No. 10

フィリピン共和国

バギオ地区鉱滓公害防止計画
調査報告書

昭和53年6月

国際協力事業団

No.

フィリピン共和国

バギオ地区鉱滓公害防止計画

調査報告書

昭和53年6月

国際協力事業団

はしがき

日本政府はフィリピン共和国政府の要請にもとづき，同国Baguio地区周辺6鉱山の選鉱廃滓をLingayen海域までスラリー輸送し，埋立地を造成する鉱滓処理計画について，フィージビリティ調査を行なうこととなり，その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団はフィリピン共和国における鉱滓処理の現況および鉱山周辺地域公害防止の重要性を考慮し，昭和53年1月30日より同年2月28日までの30日間に亘り斉藤顕氏（金属鉱業事業団）を団長とする調査団を現地に派遣した。調査団はフィリピン共和国政府機関の協力を得て，現地調査を実施し，帰国後現地で収集した資料および現地踏査の結果を検討し，ここに報告書をとりまとめたものである。

本報告書がフィリピン共和国の鉱滓公害防止計画，ひいては同国の社会経済発展に寄与し，同国と日本との経済交流，友好親善をさらに深めることができれば，まことに喜ばしいことである。

終りに，本調査の任にあたられた団員各位の労をねぎらうとともに，今回の調査にあたり協力を惜しまれなかったフィリピン政府関係者，鉱山関係者，在マニラ日本大使館各位，ならびに調査団派遣についてご支援いただいた外務省，通商産業省，金属鉱業事業団に対し衷心より感謝の意を表するものである。

1978年6月

国際協力事業団
総裁　法眼晋作

伝　　達　　状

国際協力事業団
総裁　法　眼　晋　作　　殿

ここに提出するのは，フィリピン共和国・Baguio地区６鉱山の選鉱廃滓をＴＬＰ（トンネル・ロンダー・パイプライン）システムにより，Lingayen　湾東部海域まで流送し，埋立て処理することにより鉱滓公害を防止しようとするフィリピン政府の計画についてのフィージビリティ調査報告書であります。

調査団は１３人で構成され，１９７８年１月３０日から２月２８日まで２３乃至３０日間の範囲で，フィリピン鉱山局の協力を得て６鉱山の鉱滓処理関係資料および関係政府機関の公害関連資料の蒐集をはじめ，ＴＬＰシステムのルート選定，地質踏査ならびにLingayen　湾関係海域の調査を実施致しました。なお，Marinduque　島およびCebu 島におけるＴＬＰシステム類似２鉱山の鉱滓処理の現状を併せて視察しております。

元来，Baguio周辺地区は，地形極めて急峻，かつ，雨期台風シーズンに日量1,０００㎜を越す集中豪雨の見舞う洪水を起しがちな立地条件下にあります。この特殊条件のため，鉱山周辺での鉱滓処理に代る経済的な処理は，フィリピン国多年の懸案とされてきました。

ＴＬＰシステムは，各鉱山からのフィーダーライン，これを受入れてLingayen　湾まで流送するコモンライン，および海域埋立部の３つの部分から成り，このＦ／Ｒはコモンライン以降を直接の設計範囲として，１３百万乾量トン，スラリー濃度平均３９重量パーセントの鉱滓を流送対象とし，高低差６１０ｍ，流送距離　陸上部２６㎞，海域部最長6.9㎞を自然流送することにより，鉱滓処理容量２０年間分，面積１２㎢の埋立地をカバーさせるものであります。

海域部は，鉱滓で埋立地を造成することとし，その護岸方法は，拾石方式，コルゲートセル方式，鉱滓式，および鉱滓粒度調整式の４方式を提案してあります。埋立地に堆積する鉱滓のオーバーフロー水がLingayen湾の遠浅海域を汚染するかどうかの問題は，埋立地造成による潮海流の変化，建設工事に伴なう汚濁の拡散，これらによる生態系の変化について，現状の精査とシミュレーションによる予測手法など，長期の調査，検討を必要とします。

一般的な長距離スラリー輸送プロジェクトのなかでは，この計画は比較的距離は短かく，輸送量が最大約１㎥／secの多量であることと，パイプよりもメートル当り単価の安いロンダーをラインの２／３以上に多用しているため，山岳部に約１５㎞のトンネルを含むに拘らず，陸上部のコストはほゞ1.０US¢/t-㎞と比較的低廉であります。

しかし，海域部およびフィーダーラインのコストを加算すれば，その２倍前後の計算単価となり，当然のことながら鉱山周辺における現状のまゝの鉱滓処理コストよりも割高となること

は避けられません。

結論的に，各鉱山が支払うべきＴＬＰシステムのToll Chargeは，鉱山の生産コストに対してかなりの影響を与えることが予想されます。したがって，この計画の本来の目的が地域の環境改善という政治的，社会的要求から発したものであるが，各鉱山の負担をできるだけ軽減するための措置が望まれます。

いづれにしましても，このような公害対策工事は，結局において国内問題であり，政治的，社会的に直接効果，副次効果を併せ考慮してその国自身で対処されるべき事業と存じます。

この報告書が鉱滓公害対策を検討する上で，フィリピン政府の一助となれば幸であります。

報告書の作成に当って，フィリピン国および日本国の官民各位から数々の協力を得ました。とりわけ，現地で終始ご高配を賜わったフィリピン国鉱山局の各位をはじめ，関係６鉱山，視察２鉱山および日本側駐比大使館ならびに外務省，通産省，金属事業団のご支援の賜物であることをお伝えし，感謝をもって厚くお礼申し上げます。

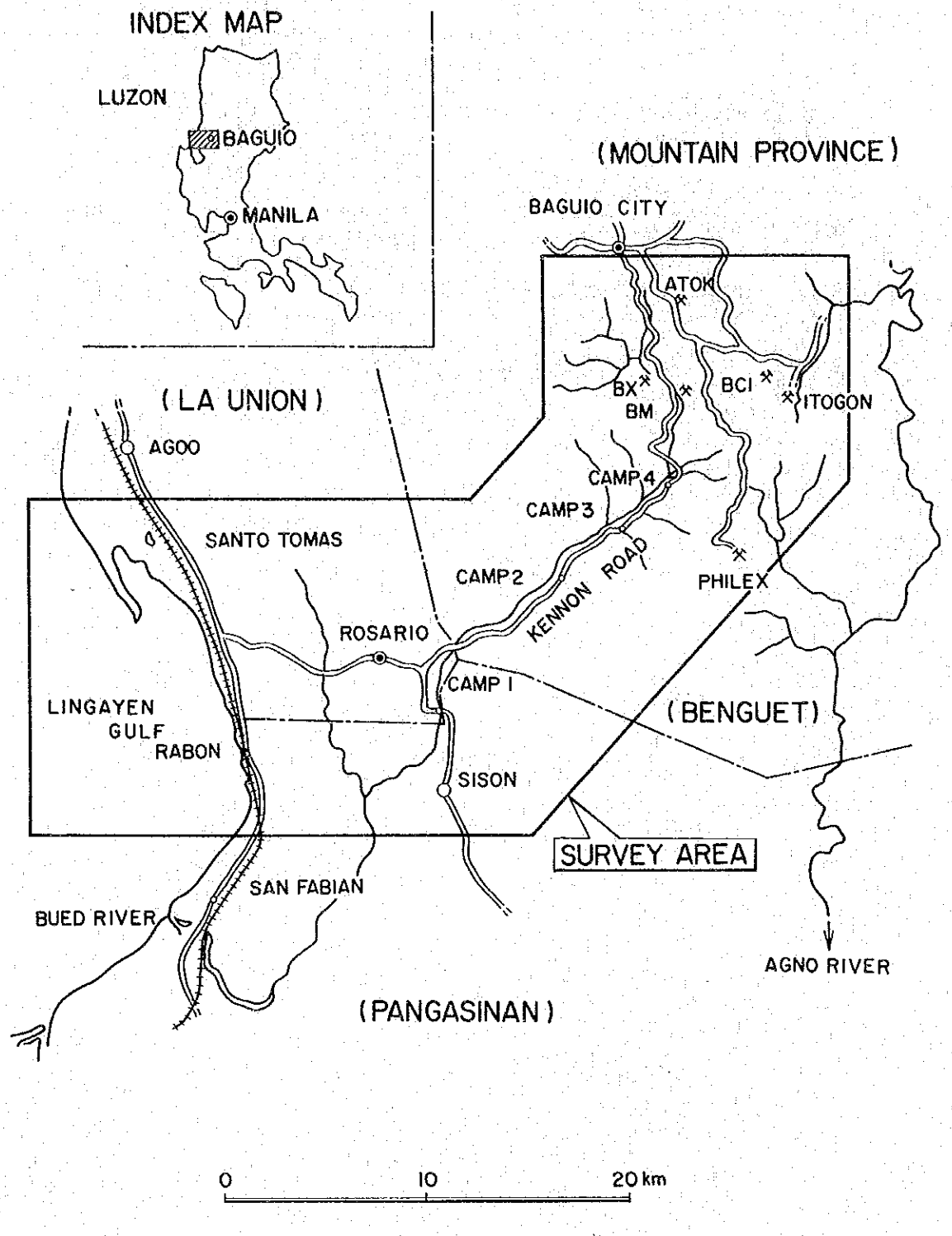
１９７８年６月

同和エンジニアリング株式会社
社長　住　吉　貞　之

本報告書に使われている主な機関，会社名

B.O.M.	Bureau of Mines, Philippines
N.P.C.C.	National Polution Control Commission
N.E.P.C.	National Environmental Protection Council
N.E.D.A.	National Economic Development Authority
N.S.D.B.	National Science Development Board
D.N.R.	Department of Natural Resources
D.P.W.T.C.	Department of Public Works, Transportation and Communication
N.I.A.	National Irrigation Administration
N.P.C.	National Power Corporation
J.E.M.	Japanese Embassy in Manila
JICA.M	Japan International Cooperation Agency, Manila office
M.M.A.M.	Metal Mining Agency (of Japan), Manila office
N.E.A.	National Electrification Administration
N.G.A.	National Grains Authority
D.A.B.S.	Department of Agriculture, Bureau of Soils
F.C.C.	Flood Control Commission
P.N.B.	Philippine National Bank
P.A.L.	Philippine Air Lines
Atlas	Atlas Consolidated Mining and Development Corporation
Atok	Atok Big Wedge Mining Company, Inc.
B.C.I.	Benguet Consolidated, Inc.
B.X.	Benguet Exploration, Inc.
B.M.I.	Black Mountain, Inc.
C.M.I.	Consolidated Mines, Inc. (Ino Copper Project)
Itogon	Itogon-Suyoc Mines, Inc. (Itogon District)
Marcopper	Marcopper Mining Corporation
Philex	Philex Mining Corporation

LOCATION MAP OF SURVEY AREA



PHOTOGRAPHS OF TLPS ROUTE

Photo. 1 View at Comp 4. Dotted mark is the proposed starting point of the common line of the TLP System and also the connecting point of the feeder lines from the six (6) mining companies.

Photo. 2 View at Camp 2 showing the proposed route of the launder crossing Pellmell creek connecting the tunnels on both sides.

Photo. 3 Proposed route of launder line at Barrio Bimmecqueg crossing the farm land towards Lingayen Gulf.

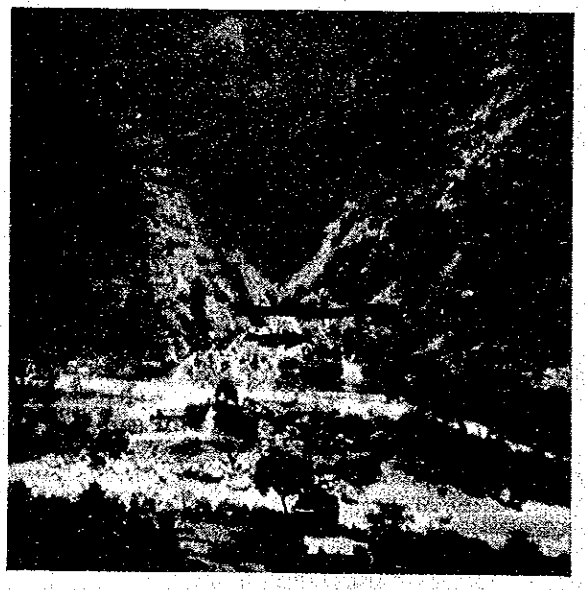
Photo. 4 Proposed route of launder line crossing the Apangat River. The arrow shows the direction towards the sea.

Photo. 5 A view of the discharge point of the TLP System in Rabon on the Lingayen Gulf. Background is the proposed reclamation area.

Camp 4, Starting point of common line

Point. A

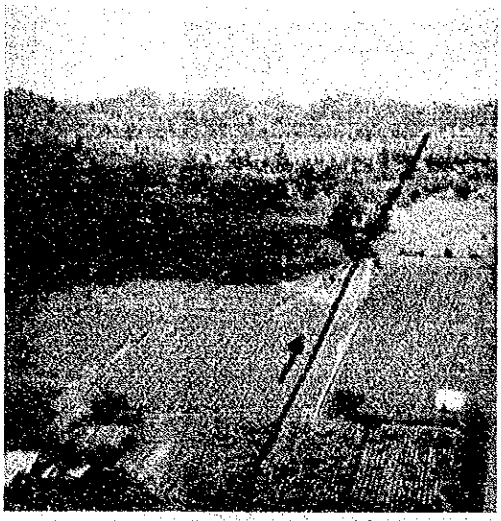
Photo 1



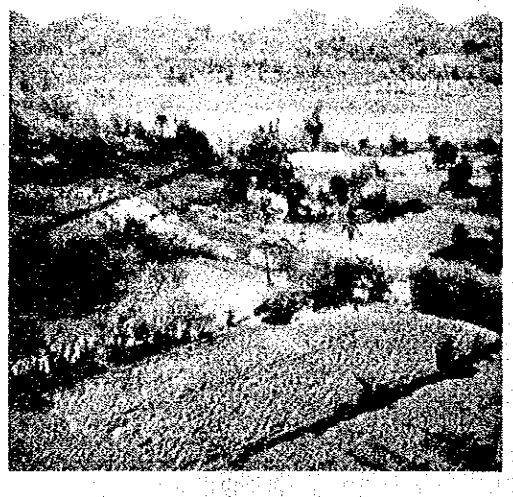
Mountainous Area

Point. G ~ Point. H

Photo 2



Field between
Point. M ~ Point. N
Photo 3



(North Route)
Crossing Apangat River
Photo 4

Rabon and Lingayen Gulf
Point. Q
Photo 5

総　目　次

目　　次

主要計画図リスト

表　リ　ス　ト

第 II 部　各　論

頁

Fig. No.

Tab. No.

第 Ⅲ 部　APPENDIX　　頁

Fig. No.

Tab. No.

第Ⅰ部　調査の結果と提言

第 1 章

TLPシステム計画の要約

第1部　調査の結果と提言

第1章　TLPシステム計画の要約

1.1.　TLPシステムのアウトライン

このTLPシステムは，フイリピン共和国Luzon島のBaguio地区6鉱山の鉱滓スラリーを各鉱山からのフィーダーラインでCamp 4附近のコモンライン起点に集め，これらをコモンラインでLingayen湾まで流送，終末処理しようとするものである。

コモンラインの取扱うべきスラリー量は，6鉱山の現状および将来計画から下表のように想定される。

	スラリー量 m^3／日	濃度 %（固形物重量）	乾量 DMT／年
平均	67,100	39	12,775,000
最大	90,500	35	――
最小	43,000	43	――

コモンラインのルートおよび縦断図をFig.1，Fig.2に示す。全長26.0 Kmのうち，トンネルは，Underground fallを含めて16.4 Kmを占め（この他，連絡トンネル0.6 Kmが加算される），ライン設備は，ロンダーライン19.7 Km，パイプライン6.3 Kmであり，附帯設備としてエマージェンシーポンド2ケ所，ウォータータンク1ケ所，揚水設備1ケ所を設ける。

フィーダーラインは，鉱山側の所管であり，各鉱山の自主的計画を尊重する。ただし，コモンラインと密接な関係があるので，技術的リコメンドを行う。

Lingayen湾での終末処理は，最終的には埋立地を形成することとし，容量は20年分を想定する。埋立地の護岸建設方式は，4つの案を提案する。

このTLPシステム計画の特徴および基本的な考え方は，次の通りである。

(1)　コモンラインの特徴

a.　山岳部における過剰落差の吸収

山岳部は平均勾配2.9％であり，ラインの計画勾配1.25％に対して約200 mの過剰落差を生ずる。この過剰落差を吸収するため，Underground fallという新しいアイデアを採用した。この方法の導入により操業コストが安くなると共に，トンネル準備工事等が容易となる。

b.　ロンダーラインの多用とラインの勾配について

ロンダーラインは，パイプラインより建設および操業費を含めたトータルコストが安いので，ロンダーラインを多用する計画とした。

フィリピン共和国における他鉱山の類似例では，濃度約５０％のスラリーを1.0％勾配のロンダーで流送しているが，この計画では，濃度が平均３９％と比較的低いことおよび量と濃度の変動が予想されることから，ロンダーの勾配は－1.２５％を設定した。パイプラインの勾配は０～－0.５％とし，スラリー輸送上不利なインバートはつくらない計画とした。なお，摩耗による補修ひん度の多少を考慮して，ロンダーラインは１系列，パイプラインは２系列を配置した。

c. 自然ヘッドによる海域部へのスラリー輸送

スラリーは，海域での埋立処理のため，海岸から最大6.９Km流送しなければならない。それに必要なヘッドは，海岸丘陵地の自然落差を利用し，海岸まで5.３Kmをパイプライン方式とする。この方式は，海岸までロンダーを布設しポンプを設置する方式より，建設費，操業費共に安く，操業管理も容易である。

(2) トンネル掘さく計画

a. 山岳部のトンネル全長約１５Kmを両側から掘さくすれば，約８年の工期が必要と想定される。このため，山岳部のトンネルを７つの工区（ポイントＡ－Ｂ，Ｃ－Ｂ，Ｄ－Ｅ′，Ｇ－Ｆ，Ｈ－Ｉ，Ｊ－ＩおよびＫ－Ｌ）に分割し，最長工区2.５Km以下とし，工事期間の短縮を図った。

b. トンネル掘さく工事は，コモンライン工事工程の Critical Path であるので，その工程を短縮するため月間１００ｍ以上の掘進長を確保する計画とした。

c. トンネル掘進断面は，設備及び操業管理上必要な大きさ（2.８ｍ×2.５ｍ）とした。

(3) 海域部の埋立４工法について

埋立地の護岸構築には４案を提案した。それは２案づつ２つのグループに分類される。１つは捨石方式および捨石とコルゲートセルを組合わせる方式で，埋立に先立って護岸が構築されるグループである。もう一つは，鉱滓およびサイクロンで分級された粗粒鉱滓を用いて囲いの堤体を構築するグループである。

海域の条件に最適な埋立方式については，各案のもつ特徴を十分検討し，経済性を考慮して採用されるべきである。

前者は一般に，港湾浚渫の際などに適用される方式である。後者の鉱滓による方式は，フィリピン国内の類似例（Marcopper）と工法としては同様であるが，それは堤体の外海側に長期的に波浪による損傷防止のための張り石が施されていない。

鉱滓方式については，海域への汚濁拡散を築堤終了までの期間（2.５～3.５年間）ある程度避けられない。築堤工事が完了すれば堤体内の鉱滓は海水中での拡散がカバーされる捨石によ

って無視される程度となる。このような問題はあるが，建設費ははじめのグループの方式に比し，大巾に安い利点がある。

1.2 建設工事費

工事費の積算条件を Tab 1-1 工事費の総括を Tab.1-2 に示す。

陸上部の建設工事費は，実施設計費と 9.1 %の予備費を含んで２１３百万Pである。海域部の建設工事費は護岸方式で異なり１０３～２３２百万Pである。

陸上部と海域部を合せた総建設工事費は，海域部の方式に応じて異なり３１６～４４５百万Pとなる。

1.3 操 業 費

Tab 1-3 に年間の操業費を示す。このコストは，現時点での積算であり，将来のエスカレーションおよび税金はみこんでいない。また，埋立用のパイプ費用はすべて操業費に含まれている。

陸上部の操業費は，4,２６０千P，海域部のそれは方式によって異なり，2,２７８～2,421千Pである。年間総コスト約6.6百万Pのうち，パイプの更新および補修費が約７５%を占める。

1.4 工程計画

工程計画の総括表を Tab.1-4 に示す。陸上部の工事期間は試運転も含めて３年である。

海域部の捨石方式，コルゲートセル方式も，陸上部と同じく３年で工事が完了する。鉱滓式２方式は，その性格から操業が始まった後に護岸工事が開始される。これらの方式で２０年分の埋立地域を確保する護岸を完了するのは，鉱滓方式で2.5年，鉱滓粒度調整方式で3.5年である。

コモンラインの建設が完了してもフィーダーラインのそれが完成しなければ，コモンラインを使用することは出来ない。フィーダーラインの工事工程についても充分留意する必要がある。

なお，着工は乾期に開始することが望ましい。

1.5 建設および操業費の償還

一般にあるプロジェクトに対する投資の評価は，投資効率によってなされる。しかし，ＴＬＰシステム計画のようなプロジェクトに対する評価は，投資効率のほか，環境改善という社会的な要素を考慮する必要があり，この社会的な要素の評価は，フィリピン共和国においてなされるべき性格のものである。

Tab.1-1 工事費の積算条件

(1) 工事費の算定は１９７８年２月現在の市場価格にもとづいている。

(2) 工事数量は，このＦ／Ｓ添付の計画にもとづいて算出した。

(3) 直接工事費の算定は，フイリピン国内の人件費，資材費，建設機械使用料等の単価を用いた。

(4) 間接工事費は，直接工事費に対して陸上部について３０％，海域部について１６％を計上した。この間接工事費は，工事施工業者の現場経費と一般管理費である。

(5) 工種による特殊な工事費積算条件は，その工種ごとに示した。

(6) 次のものは見込んでいない。

a. 海外調達資材に対する輸入税

b. 建設期間中の利子

c. 物価のエスカレーション

d. 建設工事中のスーパーバイズ

(7) 予備費は，工事費合計額の 9.1 ％とした。

(8) 外貨交換レートは１Ｐ ＝３３円としている。

Tab. 1－2　工事費総括表

工事種別			見積額 金額 百万₱	見積額 邦貨換算 百万円	見積額 比率%	比国外調達資材 金額 百万₱	比国外調達資材 邦貨換算 百万円	比国外調達資材 工事費に占める比率%	備考
陸上部	トンネル工事		87.2	2,876	40.9	25.4	838	29.1	
	ロンダーライン工事		45.1	1,487	21.1	0	0	0	
	パイプライン工事		42.0	1,387	19.7	12.8	422	30.5	
	共通設備工事		7.7	253	3.6	0.2	6	2.3	
	（小計）		(182.0)	(6,003)	(85.3)	(38.4)	1,266	23.3	
	用地代		1.8	60	0.9				
	実施計画	地形図作成	0.8	27	0.4				
		諸調査	1.6	52	0.7				
		詳細設計	7.6	254	3.6				
	（小計）		11.8	393	(5.6)				
	（計）		193.8	6,396	(90.9)				
	予備費		19.4	640	9.1	3.8	127	19.8	
	合計		213.2	7,036	100.0	42.2	1,393	19.8	
海域部	護岸方式別	A 捨石方式	231.6	7,644	—	0	0	0	※ 各方式の工事費に算入済
		B コルゲートセル方式	195.2	6,442	—	76.7	2,530	39.3	
		C 鉱式	102.7	3,388	—	0	0	0	
		D 鉱粒度調整式	105.9	3,495	—	0	0	0	
	実施設計前諸調査		0.3※	9※	—				
	実施設計		1.5※	50※	—				
	予備費		各方式共通 9.1%※						
合計	海域部A方式の場合		444.8	14,680	—	42.2	1,393	9.5	
	〃 B 〃		408.4	13,478	—	118.9	3,923	29.7	
	〃 C 〃		315.9	10,424	—	42.2	1,393	13.4	
	〃 D 〃		319.1	10,531	—	42.2	1,393	13.2	

Tab. 1－3　年間の操業費

単位：見積額×1,000₱
邦貨×1,000円（換算レート33円／₱）

項目			見積額	邦貨換算	比率%	備考
陸上部	人件費		438	14,450	10	人員41名
	ライン設備補修費	ロンダー補修	112	3,700	3	コンクリート補修1回／10年
		パイプ補修	252	8,320	6	パイプ120°ローテーション　1回／年
		パイプ更新	2,882	95,100	67	パイプ重量1,300t／年　1回／3年
		落差工補修	136	4,480	3	ドロップボックス ドロップタンク
		計器補修	16	530	0.4	
		（計）	(3,398)	(112,130)	(80)	
	トンネル，道路および附帯エマーゼンシー設備補修		424	14,000	10	
	合計		4,260	140,580	100	
海域部	護岸方式別	A 捨石方式	2,278	75,170	0.35	このうち埋立地内のパイプ代は いづれも1,892 千₱
		B コルゲートセル方式	2,278	75,170	0.35	
		C 鉱式	2,385	78,700	0.36	いづれも1,982 千₱
		D 鉱粒度調整式	2,421	79,890	0.36	
合計	海域部A方式の場合		6,538	215,750	—	
	〃 B		6,538	215,750	—	
	〃 C		6,645	219,280	—	
	〃 D		6,681	220,470	—	

注）　海域部の比率は陸海合計に対する比で示す。

Tab. 1－4　工　程　計　画

工種＼年次	01年次	02年次	第1年次	第2年次	第3年次	第4年次	第5年次	第6年次	第7年次
実施設計									
コモンライン工事									
トンネル									
流路									
テスト									
海域部工事									
A方式（捨石方式）									
B方式（コルゲートセル方式）									
C方式（鉱滓方式）									
D方式（鉱滓粒度調整方式）									
鉱滓流送開始						⇒			

ＴＬＰシステムの建設および操業費は，このシステムを使って鉱滓を処理する各鉱山から徴収される Toll Charge によって償還されるものとして，１ DMT当りの金額を計算した。

Toll Charge の計算手法は Discount Cash Flow Method を準用した。すなわち建設期間および操業全期間において，年度ごとに支出される建設費，操業費および借入金金利を Cash out Flow とし，鉱滓量に応じて，各鉱山から徴収される Toll Charge を Cash in Flowとしてそれぞれを借入利率と同じ割引率で操業開始時点に現在価値化したものが等しくなるような Toll Charge を求めた。

Toll Charge は，建設費および操業費について，海域処理４ Case と，陸上部のみ１Case，金利については，年率２％から１５％までの７Case を与え，これらの組合せによる合計３５ケースについて電子計算機を使って計算した。

計算のとき使用した条件は次の通りである。

a. Capital Cost，Operation Cost とも各年度の始めに発生するものとする。

b. 金利は各年度末の終りに支払うものとする。

c. Toll Charge は，各年度の終りに入金するものとする。

d. 鉱滓量および Operation Cost は，操業期間中一定とする。

計算のとき与えた数字（ Input Data ）は次の通りである。

a. 鉱　量　　１２,７７５,０００ＤＭＴ／年

b. 期　間　　建設　　３年

　　操業　　２０年

Toll Charge の計算結果は，下記の通りである。

Tab. 1－1　Toll Chargeの計算結果

単位：₱／ＤＭＴ

金利 / Case	２％	３％	４％	６％	８％	10％	15％	海域部護岸方式
A	2.68	2.92	3.18	3.73	4.35	5.02	6.94	捨　石　方　式
B	2.51	2.73	2.96	3.47	4.04	4.66	6.42	コルゲートセル方式
C	2.04	2.19	2.35	2.70	3.08	3.48	4.61	鉱　滓　方　式
D	2.05	2.20	2.35	2.70	3.07	3.47	4.57	鉱滓粒度調整方式
(E)	(1.38)	(1.49)	(1.61)	(1.88)	(2.17)	(2.50)	(3.42)	（参考）陸上部のみ

註　Case A：陸上部及び海域部は捨石方式
　　Case B：　〃　　〃　コルゲートセル方式
　　Case C：　〃　　〃　鉱滓方式
　　Case D：　〃　　〃　鉱滓粒度調整方式
　　Case (E)：陸上部のみ参考計算