

第 4 章 海洋条件

第4章 海洋条件

1. ジャワ海の自然条件の概要

1-1 海洋・地質の特性

本海底ケーブル建設計画のルートは、Kalimantan 東部および南部から Makassar 海峡を東西に横断し、Sulawesi 西部に至る海域である。

Kalimantan は Borneo の西岸・南岸及び東岸を成し、インドネシア国の中央部に位置している。また、Sulawesi は Borneo の東方に位置しインドネシア国で4番目に大きい島で、その形は不規則かつ奇異で島の中央部から四つの長い半島が突き出して島の東側に3大湾を形造っている。

この海域の北西部においては、浅水域の Jawa 海と Borneo にある古いしゅう曲山脈の下に、比較的安定した地殻の塊があり、この塊の南側と東側をいわば取り巻くようにして、インドネシア系の若いしゅう曲山脈があり、Jawa とそこから東方へ Banda 海に至る Nusa Tenggara の諸島及び Sulawesi とその東方の諸島を形成しており、一部は海面下にある。これらの環状の山脈は、周囲を囲まれたいくぶん深水の海盆 (basin) を多数抱いており、また、これらの海盆は多様な水深を有する岩床で分離されている。このしゅう曲山脈地帯は、インド洋側では、Jawa と Nusa Tenggara の近くをこれらに並行して走る2海溝から成る1狭帯が、その限界となっている。これらの海溝の海底は引き入れ地帯 (subduction zone) であることを示しており、これに沿って、インド洋の下にある地殻の岩板は、現代の地学的手法であるプレートテクトニクスによって、インドネシア諸島の下に深く引き込まれつつあると分析されている。この引き入れ現象は、インドネシア諸島の特に南部と東部に火山活動や地震が頻発する原因となっている。(図4-1参照)

Jawa 海及び Borneo 東岸に面する Makassar 海峡西部の浅水域における海底の状態は、河川からの流出土砂が浅水域に堆積していく作用、並びに流出土砂の堆積地から比較的離れた所で珊瑚が成育していく作用による影響を受けることが最も多く、沖合の小島や浅瀬の付近には岩又は石のパッチが多少ある。又、Borneo 南岸と Jawa 北岸に沿っては、珊瑚パッチが多少あるが、この棚 (shelf) の東縁沿いを除いて広大な珊瑚域はない。これは珊瑚の成育を抑えがちな沖積土が優位を占めているためと思われる。この海底は主として泥又は泥と砂の混合から成り、その上の所々が貝殻の海底となっている。しかし、この棚の

東縁沿いの Little Paternoster Is. から Kpn. Kangean までは、砂底のほうが泥底より多い。このよく澄んだ海水は珊瑚の発育を可能にしており、そのため珊瑚は広大な険悪地や多数の分立小パッチを形成している。

南緯 $5^{\circ} 00'$ 以南の Slt. Makassar 東南部から Flores 海に移行する地帯は、島や岩床で分けられた一連の急深な海盆からなっている。数か所に広大な分立浅堆があり、その中で特に目立つものは Kpn. Tengah と Kpn. Liukang, 及び Pu. Kalukuang ($5^{\circ} 12' S, 117^{\circ} 40' E$) にある無名の堆で、この 3 堆に囲まれた海域に数個の小堆がある。これらの堆はすべて Sunda Shelf の縁から東方に伸びる水深 550 m 未満の棚上にあると思われる。これらの堆に加えて、分立した幾つかの小浅瀬や小島が深水域から急に高まっている。これらは恐らく海底死火山の頂きである。これらの浅瀬及び堆の浅水部の底質は珊瑚であるが、その深水部の底質は泥で、これは Nusa Tenggara の火山から直接又は間接的に出てきた物質によって主に形成されたものである。

1-2 地震

インドネシアは、基本的にユーラシアプレート上に乗っているが南方からのオーストラリアプレートと西方からのパシフィックプレートとがせめぎあっている。従って、地殻変動による地震と火山が多い。年間に 400 回ものマグニチュード 4 程度の地震があり、時には災害を発生する大きいものもある。発生する所は、オーストラリアプレートが沈下するジャワ海溝の一带と、パシフィックプレートが押し寄せてくる北東部に集中している。

Sulawesi の北部域は、世界地震活動地域の地震危険度 MAP によると強震発生地帯となっている。

Sulawesi 側の Palu 付近は北西から南東に伸びる活断層帯で、現在でも活動的でマグニチュード 4 以上の地震が数多く発生している。

1968 年 8 月 14 日 Palu 沖で発生した地震 (マグニチュード 7 $\frac{1}{4}$) による被害は、北部の Tg. Labeia, Tondo で、波高約 3 m の津波が記録されており、また、Palu 近傍の死者は 200 余名であった。

Slt. Makassar 付近の地震観測所における地震感知回数、1985 年及び 1986 年に STASIUN GEOFISIKA GOWA で発表している地震発生位置図、およびユーラシアプレートとオーストラリアプレートのプレート境界地震をほぼ 20 年間毎にプロットしたものをそれぞれ表 1-1, 図 4-2 に示す。

表4-1 地震感知回数

	遠隔地震	$4 > M$	$4 \leq M$	$M = ?$
PALU	386	1161	123	1515
UJUNG PANDANG	172	194	30	537
BALIKPAPAN	132	—	—	—

※ 遠隔地震距離 $\geq 1,200$ km

海底地震の際に海底ケーブルが切断されることがある。1929年のGrand Banks ニューファンドランドの南約400 km付近の海底地震のときには、この地域に密集していた6条のケーブルが、地震後13時間にわたって順々に南へきれていった。この切断は深海平坦面や、大陸斜面の麓の扇状地、更に遠くの深海平原でも起こった。Heezen & Ewingの説によると、地震の衝撃により大陸斜面上に地滑りとそれに伴う混濁流が起き、それがケーブル切断事故につながるのとことである。オルレアンスビルの海底地震でもこれと似た例が知られている。

国際ケーブル保護委員会(ICPC)が発表しているインドネシア近辺の地震による海底ケーブル切断事故例を次に記す。

- (1) Guam (アメリカ) ~ Madang (ニューギニア)
 - 1) 1970年11月20日
 - 2) 1979年6月26日
- (2) Madang (ニューギニア) ~ Cairns (オーストラリア)
 - 1) 1968年10月1日
 - 2) 1970年11月15日
 - 3) 1978年2月13日
 - 4) 1979年6月26日
- (3) 沖縄 ~ 台湾
 - 1) 1986年11月14日
- (4) 台湾 ~ Guam (アメリカ)
 - 1) 1986年11月14日

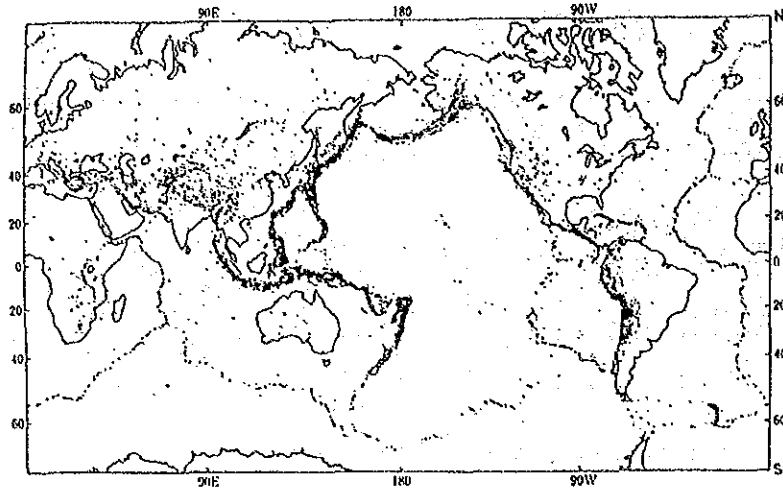
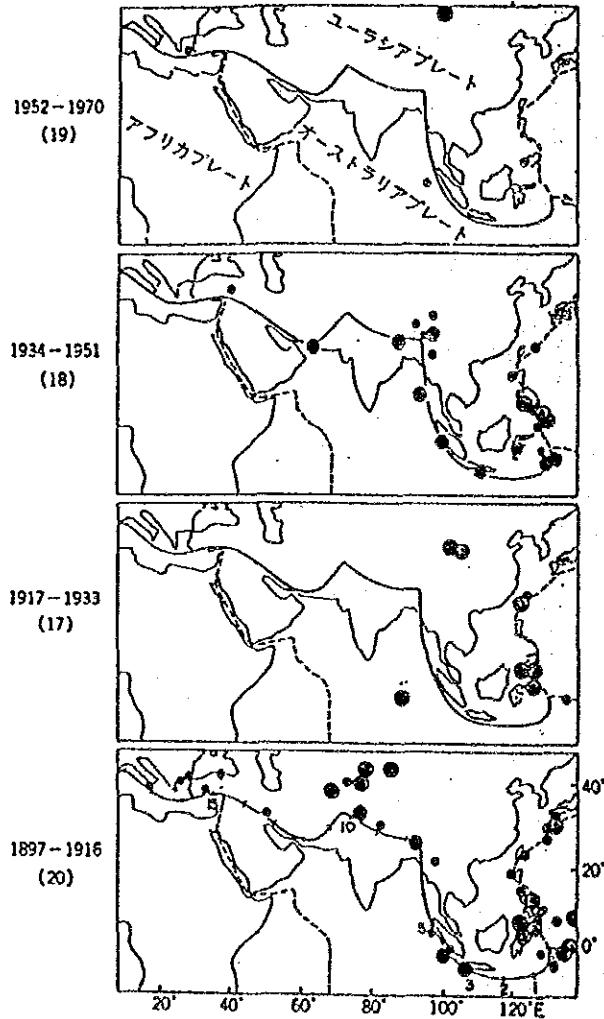


図 4-1 世界の地震分布図



ユーラシアプレートとオーストラリアプレートのプレート境界地震をほぼ20年間毎にプロットしたもの。明瞭な活動期と静穏期を繰り返す。

大きい○ : $M \geq 8.0$

小さい○ : $8.0 > M \geq 7.7$

(茂木, 1974年)

図 4-2 プレート境界地震(20年毎)

2. 漁業活動

漁業活動に関して、Banjarmasin、Ujung Pandang の、それぞれ漁業局 (PERIKANAN) と総合開発局 (BAPPEDA) からの情報は以下の通り。

(1) 海底ケーブルに障害を与える可能性の大きいトロール漁業 (底引き漁業) は、大統領令 (1982年1月) により、1983年1月1日以降インドネシア全水域で禁止されている。但し、海面下12m以浅の中層トロール漁業は操業可能である。

(2) 全ての漁業は、距岸30海里以内に限られる。

(3) 漁法としては、BAGAN、漁網、一本釣等がある。

これらの情報を基に現地踏査を行った。

漁船は1トン未満の小船が多く、1部落の船数は20～30隻程度である。陸揚予定地付近の漁業活動は距岸2～3海里付近まで行われている。

BAGANは水深10m以浅で竹、木により造られたしかけ (建造物) を使用した誘い込み漁法である。この漁法は特に Balikpapan 周辺海域で多く散見した。

漁船は Borneo 南東岸の沖合海域によく集まる。また、いづれの海域においても、小船による漁業活動は盛んである。

1986年の Banjarmasin ～ Surabaya 間の海底調査時に距岸30海里以上沖合で竹製の浮き漁具を散見している。このような漁業活動は違反行為であるが、これらを完全に取締まる事は不可能である。

海底ケーブルの防護として、ケーブルの外装を強化したり、ケーブルを埋設するなどの対策が必要である。

3. 船舶活動

Makassar 水道は、Borneo 東岸とその東方の Sulawesi 西岸との間にある主要な船舶通行路である。この海峡は2° S. と3° S. の緯線間では Little Paternoster 島により2水道に分けられている。西水道は幅10海里で非常によく使用されている。東水道は二つの183m (100 fm) 等深線の間であり、最小幅22海里で非常に深水である。この水道は全ての船舶に広く使用されている。自船の喫水からして Malacca 海峡及び Singapore 海峡を通航できない超大型タンカーは、インド洋から Bali と Lombok 間の Lombok 水道を通り、Makassar 水道を北方へ運航する。

Makassar 海峡を航行する船舶は、インド洋から Philippines 海域にぬける大型船

や Kalimantan から Sulawesi 間を結ぶカーフェリーや貨客船、また、両島の周辺を結ぶ貨客船等が運航している。

本海底ケーブル建設計画の Plan-1, Plan-2 の陸揚候補地付近には, Banjarmasin, Balikpapan, Ujung Pandang, Pare Pare, Palu 等の主要な港がある。

Banjarmasin は, Kalimantan における最も重要な貿易の中心地の一つである。喫水 37m の沿岸航行船は, Banjarmasin の各埠頭に横付け出来る。

Balikpapan は, 大きな精油所のある石油企業基地である。貨物船及びタンカーのための十分かつ近代的な横付け繫船施設が設けられている。

Ujung Pandang は, Sulawesi 西岸での最重要港である。この港は市街地, 小型船用船だまり及び大型船用停泊施設からなっている。大型船用の外方錨地は防波堤の西方にある。

Pare Pare 港は, Pare Pare 湾口の内方にある。村落は東側にあつて, 行政本部がある。

南部 Sulawesi 州は, Pare Pare 近傍に於ける工業開発や, Tana Traja を中心とした観光開発に力を入れており, Pare Pare 港は港湾施設等の拡張計画がある。

Palu は, 大きな村落で Palu 湾奥の川の西岸にある。通常の錨泊地は Palu の北東方約 1 海里にある。Palu 湾にはこの他に, Wani, Mamboro の沖合, Panteluan の沖合等に, 錨泊地がある。

海底ケーブルの陸揚候補地は, いづれも港から離れた所に選定したので, 各々の港から出入りする船舶が海底ケーブルに直接影響を与えることはないと思われる。

4. 海洋石油開発

海洋石油開発は Kalimantan 側で盛んである。特に Plan-2 の Balikpapan 近傍で盛んに進められている。また, 原油の産出量は日産 50,000 バレル以上である。

Balikpapan 付近の計画海底ケーブル・ルートは, 北側の石油開発会社 TOTAL (フランス) の Bekapai Field, 南側の石油開発会社 UNOCAL (アメリカ) ・ Sepinggan Field の間を通過する。沖の Platform と陸側は送油管で結ばれている。

現時点では, Plan-1 近傍の海洋石油開発は実施されていないが, PERTAMINA は近い将来南東 Kalimantan 沖の Jawa 海で海洋石油開発を再開する計画を持っている。

石油開発鉱区内では、移動式石油掘削装置を使って作業を行っている。この作業に伴い浮標や灯浮標が同装置の付近に設置されている。この装置や浮標の位置はよく変更され、同装置が確認された場合はNAVAREA-XI航行警報で知ることができる。

インドネシアの石油関係者の見解によれば、石油開発の鉱区内であっても先に工事や開発に着手した方に優先権があり、もし先に海底ケーブルが布設されていれば、石油掘削地点やその諸設備は海底ケーブル・ルートを避けなければならない。しかし、石油やガス開発が急務の場合は、石油開発側はケーブルの移設に関して、それ相当の補償をする必要がある。

深海底のマングンやコバルトクラスト等の資源については、未開発分野となっている。

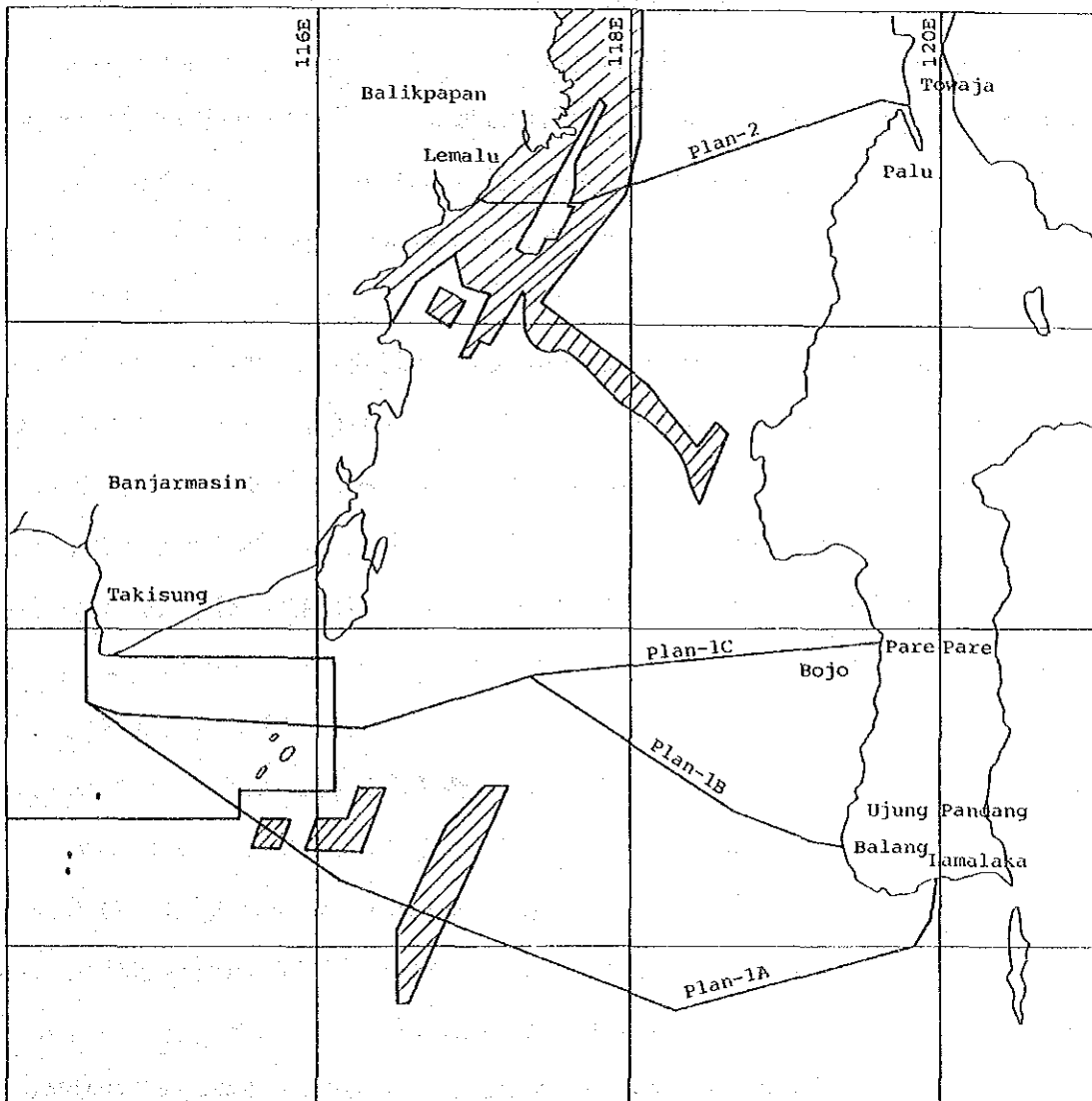


図4-3 石油開発鉱区

5. 機雷による危険海域

本調査対象の区域には、第二次大戦中に敷設されたままの機雷が未だに存在する。年月の経過に伴い、現在ではこれらの区域内での水上航行に対する危険度はもはや航海上の通常の危険物としては考えられないが、投錨・漁業又は海底での作業に対し、危険性は皆無であるとは考えられない。従って、未掃海海域を含むルートが選択された場合は、ケーブル布設工事に先立ち、磁気探査を行うことにより機雷の有無、位置を確認し、ケーブル・ルートを安全な距離だけずらすか、ケーブルを埋設しない工法等により危険から回避する必要がある。

6. 気象及び海象

6-1 気象(風・天候)

Kalimantan 南岸沖合の Jawa 海における風は、4月~11月間は西部では東南東から、中央部では東から、東部では東南東~南東から吹く。北西季節風は西~西北西から吹き、南東季節風よりも風力が大で12月~3月の間持続する。季節風の移行期には、スコールや雷に出会うことがある。

Makassar 海峡内の Borneo 東岸における両季節風は、Borneo 南岸沖合の Jawa 海におけるものよりも著しく弱い。Borneo 及び Sulawesi の海岸近くでは海風と陸風が年間を通じて吹く。従って、局地的な地形の特長及び海岸線の方向が、その時に海峡内を吹いている風の風力及び風向に大きく影響を与える。陸風はほぼ地方時の 19:00~07:00 に、海風は 10:00~17:00 に吹く。季節風が強く吹く風下の沿岸では陸風が起こらないことがある。

海峡南部及び Sulawesi 西岸沿いでは、南東季節風が、4月に吹き始めて北東~南東から吹く。静穏又は北西風となることが時々ある。この不安定な天候は6月まで続き、このころになると風はやや規則的に南東から吹き始め、時には南西から吹くように変わる。6月中の夜間には風は殆ど東~南東となるが、南~南西からも吹く。これらの風はうねりを起こし卓越する南流とは反対の方向に吹くため三角波(chopping wave)や荒波が起こる。

9月・10月には風と波が弱まり、風は東~南から変わって11月には西から、12月には南西~北西から吹く。しかし、これらの風は確実なものではない。

北西季節風は1月に最盛期となり北西から吹く。強いスコール、多量の雨及び激しい風浪が発生するが、2月には衰え始める。3月には北西~北東及び東からの風力2程度の軽風となる。スコール及び雷は12月に発生する。

12月～3月間は多雨月とみなされるがその他の時期にはスコールはない。7月～9月間は乾季といえる。

海峡の北部では風力は更に弱い。北及び南南西からの季節風は不安定で、Sulawesi 海及び Jawa 海を循環する風に大きく左右される。季節の変化ははっきりせず、多量の雨が降る。

5月には南南西寄りの風が吹き始める。これらの風は時には西～北西に変わり、やや変化しやすく不安定である。

この季節風は10月には衰えて11月に最も弱くなり、風向も時々北～北東に変わる。12月における一般的な風向は北西で1月には北、2月には北北東の風がやや安定して吹き、4月には風力が衰えて静穏で、かわりやすい弱い風が吹く。

海峡の北部では、南部よりも曇天の日は少ないが、雨量はずっと多くてより持続性がある。降雨は海峡の Sulawesi 側よりも Borneo 側のほうが多い。雨季は11月～3月で乾季は7月～9月である。スコールや雷は稀であるが、もやが発生する。

6-2 海象（海流・潮流）

Borneo 南岸に沿う流れは潮流と季節風海流とが混合したものである。高潮時には潮流は西方に流れ、ほぼ低潮時には東方へ流れる。北西季節風期には東流が卓越し、南東季節風期には西流が卓越するものと考えられる。季節風海流は流速1kts を越えることはほとんどない。

Borneo 南岸における潮汐はほとんど日周潮（diurnal tide）であるが、非常に小さい潮差（tidal range）の2回目の潮汐が時に起こることがある。11月・12月及び1月には最高の潮高が、また7月及び8月には最低の潮高が観測されている。

Slt. Makassar における潮汐は、海峡の南東部を除き、卓越する半日周潮（semi-diurnal tide）と日周潮（diurnal tide）との混合潮である。この現象は Borneo 沿岸では海峡の南部で、Sulawesi 沿岸では海峡の北部で最も顕著である。

海峡南部では上げ潮流（flood current）は北方へ、下げ潮流（ebb current）は南方へ流れる。Slt. Makassar の広い部分の海流は年間を通じて一般に南流又は南西流である。常時ではないが、稀に海峡の東側で Sulawesi の海岸に向かって強く流れることがある。年間を通じての平均流速は約0.8 kts であるが月によっては多少の違いがある。最強流速は2kts が記録されている。南東季節風期（4月～10月）には海流は Borneo 東岸全域に沿っ

て Tg. Mangkalihat 南方まで北方へ流れ、そこから南東方及び南方へ転じて通常の南流に合流する。

南東季節風が強吹している時又は後では、Balikpapan の湾口沖合の北流は流速 1.5 ~ 2 kn に達し、又、Little Paternoster Is. の外方の島 Pu. Balabangan の沖合では、南流が流速 2 kn に達することが観測されている。

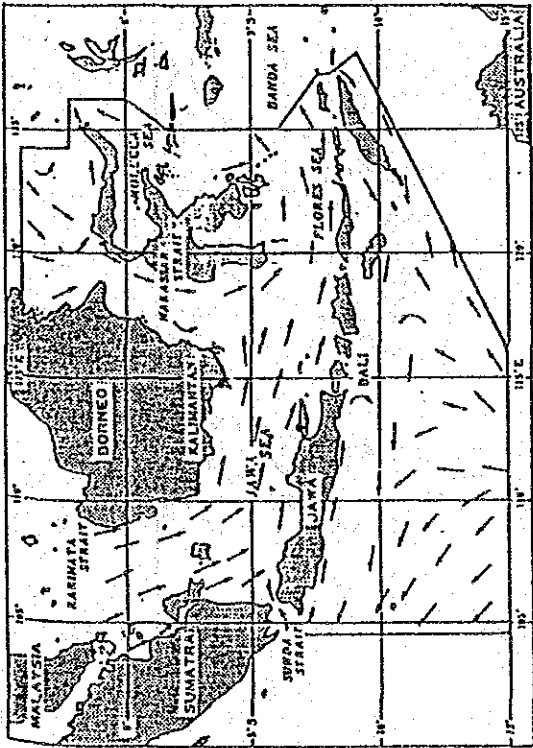
海峡南部では南流の流向は卓越する季節風に影響される。

風が長く連吹した後では表面流はかなり強くなり、又、時には卓越する流向の反対方向になることがある。しかし、この風が弱まると通常の流れがいくぶん流速を増加して再び流れ始め、この流れは潮流によって加速又は減速される。図 4 - 4 に季節風と潮流の関係を示す。

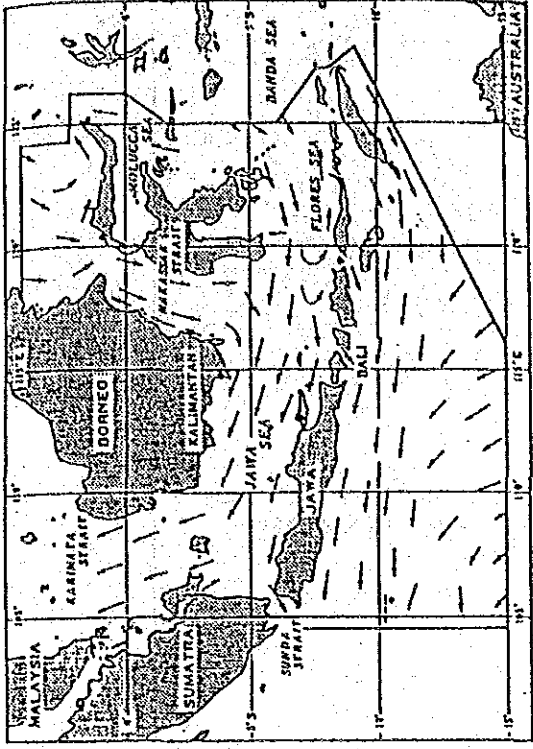
海水温の値は時と場所によって殆ど変わらず、26 ~ 28℃ の範囲内にある。個別の観測では稀に 30℃ を越え又は 25℃ 未満になることがある。

海水は 4 月と 5 月に最も高温となり、9 月に最も低温となる。

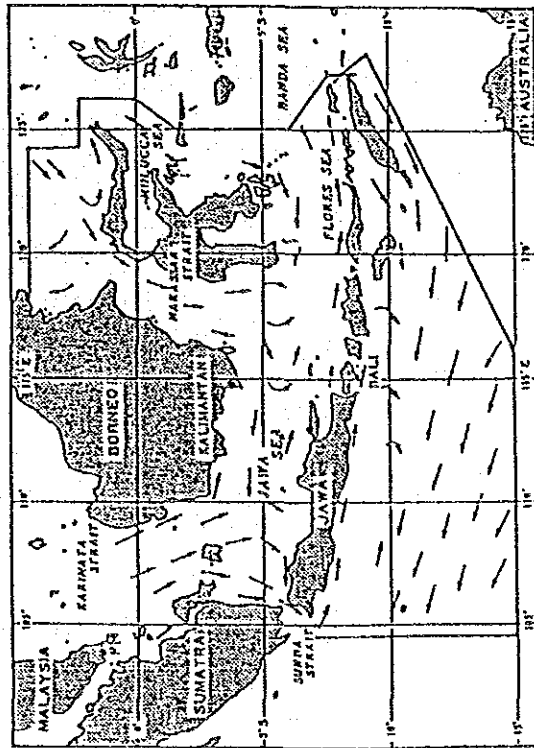
海水温とその上の気温との間における平均温度差は海水温のほうが気温より通常やや高いが、この差が 1℃ を越えることは稀にしかない。このことはこの海域に霧が発生しないことを示している。図 4 - 5 に平均表面水温の概況を示す。



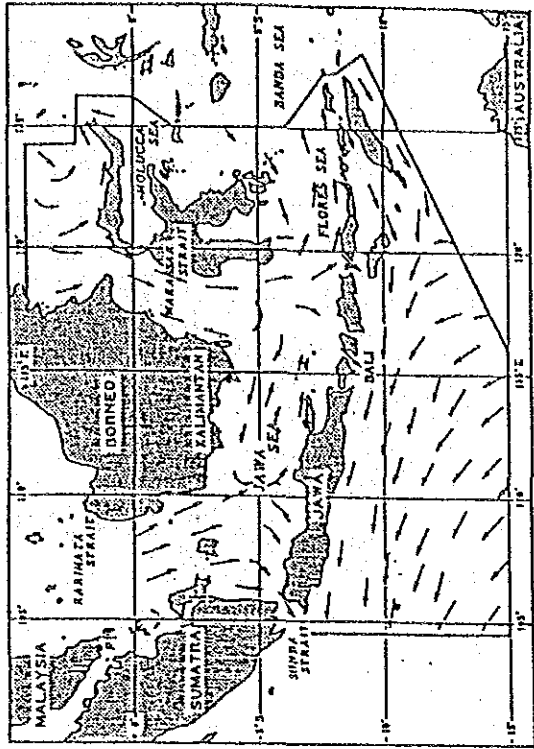
NW Monsoon (February)



SE Monsoon (August)



Monsoon in Transition (April)



Monsoon in Transition (October)

图 4-4 海流概况图 (英版水路誌)

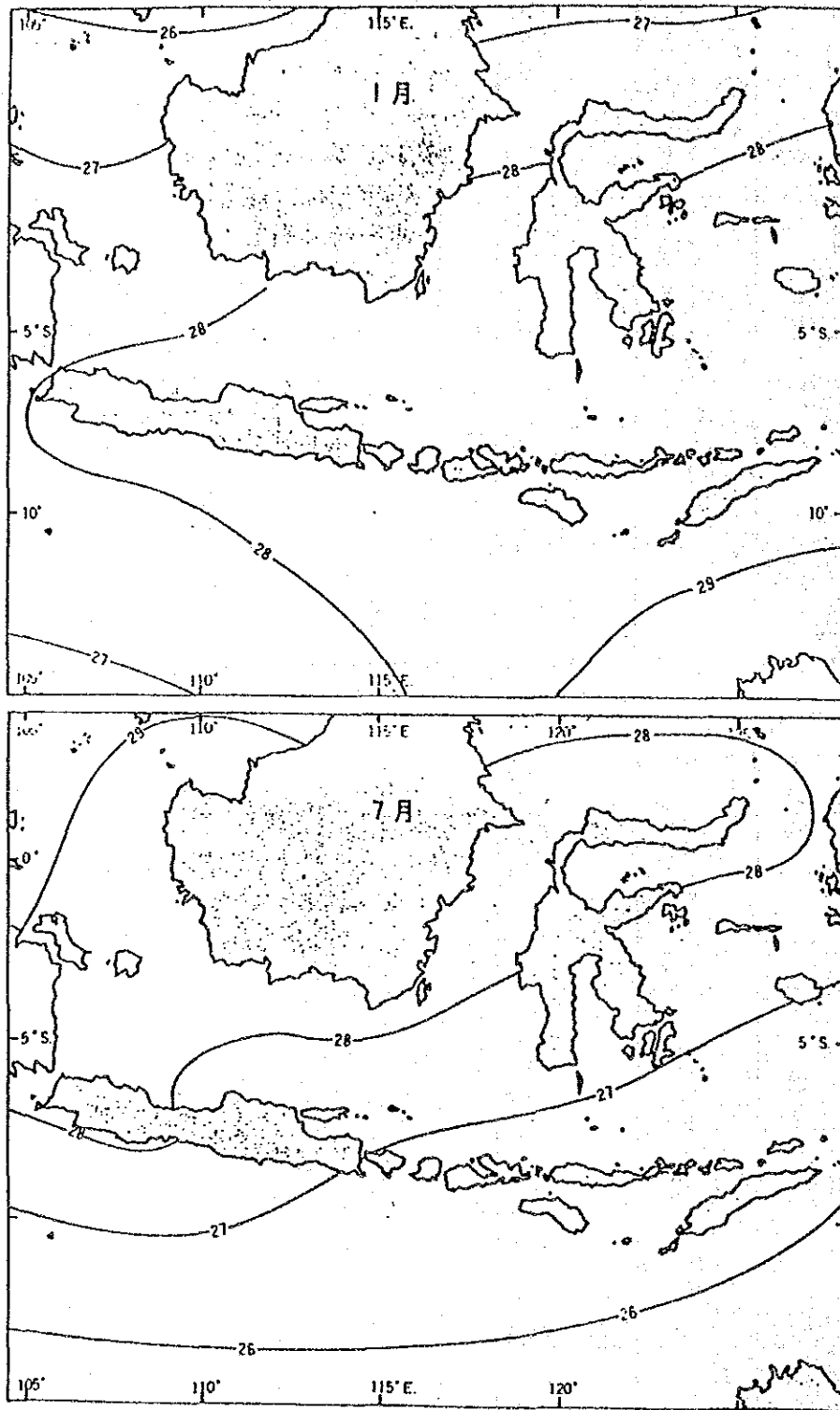


图 4-5 平均表面水温图 (°C)

第5章 システム基本計画

第5章 システム基本計画

5-1 海底ケーブル・サブシステムの概要

5-1-1 光ファイバー海底ケーブル方式開発の現状

波長 $1.3\ \mu\text{m}$ を使用する第1世代の光ファイバー海底ケーブル方式は、1985～1986年にわたり、先進数ヶ国で短距離システムの商用試験を終え、引き続き1988年には国際回線として TAT-8 大西洋横断ケーブル、TPC-3 太平洋横断ケーブル等の長距離システムの実用化が計画されている。

一方、第1世代の光ファイバー海底ケーブル方式に代り $1.55\ \mu\text{m}$ の波長を使用する第2世代のシステム開発が、現在先進数ヶ国で活発に進められている。この方式は $1.3\ \mu\text{m}$ を使用する方式に比較して、光ファイバーの低損失化、半導体レーザの高出力化、受光素子の高感度化などにより、中継間隔が2倍程度に伸長され、システムの経済化が期待されるものと考えられる。現在それ等の国々では、1990年以降の実用化を目途に検討が進められている。

5-1-2 光ファイバー海底ケーブルの特徴

光ファイバー海底ケーブルシステムの特徴を次に述べる。

- (1) 光ファイバーの伝送損失は極めて低い。
- (2) 高速度のデジタル信号を長距離にわたって伝送できる。
- (3) 大きい伝送容量が得られる。
- (4) 光ファイバー海底ケーブルシステムの建設費は、従来の同軸海底ケーブルに比較して割高であるが、回線容量は同軸ケーブルに比較して大きいから、回線当りの建設費は同軸ケーブルより低い。
- (5) システム寿命が25年なので、デジタルマイクロウェーブ無線システムに比較し建設費が割高となるが、経済比較上充分割に合う。
- (6) 新技術を用いて将来実効的な回線増する事も可能である。

現在、国際通信回線網では光ファイバー方式によるデジタル伝送路を多重化し、電話回線をより効率的に使用するデジタル回線多重化装置の開発が先進諸国で進められている。

本デジタル回線多重化装置の概要を資料-Vに示す。

5-1-3 光ファイバー海底ケーブルの方式の選択

A. (280 Mbps × 1) と (280 Mbps × 2) の比較

第3章需要予測に基づく本海底ケーブルに必要な回線数は、2004年には電話チャンネルに換算して3,621回線、2019年には6,156回線と予測されている。

光ファイバー280Mbps海底ケーブル方式では、1システムの最大回線容量は3,840回線であるが、回線分割損を見込むと3,400回線が使用可能となるので、本システムに導入した場合、2003年で満杯となり、システム耐用寿命の終期における回線を充足するには、2システムの回線容量が必要となる。従って、ここで当初より280Mbps × 1システム導入する場合と、280Mbps × 2システム導入する場合の比較をする。

a. 財務・経済分析からの考察

280 Mbps × 1 : 第8章で述べるようにF-IRR, E-IRRとも18%以上の高い効率が得られる事を証明している。

280 Mbps × 2 : 280 Mbps × 1に比較して創設費が約25%上がるものの2004年以降の電話収入がそれ以上に伸びる事から、2019年まで空容量がでてくるが280 Mbps × 1同様高いF-IRR (18.21%), E-IRR (20.03%) が得られる。

本文第8章、財務分析での検討結果によると、(280Mbps × 1)システムと(280Mbps × 2)システムの利益の黒字転換年は、前者の1997年に対し後者は2001年以降となる。

又、2000年末における投資回収額(FIRR)を比較すると、

(280 Mbps × 1) : 61億Rp

(280 Mbps × 2) : 56億Rp

となっており、両システムのFIRR/EIRRに差はないものの、財務面で(280 Mbps × 1)の方が有利であるといえる。

b. 電気通信技術の進歩からの考察

現在、国際的に標準化されている海底ケーブルシステムの伝送速度は280Mbpsである。しかし、技術の急速な進歩により、より高速でより安価なシステムが近い将来開発されると考えられる。この場合、遠い将来、例えば25年後、の需要を見合いで初期から回線を見込む事は得策ではない。

c. 通信網構築上の考察

280 Mbps × 1 : 2004年でシステムは満杯になるため、それ以降は別ルート of 海底ケーブルシステム、又はマイクロウェーブ無線システムによってトラフィックを分割する事になる。この場合、どちらかに断線事故があっても、もう一方のルートによってトラフィックは疎通されるので、全断事故となる可能性は少い。

280 Mbps × 2 : 2019年には6,000回線以上の回線が収容される事になる。ケーブル断線事故が発生すると全回線断になり、その結果第10、第11および第12通信局は衛星回線を除いて孤立化してしまう。

以上の観点から本計画では280 Mbps × 1システムを採用し、2005年以前に別ルート of 海底ケーブルシステム、またはマイクロウェーブ無線システム、ほかは他のメディアでトラフィックを分割する事で考える。

又、将来、前述の「デジタル回線多重化装置」の実用化によって、既設280 Mbps × 1の容量、3,840回線を実効的に電話回線のみを4～5倍にする事も可能になると考えられる。

B. (1.55 μm波長システム)と(1.3 μm波長システム)の比較

第2世代の1.55 μmの波長を使用する光ファイバー海底ケーブル方式は、1.3 μmの波長を使用する第1世代のシステムに比較して、中継間隔を伸長できる分だけ経済的であると考えられるが、現時点では実用化の時期、および機材価格等が不明であり、本調査でのシステム導入は困難である。したがって本調査では、十分実績のある1.3 μmの波長を使用する光ファイバー280 Mbps海底ケーブル方式を適用することとする。なお、詳細設計を行う時は第2世代のシステムが採用できるかどうか検討する必要がある。

5-2 海底ケーブル・サブシステムの寿命および信頼性

今日開発済みの最大区間長8,000 kmの長距離システムは、25年の耐用寿命を持つように設計されており、また主要伝送路である海中設備の信頼性は、システム寿命である25年間にシステムを構成する部品の故障による修理が3回以下であるとされている。

カリマンタ～スラウェシ間を結ぶ4つの計画された光ファイバー海底ケーブルの各システム長は、すべて1,000 km未満となっており、前記長距離システム用として設計された海中設備をそのまま適用すれば、システムの寿命および信頼性は次のとおりとなる。

- (1) システムの寿命 25年
- (2) 信頼性 システムを構成する部品の故障による修理は、寿命期間中で1回以下

5-3 提案される海底ケーブルシステムの諸元

- (1) Line-Bit-Rate : 295.6 Mbps
- (2) チャンネル容量 : 3840/3780 ※(※印は Non Cept/Hybrid Hierarchy)
- (3) 波長 : 1.3 μm
- (4) 中継間隔 : 59.5 km
- (5) ファイバーの種類 : シングルモード
- (6) 光源 : レーザダイオード
- (7) 光識別 : APD (Avalanche Photo Diode)
- (8) 中継器監視方式 : ループバック監視方式
- (9) 電流供給 : 1.6 A
- (10) 電気信号インターフェース : 139.264 Mbps CCITT 勧告 G 703
- (11) 平均ビット誤り率 : 1×10^{-8} 以上

5-4 基本的な端局構成例

280 Mbps システムの端局装置は、ケーブル終端装置・給電装置・伝送端局装置・監視装置等で構成される。各陸揚局における必要な端局装置の数量は次のとおりである。

表 5-1 端局の装置構成例

端 局 名	架 数
光ファイバー伝送端局装置	1
打合せ装置	1
給電装置	5
終端装置	1
ケーブル障害位置探査試験装置	1
監視装置	1
監視卓	1
計	11

5-5 電源設備

各陸揚局における電源設備は、海底中継器・伝送端局設備のほか機械室内の空調、照明等へ電力を供給する必要がある。

カリマンタン側の陸揚局候補地としてのTakisungは、スラバヤ〜バンジャルマシム海底ケーブルルートの陸揚局でもあり、現在建設計画が進行中である。その計画の中で、電源設備は既に本プロジェクトの必要な電力容量にも対応できるように、エンジン／ゼネレーターだけは75 KVAの容量をもつ設備を3台設備するよう計画されているので、本プロジェクトとしては、整流器および蓄電池を追加すればよいこととなる。

一方、計画されたその他の陸揚局では、50 KVA容量のエンジン／ゼネレーター3台と整流器および蓄電池を設置する必要がある。

5-6 給電用接地システム

光ファイバー海底ケーブルシステムでは、中継器を作動させるために1.6アンペアの定電流が必要とされる。この定電流を中継器に給電する給電装置に対し、陸揚局の周辺に安定した接地抵抗を有する接地システムの設置が必要である。

一般にこの接地システムには、1オーム以下の接地抵抗が要求される。またこの接地システムが故障した場合、直ちに局舎アースに切替えられるような自動切替装置が必要である。

5-7 海底ケーブルの設計

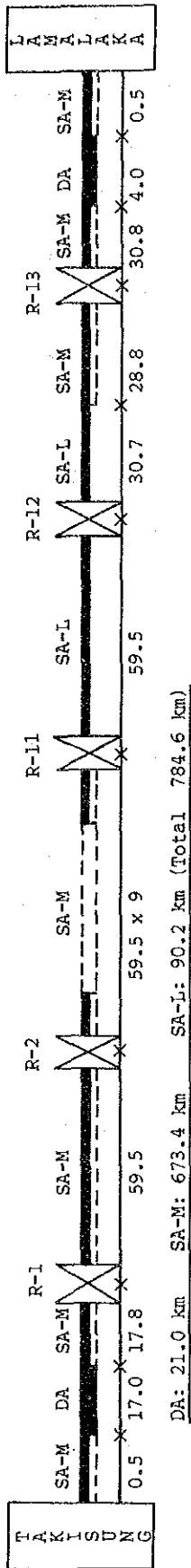
本通信システムは、計画された各伝送ルートの陸揚局相互間を結ぶ海底ケーブル区間および各陸揚局と両市外電話交換局を結ぶ、2つのバックホール区間で構成される。

海底ケーブル区間は、280 Mbpsシステムのパラメータを基本として、次のとおりシステム設計を行った。

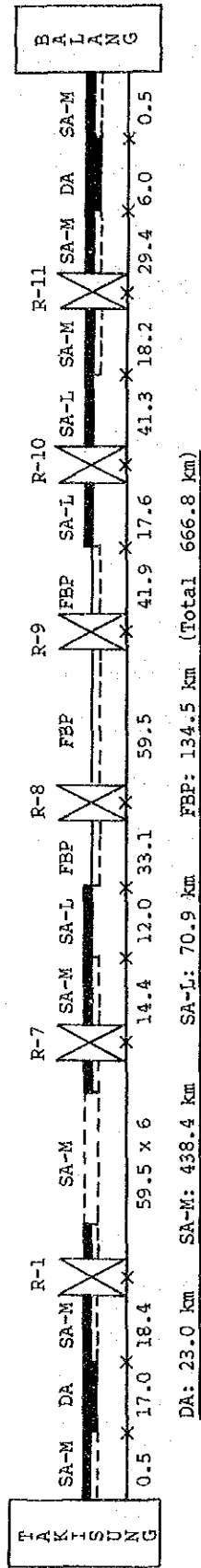
システムを構成する陸上部ケーブル、海洋部ケーブル、海底中継器についてケーブル種別、ケーブル長、数量等を図5-1に示す。これらを構成するに当たって考慮した諸事項は次のとおりである。

- (1) 海洋部ケーブル長は、平均ケーブルスラック量1.5%を含むとともに、陸揚地点から両陸揚局までの陸上ケーブルをそれぞれ500 mとした。
- (2) 海洋区間については、将来の修理によるケーブル損失の増加分も考慮して、中継器と中継器の間隔は59.5 km、陸揚局端局から最初の中継器までの間隔は最大44.93 kmとした。
(表5-2参照)

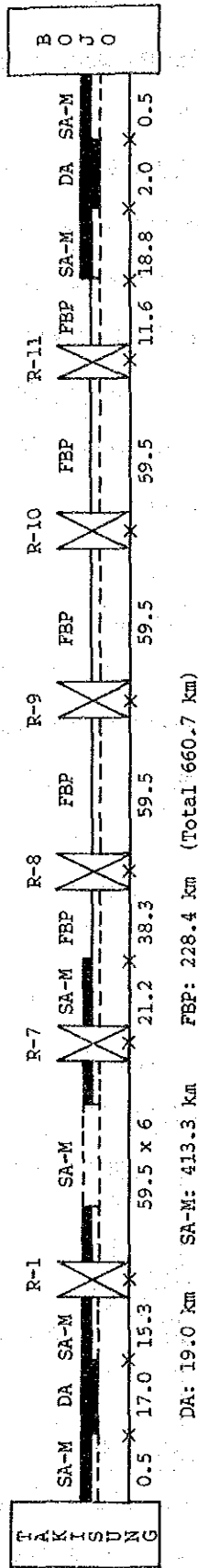
Plan-1A Takisung ~ Lamalaka



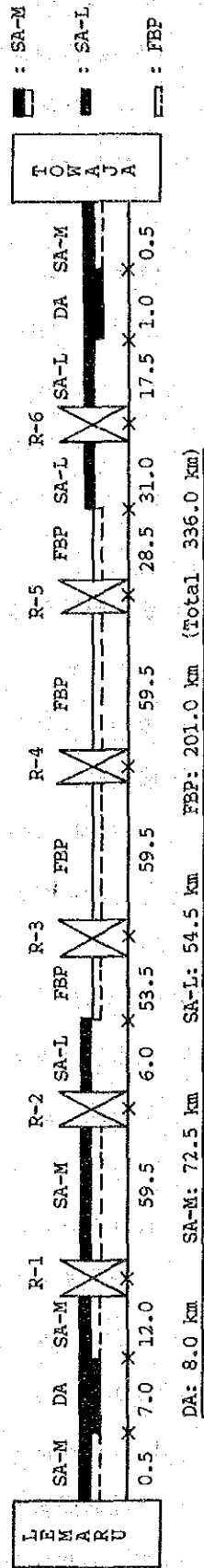
Plan-1B Takisung ~ Balang



Plan-1C Takisung ~ Bojo



Plan-2 Lemaru ~ Towaja



DA

SA-M

SA-L

FBP

R : Repeater

図 5-1 海底ケーブルシステム構成

- (3) ケーブルの保護対策として、水深20mまでは二重外装ケーブル(DA)を使用、水深500mまでは一重外装メディウムゲージケーブル(SA-M)を、1,000mまでは一重外装ライトゲージケーブル(SA-L)を、1,000m以深はサメ対策用(シャークバイト)に開発されたFBPケーブルを使用することとした。

「注1」二重外装ケーブル：Double Armoured Cable (DA)

一重中外装ケーブル：Single Armoured Medium Gauge Cable (SA-M)

一重軽外装ケーブル：Single Armoured Light Gauge Cable (SA-L)

FBPケーブル：Fish Bite Protected Cable (FBP)

「注2」FBPケーブルは、サメ対策用(シャークバイト)に開発されたケーブルで、その被覆はアルミテープで保護されており、水深1,000mから3,000mまでの間で使用されている。

- (4) 各中継区間の損失配分は表5-2に示す。

表5-2 損失配分

項 目	中継器相互間	陸揚局～中継器間
中継器出力レベル	-1.82 dBm	-1.82 dBm
ケーブル損失	23.78 dB	17.97 dB
ファイバー接続損失	0.30 dB	0.30 dB
中継器入力レベル	-36.80 dBm	-36.60 dBm
システム余裕	8.0 dB	7.2 dB
システム余裕の内訳	設計誤差	1.5 dB
	布設効果	0.7 dB
	ケーブル損失経年変化	2.6 dB
	送信部経年変化 (レーザーダイオード)	1.5 dB
受信部経年変化 (ホトダイオード)	1.7 dB	1.7 dB
修理余裕	2.9 dB	2.6 dB
陸揚局～中継器損失	0	6.71 dB
ケーブル区間長	59.5 km	44.93 km

5-8 海底ケーブル布設

(1) 陸揚部（陸揚局内端局から陸揚地点まで）

人為的な障害・外力から陸上部ケーブルを保護するため、一重外装ケーブル(SA-M)を地下1 m以上の深さに埋設する。しかし途中で道路を横断するような場合は、陸上部ケーブルを保護するため、道路下に管路を設置し、その管路内を通すよう措置する必要がある。

(2) 極浅海部（陸揚地点から水深20 mまで）

人為的な障害・波浪等から海底ケーブルを保護するため、二重外装ケーブルを使用する。また、海浜部および汀線部の海底ケーブルは埋設し、必要があれば鋳鉄製保護管をかぶせるなどして、海底ケーブルが移動したり、損傷をおこさないようにケーブルを保護する。

(3) 浅海部（水深20 m以深1,000 mまで）

浅海部では漁業活動および船錨の投錨等から海底ケーブルを保護するため、水深200 mまでは海底下70 cm以上、適当な深さに埋設する。

またケーブルの使用区分については、上記5-7(3)項に述べたとおりとする。

(4) 深海部（水深1,000 m以深）

深海部では漁業活動・投錨等により海底ケーブルに損傷を与える恐れはないが、サメからケーブルを保護するためサメ対策用FBPケーブルを使用する。しかし、海洋調査の結果、海底面下に岩盤やその他の障害物が発見されれば、その状況に応じ軽外装ケーブル等を使用することも考えられる。

以上基本的なケーブル保護方法について述べたが、次に各計画ルート上における海底ケーブル布設に伴う問題点を参考までに述べる。

a) Takisung 周辺海域は泥や泥質の砂が多く、海底面が軟弱であり、水深200 mまでは海底ケーブルを埋設する必要があると判断される。

b) Ujung Pandang から南へ約30 kmの所に選定したBalang陸揚局は、海岸から沖合約22 kmまで機雷未掃海海域となっているので、ケーブル布設直前にケーブルルート周辺に機雷があるかどうかを磁気探査することが望ましい。もし機雷があることが確認されたら、布設ルートを変更するか、二重外装ケーブルによる非埋設にするか、状況により判断し措置することを推奨する。

さらに陸揚局の前面海域には、珊瑚礁があるので、もし海底ケーブルのルート上に珊

珊瑚礁があった場合は、珊瑚礁を掘削し、埋設するが、ルートを変更する必要がある。

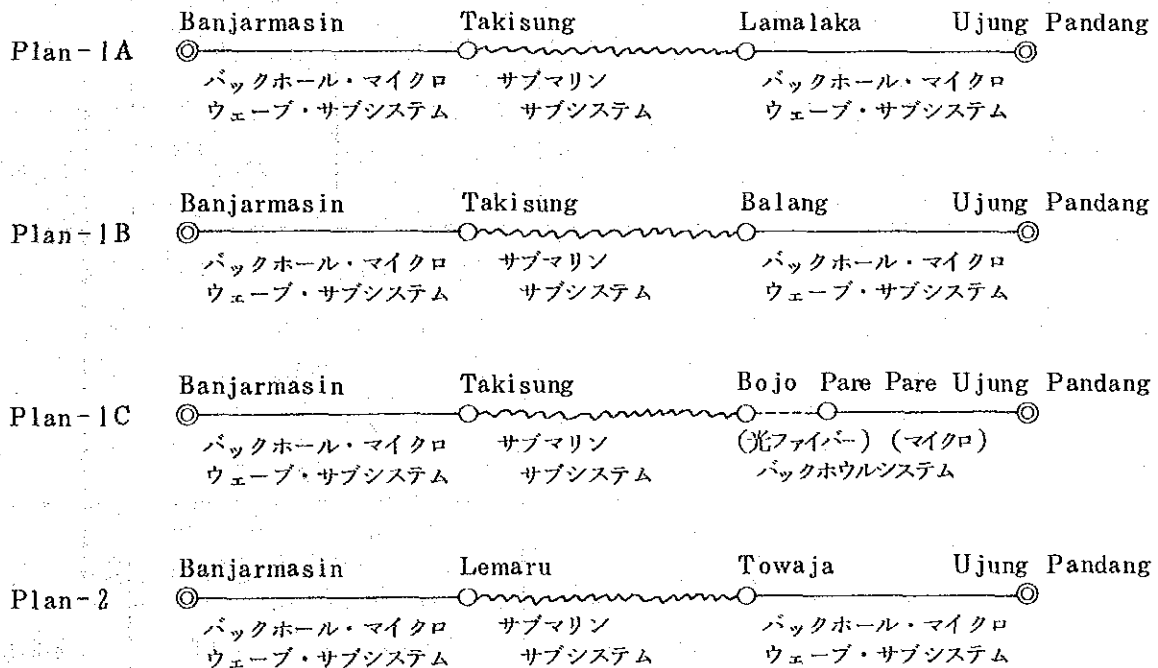
- e) Lemaru ~ Towaja 海底ケーブルルート上 (Plan-2) の海域は、海底面が急激に深くなっており、最大水深は 2,300 m である。

したがって、海底ケーブル布設の際は、上昇傾斜におけるケーブルの宙ぶり防止、下降傾斜における適正なスラック調整等十分考慮する必要がある。

5-9 各ルート毎のシステム概要

5-9-1 海底ケーブルルート案

本通信システムは、カリマンタン島の Banjarmasin 市外電話交換局と、スラウェシ島の Ujung Pandang 市外電話交換局の間を、陸上部分のバックホール・マイクロウェーブ・サブシステムと、海洋部分の光海底ケーブル・サブシステムで構成され、4つの伝送ルートが計画された。その概要は次のとおりである。



上記4ルートを経済性、信頼性、保全性、将来の技術動向、工事の安全性等の諸点から比較検討され、最適な伝送ルートが選定されることとなる。

この通信システムは、ジャワ島およびジャワ島以西の島から Banjarmasin 市外電話交換局を経由して、スラウェシ島へ接続される通信、およびカリマンタン島とスラウェシ島相互間の通信の基幹伝送路として、電話・テレックス・新サービス回線等のトラフィックを伝送

することとなる。しかし将来はスラウェシ～ハルマヘイラ～マルクおよびハルマヘイラ～イリアンジャヤ等の海底ケーブルプロジェクトも計画されており、これらの島々からの中継トラヒックも、本海底ケーブルシステムによって伝送されることとなろう。

5-9-2 各計画ルートのカابل長および海中設備

(1) ケーブル長

計画ルートごとの海底ケーブル布設全長は次のとおりである。

表5-3 海底ケーブル布設全長

計画番号	ケーブル 布設区間	ケーブル ルート長 km	スラック量 平均1.5%含み km	陸揚局と陸揚 地点間距離 km	ケーブル布設 全長 km
Plan-1A	Takisung ～ Lamalaka	772	783.6	2×0.5	784.6
Plan-1B	Takisung ～ Balang	656	665.8	2×0.5	666.8
Plan-1C	Takisung ～ Bojo	650	659.7	2×0.5	660.7
Plan-2	Lemaru ～ Towaja	330	335.0	2×0.5	336.0

(2) 海中設備

本システムに使用される品目別必要量は次のとおりである。

A. Takisung～Lamalaka間海中設備 (Plan-1A)

表5-4-1 (1/4) 海中設備

品目	単位	現用	予備	合計
二重外装ケーブル(DA)	km	21.0	5.0	26.0
一重外装ケーブル(SA-M)	〃	673.4	10.0	683.4
一重外装ケーブル(SA-L)	〃	90.2	10.0	100.2
F B P ケーブル(F B P)	〃	0	0	0
ケーブルターミネーション	個	26	5	31
ジョイントボックス	〃	0	10	10
トランジション	〃	0	20	20
海底中継器	〃	13	1	14

B. Takisung ~ Balang 間海中設備 (Plan-1B)

表 5-4-2 (2/4) 海中設備

品 目	単位	現 用	予 備	合 計
二重外装ケーブル (DA)	km	23.0	5.0	28.0
一重外装ケーブル (SA-M)	〃	438.4	10.0	448.4
一重外装ケーブル (SA-L)	〃	70.9	10.0	80.9
F B P ケーブル (F B P)	〃	134.5	10.0	144.5
ケーブルターミネーション	個	22	5	27
ジョイントボックス	〃	0	10	10
トランジション	〃	0	20	20
海底中継器	〃	11	1	12

C. Takisung ~ Bojo 間海中設備 (Plan-1C)

表 5-4-3 (3/4) 海中設備

品 目	単位	現 用	予 備	合 計
二重外装ケーブル (DA)	km	19.0	5.0	24.0
一重外装ケーブル (SA-M)	〃	413.3	10.0	423.3
一重外装ケーブル (SA-L)	〃	0	0	0
F B P ケーブル (F B P)	〃	228.4	10.0	238.4
ケーブルターミネーション	個	22	5	27
ジョイントボックス	〃	0	10	10
トランジション	〃	0	20	20
海底中継器	〃	11	1	12

D. Lemaru ~ Towaja 間海中設備 (Plan - 2)

表 5-4-4 (4/4) 海中設備

品 目	単位	現 用	予 備	合 計
二重外装ケーブル (DA)	km	8.0	1.0	9.0
一重外装ケーブル (SA-M)	"	72.5	10.0	82.5
一重外装ケーブル (SA-L)	"	54.5	10.0	64.5
F B P ケーブル (F B P)	"	201.0	10.0	211.0
ケーブルターミネーション	個	12	5	17
ジョイントボックス	"	0	10	10
トランジション	"	0	20	20
海底中継器	"	6	1	7

5-10 バックホウル・サブシステムの基本計画

5-10-1 システム概念

大容量のバックホウル・サブシステムは、次のようなシステムで構築されるのが一般的である。

- (1) デジタル・マイクロウェーブ無線システム
- (2) 光ファイバケーブルシステム

バックホウル・サブシステムとして、どのシステムを適用するかは、以下のような条件を、個々のルートについて比較検討しなければならない。

A. システムの経済比較

第3章で述べた『インドネシア電気通信発展計画 (Strategic Development Plan, Indonesia)』では、経済的な考察から 0 ~ 50 km までのルートでは、光ファイバケーブルシステムが安価であり、次にデジタル・マイクロウェーブ無線システムであるとしている。しかしながら、本調査では、個々のルートにつき現在 JAKARTA 市内で建設中の光ファイバケーブルシステム (140 Mbps, GI マルチモード, High Grade) の価格を参考に見積もり、比較して安価の方を採用した。

B. 技術的な考察

1 バックホウル区間に、陸上光ファイバケーブルとデジタル・マイクロ無線シ

システムが混在すると、2種類の子備品の配備が必要な他、2種類の保守体制、訓練が必要になるなど、不経済になるために1種類のメディアに統一するべきである。

以下に、両システムの概略を示す。

(I) デジタル・マイクロウェーブ無線システム

A. システムの構成

本システムは、デジタル無線送受信装置、無線回線切換装置、遠隔監視制御装置、搬送端局装置、電力供給装置、及び空中線、鉄塔で構成されている。

デジタル・マイクロウェーブ無線によるバックホウル・サブシステムの例を Plan-1B にとり、図5-2に示す。

本プロジェクトでは、第3章に述べるように、2019年の必要回線数を賄うため140 Mbpsの伝送容量を持つ無線チャンネルを2組初期から設備する。

一方、搬送端局装置については、1999年(第6次5ヶ年計画終了時)に必要な1969回線のうち、1920回線の容量を初期に設備し、回線需要が増加した時点で、装置の増設を行うものとする。

B. 無線システムの子備装置の配備

無線システムにおける子備装置の配置方法として、セット子備方式とシステム子備方式の2種類が考えられる。本システムには、システム子備方式を適用して、システムの信頼性向上を図るものとする。

これは、伝送路を構成する機器の故障修理、あるいは伝送路に発生するフェージングによる回線品質の劣化の救済や、システムの定期試験を実施する際、サービスを中断せず実行することが可能ならえ、周波数ダイバシティ効果もあわせ持ち、保守上の利点も多い。

また、電波伝搬上フェージングの恐れがある中継区間に対しては、空間ダイバシティ、あるいは自動等化器を適用する等、補償技術を駆使してフェージングの影響の軽減を図る。

C. 周波数計画

無線方式の設計には、周波数配置を決める前に使用周波数帯の選定が必要である。どの周波数帯を使用するかは、所要の伝送容量を確保するために必要な帯域幅、伝搬特性、機器製造の難易性、既存FDM方式との共存条件などを考慮のうえ決定するこ

とが必要である。

本プロジェクトでは、周波数帯として、6 GHz の上部帯域を使用するものとする。
図 5-3 に無線周波数チャンネル配置 (CCIR Rec. 384) を示す。

各中継区間について、細部設計時に具体的に周波数配置を決定する場合、既存の東部マイクロウェーブ無線システム、計画中のスラバヤ〜バンジャルマシン海底ケーブルシステム、およびスラウェン縦断マイクロウェーブ無線システムとの整合を考慮しなければならない。

D. 品質目標

回線の使用状態におけるビット誤り率 (Bit Error Rate : BER) について、CCIR Rec. 594 で次のように規定されている。即ち、

- i. BER が 10^{-3} を超えるのは、いかなる月についても、時間率で 0.054 % 以下であること。
但し、BER の測定時間は 1 秒。
- ii. BER が 10^{-6} を超えるのは、いかなる月についても、時間率で 0.4 % 以下であること。但し、BER の積分時間は 1 分。
- iii. ES (Error Second) については、いかなる月についても、時間率で 0.32 % 以下であること。

以上が回線設計の際の目標値となる。なお、i. の規格が最も厳しく、これを満足すれば、他はみな満足されるものと解釈できる。

E. 空中線高

無線方式においては伝搬路のクリアランスをどう選ぶかによって、システム性能、鉄塔高および中継数などに大きな影響を与える。

従って、次のクリアランス条件を用いる。

- i. $K = \frac{1}{3}$ に対しては第 1 フレネルゾーン半径が遮蔽されないこと。
 - ii. $K = \frac{2}{3}$ に対しては第 1 フレネルゾーン半径の 0.3 を確保できること。
- ここに K は等価地球半径係数を示す。

F. 無線装置／施設の主要諸元

1) 無線装置

- | | |
|---------|-------------------------------------|
| ア. 周波数帯 | 6430 MHz ~ 7110 MHz (CCIR Rec. 384) |
| イ. 伝送容量 | 140 Mbps (電話回線換算 1920 チャンネル) |

- ウ. 無線チャンネル数 2 + 1 (現用 2, 予備 1)
- エ. 変調方式 16 QAM
- オ. ベースバンド接続方式 139,264 Mbps; CMI (CCITT Rec. 703)

2) 遠隔監視制御機能

Banjarmasin TC局, Ujung Pandang TC局を除く他の全ての無線中継局および海底ケーブル陸揚局の無線施設部分は, 原則として無人保守局とするため, 遠隔監視制御装置が必要となる。

システムとしては, 無線装置, 搬送端局装置, および電力供給装置を遠隔監視し制御する機能を有する。

3) 搬送端局装置

無線装置と搬送端局間, および搬送端局装置の各次群間の接続条件は, 以下に示すとうりである。

ア. 4次群デジタル多重装置

- 高次群ビットレート : 139.264 Mbps (CCITT Rec. G751)
- 低次群ビットレート : 34.368 Mbps
- 重畳数 i : 4

イ. 3次群デジタル多重装置

- 高次群ビットレート : 34.368 Mbps (CCITT Rec. G751)
- 低次群ビットレート : 8.448 Mbps
- 重畳数 : 4

ウ. 2次群デジタル多重装置

- 高次群ビットレート : 8.448 Mbps (CCITT Rec. G751)
- 低次群ビットレート : 2.048 Mbps
- 重畳数 : 4

(2) 光ファイバーケーブルシステム

A. システムの構成

光ファイバーケーブルシステムを採用したバックホウル・サブシステムの構成を, 図5-4に示す。

光ファイバーケーブルは, その使い方により,

- ア. 陸上ケーブル (または, 一般の光ケーブル)

イ. 海底ケーブル（ここでは、陸揚ケーブル）

に分かれるが、海底ケーブルは一般的に取り換えが不可能な場所に布設されるために、構造上堅固に作られている。従って、建設費が陸上ケーブルの約2.7倍となるため、ここでは陸上ケーブルを使用することとする。

ケーブルは、陸揚局からTC局、あるいは中継局まで道路に沿って地下管路による埋設工法で布設される。

従って、道路の地盤がしっかりしていること、幅員がはっきりしていること（将来にわたり道路の拡張工事がないこと）、急な坂、急な曲折がないことなどが適用の条件となる。

B. 光ファイバケーブルの諸元

光ファイバケーブルシステムの場合も、マイクロウェーブ無線システムと同様の回線容量を確保するため140 Mbpsのシステムを採用する。

1) 電氣的インターフェイス条件

ア. ビットレート	:	139.264 Mbps \pm 15 ppm
イ. コーデ	:	CMI
ウ. 線路インピーダンス	:	75 オーム（不平衡）
エ. リターン損失	:	7 ~ 210 MHz で 15 dB 以上
オ. パルス幅	:	1.0 V _{p-p} \pm 0.1 V 15 オーム時
カ. 立上り時間（出力側）	:	2 n 秒以下が 10% ~ 90% であること
キ. 最大挿入損失	:	70 MHz で 12 dB

2) 光学的インターフェイス条件

ア. ビットレート	:	メーカーにより異なる
イ. コーデ	:	5 B 6 B
ウ. 波長	:	短波 $\lambda = 850$ nm 長波 $\lambda = 1,310$ nm
エ. 伝送モード	:	マルチモード シングルモード
オ. 光源	:	マルチモード GaAlAs-LD シングルモード InGaAsP-LD
カ. 光検知	:	マルチモード Si-APD シングルモード Ge-APD

3) システム容量 : 1920 CH

5-10-2 各プランの概要

各海底ケーブル・ルートプランに対するバックホウル・ルートプランを、図5-5～5-9に示す。表5-5は、各プランについて比較検討した結果を示す。なお、既設設備の詳細は第二分冊、資料Ⅵ、第1項に示す。以下に各プランの概要を記述する。

(I) Plan-1A

i. 無線方式

Kalimantan 地域にある Takisung, Karamaian および Banjarmasin 各局の敷地、局舎、電力設備、空中線系および鉄塔については、Surabaya - Banjarmasin 海底ケーブルプロジェクトによって用意されるため、本プロジェクトでは単に無線装置、関連する回線切替制御装置および搬送端局装置のみを設備する。

なお、予備システムについては共用するものとする。

また、電力設備については Surabaya - Banjarmasin 海底ケーブルプロジェクトでエンジン発電機には本プロジェクトの負荷をまかなう容量は見込んであるため、整流器、バッテリーを設備する。

Sulawesi 地域においては全区間 140 Mbps デジタル無線方式の新設ルートとなるが東部マイクロウェーブシステムの一部である Tino, Saretene 中継局および Ujung Pandang 端局の進入道路、局舎は共用できる。

海底ケーブル陸揚地に新設する Lamalaka 局は、Bantaeng 電話局(東部マイクロウェーブシステムの分岐局)の東方約 3km にあるが、この局を経由せず直接、山上の Tino 中継局と結び、中継区数節約を図った。Lamalaka および Saretene 両局の鉄塔は新設となるが Ujung Pandang, Tino の両局については既設鉄塔を補強することで使用可能と考えられる。

ii. 光ファイバーケーブル方式

本ルートに光ファイバーケーブル方式を導入する場合、Lamalaka - Tino 間にはケーブル布設する適当な直通道路が無く、Lamalaka - Bantaeng に導入するだけになる。この場合でも Bantaeng - Tino には新設デジタルマイクロウェーブ無線システムは必要である。Bantaeng の既設鉄塔が使えること、Lamalaka の鉄塔が不要であることなど考慮に入れても、光ケーブルシステムを採用した方が創設費がかさむ。

表 5-5 バックホウル・サブシステムのプラン別比較表

プラン別	区間数	既設局 *	新設局	新設鉄塔	進入道路		敷地 (㎡)	局舎 (㎡)	ルート距離	
					新設 (km)	補修 (km)			ルート別 (km)	合計 (km)
プラン I A カク リアン ミヤコシ	2	3	0	0	0	0	0	0	65	145
	3	4	1	2	0.2	0	2,500	240	80	
プラン I B カク リアン ミヤコシ	2	3	0	0	0	0	0	0	65	93
	1	2	1	1	0.5	3.0	2,500	240	28	
プラン I C カク リアン ミヤコシ	2	3	0	0	0	0	0	0	65	276
	7	8	1	0	0.2	0	2,500	240	211	
プラン 2 カク リアン ミヤコシ	16	17	5	16	8.2	1.0	4,900	720	438	1,134
	21	22	1	1	0.5	0	2,500	240	696	

従って、本プランについては保全の一元化からみても無線方式による方がはるかに有利であると考ええる。

(2) Plan-1B

i. 無線方式

Kalimantan 地域については前述の Plan-1A と全く同一である。Sulawesi 地域については、新規に 1 中継区間を建設する。海底ケーブル陸揚地に新設する Balang 局は Ujung Pandang の南約 28km に位置している。伝搬特性については 100 m 以下の低層伝搬路を形成しており、また、これが海岸線と並行に走っているため空間ダイバシティを適用して回線品質の向上を図るものとする。

本プランは他のプランのバックホウルシステムと比較して最も簡易な回線構成であり、かつ中継距離も最も短かくシステムの信頼性も高い。

ii. 光ファイバー方式

ケーブルは道路に沿って布設され、その布設長は約 36 km になる。

図 5-4 に示す構成で光ファイバーシステムによる創設費を無線方式と比較した場合約 60% コスト増となる。

ここでは、前記 i、および ii の方式を比較した場合、無線方式が有利であると考ええる。

(3) Plan-1C

i. 無線方式

Kalimantan 地域については前述の Plan-1A と同様である。Sulawesi 地域については本プロジェクト関連の敷地、局舎、鉄塔、空中線系、電力設備および予備システムは Sulawesi 縦断デジタルマイクロウェーブプロジェクトで設備するものを共用する。但し、一部の中間中継所の既設電力設備については容量不足となるものがあり、容量の大きい給電設備を設備する必要がある。

海底ケーブル陸揚局、Bojo 局は Pare Pare 局（電話局および同軸伝送局）の南へ約 9 km にあるが、Para Pare 方向の伝搬路には途中の小高い丘がリッジとなり見通しがないため、この間に中間中継局が必要となる。本中継所から Sulawesi 縦断マイクロルートにある Maloci 局へ回線を設定する。

ii. 光ケーブル方式

Bojo - Pare Pare 間に光ケーブルを布設した場合、ケーブル長は約 11 km となり、中間中継局が不要となるだけ無線で回線設定するより経済的である。

ただし、Pare Pare 局は Sulawesi 縦断マイクロウェーブルートの方岐局となるため、以後 Ujung Pandang まで本マイクロウェーブ無線システムを共用することになり、1バックホウル区間に2種類のメディアが混在することになる。

両方式を比較した場合、保守の一元化の点では劣るが経済面からこの区間には光ファイバーケーブルを適用したほうが有利と考えられる。

(4) Plan-2

i. 無線方式

Kalimantan 地域において Banjarmasin - Balikpapan 間に 2 GHz 帯 34 Mbps (480 チャンネル) の伝送容量を持つシステムが他プロジェクトにより目下進行中である。本調査では 6 GHz 帯の上部帯域を用いて 140 Mbps (1,920 チャンネル) の伝送路を構築することを想定しているが、既設の敷地、進入道路および局舎は最大限活用する。

しかしながら、図 5-9 に示すように 2 GHz システムの中継区間距離は 6 GHz システムの回線品質の確保には長距離になるため、図 5-8 に示すように、このルート上に新たに中間中継局を設ける必要がある。

海底ケーブルの陸揚地に新設となる Lemaru は Balikpapan 無線端局の東北東 18 km ほどに位置しており、この区間は新設となる。

なお、2 GHz システムにおいては Banjarmasin, Balikpapan, Binuang および Tanah Grogat 局の自立式を除いて外はみな支線式鉄塔である。また、このシステムの特徴として殆どの区間が 100 m 以下の低層伝搬路であること、鉄塔が総じて高いこと、大多数のパラボラ空中線が軽量かつ風圧の少ないグリル型を使用していることなどが挙げられる。更に、鉄塔の強度、空中線許容搭載容量、必要な空中線取付位置の確保などを検討すると、本プロジェクトではすべて鉄塔を新設する必要がある。

Sulawesi 地域の海底ケーブル陸揚地は、Palu 電話局から北北西に約 35 km に位置する Towaja である。最寄の通信施設はスラウェシ縦断マイクロウェーブルート (Palu ルート) で計画中の Tawaeli 中継局となるが、1中継を節約して同ルート上の Donggala 局へ結ぶものとする。この区間は完全海上伝搬路である。

Donggala - Ujung Pandang 間はスラウェシ縦断マイクロウェーブシステムを共用し、本プロジェクトでは無線装置、関連する回線切替制御装置、搬送端局装置および一部電力設備を設備および補充する。

ii. 光ケーブル方式

Kalimantan 側において、Lemaru - Balikpapan間に光ケーブルを布設した場合、その布設長は約23 kmとなる。この区間について両方式を比べた場合、光ケーブル方式に中継器が必要となるため、創設費ではほとんど差を生じないが、一元的保守を目途するには無線方式によるほうがよい。

Sulawesi 側についてはTowaja - Tawaeri 間に光ケーブル方式を適用しても、まったくKalimantan 側と同様の事が云える。従ってPlan-2では、無線方式によるバックホウルシステムを考える。

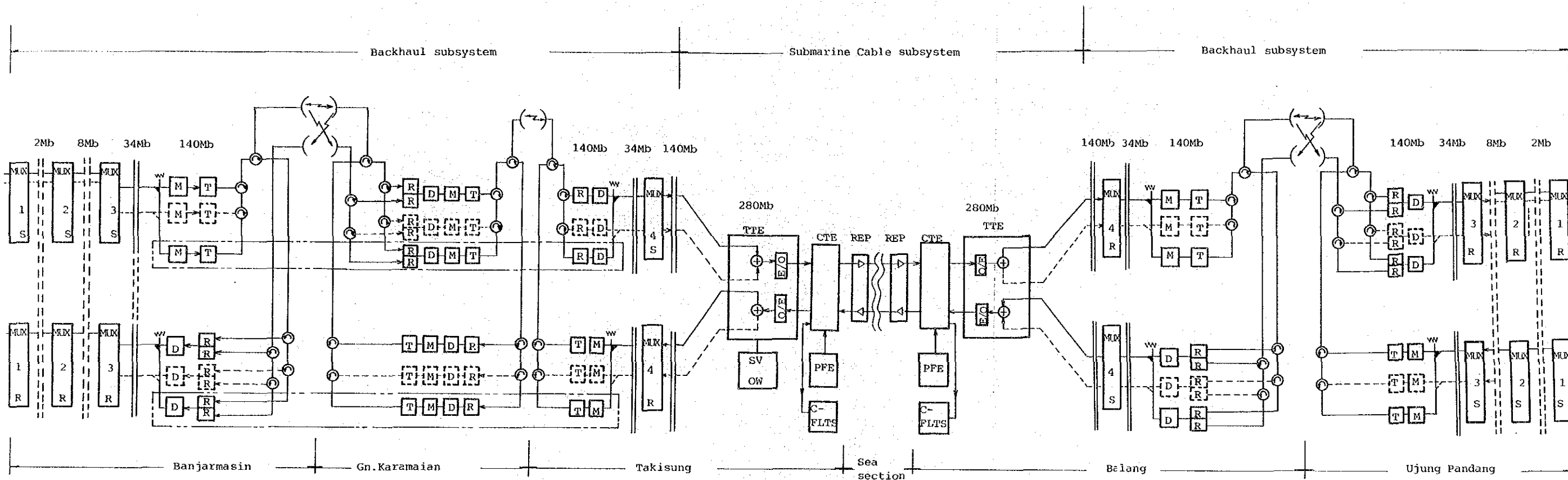
(5) Plan-2'

Plan-2のバックホウルシステムの代替案としてPlan-2'を以下に提案する。

初期投資段階で第6次計画年度末、1999年における需要(1,969回線)を満足するためには既設2 GHz帯34 Mbpsを5システム分(2400チャンネル)実装すれば十分である。従って、この2 GHzシステムをそのまま活用できる。但し、予備システムは共用とする。なお、空中線系、電力設備の増設、補充はあるとしてもKalimantan 側におけるバックホウルシステムは6 GHz 140 Mbps方式を新設するのに比べて大幅なコスト減となる。しかし、2000年には2019年見合いの需要を満たすため新規に6 GHz帯140 Mbps × 2を建設しなければならない。

つまり、初期投資額は減額できるが、追加投資額の増となる。

本計画はいずれにせよ技術的には実行可能であるので、第8章でPlan-2とPlan-2'の財務・経済比較を調査した。その結果、Plan-2の方が有利であると結論する。



- T: Transmitter
- R: Receiver
- M: Modulator
- D: Demodulator
- MUX: Multiplexing equipment
- S: Send side
- R: Receiving side
- ⌒ Parabolic antenna
- ⊙ Circulator/branching filter
- ⚡ RF channel switching equipment

Note: Equipment surrounded by chain line show protection system provided by Surabaya-Banjarmasin Submarine Cable System.

- TTE: Transmission Terminal Equipment
- CTE: Cable Termination Equipment
- SV: Supervisory
- OW: Order Wire
- PFE: Power Feed Equipment
- C-FLTS: Cable Fault Localization Test Set
- REP: Repeater

図 5 - 2 無線システムによるバックホウルシステム構成図 (Plan-1B の場合)

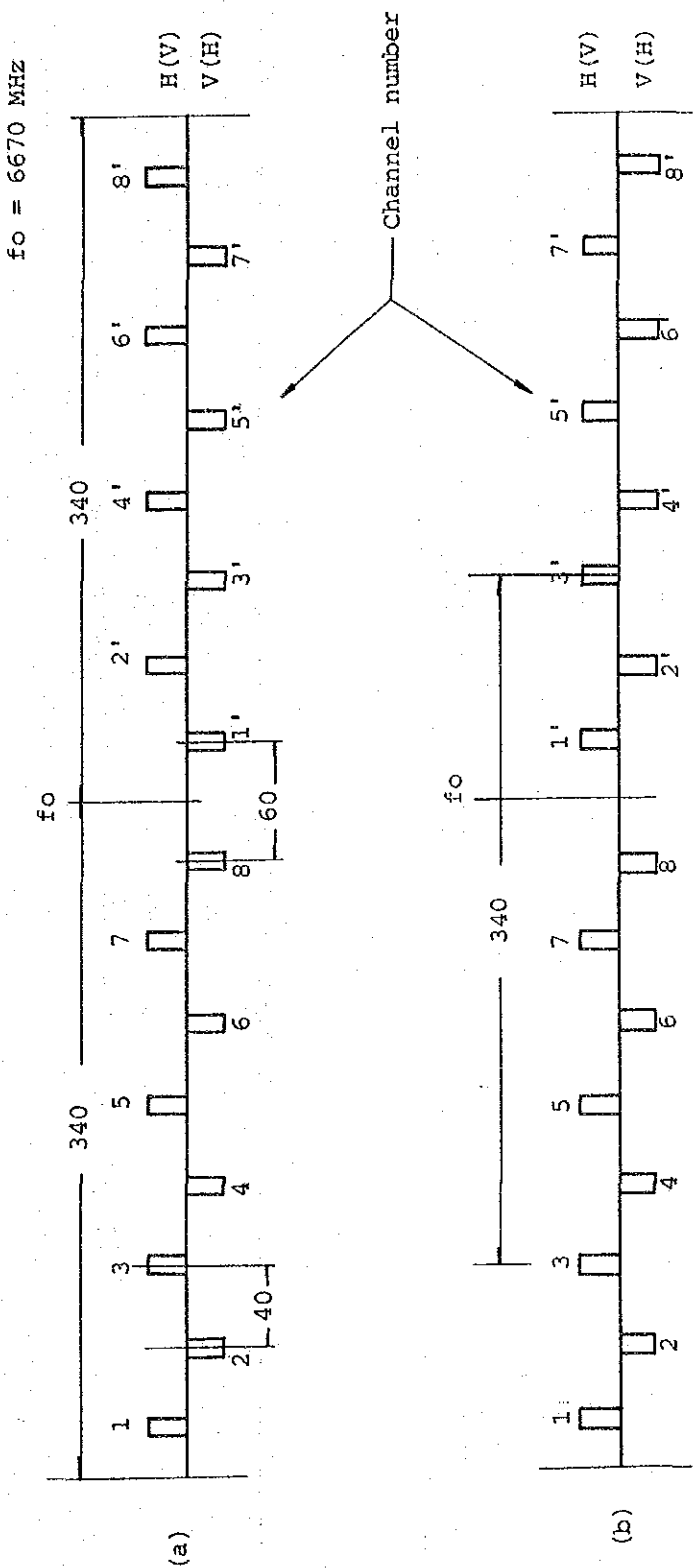


図 5-3 バックホウルシステムの周波数計画 (CCIR 勧告 384-4)

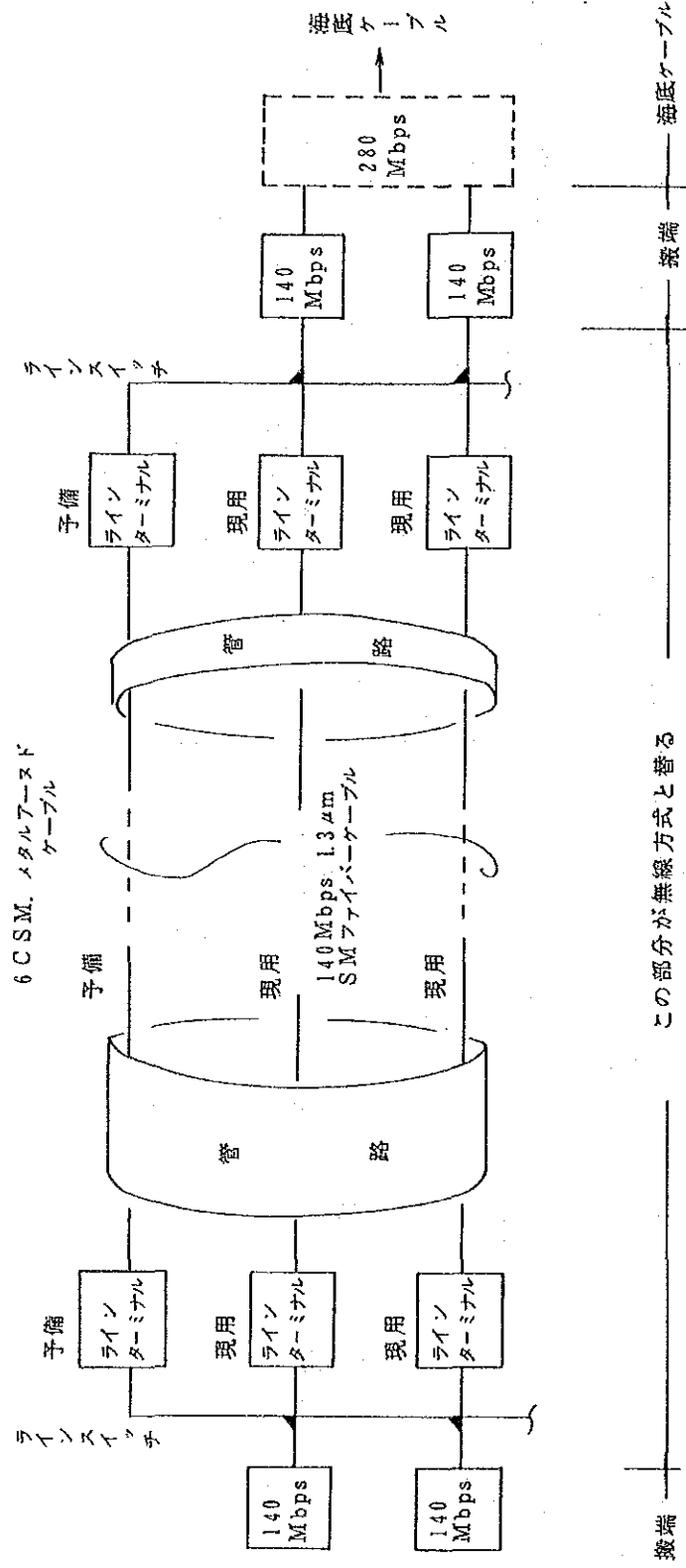
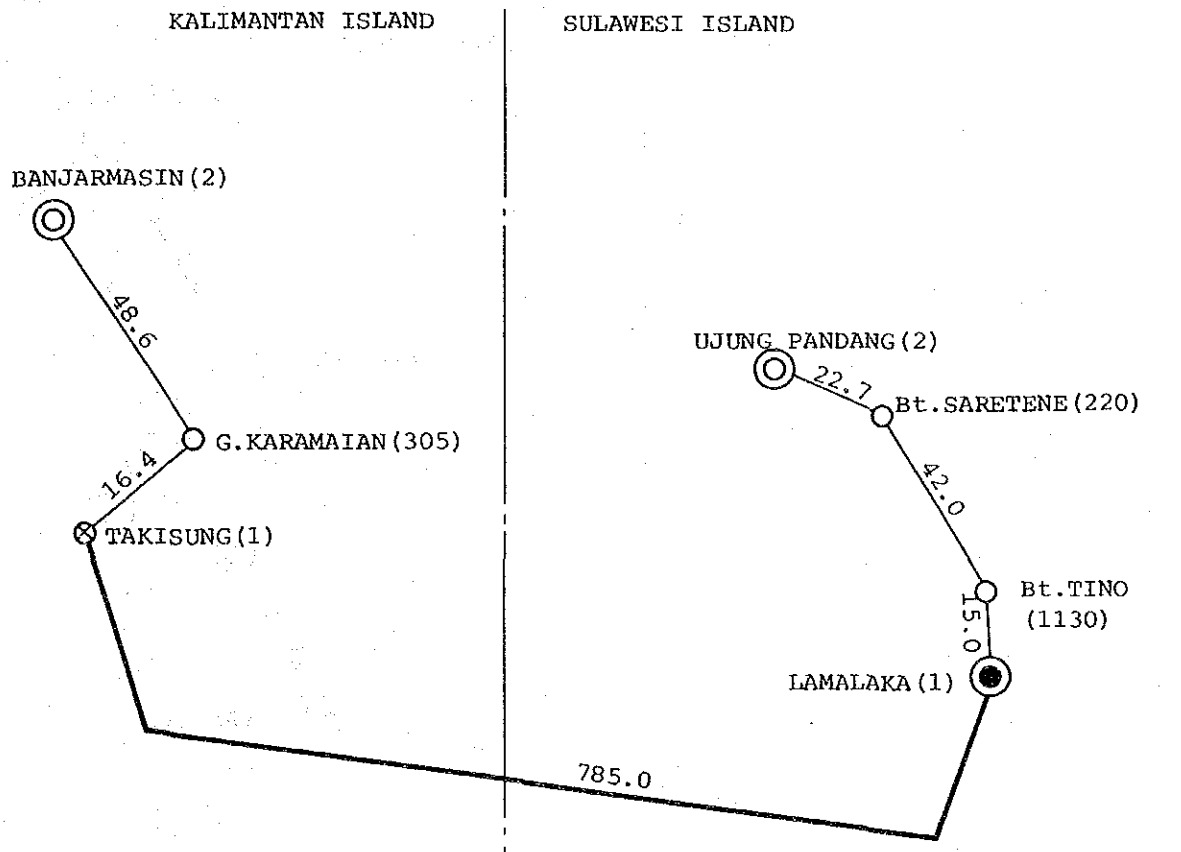


図5-4 陸上光ファイバークーブルシステム構成図



LEGEND

- ⊙ Tertiary Center
- New Submarine Cable Landing & Radio Terminal Station
- Repeater Station
- ⊗ Submarine Cable Station & Radio Terminal Station
- Submarine Cable (km)
- Radio Hop (km)
- () Numeral in parenthesis shows elevation of site (m)

図 5-5 ルート・マップ (Plan-1A)

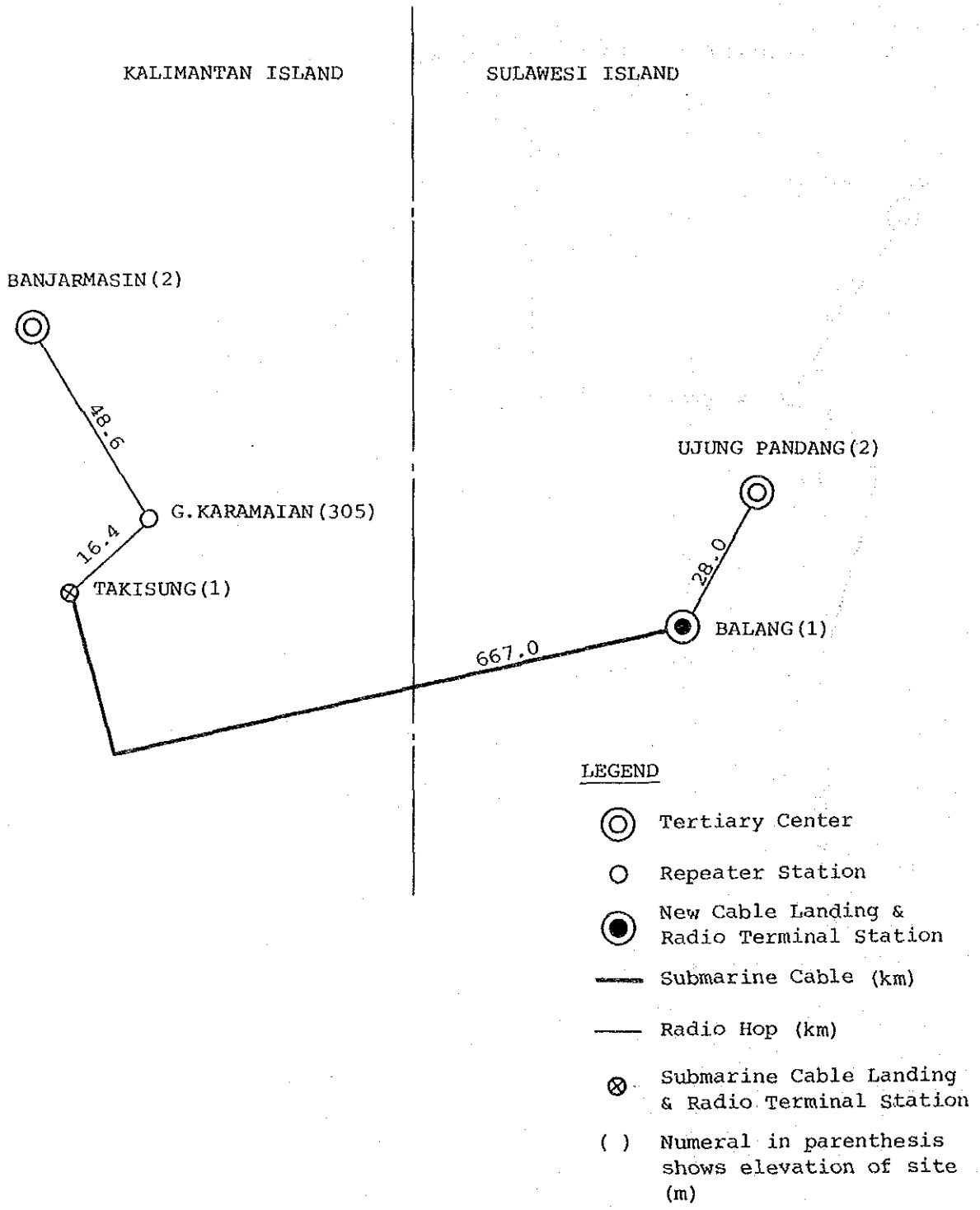


図 5 - 6 ルート・マップ (Plan-1B)

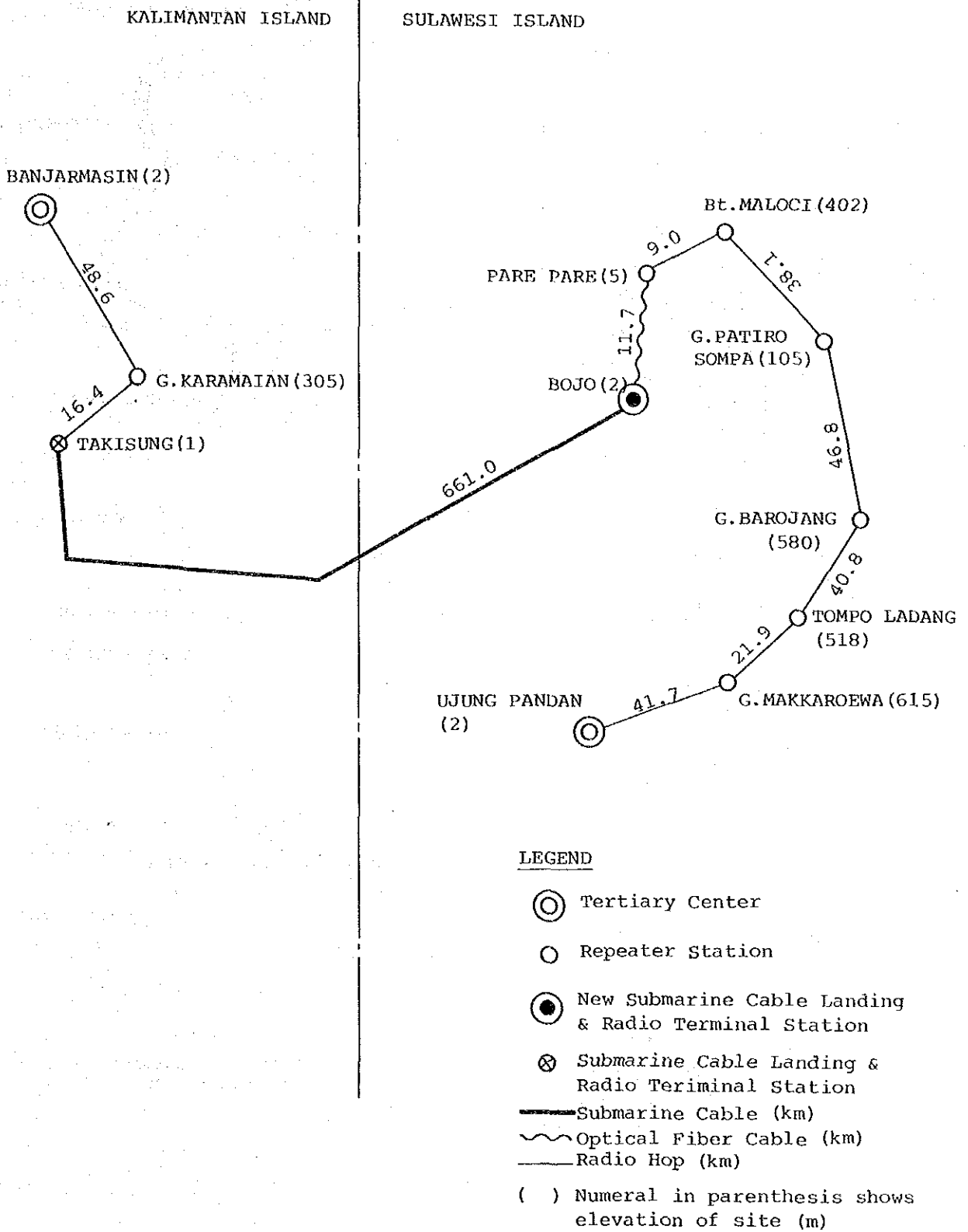


図 5-7 ルート・マップ (Plan-1C)

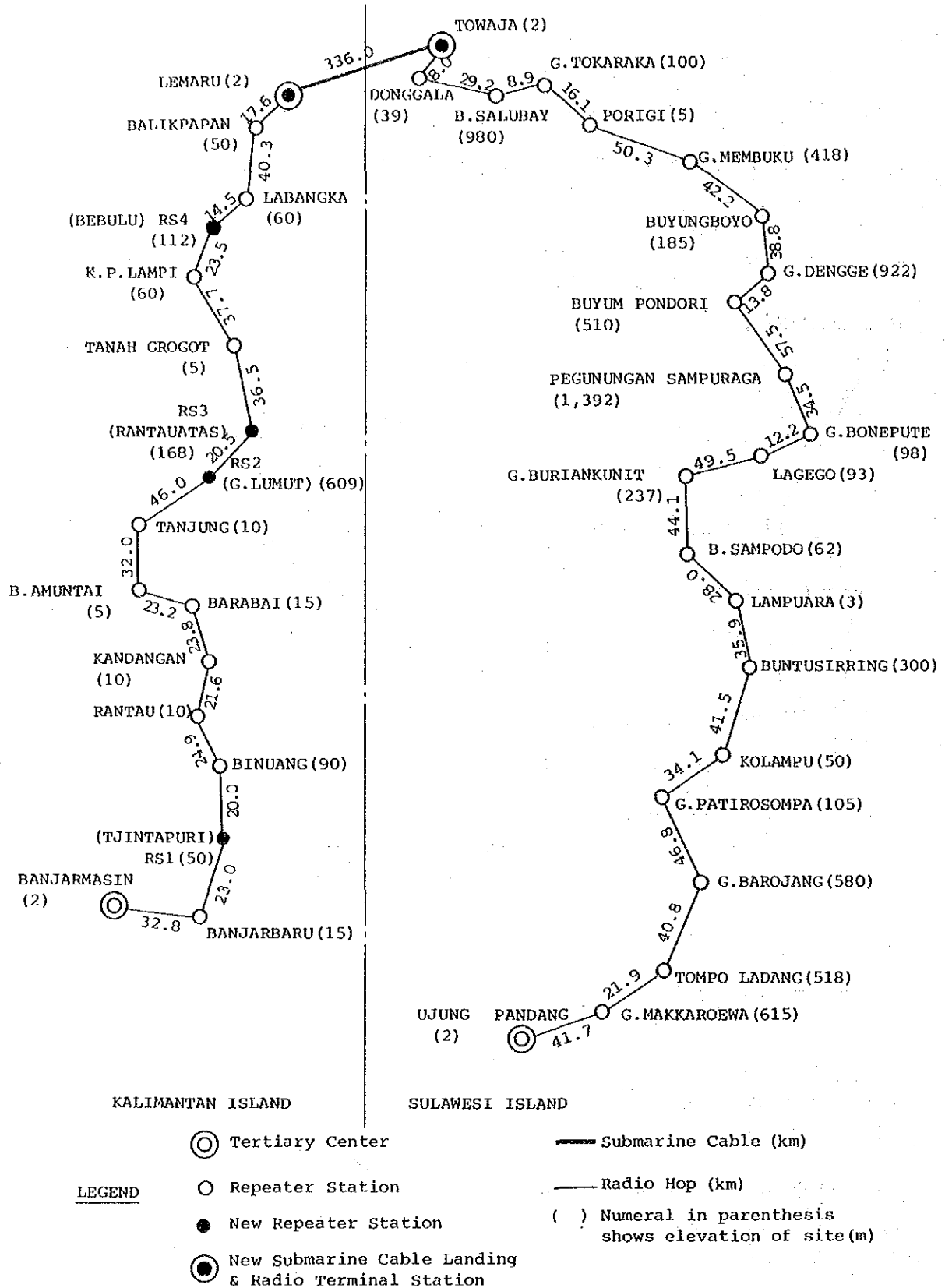


図 5-8 ルート・マップ (Plan-2)

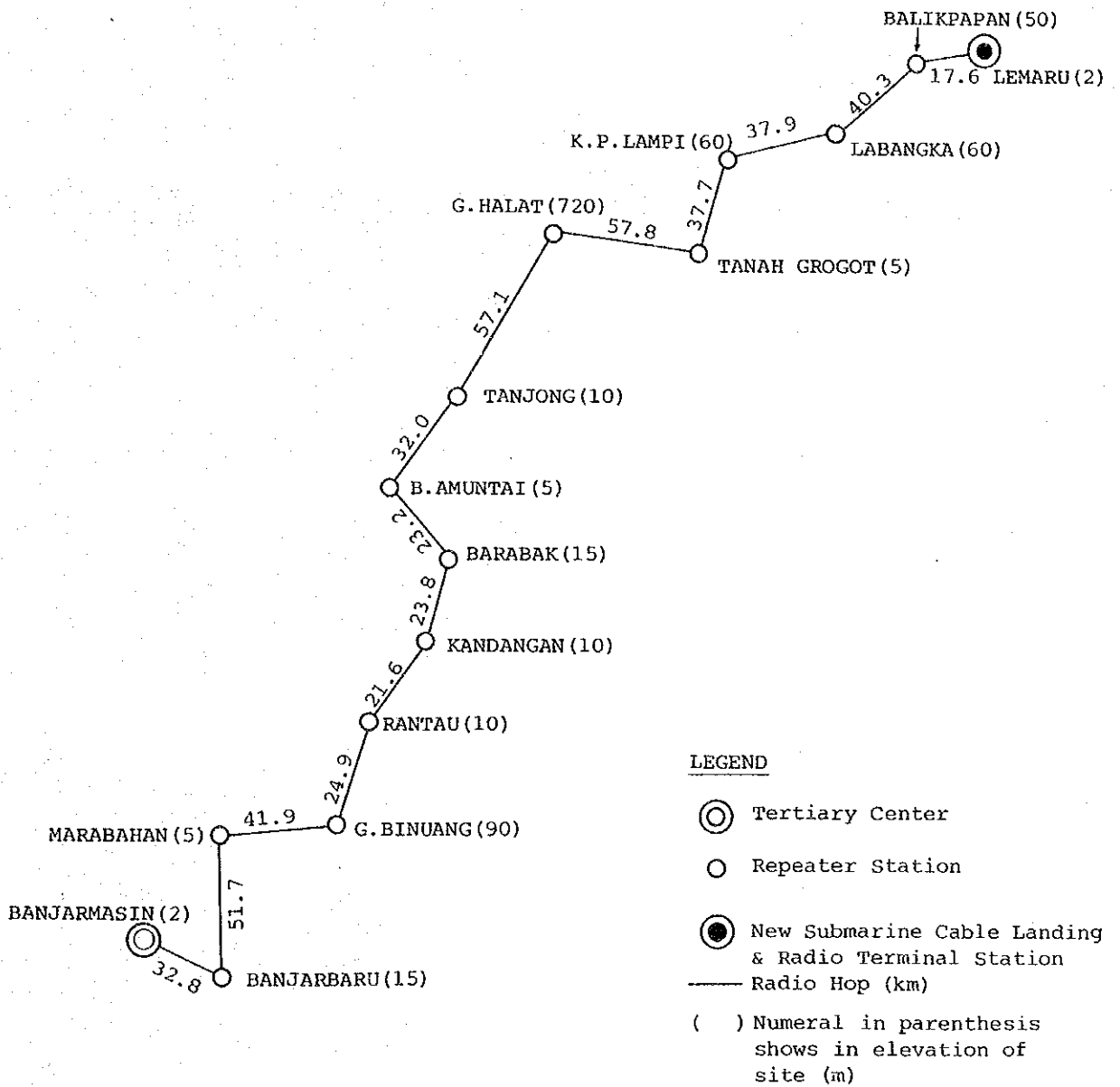


図 5-9 ルート・マップ (Plan-2')

第6章 最適海底ケーブルルートを選択

第6章 最適海底ケーブルルートの選択

1. 最適ルートの選択条件

1-1 検討したルート案

カリマントン～スラウェシ間の海底ケーブルシステムとして、以下のルートを検討した。

Plan-1A：バンジャルマシン～バンタエンルート

Plan-1B： " ～ウジュンパンダンルート

Plan-1C： " ～パレパレルート

Plan-2 ：パルクパパン～パルルート

各ルートの位置を巻頭の地図上に示す。

1-2 検討項目

上記4ルート案より最適ルートを選択するに当たり、調査・検討を行った項目、およびその位置付けは、次に示すとおりである。

1-2-1 陸揚候補地の選定

海底ケーブル陸揚地点の選定については、陸揚地点の地理的条件は勿論のこと、将来の市外伝送路ルーティング計画、および地域経済開発計画の状況等を考慮して選定しなければならない。

海底ケーブルの陸揚地の選定条件としては、一般的に次に示すものがある。

(1) 海岸の状況・地理的関連

- 1) 布設区間長が短くなる地点、関門局～陸揚局間も短い方が良い。
- 2) 岩礁がなく極端に遠浅でないことおよび急に深くなっていないこと。
- 3) 年間を通じて比較的風波が平穏な地域であること。
- 4) 年間を通じて沿岸流の弱い地点であること。
- 5) 陸揚作業が可能な砂浜をもつこと。
- 6) 沿岸漂砂が少なく、地震、津波、洪水が起こりにくく河川流入物に硫化水素等ケーブルに悪い影響を与える物質の少ない地点。
- 7) 他の施設または海底工作物（電力ケーブル、送水管、送油管等）の陸揚地に接近し

ない地点。

- 8) 大きな河の河口から離れていること。
 - 9) 陸揚局または陸揚柱および陸標を建設出来るような土地があり、その土地が買収または使用可能な地点。
 - 10) 軌道、道路、岸壁がケーブルを横断しない地点。
 - 11) ケーブルの保護施設（管路）が建設容易な地点。
 - 12) 沿岸の治水、護岸、港湾改修計画、海底しゅんせつ計画等で将来の支障移転のおそれのない地点。
 - 13) 資材、機材の搬入可能な道路があること。
 - 14) 保守者の居住に便利なこと。
 - 15) 陸揚局から通信幹線に接続する信頼性の高い伝送路が容易に得られるか、建設可能なこと。
- (2) 漁業活動、船舶運航状況・人文的関連
- 1) 付近に船舶が投錨しない地点。
 - 2) 一般漁業活動状況（基地、漁場、漁期、操業隻数等）を調べ、ケーブルの建設および保守上問題のない地点。
 - 3) 漁業技術（漁法、漁具、漁船装備）を調べ、ケーブルの建設および保守上問題のない地点。

本海底ケーブル建設計画における陸揚候補地としての Kalimantan 側 2 地区 (Banjarmasin, Balikpapan), Sulawesi 側 4 地区 (Bantaeng, Balang, Pare Pare, Palu) について、机上検討を行い、それぞれの地区で資料収集および現地踏査を実施した。そして海底ケーブルの陸揚地の選定条件に基づき各地区の陸揚候補地を選定した。

Banjarmasin (Takisung) -- Bantaeng (Lamalaka)
-- Ujung Pandang (Balang)
-- Pare Pare (Bojo)

Balikpapan (Lemaru) -- Palu (Towaja)

※ () 内は陸揚候補地

1-2-2 海底ケーブル・ルートを選定

海底ケーブルのルート選定条件としては、一般的に次に示すものがある。

- 1) 布設区間長が短くなるルート。
- 2) 海底の凹凸が少なく、深部であること。
- 3) 珊瑚礁および岩盤部の凸部を避けること。
- 4) 海底の底質が砂および泥で埋設可能なこと。
- 5) 海底地形は、30度以上の急峻な勾配でないこと。
- 6) 急激な潮流でないこと。
- 7) 海底および海上工作物を避けること。
- 8) 危険海域（機雷、活断層帯等）を避けること。

これらのルート選定条件を考慮して、布設計画ルートを選定した。

布設計画ルートを図6-1に示す。なお、計画ルートの詳細位置は第二分冊、資料Ⅳ、第6項に示す。

1-2-3 バックホウル・システムの条件

A. システム長

バックホウルシステムの設備距離が長くなれば創設費は当然高くなるし、予想障害率も増える。

B. 既存伝送路施設の有無

既存伝送路の一部、または全面的に利用可能であると、創設費を通減できるし、保守・運用費の共用が出来る。

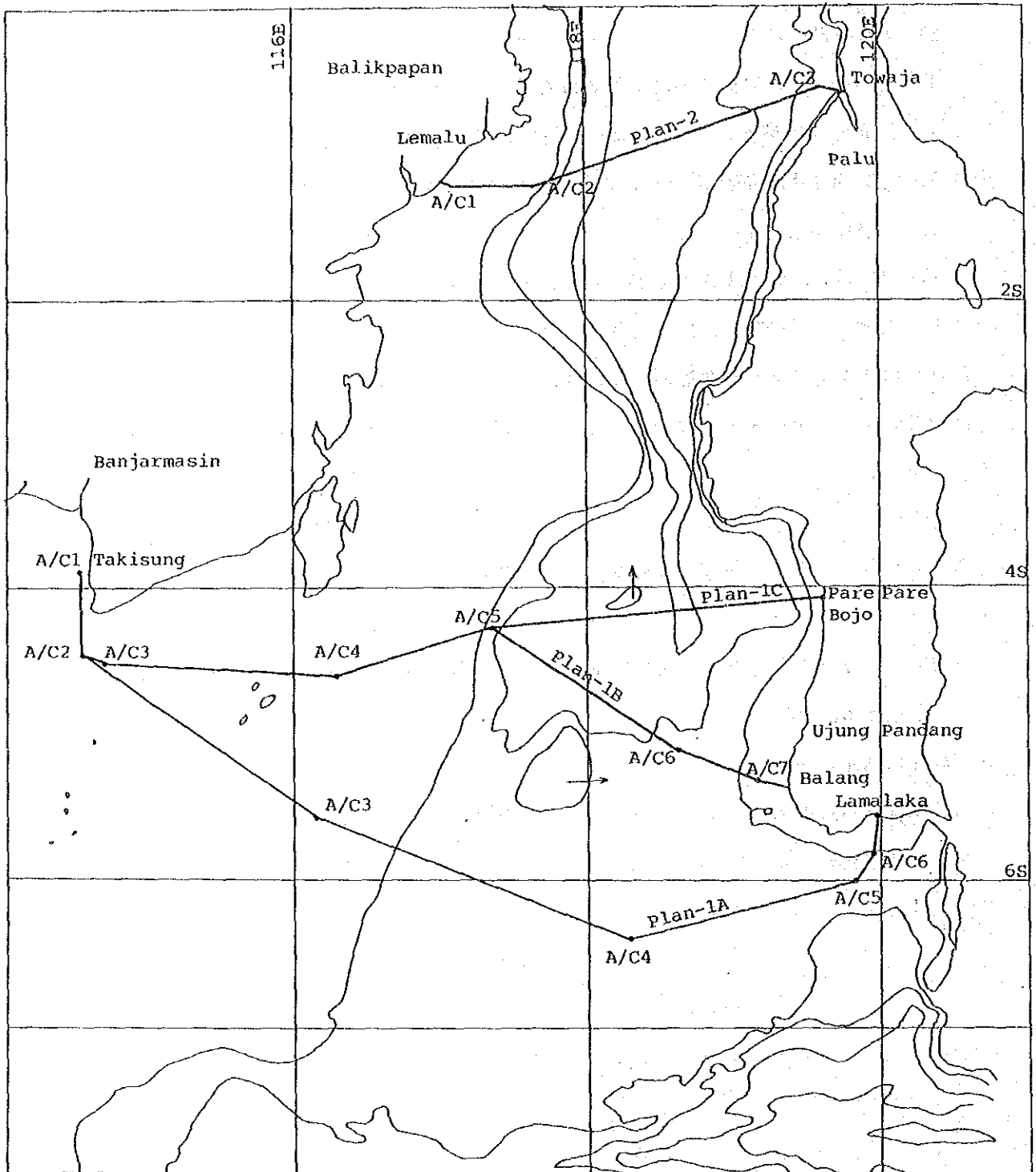


図 6-1 計画ルート図

2. ルート毎の海洋条件

(1) Plan-1A : Banjarmasin (Takisung) - Bantaeng (Lamalaka)

Kalimantan 側の陸揚地は、Banjarmasin より南方約 60 km の Takisung である。

Takisung は Surabaya - Banjarmasin 間を結ぶ 280Mbps 光ファイバー海底ケーブル建設計画における Kalimantan 側の陸揚地点として既に決定されており、Banjarmasin-Ujung Pandang 間を結ぶ本海底ケーブル建設計画においても、Takisung を陸揚地点として選定することにした。

この付近の海岸線は、ヤシの根が洗われ転倒しているのが見られるように侵食されつつある。海浜部の海底ケーブルは深く埋設するなどして、洗いだされ移動しないような対策が必要である。現在砂の堆積は比較的多い。潮差は 2.60 m である。

本計画ルートは、Surabaya-Banjarmasin ルートより南側を進み、距離 17 km で水深 20 m の A/C.1 に達する。この間の海底勾配比は 1/1000 程度で平坦な海底地形である。Surabaya-Banjarmasin ルートから約 5 km 離れる。底質は海浜部で砂、沖にいくにつれ泥が混じってくる。

A/C.1 から 180 度方向、距離 57 km で水深 27 m の A/C.2 に達する。延べ距離は 74 km である。底質は泥混じりの砂が多くなる。A/C.1 から約 6 km で石油開発鉱区に入る。Plan-1A ルートの石油開発鉱区内のルート距離は約 239 km である。

A/C.2 から 125 度方向、距離 218 km で水深 60 m の A/C.3 に達する。延べ距離は 292 km である。この間の底質は砂が多くなっている。また、海底勾配比は 1/3000 程度の平坦な海底地形である。

A/C.3 から 110 度方向、距離 242 km で水深 400 m の A/C.4 に達する。延べ距離は 534 km である。この間には水深 656 m の凹地がある。この凹地での最大海底勾配比は 1/23 である。底質は泥混じりの砂である。また、大陸棚外縁付近には未確認の珊瑚礁があると思われるので詳査が必要である。

A/C.4 から 77.5 度方向、距離 181 km で水深 469 m の A/C.5 に達する。延べ距離は 715 km である。この間には、ルート上最大水深 934 m の凹地がある。海底勾配比は 1/54 である。

A/C.5 から 35 度方向、距離 19 km で水深 300 m の A/C.6 に達する。延べ距離は 734 km である。A/C.5 からは上り勾配で海底勾配比は約 1/100 である。

A/C.6 から距離 38 km で Bantaeng の陸揚候補地に達する。延べ距離は 772 km である。海底勾配比は 1/14 である。底質は海岸線から水深 20 m 付近まで岩が露出していると思われる。陸揚候補地は既設 PERUMTEL の電話局から東方約 3 km の Lamalaka に選定した。民家は道

路に沿って密集している。この付近の海浜は礫岩が露出している所があり、砂の堆積は少ない。海岸には護岸工事が成されている所もあり、海岸線は浸食されつつある。潮差は1.80 mで Kalimantan 側よりも小さい。機雷危険海域および港湾施設は、付近には無い。

BantaengはUjung Pandangの南東約80 kmのところであり、比較的大きな町である。Ujung Pandang～東部インドネシア地域を結ぶマイクロ回線の一部がBantaengに分岐されている。また、主要幹線道路がUjung Pandangから通じている。

(2) Plan-1B: Banjarmasin (Takisung) - Ujung Pandang (Balang)

Kalimantan 側の陸揚地は、Plan-1Aと同じTakisungである。計画ルートはA/C.2から分岐する。A/C.2から124度方向、距離20 kmで水深29 mのA/C.3に達する。延べ距離は94 kmである。海底地形は平坦で、底質は砂混じりの泥である。

A/C.3から91.5度方向、距離179 kmで水深47 mのA/C.4に達する。延べ距離は273 kmである。海底地形は平坦で、底質は泥混じりの砂である。

計画ルートが石油開発鉱区を通過する距離は232 kmである。

A/C.4から72度方向、距離179 kmで水深200 mのA/C.5に達する。延べ距離は396 kmである。この間は現在でも発見されているように、未確認の珊瑚礁があると思われるので証査が必要である。底質は砂が多くなって来る。

A/C.5から125.5度方向、距離168 kmで水深650 mのA/C.6に達する。延べ距離は634 kmである。この間には、計画ルート最大水深1,911 mの凹地がある。海底勾配比は1/12である。

A/C.6から112度方向、距離70 kmで水深40 mのA/C.7に達する。延べ距離は634 kmである。この間は上り勾配で海底勾配比は約1/20である。

A/C.7から距離22 kmで陸揚候補地に達する。この間は、機雷危険海域である。ケーブル保護の為に埋設工事を行う場合には、機雷探査を実施して作業の安全性を確保しなければならない。また、付近に珊瑚礁があるので詳査する必要がある。底質は砂が多いと思われる。

陸揚候補地の海浜は、極めて広い砂浜海岸である。この付近は、珊瑚礁に囲まれており、沿岸流は年間を通じて弱いと思われる。その為、沿岸漂砂も少ないと思われる。潮差は1.80 mである。

陸揚候補地に選定したBalangは、Ujung Pandangから南方約30 kmの所に位置している。主要幹線道路とBalang間は約14 kmの未舗装道路である。自動車の通行は可能である。Balangは50 数戸の漁村で電話線及び商用電源は無い。また、付近には港湾施設が無い。

(3) Plan-1C : Banjarmasin (Takisung) - Pare Pare (Bojo)

Kalimantan 側の陸揚地は、Plan-1A, 1Bと同じTakisungである。計画ルートはPlan-1BのA/C.5から分岐する。

A/c.5から距離254 kmでPare Pareの陸揚候補地に達する。延べ距離は650 kmである。この間にはA/C.5から距離136 km付近にルート上最大水深2,333 mの凹地がある。海底勾配比は1/12である。この凹地から陸揚候補地までは上り勾配である。陸揚候補地であるBojoの湾の外側は、海底勾配比1/4の急傾斜である。底質は泥混じりの砂と思われる。

陸揚地に選定したBojoは、Pare Pare港から南方約5 kmの小湾の奥である。陸揚地付近の底質は砂であるが、近くに岩盤が露出している所があり、砂の堆積は少ないと思われる。湾の外側は急に深くなっており、沿岸流が強く、漂砂は大きいと思われる。潮差は1.80 mである。

海岸に並行してUjung PandangとPare Pareを結ぶ主要幹線道路(舗装道路)がある。民家が道路と海岸の間に密集している。漁業活動は陸揚地より南側約1 km付近で、竹で組んだ魚棚を使用して漁を行っている。また、この付近はマングローブが繁茂している。

陸揚候補地の北側では、塩田があり、作業を行っている。

機雷危険海域は無い。

(4) Plan-2 : Balikpapan (Lemaru) - Palu (Towaja)

Kalimantan 側の陸揚候補地Lemaruは、Balikpapanから北へ約20 kmに位置している。陸揚候補地付近は、主要幹線道路から1.3 km程離れていて、数戸の民家が有るが、商用電源および電話線は無い。

この付近一帯の海岸は遠浅海岸である。海岸線はヤシの根が洗われ転倒しているのが見られるように、浸食されつつある。潮差は2.80 mである。この付近は北側で、マングローブが繁茂し、南側約3 kmの所に比較的大きな川の河口があり、流出される土砂は多い。河口の北側は海水浴場となっている。陸揚予定地付近の底質は、砂で礁性石灰岩の上に薄く堆積している。

沖合3海里付近には漁棚(BAGAN)があり、漁業活動は盛んである。

石油開発は盛んであり、石油開発区内での計画ルート長は約85 kmである。

計画ルートは、陸揚地から112度方向、距離7 kmで水深20 mのA/C.1に達する。この間の海底地形は平坦で、底質は砂である。

A/C.1 から90度方向、距離72 kmで水深200 mのA/C.2に達する。延べ距離は79 kmである。この間の海底地形は勾配比1/1120の下り勾配である。底質は泥混じりの砂である。

A/C.2から70度方向、距離232 kmで水深730 mのA/C.3に達する。延べ距離は311 kmである。この間は Makassar 海峡を横断する。最大深部は水深2,300 mである。海底勾配比は1/16である。底質は砂混じりの泥と思われる。

A/C.3から距離19 kmで Sulawesi 側の陸揚候補地 Towaja に達する。延べ距離は330 kmである。海岸線から1 kmの間は勾配比1/2で、4計画ルート中最大の急傾斜である。海岸線の底質は砂混じりの礫で、礫の径は10～20 cm程度である。この付近の海岸線は、侵食されつつありヤシの木等が転倒している。尚、潮差は2.40 mである。

局舎予定地は標高+4.0 mのヤシ園の中である。道路までは約500 mである。

陸揚候補地 Towaja は Palu 市内から北西へ33 kmの Palu 湾口に位置している。

この Palu 湾は、地震の際に、陥没して出来た湾である。湾口には水深36 mの凸部がある。比高差は約700 mである。湾奥は河川が多く土砂の流出も多い、また、港湾施設も多く船舶が錨泊している。

3. 財務・経済比較からのルート選択

最適な海底ケーブルルートは、前述の各条件によって選択されるが、他方、それぞれの海底ケーブルルートの経済・財務評価を並行して行なう。

それぞれのルート案につき、経済的効果、財務的効果をE-IRR、F-IRRで求め、比較する。

4. 各検討項目に対する評価の方法

4-1 評価の基準

各海底ケーブルルートを評価するに当り、考慮したシステム要因、およびその内容は次のとおりである。

A. システムの信頼性

海底ケーブル・サブシステム、バックホウル・サブシステム共にシステム距離が短ければ短いほど、システムとしての信頼性は向上する。また、海底の深度、傾斜、地震の有無、漁業活動の大きさ、港湾施設の影響などは、信頼性に影響を与える要因として据えられる。

B. 保守性

海底ケーブル・サブシステムの場合、そのシステム距離に関係なく両端局での保守がほとんどであるから、ルートによる差異は生じないが、バックホウル・サブシステムの場合、システム距離に応じて中間中継所の保守が増える。従って、距離が短ければ短い程保守性に優れると言える。また、電源供給機器の保守には、他の通信機器に比べて保守手数が係るので、商用電源の有無も保守性に影響する。

C. 工事の容易性

機雷、珊瑚礁、海底石油掘削域、海底深度、海底傾斜などの海洋条件、砂浜の有無、局舎敷地、接続道路、商用電源の有無などの陸揚地の条件は、工事の容易性に著しい影響を与える。

D. システムの経済性

創設費の大小、プロジェクトの社会的影響の大小、また、経済的効果の大きさなどシステムの経済性は重要な要因として評価される。

E. 既存設備の有効利用の方法

創設費を逡減する目的から、既存設備の利用を考える。ただし、初期既存設備が有効利用できても、将来新設備の必要が有る場合には、必ずしも初期投資だけで比較出来ないこともある。

4-2 評価採点の方法

第1項に掲げた検討項目を用い、各海底ケーブルルートを具体的に比較する上で、本調査では以下のような評価の方法を用いた。

- (1) 海洋条件、陸揚条件、海底ケーブル検討項目、およびバックホウルシステムの検討項目は、例えば地震の条件のように地震によって影響される確率が問題にされたり、機雷未掃海域のようにルートをすこし変えたり、あるいは建設工法で危険を避けたりする事が可能であるため、これらの項目に欠点が出ても、重大欠点とは言いがたい。従って、各項目につき、(問題なし)の場合1点、(好ましくない)の場合0点を付与する。
- (2) 上記の技術的条件の評価と並行して行い経済比較の場合は、明白に数値で効果が表示される。また、本海底ケーブルシステムの収入は、どのルートをとっても同一であるため、初期・追加投資額は低いほどよい。従って、E-IRR/F-IRR、初期・追加投資額、投資回収期間を比較し(最も良い)3点、(良い)2点、(やや劣る)1点、(劣る)0点を付加する。
- (3) 上記の評価方法で、理想的な最適ルートは、技術評価で24点、経済評価で12点となる。

5. 各海底ケーブルルートの比較

海底ケーブルルートの各案について、項目別検討結果と、前項で述べた評価の方法で各ルートを比較し、その結果を表6-1に示す。

各ルートの項目別状況の詳細は、それぞれ該当する章に述べてある。つまり、

海洋条件	本報告書	第4章(ルート毎の海洋条件)
陸揚地条件	〃	〃(〃)
海底ケーブルシステム	〃	第5章(システム基本計画)
バックホウル・システム	〃	〃(〃)
経済比較	〃	第8章(財務・経済分析)

表6-1(1/3) 海底ケーブルルート評価総括表

	Plan-1A	Plan-1B	Plan-1C	Plan-2
陸揚地条件	9	11	8	7
計画ルート	4	4	5	5
B,Hシステム	1	1	2	1
技術的評価点	14	16	15	13
(評価順)	(3)	(1)	(2)	(4)
財務経済比較	2	6	4	0
(評価順)	3	1	2	4
総合評価	3	1	2	4

表6-1(2/3) 財務面からの各ルートの評価

	Plan-1A	Plan-1B	Plan-1C	Plan-2
FIRR/EIRR	1	3	2	0
初期投資額	1	3	2	0
追加投資額	2	3	1	0
投資回収期間(FIRR)	1 (1999)	3 (1998)	1 (1999)	0 (2000)
財務評価点	5	12	6	0
(評価順)	(3)	(1)	(2)	(4)

海底ケーブ ルルート の評価
陸揚候補地点の比較

	Plan-1A			Plan-1B			Plan-1C			Plan-2								
	Takising			Lamalaka			Balang			Bojo			Lemaru			Towaja		
	砂浜の有無	1	砂の堆積は多い	0	礫岩の上によく堆積	1	砂の堆積は多い	0	岩盤が露出している	0	岩盤が露出している	0	礫浜海岸, 砂少ない					
沿岸標砂	0	大きい	0	大きい	1	小さい	0	大きい	0	大きい	0	大きい						
港湾施設の有無	1	無	50 km以上	1	無	20 km以上	1	無	約5 km	1	無	20 km以上						
局舎用地の有無	1	有	狭い	0	狭い	1	有	0	狭い	1	有	1	有					
道路事情の良否	1	舗装道路	1	舗装道路	1	未舗装道路	1	舗装道路	1	舗装道路	1	未舗装道路	0	道路まで約0.5 km				
居住環境	1	極端に悪くない	1	極端に悪くない	1	極端に悪くない	1	極端に悪くない	1	極端に悪くない	1	極端に悪くない	1	極端に悪くない				
商用電源の有無	0	不安定である	1	有	0	無	0	有, 不安定	0	無	0	無	0	無				

合計 (9)

(11)

(7)

計画ルートの比較

	Plan-1A	Plan-1B	Plan-1C	Plan-2				
	水平距離	0	772.0 km	0	656.0 km	0	650.0 km	1
機雷危険海域	1	無	0	22 km	1	無	1	無
珊瑚礁の有無	0	有	0	有	0	有	1	無
石油開発海域	0	239 km	0	232 km	0	232 km	0	85 km 活動
海底深度	0	934.0 m	1	1911.0 m	1	2333.0 m	1	2300.0 m
海底傾斜角	1	1/14	1	1/12	1	1/4	0	1/2
漁業活動	1	小規模漁業	1	左同	1	左同	1	左同
地震	1	少ない	1	少ない	1	少ない	0	多, 断層帯

合計 (4)

(4)

(5)

バックホウル・システムの比較

	Plan-1A	Plan-1B	Plan-1C	Plan-2				
	システム長	1	145 km	1	93 km	1	267 km	0
既設設備	0	JA-KAL システム UP 無し	0	同 左	1	JA-KAL システム TR. SULAWESI M/W	1	BJM-BLK M/W TR. SULAWESI M/W

合計 (1)

(1)

(1)

6. 選択した最適ルート

本カリマンタン～スラウェシ間の海底ケーブルシステムのルートとして、Plan-1B (Takisung : Banjarmasin-Balang : Ujung Pandang) が最適であるとみなされる。本ルート沿いの海洋条件は、海図・統計資料に基づく検討結果であり、海洋調査による実測データによるものではないため、特に珊瑚礁に関しては海図上影響が最も少ない場所にルートを設定したが、海洋調査の結果によってはケーブルルートの変更も考えられる。

また、本ルートの場合、Ujung Pandang 付近の機雷未掃海海域を通過するので、海洋調査あるいはケーブル布設工事以前に本ルートに対して磁気探査を実施し、機雷の有無、位置を確かめることを勧告する。

第7章 プロジェクト実行計画

第 7 章 プロジェクト実行計画

1. プロジェクト実施方針

1-1 コントラクター

本プロジェクトは海洋部分と陸上部分より構成されているが、いずれも単独では存在価値が無く、同時の竣工が不可欠な事や技術的なインターフェース条件が保証されなければならないため、システム全体を同一コントラクターによるターンキー工事とする。

1-2 コンサルタント

本プロジェクトをすみやかに実行するため、経験豊かな外国コンサルタントの雇用を勧告する。また、同コンサルタントは現地コンサルタントと共同して業務を実施し、可能な限りの技術移転を行う。

1-3 建設スケジュール

本プロジェクトは、インドネシア国電気通信長期計画の REPELITA-V に位置づけられている。従って、本プロジェクトは 1993 年末までに完了することが望ましい。

1-4 現地資材調達

本プロジェクトを実行する際に、質的にも量的にも適当と思われる製品、資材および原材料については、可能な限り現地調達する。

1-5 運用・保守に関する技術援助

本プロジェクトのコントラクターは、一年間 PERUMTEL へ適当な技術者を数名派遣し、運用および保守に関する技術援助を行う。

2. プロジェクト実施責務

2-1 インドネシア側の実施体制

PERUMTEL は、POSTEL (Ministry of Tourism, Posts and Telecommunications) の監督・指導のもとに、本プロジェクトの実行および管理を行う。

2-2 コントラクターの責務

- (1) システム全体の詳細設計
- (2) 資機材の製造・出荷・工事
- (3) 必要な書類・データ・仕様書・図面等の提供および認可の取得
- (4) 資機材に関する工場検査の実施
- (5) 工事の遂行
- (6) PERUMTEL技術者の訓練
- (7) 運用および保守に関する技術援助

2-3 PERUMTELおよびコンサルタントの責務

- (1) システム設計の実施および入札仕様書の作成
- (2) 応札書の審査と契約交渉
- (3) 工場検査の立会い
- (4) コントラクターより提出された書類等の審査および承認
- (5) 工事施行管理
- (6) 現地受入れ検査の立会い

3. プロジェクト実施線表

本プロジェクトの実施線表案は表7-1に示すとおりである。要約すると以下のとおり。

- ・ 1989年に資金調達計画およびコンサルタントを決定する
- ・ 1990年にコントラクターを決定する。
- ・ 1991～1992年に資機材の製造および工事を行う。
- ・ 1993年よりサービス開始および1993年に運用・保守のための技術援助を実施する。

表7-1 プロジェクト実施線表

年 四半期	1989				1990				1991				1992				1993				1994							
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV				
1. ローン条件の締結				▼																								
2. コンサルタント雇用契約				▼																								
3. 詳細設計, 調査および入札仕様書作成																												
4. 入札および審査																												
5. コントラクター契約締結																												
6. 資機材の製造																												
7. 資機材の出荷および工事																												
8. 竣工審査																												
9. 開通																												
10. 運用・保守の技術援助																												
11. 局舎建設(PERUMTEL)																												

4. プロジェクトコストの推定

4-1 初期投資額

第4章で示された本海底ケーブルに関する各種ルート案毎の初期投資額は表7-2に示すとおりである。なお、この表に示されているPlan-2とは、Plan-2のカリマンタン側バックホウルシステム構築の際、既存施設(2GHz, 34Mbps)を最大限利用する場合をいう。以下に本プロジェクトの初期投資額算出根拠を示す。

(1) 各ルート案について、下記の項目毎に外貨(¥)で見積金額を算出した。(1987年価額)

- ・資機材費……………海底ケーブル、バックホウルシステム、付帯設備
- ・工事費……………海底ケーブル、バックホウルシステム、付帯設備、局舎建設
(含む用地取得)

(2) 訓練および運用・保守のための技術援助の見積金額を、過去の経験より8,000万円とした。

(3) 資機材の輸送および保険費を、過去の経験より(1)で算出した資機材費(海底ケーブル+バックホウルシステム+付帯設備)の4.3%と見積る。

(4) 上記の外貨での見積総額を、過去の実績により各項目毎に外貨部分と内貨部分(Rp.)に振分ける。但し、為替レートは、1US\$=145円、1US\$=1,650Rp.より1円=11.4Rp.とした。これは、1987年10月の実績値である。

(5) コンサルタント・フィーとコンティンジェンシーを過去の実績により外貨、内貨を算出した。

4-2 追加投資額

本プロジェクトは海底ケーブル部分とバックホウル部分で構成されているが、バックホウル部分のシステム寿命は15年としているため(海底ケーブルのシステム寿命は25年)、プロジェクト期間中に同部分の更新投資が発生する。また海底ケーブルの容量は当初から(280Mbit/s×1)であるが、バックホウルについては初期投資額の軽減を目的に(140Mbit/s×1)としたため、通信トラフィックの増大により1998年に搬送装置(MUX)の増設投資が発生する。以上のことから、各ルート案毎の追加投資額をまとめると表7-3のようになる。増設、更新を考慮した各ルート案のバックホウルシステムの稼働スケジュールは図7-1に示すとおり。

なお、バックホウル部分の更新投資額は、鉄塔・局舎・道路等のインフラ部分に係る費用を初期投資額から差し引くことによって求めた。

さらに、Plan-2'の場合、既存施設の利用を考慮しているため、更新投資については、カリマントン側とスラウェシ側の各々検討した。

表 7-2 各ルート案毎の初期投資額

(外貨:百万円, 内貨:百万Rp)

	Plan-1A		Plan-1B		Plan-1C		Plan-2		Plan-2'	
	外貨	内貨	外貨	内貨	外貨	内貨	外貨	内貨	外貨	内貨
1. 資機材費										
(1) 海底ケーブル	5,853	0	4,997	0	4,822	0	3,112	0	3,112	0
(2) バックホウル	513	0	361	0	666	0	3,060	0	2,657	0
(3) 電源装置	160	0	160	0	160	0	160	0	160	0
小計	6,526	0	5,518	0	5,648	0	6,332	0	5,929	0
(4) 運賃・保険	281	0	237	0	243	0	272	0	255	0
計	6,807	0	5,755	0	5,891	0	6,604	0	6,184	0
2. 工事費										
(1) 海底ケーブル	1,705	216	1,408	179	1,348	171	757	96	757	96
(2) バックホウル	124	388	87	274	145	445	821	2,554	512	1,588
(3) 訓練	65	348	65	348	65	348	65	348	65	348
(4) 運用・保守援助	62	206	62	206	62	206	62	206	62	206
(5) 用地買収・局舎建設	0	376	0	536	0	1,163	0	2,861	0	839
計	1,956	1,534	1,622	1,543	1,620	2,333	1,705	6,065	1,396	3,077
3. コンサルタント・フィー	368	321	310	322	315	487	349	1,267	318	643
4. コンテンション	365	146	308	147	313	223	346	579	316	294
5. 合計(1+2+3+4)	9,496	2,001	7,995	2,012	8,139	3,043	9,004	7,911	8,214	4,014

表 7 - 3 各ルートを案毎の追加投資額

(百万円)

	Plan-1A	Plan-1B	Plan-1C	Plan-2	Plan-2'	
					カリマントン側	スラウエン側
増強投資	1998 : 342	同 左	同 左	同 左	—	1998 : 342
更新投資	2008 : 7,036	2008 : 5,050	2008 : 9,327	2008 : 38,760	1998 : 19,746 2013 : 19,404	2008 : 19,699

ルート案	バックホウルシステム	年									
		1990	95	2000	05	10	15	20	25		
Plan-1A "-1B "-1C "-2	初期設備 (140 Mbit/s) MUX増強 (+140 Mbit/s) 更新装置 (280 Mbit/s)	1994									
				1999							
						2009					
										2018	
Plan-2'	カリマノンタン側 初期設備 更新装置 (280 Mbit/s) 更新装置 (")										
						1999					
								2014			2018
Plan-2'	スラウエシ側 初期設備 (140 Mbit/s) MUX増強 (+140 Mbit/s) 更新装置 (280 Mbit/s)	1994									
						1999					
								2009			
										2018	

——— : 稼働期間, - - - - - : 残存期間, - - - - - : 既存システム稼働期間

図 7-1 バックホウルシステムの稼働スケジュール

4-3 操業費用

本費用は、海底ケーブルおよびバックホウルシステムの保守・運用に係る費用であり、主に物件費および人件費より構成されるが、ここでは、(設備投資額) × (保守比率) で算出する。この保守比率は、海底ケーブルシステムの場合 2%、バックホウルシステムの同比率を 6% とし、両システムの設備投資額を用いて加重平均することによって求めた。このようにして求めた各ルート案の保守比率は以下に示すとおりである。

Plan-1A	2.3%
〃 -1B	2.3%
〃 -1C	2.5%
〃 -2	4.0%

中間期で増設のための追加投資が予定されているが、追加投資の金額は初期投資額に比べて小さいため保守比率に影響を与えない。

従って、上記比率はプロジェクト期間中一定とした。各ルート案の操業費用は、

Plan-1A	2,536 百万Rp./年
〃 -1B	2,142 〃
〃 -1C	2,396 〃
〃 -2	4,422 〃

となる。なお、Plan-2' については、既存施設を利用するものの、保守・運用作業についてはPlan-2と同様に実施されると考えられるため、Plan-2の操業費用をそのまま適用した。

4-4 総費用

各プランの総費用(初期投資額+追加投資額+操業費用)は、1978年価格表示で、

Plan-1A	:	181,033 百万Rp.
〃 -1B	:	152,097 〃
〃 -1C	:	165,397 〃
〃 -2	:	260,209 〃
〃 -2'	:	267,395 〃

となる。

第 8 章 財務・經濟分析

第8章 財務・経済分析

本章では、本プロジェクトの財務分析と経済分析を実施する。財務分析とは、本プロジェクトの内部利益率（IRR）や財務諸表を計算・作成し、本プロジェクトが投資案件として優秀かどうかを判断する。一方、経済分析とは、本プロジェクトによる投資支出がインドネシアのマクロ経済および産業構造におよぼす影響を把握するとともに、その結果もたらされる雇用状況の変化も合わせて調査するものである。

1. 財務分析

本プロジェクトの財務分析として、

- (1) 投資効率の分析（FIRR/EIRRの算出）
- (2) 事業見通しの分析（財務諸表の作成）

を実施する。

投資効率の分析では、投資効率を表わす財務指標IRRに着目し、

- ・ F I R R（財務的内部利益率）
- ・ E I R R（経済的内部利益率）

の2つのIRRを計算し、その大小で投資効率の優劣を検討する。上記のIRRは、本プロジェクトに関連する費用と便益に基づいてキャッシュ・フローを作成し、その現在価値合計が丁度0となる割引率（IRR）として算出されるものである。

なお、FIRRとEIRRのキャッシュ・フローの違いは、社会的潜在便益（本プロジェクトの場合、消費者余剰に相当する）をFIRRの場合考慮せず、EIRRの場合、その便益対象とすることにある。

従って、本来は、費用便益分析は経済分析に含めるべきであるが、費用便益分析の目的と意義は、

- ① IRRという財務指標の算出を目的とし
- ② FIRRとの比較が重要であり
- ③ 財務諸表の作成から導出される法人税をEIRRの計算にも利用することにより、費用便益分析を財務分析として位置づけた。

一方、事業見通しの分析は本プロジェクトを実行する事業主体を想定し、その財務諸表（損

益計算書、資金繰表、貸借対照表)を作成し、同事業主体の財務内容の検討を行うものである。なお、両分析の概念比較を表8-1に表示する。

上記の分析を実施するには、本プロジェクトに係る費用と本プロジェクトよりもたらされる便益(収入)が必要となるが、本プロジェクトの費用は第7章で既に算出されているので、ここでは、まず、本プロジェクトの便益についてその詳細を記述し、その後両分析の評価方法および計算結果の評価を行う。

表8-1 投資効率の分析と事業見通しの分析の概念比較

	投資効率の分析	事業見通しの分析
便 益	直接便益と消費者余剰	直接便益
プロジェクト・コスト	建設費と操業費	同 左
資 金 調 達	考えない	払込資本金と長期借入金
評 価 項 目	FIRR (財務的 IRR) EIRR (経済的 IRR)	財務諸表 (損益計算書 資金収支表 貸借対照表

(注) IRR (内部利益率, Internal Rate of Return)

1-1 本プロジェクトの便益

1-1-1 直接便益

本プロジェクトの便益は直接便益と消費者余剰(社会的潜在便益)より構成される。さらに、直接便益は電話収入とその他収入より構成され、各々の内容を見ると以下のようになっている。

① 電話収入

- ・ 設置料
- ・ 基本料
- ・ 通話料

② その他収入

- ・ 電報収入

- ・ テレックス収入
- ・ 専用回線料

PERUMTEL の財務諸表より、電話収入の全収入に対する割合を調べると、最近5年間の同比率はおおよそ80%に達している。そこで、電話収入については詳細に検討することにし、その他収入については一括した。

(1) 電話収入

電話収入は、電話機の設置料・基本料および通話料より構成される。

1) 設置料

設置料収入は、第3章の供給計画で示された電話機設置累積台数をもとに、各年の新規設置台数を求め、それに設置料金および本プロジェクトの帰属収益率を掛け合わせることで算出する。設置料収入算出ステップを具体的に述べると以下のようになる。

- ① 本プロジェクトによってもたらされる利便は、スラウェシ以東の地域の電気通信の発展に集中的に寄与するため、WITEL X, XI, XII の新規の電話供給設置台数を本プロジェクトの便益の対象とする。新規設置台数は以下のようになる。

年	WITEL X, XI, XII の累積設置台数 および新規設置台数
1985	38,306 台
1994	150,107 ") 12,422 台/年
1999	274,835 ") 24,946 "
2004	396,815 ") 24,396 "
2009	525,215 ") 25,680 "
2014	663,245 ") 27,606 "
2019	814,656 ") 30,282 "

- ② 設置料金は、表8-2に示されている Area II, III の設置料金の平均値 275,000 Rp/台を適用する。

- ③ 帰属収益率は以下のよう算出する。

スラウェシ以東の通信トラヒックは、本海底ケーブルを通過するのみならず、通信衛星を介してインドネシアの諸都市に送信されるので、まず、下記に示すよう

な地上系比率を設定し、これに世銀調査結果による設備部門投資比率に表示されている市外伝送設備比率（15%）を乗じることによって本プロジェクトの帰属収益率を算出する。なお、本海底ケーブルの容量は、2004年に飽和状態に達するため、それ以降の新設台数は本プロジェクト以外からもたらされると考え、設置料収入をゼロとする。

年	地上系の比率
1994	0.25
1999	0.48
2004	0.68

(注) 地上系の比率は、第3章に示されている地上系と衛星系のトラヒック配分図をもとに設定した。この時、本海底ケーブルを通過するトラヒックの平均距離は約2,000 kmである。また、1994年はREPELITA V、1999年はREPELITA VI、2004年はREPELITA VIIのそれぞれ終期である。

以上の考え方のもとに算出された設置料収入は表8-4に示すとおりである。

2) 基本料

基本料収入は、

$$\text{累積設置台数} \times \text{基本料金} \times \text{帰属収益率}$$

で算出される。ここで、

- ① 累積設置台数は設置料に示されている。
- ② 基本料金は表8-2より2,000 Rp/月を適用する。
- ③ 帰属収益率は設置料に示されている。但し、2014年以降は設置料で述べられている理由により基本料は一定とする。

なお、上記の考え方のもとに算出された基本収入は表8-4に示されているとおりである。

3) 通話料

通話料収入は以下のように算出した。

- ① 第3章で算出されたWITEL X、Ⅱ、ⅢのSCとその他WITELのSCとの間の回線数に注目し（例えば、ジャカルタ↔ウジュンパンダン）、それに最繁忙時回線能率、最繁忙時集中率を考慮し、1日当りの発信トラヒック量を算出する。

$$T_{i,j,t}^D = (C_{i,j,t} + C_{j,i,t}) \times BT \times 3600 \text{ (秒)} / BCR$$

表 8 - 2 インドネシア電話料金表

1987年10月現在

Classification of Area	Installation Fee		Extra Additional Fee		Branch Tel. Inst. Fee	Rental Fee/Month		3 Minutes Fee RP.	SLDD
	RP.	RP. (Route)	RP. (No route)	RP.		JAKARTA BANDUNG SEMARAN SURABAYA MEDAN	Other		
I	500,000		100,000	63,000	AUTO	JAKARTA BANDUNG SEMARAN SURABAYA MEDAN	3,500	Only JAKARTA Subscribers RP.75: JAKARTA	See Table 8-1-3
II	350,000	50,000	100,000	32,000	AUTO	Other	2,000		
III	200,000	40,000	80,000	19,000	AUTO				
IV	175,000	30,000	60,000	13,000	MANUAL	L.U<500	1,000		
V	125,000	20,000	40,000	7,000	MANUAL	L.U>500	2,000		
VI	90,000	75,000		3,750	MANUAL				

(Footnote) Extra Additional Fee shows a value per 100m.

Rental Fee shows a fee of main.Branch is a half of it.

ここで、

$T_{i,j,t}^D$: t年におけるSC_iからSC_jおよびSC_jからSC_iへの1日
当り発信トラヒック量(秒)

$C_{i,j,t}$: t年におけるSC_iからSC_jへの必要回線数

BT : 最繁時回線能率(回線当りトラヒック=0.65アーラン)

BCR : 最繁時集中率 (12.5%)

また、1通過回線当りの平均距離は、 $D_{i,j}$ をiSC局とjSC間の直線距離として、

$$dt = (\sum_i \sum_j D_{i,j} \times C_{i,j,t}) / (\sum_i \sum_j C_{i,j,t})$$

よりプロジェクト期間を通して約2000kmと求まる。従って、2(秒/パルス)

で75Rp.という料金体系が適用され、これより1日当りの通話収入を求めると、

$$R_t^D = (\sum_i \sum_j T_{i,j,t}^D) / S \times 75 (Rp.)$$

となる。

ここで、

R_t^D : t年における1日当り通話収入

S : 2(秒/パルス)

さらに、年間稼働日数を302日とし、年間通話収入を算出すると、

$$R_t^Y = R_t^D \times 302$$

となる。

ここで、

R_t^Y : t年の通話収入

- ② 本プロジェクトに帰属する便益を上記の年間通話収入に帰属収益率を乗じて算出する。帰属収益率は、

- ・ $C_{i,j,t}$ は既に衛星部分を除外してある。
- ・ 1通過回線当りの平均距離に占める本海底ケーブルの長さ。但し、本海底ケーブルの長さとしてバンジャルマシ(BJM)～ウジュンパンダン(UP)の直線距離を採用する。
- ・ 市外伝送路設備比率(世銀調査を参考とする)

より定義する。すなわち、

$$\begin{aligned} \text{帰属収益率} &= (\text{BJM} \sim \text{UPの直線距離} / \text{1通過回線当り平均距離}) \\ &\times \text{伝送路設備比率}(0.15) \end{aligned}$$

となる。

なお、上記のようにして求められた通話料収入は表8-4に示すとおりとなる。

表 8 - 3 市外通話料金表 (手動, 自動)

1987年10月現在

AREA	Distance (km)	Manual Toll Call		SLDD Call			
		Fee for one Minute (RP.)		Metering Pulse Interval (sec.)		Fee for One Minute (RP.)	
		Day	Night	Day	Night	Day	Night
-	0 - 25	6.00-21.00	22.00-6.00	5.00-22.00	22.00-6.00	6.00-22.00	22.00-6.00
I	25 - 100	75	75	6	75	75	75
II	100 - 200	750	750	6	12	750	375
III	200 - 300	900	900	5	10	900	450
IV	300 - 1000	1,125	1,125	4	8	1,125	563
V	1000 -	1,500	1,500	3	6	1,500	750
		2,250	2,250	2	4	2,250	1,125

表 8 - 4 直接便益

(百万 Rp)

年	設 置 料	基 本 料	通 話 料
1994	128	135	10,763
⋮	⋮	⋮	⋮
1999	494	475	27,418
⋮	⋮	⋮	⋮
2004	684	971	44,442
⋮	⋮	⋮	⋮
2009	0	971	44,442
⋮	⋮	⋮	⋮
2014	0	971	44,442
⋮	⋮	⋮	⋮
2019	0	971	44,442

注) GDP成長率5%のケース

(2) その他収入

PERUMTEL の財務指標による最近5年間のその他収入の電話収入に対する比率は、以下のとおり。

(10億Rp)	1982	1983	1984	1985	1986
① 電話収入	286	355	380	463	529
② その他収入	39	54	65	79	88
③ ②/①	0.136	0.152	0.171	0.171	0.166

従って、電話収入に対するその他収入の比率を

$$(0.136 + 0.152 + 0.171 + 0.171 + 0.166) / 5$$

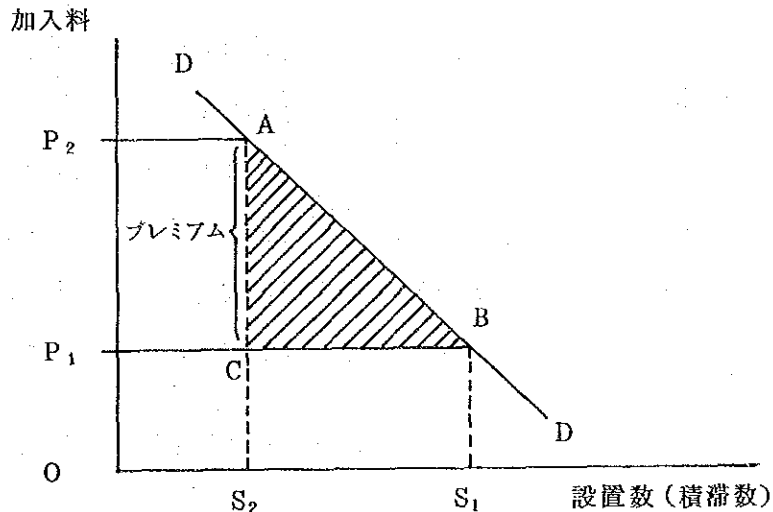
$$= 0.1592 \doteq 0.16$$

とした。

1-1-2 消費者余剰

(1) 消費者余剰に対する考え方

一般的消費者余剰の考え方を本プロジェクトに適用するにあたり、直接便益同様に帰属収益配分率を設定する必要がある。消費者余剰の大きさは、必要とされる施設の拡充率に反比例するのが一般的である。本プロジェクトの場合、通信システム全体の極僅かな部分の整備計画であるため、ここでの帰属収益配分率は、直接便益算定に使用した配分率を適用させる。消費者余剰は、加入料に対しては、プレミアムの発生という形で現われ、通信料に関しては、利用者の支払い意思 (Willingness to pay) の大きさによってきまる。つまり、本プロジェクトに関する総余剰の推定は、加入者の需要予測から支払可能価格の推定を行い、加入者あたりの消費者余剰の推定を行う。



現在の電話供給数を OS_2 、設置数を OP_1 とする。需要関係は DD で積滞 BC が存在する。また設置台数 OS_2 に対して加入希望者は最大 P_2 まで加入料を支払ってもよいと考える。

従って、この差 AC は加入料のプレミアムとなり、本プロジェクトの社会的観点からの便益は三角形 ABC の面積となる。

また、通話料に関する消費者余剰の考え方も加入料及び基本料金と同様に右下がりの需要曲線に密接に関連している。

たとえば、消費者(加入者)は、その日に何回か通話する必要があっても、1回しかかけられない場合には、一般に自由に通話できるよりも1回当り高い料金をすすんで支払お

うとする意志を有している。しかし、通常電話料金は一定であるので消費者は、すべての通話に同じ額を支払う。したがって通話をする者は、すべての通話に対して実際に課されている以上により高い料金をすすんで支払おうとする意志があるとみなされる。同様に積滞加入者についても同じことが言えるが、これらの消費者余剰の推定は、データ面で限界があるため、ここでは以下のとおり推定する。

(2) 設置料

設置料の消費者余剰を以下のように推定する。

- ① まず、第3章に表示されている電話機の需要と供給との差に着目し、その増分を消費者余剰の対象とする。

年	需 要	供 給	差	差の増分
1994	191,125	160,107	41,018) 74
1999	316,224	274,835	41,389	
2004	482,987	396,815	86,172) 5,262
2009	637,699	525,215	112,484) 5,816
2014	804,810	663,245	141,565) 6,248
2019	987,460	814,656	172,804	

- ② 次に、プレミアムであるが、他の同種の調査と合わせて、325,000 Rp/台とする。

- ③ 帰属収益率は直接便益と同様とする。

- ④ 従って、設置料の消費者余剰は、

$$\text{電話機の需給ギャップの増分} \times \text{プレミアム} \times \text{帰属収益率}$$

として算出される。なお、算出結果は表8-5に示すとおりである。

(3) 基本料

基本料の消費者余剰は、(2)設置料で示された電話機の需要と供給の差に、基本料のプレミアム(3,250Rp/月)と帰属収益率を乗じることによって算出する。ここで、基本料の帰属収益率は直接便益と同様とした。なお、算出結果は表8-5に示すとおりである。

(4) 通話料

ここでは、直接便益の15%とした。なお、算出結果は表8-5に示すとおりである。

(5) その他収入

その他収入についても、本来は、TELEX等について消費者余剰の適用が考えられる。しかしながら、それらの全収入に対するシェアは大変低いため、IRRにおよぼす影響は極わずかなものと考えられる。従って、その他収入の消費者余剰は除外した。

表8-5 消費者余剰

(百万Rp)

年	設置料	基本料	通話料
1994	56	60	1,614
⋮	⋮	⋮	⋮
1999	2	116	4,113
⋮	⋮	⋮	⋮
2004	297	343	6,666
⋮	⋮	⋮	⋮
2009	0	343	6,666
⋮	⋮	⋮	⋮
2014	0	343	6,666
⋮	⋮	⋮	⋮
2019	0	343	6,666

注) GDP成長5%ケース

1-2 投資効率と事業化の分析

1-2-1 IRR

(1) 分析モデル

大規模長期プロジェクトの一般的なアセスメント方法の1つにDCF法がある。DCF法とは、プロジェクト期間中に発生するキャッシュ・フローに着目し、現在価値換算後のキャ

キャッシュ・フローの期間合計がゼロとなる割引率を算出するものである。

例えば、

CIF_i : i 年目のキャッシュ・インフロー

COF_i : i 年目のキャッシュ・アウトフロー

とすると、

$$\sum_i CIF_i / (1+r)^{i-(j-1)} = \sum_i COF_i / (1+r)^{i-(j-1)}$$

なる割引率 r を算出するわけである。この r は、IRR (Internal Rate of Return, 内部利益率)とも呼ばれ、この率が大きい程当該プロジェクトの投資効果が高いことを表わしている。

本プロジェクトの場合、2種類のIRRを試算する。それは、

FIRR (財務的内部収益率)

EIRR (経済的内部収益率)

である。FIRRとEIRRの違いは、EIRRのキャッシュ・インフローに消費者余剰を加える点だけである。つまり、EIRRの場合、潜在的な社会便益もキャッシュ・インフローの対象としているわけであり、費用便益分析で使用されるIRRを表わしている。なお、両IRR算出のためのキャッシュ・フローの構成要素は以下のとおりである。

・FIRRの場合

キャッシュ・インフロー = 直接便益
= 電話収入+その他収入
= 設置料収入+基本料収入+通話料収入+その他収入
キャッシュ・アウトフロー = 初期投資費用+追加投資費用+操業費用+所得税

・EIRRの場合

キャッシュ・インフロー = 直接便益+消費者余剰
キャッシュ・アウトフロー = 初期投資費用+追加投資費用+操業費用+所得税

なお、一般に財務評価用のプロジェクトコストは実勢為替レートを、またEIRRおよび経済評価用のプロジェクトコストは標準変換係数(SCF)で調整した為替レートをを用いて算出されるが、

- ① SCFを適用する内貨部分の比率が2~3%と小さい。
- ② SCF自身は0.97~0.99と算出され、SCFの調整効果も小さい。

等の理由により、ここではSCFによる為替レートの調整は行わず、EIRRおよび経済評

雇用のプロジェクトコストの算出についても実勢レートを適用した。

(2) ケース・スタディ

まず、第6章で検討された本プロジェクトのケーブルルート各案について、FIRR/EIRRを試算した。なお、各ルート的前提条件は表8-6に示した。算出結果は以下のとおりである。

	FIRR	EIRR
Plan-1A	16.72%	18.39%
Plan-1B	18.14%	20.08%
Plan-1C	17.85%	19.67%
Plan-2	15.87%	17.59%
Plan-2'	16.46%	18.30%

IIRRを見る限り、どのルート案もフィージブルであるとみなされる。しかしながら、Plan-1BはIIRRが最も高く、また、追加投資額が一番少なくかつ現地調達額が約20億Rp.と最も低い（このことはインドネシア側の負担の少なさを示している）ことから、経済性が一番高いと言える。

次に、上で選ばれたPlan-1Bについて収入とプロジェクトコストによる感度分析を実施した。その結果は以下のとおりである。

	FIRR	EIRR
Plan-1B (収入+10%)	19.18%	21.14%
Plan " (収入-10%)	17.01%	18.81%
Plan " (コスト+10%)	17.09%	18.93%
Plan " (コスト-10%)	19.30%	21.30%

収入が一率10%ダウンした場合とコストが一率10%アップした場合のFIRRは17%以上となり、本プロジェクトは収入およびコスト変動に対しては頑強であることが感度分析によって証明された。

以上のケース・スタディは、インドネシアのGDP成長率5%という中成長の場合を仮定しているが、GDP成長率3%という低成長の場合のIIRRも試算した。

Plan-1Bによる同試算結果は、

	<u>FIRR</u>	<u>EIRR</u>
Plan-1B (GDP 3%)	15.80%	17.48%

となり、IRRは2%程悪化するものの、その場合でも本プロジェクトのファイジビリティは保証される。

最後に、海底ケーブルシステムを当初から(280Mbit/s×2)とした場合のIRRを試算した。このプランは技術的な理由により導入対象からはずしたが、その試算結果は、

	<u>FIRR</u>	<u>EIRR</u>
Plan-1B (280Mbit/s×2)	18.21%	20.03%

となり、Plan-1Bと遜色ない結果となった。この理由は、初期投資額の上昇(約12%アップ)と、収入の上昇(容量が大きいため収入の限度がなくなった)が現在価値換算ではほぼ同様な結果となったことによる。第二分冊、資料Ⅶ、第3項に(280Mbps×2)の財務諸表を示す。

(280Mbps×1)システムと(280Mbps×2)システムの累積税引後利益の黒字転換年は、前者の1997年に対し、後者のそれは大きく後退し2001年以降となる。当然企業体としては(280Mbps×1)の方がのぞましい。

又、2000年末における投資回収額(FIRR)を比較すると、

(280Mbps×1) : 61億Rp.

(280Mbps×2) : 56億Rp.

となっており、両システムのFIRR/EIRRに差はないものの、本プロジェクトの立上り期間において(280Mbps×2)システムは財務面に問題があるといえる。

表 8 - 6 各ルーター案の前提条件

		Plan-1A	Plan-1B	Plan-1C	Plan-2	Plan-2'
プロジェクト (1987年価格) 換算レート 1\$ = 145円 1\$ = 1,650Rp ∴ 1円 = 114Rp	初期投資額	総額 110,256百万Rp (約97億円) { 海底ケーブル 100,557百万Rp バックホウル 9,699 "	総額 93,156百万Rp (約82億円) { 海底ケーブル 85,965百万Rp バックホウル 7,191 "	総額 95,829百万Rp (約84億円) { 海底ケーブル 82,845百万Rp バックホウル 12,984 "	総額 110,557百万Rp (約97億円) { 海底ケーブル 51,576百万Rp バックホウル 58,981 "	総額 97,654百万Rp (約86億円) { 海底ケーブル 51,712百万Rp バックホウル 45,942 "
	建設費	バックホウル 1998 : 342百万Rp 2008 : 7,036 " 合計 7,378 " (約6.5億円)	バックホウル 1998 : 342百万Rp 2008 : 5,050 " 合計 5,392 " (約4.7億円)	バックホウル 1998 : 342百万Rp 2008 : 9,327 " 合計 9,669 " (約8.5億円)	バックホウル 1998 : 342百万Rp 2008 : 38,760 " 合計 39,102 " (約34.3億円)	バックホウル 1998 : 19,746百万Rp 2008 : 19,699 " 2013 : 19,404 " 合計 58,849 " (約51.6億円)
操業費	初期投資額×2.3% = 2,536百万Rp/年	初期投資額×2.3% = 2,142百万Rp/年	初期投資額×2.5% = 2,396百万Rp/年	初期投資額×4.0% = 4,422百万Rp/年	同	左
直接便益 (1987年価格)	年	設置料 1994 128 1999 494 2004 684 0 2018 0	基本料 135 475 971	通話料 10,763 27,418 44,442	電話収入 = 設置料 + 基本料 + 通話料 その他収入 = 電話収入×16%	
減価償却	海底ケーブル : 25年定額, バックホウル : 15年定額, 建中金利 : 5年定額 (残存価値は0)					
法人税率	課税対象額×35% 但し, 税引前損失は5年間繰越し可能					
借入金の返済条件	長期借入金 : 5年据置, 10年返済, 年利率12.0% 短期借入金 : 年末借入, 各年末返済, 年利率12.0%					
資金調達	払込資本金 2,001百万Rp 長期借入金 135,347 " (建中金利 27,092)	払込資本金 2,012百万Rp 長期借入金 113,955 " (建中金利 22,811)	払込資本金 3,043百万Rp 長期借入金 116,049 " (建中金利 23,263)	払込資本金 7,911百万Rp 長期借入金 128,484 " (建中金利 25,838)	払込資本金 4,014百万Rp 長期借入金 117,354 " (建中金利 23,714)	

1-2-2 財務諸表

前項において、投資効率が最大であり、またその他の要因（追加投資額、現地調達額）についても優秀であるという理由から本プロジェクトの海底ケーブルルートとしてPlan-1Bを選択した。ここでは同プランの財務諸表を作成し、本プロジェクトの経営状況を財務面から検討する。なお、作成する財務諸表は、

- ① 損益計算書
- ② 資金操表
- ③ 貸借対照表
- ④ IRR算出用キャッシュ・フロー表

の4表である。

(1) 前提条件

財務諸表の作成に際し、以下のことを前提とする。

1) 初期投資支出スケジュール

第7章で示されたPlan-1Bの初期投資額を、まず建設期間（1990～1993）に割振り、その後、海底ケーブルシステム投資額とバックホウルシステム投資額に統合し、年別の初期投資支出スケジュールを作成した。なお、建設期間への割振りは、第7章で示されたプロジェクトの実施線表、および過去の経験を参考にした。またコンサルタント・フィーのように海底ケーブルにもバックホウルにも属さない費用については、各々の投資額比で按分した。以上のようにして算出した初期投資スケジュールは以下のとおりである。

(百万 Rp)	1990	1991	1992	1993
海底ケーブル	2 0113	4 1104	2 3827	921
バックホウル	1,627	3321	2050	193

2) 資金調達

初期投資支出は、払込資本金と長期借入金で賄われる。払込資本金は現地調達分とし、残り（外貨部分）は長期借入金とし、建中金利を考慮する。従って、Plan-1Bの資金調達は以下のようになる。

(百万Rp)	1990	1991	1992	1993
払込資本金	296	740	751	225
長期借入金	21,444	46,258	33,250	13,003
合計	21,740	46,998	34,001	13,228
海底ケーブル	20,113	41,104	23,827	921
バックホウル	1,627	3,321	2,050	193
建中金利	0	2,573	8,124	12,114
合計	21,740	46,998	34,001	13,228

なお、追加投資支出は内部留保金ないしは短期借入金で賄うこととする。

3) 借入金条件

① 長期借入金

借入条件は以下のとおりとする。

- ・据置期間 5年
- ・返済期間 10年 (元金均等償還方式)

従って、借入後15年目に元本返済が終了することになる。

- ・金利率 年12%

これは、PERUMTELがインドネシア政府から資金調達する場合の調達コストに該当する。

- ・年末借入/年末払い (年賦償還方式)

この条件に従って作成された元本返済および支払利息は表8-7に示すとおりである。

② 短期借入金

プロジェクト期間中に資金不足が生じた場合、その不足分を短期借入金で賄う。

短期借入条件は、

- ・当該年度末借入/翌年度末一括返済

- ・金利率 年12%

とする。

表 8 - 7 Plan-1B の長期借入金返済および支払利息一覧表

(百万Rp)

年	期初借入残高	返済額	支払利息
1994	113,955		13,675
1995	113,955		13,675
1996	113,955		13,675
1997	113,955		13,675
1998	113,955		13,675
1999	113,955	11,395	13,675
2000	102,560	11,395	12,307
2001	91,165	11,395	10,940
2002	79,770	11,395	9,572
2003	68,375	11,395	8,205
2004	56,980	11,395	6,838
2005	45,585	11,395	5,470
2006	34,190	11,395	4,103
2007	22,795	11,395	2,735
2008	11,400	11,400	1,368

4) 減価償却条件

本プロジェクトの資本費は、大きく

- ① 海底ケーブルシステム費
- ② バックホウルシステム費
- ③ 建中金利

の3項目に別けられる。各々の償却条件は、

- ・海底ケーブルシステム 25年定額法, 残存簿価0
- ・バックホウルシステム 15年定額法, "
- ・建中金利 1994年から5年定額法, 残存簿価0

とする。なお、バックホウルシステムについては追加投資を考慮しているが、全額償却する前に、更改を余儀なくされる場合でも、他に転用不可能なため、その未償却分の価値はゼロとする。

Plan-1Bの減価償却費は表8-8に示す。

5) 税引前損失の繰越し

プロジェクト期間中に税引前損失が生じた場合、その損失分は5年先まで繰越し可能とする。つまり、 t 年に-100という損失が発生した場合、 $t+1$ 年から $t+5$ 年までの税引前利益計が100であれば、 $t+1$ 年から $t+5$ 年まで法人税は免除されることになる。

6) 法人税

1984年12月以降適用されている35%を法人税率に適用する。

表 8 - 8 Plan-1B の減価償却費

(百万Rp)

年	海底ケーブル	バックホウル	建中金利
1994	3,439	479	4,562
1995	3,439	479	4,562
1996	3,439	479	4,562
1997	3,439	479	4,562
1998	3,439	479	4,562
1999	3,439	502	4,563
2000	3,439	502	
2001	3,439	502	
2002	3,439	502	
2003	3,439	502	
2004	3,439	502	
2005	3,439	502	
2006	3,439	502	
2007	3,439	502	
2008	3,439	506	
2009	3,439	337	
2010	3,439	337	
2011	3,439	337	
2012	3,439	337	
2013	3,439	337	
2014	3,439	337	
2015	3,439	337	
2016	3,439	337	
2017	3,439	337	
2018	3,429	337	

(2) 作成結果

(1)の前提条件をもとに、Plan-1Bの財務諸表を作成した。その結果は、

損益計算書	表8-9
資金繰表	表8-10
貸借対照表	表8-11
IRR算出用キャッシュ・フロー表	表8-12

に表示されているとおりである。これを分析すると、

- ① Plan-1Bの損益計算書を見ると、開通後3年目(1997年)で単年度損益が、又同7年目(2000年)で累積損益が黒字転換し、以降は安定した収益状況を示していることがわかる。
- ② Plan-1Bの資金繰表を見ると、開通後2年間(1994, 1995年)金利負担の増大のため資金繰りが悪化するものの、その後は短期借入金の発生はない。さらに、バックホウルシステムの追加投資についても内部留保金で全て賄えることが理解される。
- ③ その結果、資産状況も以下のように推移し、2018年には、5,110億Rpの現金資産を所有する見通しが得られる。

(10億Rp)

		1993	2003	2018
資産	流動資産	0	71	509
	固定資産	116	55	2
	計	116	126	511
負債	流動負債	0	11	0
	固定負債	114	46	0
	計	114	57	0
資本	資本金	2	2	2
	剰余金	0	67	509
	計	2	69	511

- ④ 以上より Plan-1Bは財務面から見てもフェイジブルであることが示唆されたことが理解される。

⑤ Plan-1B (280Mbps × 2) の場合の財務状況 (第二分冊, 資料Ⅵ, 第3項参照) を見ると,

- ・ 累積損益収支が黒字に転換する年度は開通後7年目 (2001年)
- ・ 累積資金収支が黒字に転換する年度は開通後4年目 (1997年)

となっており, 財務面から評価してPlan-1B (280Mbps × 1) の方が Plan-1B (280Mbps × 2) より有利であると云える。

Table 8-9 Income Statement (Plan-1B)

***** INCOME STATEMENT *****

(Year)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1. REVENUE																		
2. TELEPHONE																		
3. INSTALLATION	0	0	0	0	128	309	350	401	442	494	523	564	604	644	684	0	0	0
4. RENTAL	0	0	0	0	135	189	245	316	387	475	560	652	752	858	971	971	971	971
5. SLDD CALL	0	0	0	0	10,763	14,094	17,425	20,756	24,087	27,418	30,823	34,228	37,632	41,037	44,442	44,442	44,442	44,442
6. (SUB TOTAL)	0	0	0	0	11,026	14,592	18,020	21,473	24,916	28,387	31,906	35,444	38,988	42,539	46,097	45,413	45,413	45,413
7. OTHERS	0	0	0	0	1,764	2,334	2,883	3,435	3,986	4,541	5,104	5,671	6,238	6,806	7,375	7,266	7,266	7,266
8. TOTAL REVENUE	0	0	0	0	12,790	16,926	20,903	24,908	28,902	32,928	37,010	41,115	45,226	49,345	53,472	52,679	52,679	52,679
9. OPERATION COSTS	0	0	0	0	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142
10. DEPRECIATION																		
11. SUBMARINE	0	0	0	0	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439
12. MICROWAVE	0	0	0	0	479	479	479	479	479	502	502	502	502	502	502	502	502	502
13. I.D.C.	0	0	0	0	4,562	4,562	4,562	4,562	4,563	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. (TOTAL DEPRECIATION)	0	0	0	0	8,480	8,480	8,480	8,480	8,481	3,941	3,941	3,941	3,941	3,941	3,941	3,941	3,941	3,941
15. GROSS PROFIT	0	0	0	0	2,168	6,304	10,281	14,286	18,279	26,845	30,927	35,032	39,143	43,262	47,389	46,596	46,596	46,596
16. INTEREST																		
17. LONG-TERM	0	0	0	0	13,675	13,675	13,675	13,675	13,675	13,675	12,307	10,940	9,572	8,205	6,838	5,470	4,103	2,735
18. SHORT-TERM	0	0	0	0	0	363	273	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19. (TOTAL INTEREST PAID)	0	0	0	0	13,675	14,038	13,948	13,675	13,675	13,675	12,037	10,940	9,572	8,205	6,838	5,470	4,103	2,735
20. NET PROFIT B/TAX	0	0	0	0	-11,507	-7,734	-3,667	611	4,604	13,170	18,620	24,092	29,571	35,057	40,551	41,126	42,493	43,861
21. LOSS CARRYOVER	0	0	0	0	-11,507	-7,734	-3,667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22. INCOME TAX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,933	8,432	10,349	12,269	14,192	14,394	14,872	15,351
23. NET PROFIT A/TAX	0	0	0	0	-11,507	-7,734	-3,667	611	4,604	13,170	13,687	15,660	19,222	22,788	26,359	26,732	27,621	28,510
24. ACCUMULATE NET PROFIT A/TAX	0	0	0	0	-11,507	-19,241	-22,908	-22,297	-17,693	-4,523	9,164	24,824	44,046	66,834	93,193	119,925	147,546	176,056

(Year)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL
1. REVENUE												
2. TELEPHONE												5,143
3. INSTALLATION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,134
4. RENTAL	971	971	971	971	971	971	971	971	971	971	971	924,893
5. SLDD CALL	44,442	44,442	44,442	44,442	44,442	44,442	44,442	44,442	44,442	44,442	44,442	949,170
6. (SUB TOTAL)	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	151,861
7. OTHERS	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	1,101,031
8. TOTAL REVENUE	52,679	52,679	52,689	52,679	52,679	52,679	52,679	52,679	52,679	52,679	52,679	53,550
9. OPERATION COSTS	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	85,965
10. DEPRECIATION												
11. SUBMARINE	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,439	3,429	10,789
12. MICROWAVE	506	337	337	337	337	337	337	337	337	337	337	22,811
13. I.D.C.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119,565
14. (TOTAL DEPRECIATION)	3,945	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	927,916
15. GROSS PROFIT	46,592	46,761	46,761	46,761	46,761	46,761	46,761	46,761	46,761	46,761	46,771	143,588
16. INTEREST												
17. LONG-TERM	1,368	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	636
18. SHORT-TERM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144,224
19. (TOTAL INTEREST PAID)	1,368	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	783,692
20. NET PROFIT B/TAX	45,224	46,761	46,761	46,761	46,761	46,761	46,761	46,761	46,761	46,761	46,771	-22,908
21. LOSS CARRYOVER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	274,283
22. INCOME TAX	15,828	16,366	16,366	16,366	16,366	16,366	16,366	16,366	16,366	16,366	16,369	509,409
23. NET PROFIT A/TAX	29,396	30,395	30,395	30,395	30,395	30,395	30,395	30,395	30,395	30,402	30,402	4,515,123
24. ACCUMULATE NET PROFIT A/TAX	205,452	235,847	266,242	296,637	327,032	357,427	387,822	418,217	448,612	479,007	509,409	

Table 8-10 Cash Flow Statement (Plan-1B)

***** CASH FLOW STATEMENT *****

(Year)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1. SOURCE OF FUND																		
2. PAID-IN SHARE CAPITAL	296	740	751	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. LONG-TERM DEBT	21,444	46,258	33,250	13,003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4. SHORT-TERM DEBT	0	0	0	0	3,027	2,281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5. NET PROFIT A/TAX	0	0	0	0	-11,507	-7,734	-3,667	611	4,604	13,170	13,687	15,660	19,222	22,788	26,359	26,732	27,621	28,510
6. DEPRECIATION	0	0	0	0	8,480	8,480	8,480	8,480	8,481	3,941	3,941	3,941	3,941	3,941	3,941	3,941	3,941	3,941
7. (TOTAL SOURCE OF FUND)	21,740	46,998	34,001	13,228	0	3,027	4,813	9,091	13,085	17,111	17,628	19,601	23,163	26,729	30,300	30,673	31,562	32,451
8. APPLICATION OF FUND																		
9. CAPITAL COSTS																		
10. SUBMARINE	20,113	41,104	23,827	921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11. MICROWAVE	1,627	3,321	2,050	193	0	0	0	0	342	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12. (TOTAL CAPITAL COSTS)	21,740	44,425	25,877	1,114	0	0	0	0	342	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13. INTEREST DURING CONSTRUCTION																		
14. REPAYMENT																		
15. LONG-TERM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395
16. SHORT-TERM	0	0	0	0	0	3,027	2,281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17. (TOTAL REPAYMENT)	0	0	0	0	0	3,027	2,281	0	0	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395
18. TOTAL APPLICATION FUND	21,740	46,998	34,001	13,228	0	3,027	2,281	0	342	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395
19. SURPLUS CASH	0	0	0	0	0	0	2,532	9,091	12,743	5,716	6,233	8,206	11,768	15,334	18,905	19,278	20,167	21,056
20. ACCUMULATE SURPLUS CASH	0	0	0	0	0	0	2,532	11,623	24,366	30,082	36,315	44,521	56,289	71,623	90,528	109,806	129,973	151,029

(Year)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL
1. SOURCE OF FUND												
2. PAID-IN SHARE CAPITAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,012
3. LONG-TERM DEBT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113,955
4. SHORT-TERM DEBT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,308
5. NET PROFIT A/TAX	29,396	30,395	30,395	30,395	30,395	30,395	30,395	30,395	30,395	30,395	30,402	509,409
6. DEPRECIATION	3,945	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,766	119,565
7. (TOTAL SOURCE OF FUND)	33,341	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,168	750,249
8. APPLICATION OF FUND												
9. CAPITAL COSTS												
10. SUBMARINE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85,965
11. MICROWAVE	5,050	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,583
12. (TOTAL CAPITAL COSTS)	5,050	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98,548
13. INTEREST DURING CONSTRUCTION												
14. REPAYMENT												
15. LONG-TERM	11,400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113,955
16. SHORT-TERM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,308
17. (TOTAL REPAYMENT)	11,400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119,263
18. TOTAL APPLICATION OF FUND	16,450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240,622
19. SURPLUS CASH	16,891	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,168	509,627
20. ACCUMULATE SURPLUS CASH	167,920	202,091	236,262	270,433	304,604	338,775	372,946	407,117	441,288	475,459	509,627	4,485,209

Table 8-11 Balance Sheet (Plan-1B)

***** BALANCE SHEET *****

(Year)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1. ASSETS																		
2. CURRENT ASSETS	0	0	0	0	0	0	2,532	11,623	24,366	30,082	36,315	44,521	56,289	71,623	90,528	109,806	129,973	151,029
3. FIXED ASSETS																		
4. SUBMARINE	20,113	61,217	85,044	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965
5. MICROWAVE	1,627	4,948	6,998	7,191	7,191	7,191	7,191	7,191	7,533	7,533	7,533	7,533	7,533	7,533	7,533	7,533	7,533	7,533
6. I.D.C	0	2,573	10,697	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811
7. LESS DEPRECIATION	0	0	0	0	8,480	16,960	25,440	33,020	42,401	46,342	50,283	54,224	58,165	62,106	66,047	69,988	73,929	77,870
8. NET FIXED ASSETS	21,740	68,738	102,739	115,967	107,487	99,007	90,527	82,047	73,008	69,967	66,026	62,085	58,144	54,203	50,262	46,321	42,380	38,439
9. TOTAL ASSETS	21,740	68,738	102,739	115,967	107,487	99,007	93,059	93,670	98,274	100,049	102,341	106,606	114,433	125,826	140,790	156,127	172,353	189,468
10. LIABILITIES																		
11. CURRENT LIABILITIES																		
12. LONG-TERM DEBT	0	0	0	0	0	0	0	0	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,400
TO BE REPAID IN A YEAR																		
13. SHORT-TERM DEBT	0	0	0	0	3,027	2,281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. TOTAL CURRENT LIABILITIES	0	0	0	0	3,027	2,281	0	0	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,395	11,400
15. FIXED LIABILITIES	21,444	67,702	100,952	113,955	113,955	113,955	113,955	113,955	102,560	91,165	79,770	68,375	56,980	45,585	34,190	22,795	11,400	0
16. TOTAL LIABILITIES	21,444	67,702	100,952	113,955	116,982	116,236	113,955	113,955	113,955	102,560	91,165	79,770	68,375	56,980	45,585	34,190	22,795	11,400
17. EQUITY																		
18. PAID-IN SHARE CAPITAL	296	1,036	1,787	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012
19. RETAINED EARNING	0	0	0	0	-11,507	-19,241	-22,908	-22,297	-17,693	-4,523	9,164	24,824	44,046	66,834	93,193	119,925	147,546	176,056
20. TOTAL EQUITY	296	1,036	1,787	20,12	-9,495	-17,229	-20,896	-20,285	-15,681	-2,511	11,176	26,836	46,058	68,846	95,205	121,937	149,558	178,068
21. LIABILITIES & EQUITY	21,740	68,738	102,739	115,967	107,487	99,007	93,059	93,670	98,274	100,049	102,341	106,606	114,433	125,826	140,790	156,127	172,353	189,468

(Year)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1. ASSETS											
2. CURRENT ASSETS	167,920	202,091	236,262	270,433	304,604	338,775	372,946	407,117	441,288	475,459	509,627
3. FIXED ASSETS											
4. SUBMARINE	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965	85,965
5. MICROWAVE	12,583	12,583	12,583	12,583	12,583	12,583	12,583	12,583	12,583	12,583	12,583
6. I.D.C	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811	22,811
7. LESS DEPRECIATION	81,815	85,591	89,367	93,143	96,919	100,695	104,471	108,247	112,023	115,799	119,565
8. NET FIXED ASSETS	39,544	35,768	31,992	28,216	24,440	20,664	16,888	13,112	9,336	5,560	1,794
9. TOTAL ASSETS	207,464	237,859	268,254	298,649	329,044	359,439	389,834	410,229	450,624	481,019	511,421
10. LIABILITIES											
11. CURRENT LIABILITIES											
12. LONG-TERM DEBT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO BE REPAID IN A YEAR											
13. SHORT-TERM DEBT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. TOTAL CURRENT LIABILITIES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15. FIXED LIABILITIES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16. TOTAL LIABILITIES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17. EQUITY											
18. PAID-IN SHARE CAPITAL	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012	2,012
19. RETAINED EARNING	205,452	235,847	266,242	296,637	327,032	357,427	387,822	418,217	448,612	479,007	509,409
20. TOTAL EQUITY	207,464	237,859	268,254	298,649	329,044	359,439	389,834	420,229	450,624	481,019	511,421
21. LIABILITIES & EQUITY	207,464	237,859	268,254	298,649	329,044	359,439	389,834	410,229	450,624	481,019	511,421

Table 8-12 Cash Flow for IRR Calculation (Plan-1B)

***** INTERNAL RATE OF RETURN *****
 EIRR = 0.2008065 = 100%

(Year)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1. CASH IN-FLOW															
2. TELEPHONE REVENUE	0	0	0	0	11,026	14,592	18,020	21,473	24,916	28,387	31,906	35,444	38,988	42,539	46,097
3. OTHER REVENUE	0	0	0	0	1,764	2,334	2,883	3,435	3,986	4,541	5,104	5,671	6,238	6,806	7,375
4. CONSUMER'S SURPLUS	0	0	0	0	1,730	2,187	2,697	3,208	3,719	4,231	5,003	5,573	6,147	6,723	7,306
5. TOTAL IN-FLOW	0	0	0	0	14,520	19,113	23,600	28,116	32,621	37,159	42,013	46,688	51,373	56,068	60,778
6. CASH OUT-FLOW															
7. CAPITAL COSTS	21,740	44,425	25,877	1,114	0	0	0	0	342	0	0	0	0	0	0
8. OPERATION COSTS	0	0	0	0	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	7,075	10,574	12,491	14,411	16,334
9. TOTAL OUT-FLOW	21,740	44,425	25,877	1,114	2,142	2,142	2,142	2,142	2,484	3,142	7,075	10,574	12,491	14,411	16,334
10. ANNUAL CASH FLOW	-21,740	-44,425	-25,877	-1,114	12,378	16,971	21,458	25,974	30,137	35,017	34,938	36,114	38,882	41,657	44,444
11. ACCUMULATE ANNUAL CASH FLOW	-21,740	-66,165	-92,042	-93,156	-80,778	-63,807	-42,349	-16,375	13,762	48,779	83,717	119,831	158,713	200,370	244,814
12. DISCOUNTED CASH FLOW	-21,740	-36,995	-17,946	-643	5,953	6,797	7,157	7,214	6,971	6,745	5,604	4,824	4,325	3,859	3,429
13. ACCUMULATE DISCOUNTED CASH FLOW	-21,740	-58,735	-76,681	-77,324	-71,371	-64,574	-57,417	-50,203	-43,232	-36,487	-30,883	-26,059	-21,734	-17,875	-14,446
14. DISCOUNT RATE	1	0.8327735	0.6935118	0.5775383	0.4809586	0.4005296	0.3335505	0.2777720	0.2313212	0.1926382	0.1604240	0.1335968	0.1112559	0.0926510	0.0771573

FIRR = 0.1813648 %

(Year)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1. CASH IN-FLOW															
2. TELEPHONE REVENUE	0	0	0	0	11,026	14,592	18,020	21,473	24,916	28,387	31,906	35,444	38,988	42,539	46,097
3. OTHER REVENUE	0	0	0	0	1,764	2,334	2,883	3,435	3,986	4,541	5,104	5,671	6,238	6,806	7,375
4. TOTAL IN-FLOW	0	0	0	0	12,790	16,926	20,903	24,908	28,902	32,928	37,010	41,115	45,226	49,345	53,472
5. CASH OUT-FLOW															
6. CAPITAL COSTS	21,740	44,425	25,877	1,114	0	0	0	0	342	0	0	0	0	0	0
7. OPERATION COSTS	0	0	0	0	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	2,142	7,075	10,574	12,491	14,411	16,334
8. TOTAL OUT-FLOW	21,740	44,425	25,877	1,114	2,142	2,142	2,142	2,142	2,484	3,142	7,075	10,574	12,491	14,411	16,334
9. ANNUAL CASH FLOW	-21,740	-44,425	-25,877	-1,114	10,648	14,784	18,761	22,766	26,418	30,786	29,935	30,541	32,735	34,934	37,138
10. ACCUMULATE ANNUAL CASH FLOW	-21,740	-66,165	-92,042	-93,156	-82,508	-67,724	-48,963	-26,197	221	31,007	60,942	91,483	124,218	159,152	196,290
11. DISCOUNTED CASH FLOW	-21,740	-37,604	-18,541	-675	5,466	6,424	6,901	7,089	6,963	6,869	5,653	4,882	4,429	4,001	3,601
12. ACCUMULATE DISCOUNTED CASH FLOW	-21,740	-59,344	-77,885	-78,560	-73,094	-66,670	-59,769	-52,680	-45,717	-38,848	-33,195	-28,313	-23,884	-19,883	-16,282
13. DISCOUNT RATE	1	0.8464785	0.7165258	0.6065237	0.5134093	0.4345899	0.3678710	0.3113940	0.2635291	0.2231225	0.1888684	0.1598730	0.1353291	0.1145532	0.0969668

EIRR = 0.2008065 = 100%

(Year)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL
1. CASH IN-FLOW															
2. TELEPHONE REVENUE	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	949,170
3. OTHER REVENUE	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	151,861
4. CONSUMER'S SURPLUS	7,009	7,009	7,009	7,009	7,009	7,009	7,009	7,009	7,009	7,009	7,009	7,009	7,009	7,009	146,650
5. TOTAL IN-FLOW	59,688	59,688	59,688	59,688	59,688	59,688	59,688	59,688	59,688	59,688	59,688	59,688	59,688	59,688	1,247,681
6. CASH OUT-FLOW															
7. CAPITAL COSTS	0	0	0	5,050	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98,548
8. OPERATION COSTS	16,536	17,014	17,493	17,970	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	327,833
9. TOTAL OUT-FLOW	16,536	17,014	17,493	23,020	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	426,381
10. ANNUAL CASH FLOW	43,152	42,674	42,195	36,668	41,180	41,180	41,180	41,180	41,180	41,180	41,180	41,180	41,177	821,300	8,154,445
11. ACCUMULATE ANNUAL CASH FLOW	287,966	330,640	372,835	409,503	450,683	491,863	533,043	574,223	615,403	656,583	697,763	738,943	780,123	821,300	8,154,445
12. DISCOUNTED CASH FLOW	2,772	2,283	1,880	1,360	1,272	1,059	882	734	612	509	424	353	294	245	233
13. ACCUMULATE DISCOUNTED CASH FLOW	-11,674	-9,391	-7,511	-6,151	-4,879	-3,820	-2,938	-2,204	-1,592	-1,083	-659	-306	-12	233	-720,748
14. DISCOUNT RATE	0.0642545	0.0535095	0.0445613	0.0371094	0.0309038	0.0257358	0.0214321	0.0178481	0.0148634	0.0123778	0.0103079	0.0085842	0.0071487	0.0059532	5.9502698

FIRR = 0.1813648 %

(Year)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	TOTAL
1. CASH IN-FLOW															
2. TELEPHONE REVENUE	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	45,413	949,170
3. OTHER REVENUE	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	7,266	151,861
4. TOTAL IN-FLOW	59,688	59,688	59,688	52,679	52,679	52,679	52,679	52,679	52,679	52,679	52,679	52,679	52,679	52,679	1,101,031
5. CASH OUT-FLOW															
6. CAPITAL COSTS	0	0	0	5,050	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98,548
7. OPERATION COSTS	16,536	17,014	17,493	17,970	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	327,833
8. TOTAL OUT-FLOW	16,536	17,014	17,493	23,020	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	18,508	426,381
9. ANNUAL CASH FLOW	36,143	35,665	35,186	29,659	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,171	34,168	674,650
10. ACCUMULATE ANNUAL CASH FLOW	232,433	268,098	303,284	332,943	367,114	401,285	435,456	469,627	503,798	537,969	572,140	606,311	640,482	674,650	6,510,408
11. DISCOUNTED CASH FLOW	2,966	2,477	2,069	1,476	1,439	1,031	873	739	625	529	448	379	321	308	308
12. ACCUMULATE DISCOUNTED CASH FLOW	-13,316	-10,839	-8,770	-7,294	-5,855	-4,637	-3,606	-2,733	-1,994	-1,369	-840	-392	-13	308	-75,7214
13. DISCOUNT RATE	0.0820803	0.0694792	0.0588126	0.0497836	0.0421408	0.0356712	0.0301949	0.0255594	0.0216354	0.0183139	0.0155023	0.0131224	0.0111078	0.0094025	6.4619030

2. 経済分析

本節では、本海底ケーブルのプロジェクトコストのうち、インドネシア国内で支出される部分に着目し、それがインドネシアの産業・経済にどのような影響を及ぼすのかモデルを使って分析する。使用した経済分析モデルは次の2つである。

① マクロ経済モデル …………… 所得乗数効果

② 産業連関モデル …………… 生産誘発効果

マクロ経済モデルは、本プロジェクトの実施によりインドネシアで支出される費用を一種の公共投資と見なし、それがあつた場合とない場合の実質GDPの差違に着目し、この公共投資がインドネシア経済におよぼす影響をマクロ的に分析するものである。一方、産業連関モデルとは、前記費用を産業別・最終需要項目別に配分し、それによって誘発される産業別の生産額を把握し、本プロジェクトがもたらす産業別の生産額の変化を検討するとともに、この生産額の変化がもたらす雇用におよぼす影響を合せて分析するものである。

本プロジェクトコストとインドネシアのGDP規模を比較すると、

インドネシア国内で支出される本プロジェクトコスト(1987年価格) …… 約70～110億Rp

インドネシアのGDP(1985年名目値) …………… 約96兆660億Rp

となり、本プロジェクトによる所得乗数効果および生産誘発効果が小さいことは明かである。

従つて、ここではインドネシア全体への波及効果に言及することよりも、本プロジェクトによる所得増加の計量を目的とした。

2-1 経済分析のためのプロジェクトコスト

第7章に示されているルート別のプロジェクトコスト一覧表をもとにインドネシアで支出される部分を推計する。その前提条件は以下のとおりである。

- ① 資機材費は全て外国に支払われるので除外する。
- ② 訓練はサービス開始前に外国で実施されるため、その費用も外国で支出されるものとする。
- ③ 訓練を除く工事費、コンサルタント費、コンティンジェンシーの内貨部分は全て国内で支出される。
- ④ 同外貨部分は全てインドネシア国内で支出されるとは考えにくい。そこで、専門家等のヒヤリングをもとに、次のように設定した。

・バックホウルシステムの工事費、運用・保守援助費、コンサルタント費に関して

- は、原材料の調達及び専門技術者の派遣費用と考え、外貨部分の10%を同国内支出分とする。
- ・海底ケーブルシステムの工事費は、ケーブル敷設船の燃料及び食料の補給を考慮し、その30%を同国内支出分とする。
- ・コンティンジェンシーは比例配分する。

以上のようにして検討されたマクロ経済モデル用のプロジェクトコストを表8-13に示す。

次に、産業連関モデル用のプロジェクトコストの推計を行う。これは、前記で示されたマクロ経済モデル用のプロジェクトコストを、産業別、最終需要項目別に配分することによって達成される。その手順は以下のとおりである。

- ① 用地買収・局舎建設は、建設部門の固定資本形成と考えられる。
- ② 海底ケーブル工事費の内貨部分は、運輸部門の政府消費と考えられる。
- ③ その他に関しては、専門技術者の滞在および本プロジェクト実施に係る一般管理等のための支出と考え、サービス部門の民間消費とする。

産業連関モデル用プロジェクト推計結果を表8-13に示す。

表8-13 経済分析用プロジェクトコスト

(百万Rp)

		Plan-1A	Plan-1B	Plan-1C	Plan-2
マクロ経済モデル用プロジェクト・コスト	(A) 外 貨	6,721	5,552	5,412	4,152
	(B) 内 貨	1,626	1,636	2,667	7,535
	(C) (A) + (B)	8,347	7,188	8,079	11,687
	(D) 初期投資額計	110,255	93,223	95,554	110,625
	(E) (C) / (D)	7.6%	7.7%	8.5%	10.6%
産業連関モデル用プロジェクト・コスト	建設部門の固定資本形成	405	578	1,255	3,087
	運輸部門の政府消費	233	193	184	104
	サービス部門の民間消費	7,709	6,417	6,640	8,496
	合 計	8,347	7,188	8,079	11,687