.1 km	Total	23.6 km
電圧	AC 138 kV			
回線数	1回線			
海底ケーブル	300 mm² 単心XLPEケーブル （鉛被，8 mmφ 鉄線1重鎧装）			
布設条数	3 条			
防護	海底埋設，防護管取付			
ケーブル・ターミナル	終端接続箱，架台，引出鉄構，ケーブル保護用避雷器，事故区間判別装置，通信装置，予備電源用蓄電池			

6.2.3 変電所

(1) 設備概要

Fig. 6-5 Cable Terminal Arrangement



本ビサヤス地域連系送変電計画に基づくパナイ，ネグロス，セブ3島連系の構成をFig 6－6に示す。これに関連する変電所設備及び既設発変電所，屋外開閉所の増設設備の概要は下記の通りである。

i) Naga 石炭火力発電所（セブ島）

－ 138 kV 送電線引出口設備 …… 1回線

しゃ断器 145 kV 3,140 MVA CT付 …3台

断 路 器 145 kV …… 6台

ii) Amlan ディゼル発電所（ネグロス島）

－ 138 kV 送電線引出口設備 …… 5回線

－ 138 kV － 69 kV 連系設備 …… 1回路

－ 主要変圧器 …… 1 群

－ 69 kV 送電線引出口設備 …… 1回線

主要変圧器 138 kV／69 kV／13.8 kV 30 MVA 単巻… 1台

しゃ断器 145 kV 3,140 MVA CT付 …… 6台

〃 72.5 kV 1,600 MVA CT付 …… 3台

断 路 器 145 kV …… 12台

〃 72.5 kV …… 6台

iii) Kabangkalan 変電所（ネグロス島）

－ 138 kV 送電線引出口設備 …… 6回線

－ 138 kV － 69 kV 連系設備 …… 1回路

－ 主要変圧器 …… 1 群

－ 69 kV 送電線引出口設備 …… 2回線

主要変圧器 138 kV／69 kV／13.8 kV 10 MVA 単巻… 1台

しゃ断器 145 kV 3,140 MVA CT付 …… 11台

〃 72.5 kV 1,600 MVA CT付 …… 4台

断 路 器 145 kV …… 22台

〃 72.5 kV …… 8台

iv) Pulupandan 変電所（ネグロス島）

－ 138 kV 送電線引出口設備 …… 5回線

－ 138 kV － 69 kV 連系設備 …… 1回路

－ 主要変圧器 …… 1 群

－ 69 kV 送電線引出口設備 …… 1回線

主要変圧器 138 kV／69 kV／13.8 kV 30 MVA 単巻… 1台

しゃ断器 145 kV 3,140 MVA CT付 …… 6台

しゃ断器　72.5 kV　1,600 MVA　CT付 …… 2台

断路器　145 kV …… 12台

〃　72.5 kV …… 4台

v) Sta. Barbara 変電所（パナイ島）

－ 138 kV 送電線引出口設備 …… 1回線

しゃ断器　145 kV　3,140 MVA　CT付 …… 2台

断路器　145 kV …… 4台

なお上記各発電所の詳細については添付図面の通りである。

Fig 6－6　3島連系接続図

Fig 6－7　単線結線図　（Naga 石炭火力発電所）

Fig 6－8　同上　（Amlan ディゼル発電所）

Fig 6－9　〃　（Kabangkalan 変電所）

Fig 6－10　〃　（Pulupandan 変電所）

Fig 6－11　〃　（Sta.Barbara 変電所）

Fig 6－12　開閉所機器配置図　（Naga 石炭火力発電所）

Fig 6－13　同上　（Amlan ディゼル発電所）

Fig 6－14　〃　（Kabangkalan 変電所）

Fig 6－15　〃　（Pulupandan 変電所）

Fig 6－16　〃　（Sta.Barbara 変電所）

(2) 発変電所の位置及び構成

i) Naga 石炭火力発電所

(a) 本プロジェクトのセブ側引出地点としてはセブ島の中心であるセブ市より約 20km 離れた Naga にある NAPOCOR の Naga 石炭火力発電所とする。

この送電線が Naga 石炭火力発電所に引込まれることによりセブ島内の 138 kV 基幹送電線，Naga 石炭火力発電所～Banilad 変電所，Naga 石炭火力発電所～セブディゼル II（Talavera）がともに連系接続されることとなり，文字通りセブ電力系統の動脈としての役割をはたすことになる。

(b) 138 kV 連系送電線引出設備については既設の屋外開閉所の用地が充分あり増設スペースも確保できることからこれを拡張し，電力開発計画にそった将来分をも考慮し引出設備2回線分を増設することとした。

ii) Amlan ディゼル発電所

(a) NAPOCORの電力開発計画では，138 kV 連系送電線に接続される1次変電所の位置をネグロス島南部 Dumaguete 市より約 12 km 離れた Lalaan に新規の変電所を建設

する予定をたてていたが今回の現地調査の結果，当初の予定地点に変電所用地を求めるのは，丘陵が大きく海にせまっている地形からみて困難であり，又塩害による主要機器の汚損という面をも考え合せると不適格である。したがってことより 7 km北方にあるNAPOCORのAmlanディゼル発電所に 138 kV 連系送電線を接続することとした。そしてこれに関連し，Palimpinon 地熱発電所につながる 138 kV 送電線 2 回線もここに引込むこととした。

(b) Amlan ディゼル発電所の既設開閉所は 69 kV で構成されている。新たに設ける138 kV 開閉所は 69 kV 開閉所に隣接して増設することとしたが，傾斜地であるため，変電所敷地造成の整地土量を軽減ため 2 段整地とし最終規模を 138 kV 送電線引込 7 回線を考慮した。

(c) 主要変圧器

Amlan ディゼル発電所に増設される主要変圧器容量は，NAPOCORの設備計画並びに需要想定の結果から，ユニット容量の標準化も考慮して 30 MVA とした。主変巻線は 138 kV 側，69kV 側とも直接接地系統に接続されるため経済的な単巻線構造とし，3 次巻線は 13.8 kV で，発電所の所内電源を系統より安定的に供給することとした。

又，変圧器は同一容量のバンクを 3 相器1台または単相器 3 台で構成する場合を比較すると 3 相器は単相器の約 80% の価格となり，重量も軽くなるので，変圧器基礎工事についやす費用も少なくてすむことになる。信頼度の面から検討すれば，最近の変圧器は事故発生率が非常に低く予備の変圧器を設置する必要性は少ないので 3 相器の方が有利である。

(d) 母線結線方式

Amlan ディゼル発電所はパナイ・ネグロス・セブ3島が連系されたあとはこの138 kV 連系送電線に連系される他の発，変電所（ Naga 石炭火力発電所，Kabangkalan変電所，Pulupandan 変電所，Sta.Barbara 変電所と同様系統上非常に重要な変電所となるので，しゃ断器などの主要機器の点検，系統運用の便宜，母線事故時の全停防止に有利であり，すでにNAPOCORがすべての主要発変電所に採用している 1.5 CB方式とした。

(e) 発変電所主母線の絶縁設計は送電線に準ずるものとした。変電機器の絶縁強度は138 kV 直接接地系についてはBIL 650 kVを満足するものとし，これをうわまわる系統の異常電圧は避電器および線路引込口ギャップにより，保護することとした。又機器の耐塩害設計については，送電線の場合とことなり，各機器の過絶縁は経済的には限度があり，一方変電所の場合，保守管理を進めるにあたり送電線のそれと比較して容易であること，定期的に洗浄することで塩害対策とする。

(f) 変電所本館は，既設Amlanディーゼル発電所の本館内に配電盤や138kV 送電線保護盤を増設するスペースがないことから開閉所の一部に変電所本館を建設し，機器を収納することとする。

iii) Kabangkalan 変電所

(a) Kabangkalan変電所は本プロジェクトの 138 kV連系送電線がネグロス島をAmlanディゼル発電所～Pulupandan 変電所とを通過するほぼ中間地点に位置し又NAPOCOR が計画を進めているネグロス石炭火力Ⅰへの 138 kV 送電線ならびにネグロス島最大の需要地 Sipalay への 138 kV 送電線が接続されるなど重要な役割をはたす変電所ということができる。

(b) Kabangkalan変電所の予定地点はKabangkalan郊外南約 2 km に平たんな雑草地帯があり，面積も充分あることからここを造成，整地し変電所を建設することとした。変電所の最終規模としては

- 138 kV送電線　　7回線
- 主要変圧器　　1　群
- 69 kV送電線　　3回線

を考慮し，これに要する用地を確保するものとした。

(c) 主要変圧器は需要想定の結果から10 MVAの容量とし変圧器の構造は Amlan ディゼル発電所と同様な単巻線構造の3相器を設置するものとした。又絶縁や耐塩害についての基本的な考え方も同様に考慮するものとした。

(d) 変電所本館は変電所開閉機器の制御，計測回路，配電盤，主要変圧器及び送電線保護装置，電源装置，通信装置等を収納するものとし開閉所の一角に建設することとする。

iv) Pulupandan 変電所

(a) ネグロス島からギマラス島を経由してパナイ島の Sta. Barbara 変電所までのルートの中でネグロス側の関連変電所を海底ケーブルの揚陸地点にも近く，ネグロスオクシデンタルの中心地ともいえるBacolod市に隣接している Pulupandan に設置する。この Pulupandan 変電所を建設することによりNAPOCOR作成の電力開発計画で予定されている Bago 水力発電所，ネグロス石炭火力Ⅱ，Mambucal 地熱発電所とも将来138 kV送電線で連系されることから重要な役割を担う変電所と言うことができる。

(b) Pulupandan 付近は非常に平坦であり広大な砂糖きび畑も多いので海岸より5 km内陸に入った雑草地を造成，整地し変電所を建設することとする。この変電所の最終規模としては

- 138 kV送電線　　7回線
- 主要変圧器　　1　群

－ 69 kV 送電線　　3 回線

を考慮し，これに必要な用地を確保するものとした。

(c) Pulupandan 変電所はNAPOCOR作成の電力開発計画では当初開閉所として計画され主要変圧器を設けない予定であったが，当変電所はすでに述べた如く最重要な変電所であることから，現地調査の結果，変電所所内電源を安定に確保すべきである為，Bacolod 変電所に設置する変圧器を移設してこの変電所に設備し，Bacolod 変電所との間は 69 kV 送電線で連絡する様に計画変更をした。主要変圧器の容量は需要想定の結果から 30MVA とし，単巻線構造の 3 相器とした。又絶縁や耐塩害についての基本的な考え方はさきに述べたものと同様に考慮するものとした。

(d) 変電所本館もKabangkalan 変電所と同様，新設することとし，必要な配電盤，保護装置，通信装置等を収納することとした。

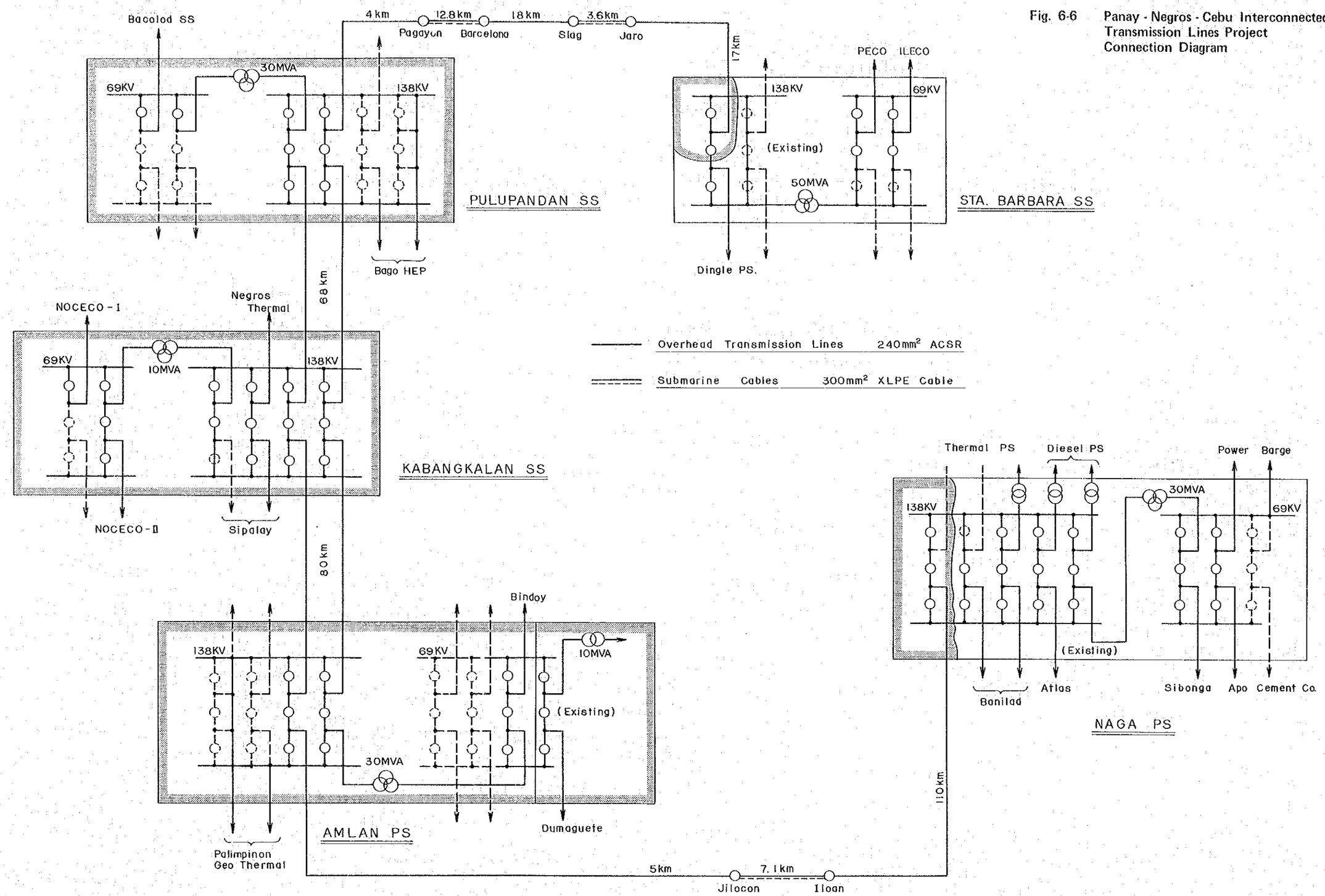
v) Sta. Barbara 変電所

(a) 本プロジェクトのパナイ側引出地点としては，NAPOCORの既設Sta. Barbara 変電所とした。Sta. Barbara 変電所はパナイ島内のパナイ・ディゼル発電所（Dingle）及びPanitan 変電所と 138 kV 送電線で接続され将来はパナイ島北部に建設が計画されているパナイ石炭火力発電所（Kalibo）にも連系されることとなる。

(b) Sta. Barbara変電所は，現地調査時点ではNAPOCORにより建設工事が進められており，変電所敷地造成にあたっては本プロジェクトの 138 kV 送電線引出口設備のスペースも考慮し，確保されていることからここに引出口設備 1 回線分を増設することとした。

以上が，本プロジェクトに関連する発・変電所の位置及びその構成である。なお参考に 1.5 CB 母線方式における送電線保護，母線保護および主要変圧器保護を行うための変成器（PD，CT）の接続方法をFig 6 － 17，Fig 6 － 18 に示したので参照されたい。

Fig. 6-6 Panay - Negros - Cebu Interconnected Transmission Lines Project Connection Diagram



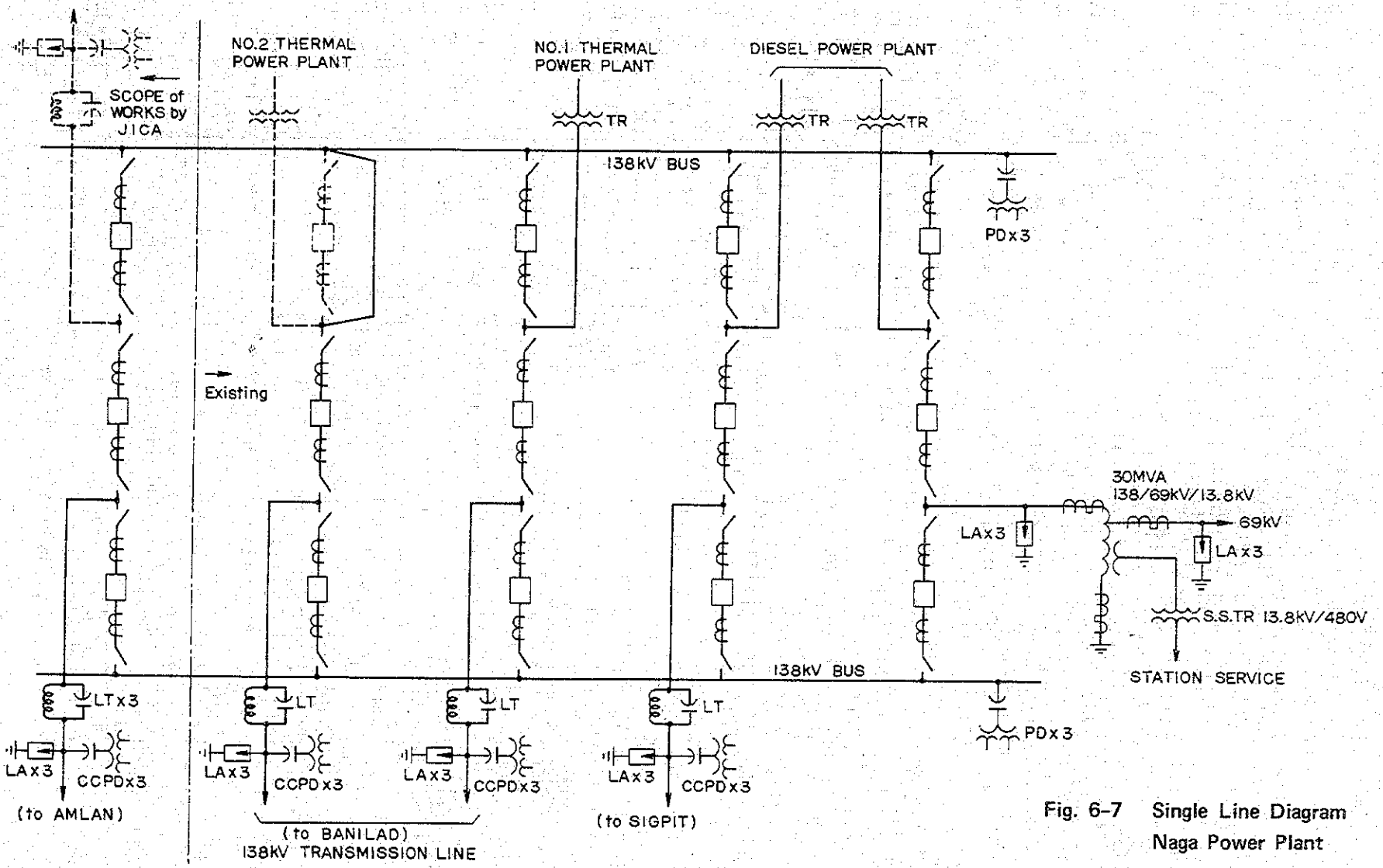


Fig. 6-7 Single Line Diagram
Naga Power Plant

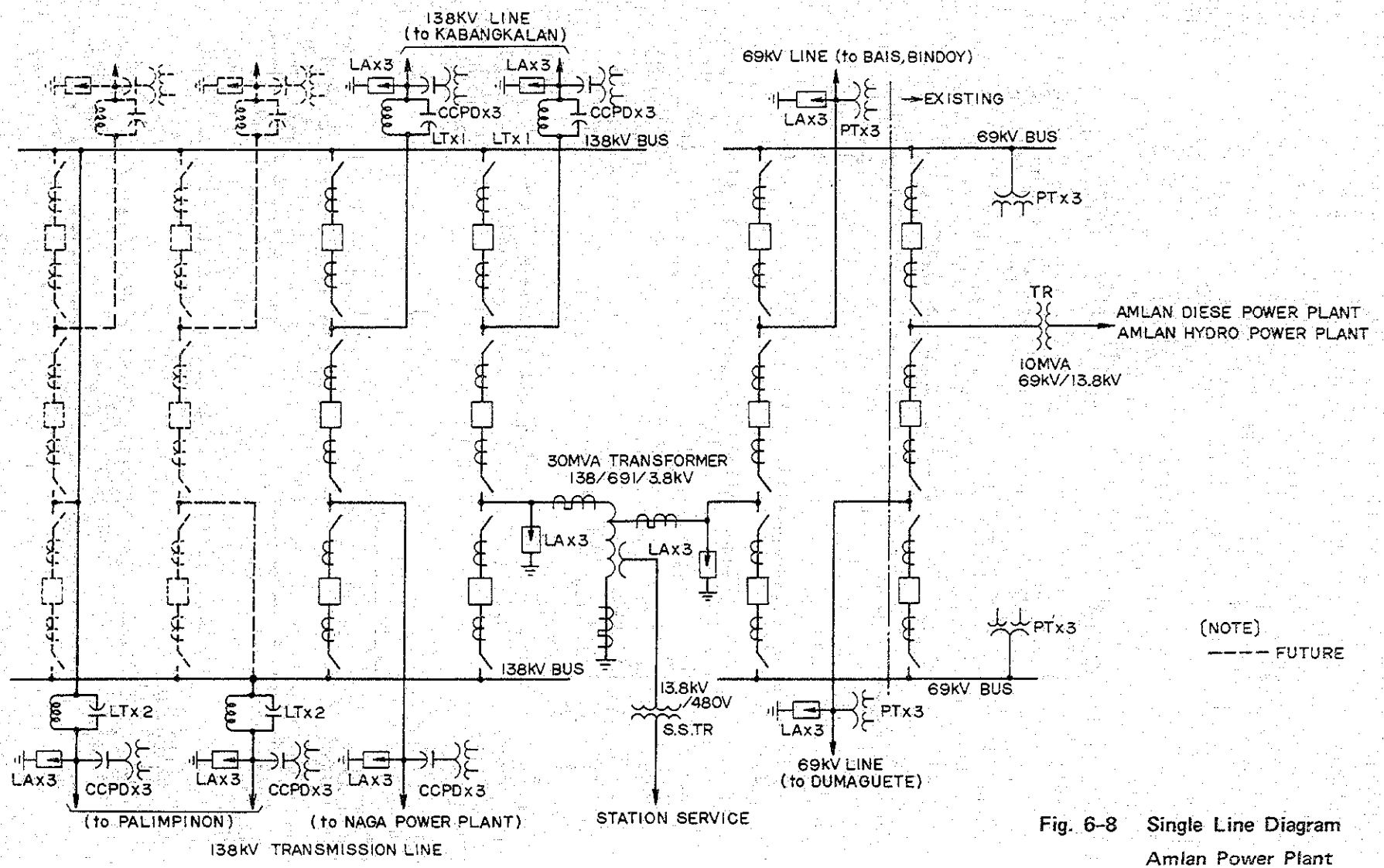


Fig. 6-8 Single Line Diagram
Amlan Power Plant

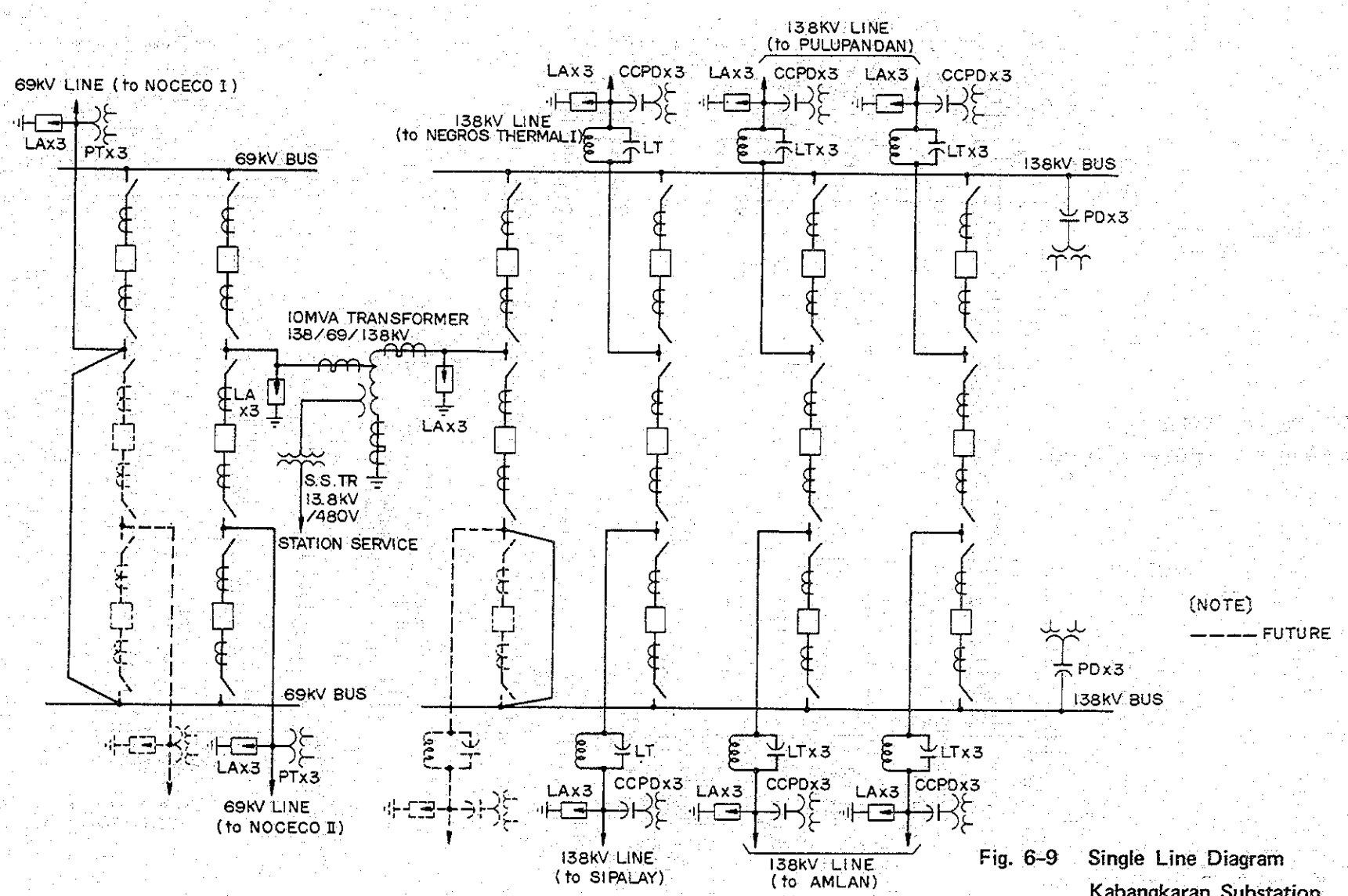


Fig. 6-9 Single Line Diagram
Kabangkaran Substation