

タンザニア連合共和国
ナトロン湖天然ソーダ灰開発計画

および

関連輸送施設調査

プレ・フィージビリティ調査報告書

第三部

昭和51年8月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 84.4.17	416
登録No. 03587	68.4
	SD

第三部

関連輸送施設調査

JICA LIBRARY



1063620[7]

CURRENCY EQUIVALENTS

1 Tanzanian Shilling = US\$ 0.12 = Yen 36.7

1 U.S. Dollar = Shs 8.16 = Yen 300

ABBREVIATIONS AND ACRONYMS

MWEM – Ministry of Water, Energy and Minerals

Stamico – State Mining Corporation

T/Y – Metric ton per year

DWT – Dead weight ton

輸 送 計 画

目 次

第1章 プロジェクトの抱える輸送問題と輸送代替案設定への指針	1
第2章 プロジェクトの財務的および経済的コストの算定の原則	3
2-1 本プロジェクトに帰すべき費用の確定	3
2-2 財務的および経済的費用の見積り	3
第3章 港湾施設計画	5
3-1 東アフリカ共同体の港湾	5
3-1-1 モンバサ港	5
3-1-2 ダルエスサラーム港	9
3-1-3 タンガ港	10
3-2 ソーダ灰の貨物としての諸元および荷役施設	19
3-2-1 年間取扱量	19
3-2-2 荷姿	19
3-2-3 荷役方法	19
3-2-4 船型	19
3-2-5 サイロ容量	19
3-2-6 必要バース数	20
3-3 港湾施設建設候補地	21
3-4 港湾施設計画	24
3-4-1 計画案の概要	24
3-4-2 ソーダ灰貯留および積込施設	24
3-4-3 候補地点 e に於ける施設計画	29
3-4-4 候補地点 f に於ける施設計画	39
3-4-5 各計画案の維持運営費	50
3-4-6 財務費用の年次展開	50
3-4-7 経済費用とその年次展開	51
3-5 本プロジェクトのタンガ港への影響	52
3-6 将来の調査のための Terms of Reference	52

3-6-1	調査の目的	52
3-6-2	調査項目およびその内容	52
第4章	鉄道輸送計画	57
4-1	ソーダ灰輸送計画の概要	57
4-1-1	作業の目的	57
4-1-2	輸送比較案の設定	59
4-2	鉄道輸送の現況	61
4-2-1	概況	61
4-2-2	タンガ線の輸送状況	63
4-2-3	在来鉄道の将来輸送量推定	68
4-3	運転計画	68
4-3-1	機関車および貨車の型式	68
4-3-2	けん引力の検討	71
4-3-3	列車表定速度の設定	71
4-3-4	所要車両数の算出	72
4-4	新線建設計画	74
4-4-1	建設基準の設定	74
4-4-2	路線の選定	79
4-4-3	施工	82
4-4-4	停車場	86
4-4-5	建設費および保守費	87
4-4-6	建設期間	89
4-4-7	ソーダ灰搬出新線とアリュウシャームソマ線との総合的検討	91
4-5	在来線改良計画	97
4-5-1	タンガ線の現状	97
4-5-2	改良計画	100
4-5-3	改良工事費および保守費	103
4-5-4	本プロジェクトに含まれない在来線の改良	104
4-6	車両費用および運転費用	106
4-6-1	車両費用および保守費	106
4-6-2	運転費用	109
4-7	鉄道輸送費用の分析	112

4-7-1	鉄道関係費用	112
4-7-2	輸送経費の比較	113
4-8	Feasibility Study に対する Terms of Reference の提案	116
第5章	道路輸送計画	117
5-1	タンザニアの道路網および道路輸送	117
5-1-1	道路網	117
5-1-2	道路輸送	117
5-2	道路輸送計画に対するアプローチ	121
5-2-1	一般的アプローチ	121
5-2-2	費用の構成要素	121
5-3	ナトロン湖よりタンガに至る既設道路について	121
5-3-1	ナトロン湖—アルーシャ	121
5-3-2	アルーシャ—タンガ	123
5-4	輸送量および車両のサイズ	122
5-4-1	輸送量	122
5-4-2	車両のサイズ	122
5-5	鉄道への積み替え地点	127
5-5-1	積み替え地点	127
5-5-2	積み替え施設	128
5-6	代替ルート	130
5-6-1	自然条件	130
5-6-2	代替ルート	130
5-7	道路の建設費および改良費	131
5-7-1	道路の設計	131
5-7-2	工事数量の推定	137
5-7-3	実施計画	141
5-7-4	建設費および改良費の推定	141
5-7-5	年別費用	149
5-7-6	道路維持費	149
5-8	車両運行費	152
5-8-1	運行形態	152
5-8-2	車両運行費の推定	153

5-8-2	修理工場および駐車場	158
5-9	ソーダ灰の輸送費用	158
5-9-1	ルートAおよびルートB	158
5-9-2	ナトロン湖—ロンギード—モシ ルート	158
5-9-3	ナトロン湖—マニヤラ湖 ルート	168
5-9-4	タンガへの道路輸送	168
5-10	道路輸送に関する調査への提案	168
第6章	その他の輸送手段	171
6-1	架空索道	171
6-2	パイプ・ライン	171
第7章	輸送の総合的研究(一貫輸送の検討)	173
7-1	港湾の選択	173
7-2	鉄道および道路輸送の選択	173
7-3	選ばれた最終案とその費用比較	174

付 録

表 目 次

第 3 章

表 3 - 1	入出港船舶および取扱い貨物量 (1 9 7 4 年)
表 3 - 2	品目別輸出入量 (1 9 7 4 年) 運賃トン
表 3 - 3	港 湾 施 設
表 3 - 4	港湾取扱い量の変化 (D W T)
表 3 - 5	在港時間の変化 (日)
表 3 - 6	1 バース当り取扱い量 (トン / 年)
表 3 - 7	船舶平均待ち時間
表 3 - 8	多目的突堤の肥料原料荷役
表 3 - 9	港湾施設計画代替案
表 3 - 1 0	サイロ設備維持運営人員表
表 3 - 1 1	候補地点 e の概算工事費一覧表
表 3 - 1 2	候補地点 f の概算工事費一覧表
表 3 - 1 3	各案の維持運営費
表 3 - 1 4	各案の費用年次展開
表 3 - 1 5	Economic Costs の年次展開

第 4 章

表 4 - 1	Tanga 線の輸送実績
表 4 - 2	将来輸送量の想定
表 4 - 3	所要車両数
表 4 - 4	建設工事費用一覧表
表 4 - 5	保 守 費
表 4 - 6	列車運転回数
表 4 - 7	信号場設置位置
表 4 - 8	比較案別改良工事種別
表 4 - 9	在来線改良工事費用
表 4 - 1 0	保 守 費
表 4 - 1 1	車両購入価格
表 4 - 1 2	車両保守費
表 4 - 1 3	人 件 費

- 表 4 - 1 4 燃 料 費
- 表 4 - 1 5 鉄道関係費用総括表
- 表 4 - 1 6 輸送経費の比較

第 5 章

- 表 5 - 1 関連道路の現況
- 表 5 - 2 車両の規格および重量
- 表 5 - 3 積替え施設の建設費
- 表 5 - 4 運転維持費用
- 表 5 - 5 基準 8,200 kg 軸重の等価係数
- 表 5 - 6 10 年間の基準軸重の累積値
- 表 5 - 7 下層路盤厚
- 表 5 - 8 代表的横断面の適用
- 表 5 - 9 建設費用：年産規模 250,000 トン／年
- 表 5 - 10 建設費用：年産規模 500,000 トン／年
- 表 5 - 11 建設費用：年産規模 1,000,000 トン／年
- 表 5 - 12 道路建設の経済費用
- 表 5 - 13 年次別資金必要量
- 表 5 - 14 道路補修費用
- 表 5 - 15 車両運行の財政費用
- 表 5 - 16 車両運行の経済費用
- 表 5 - 17 修理工場および駐車場
- 表 5 - 18 キャッシュ・フロー（財政）
- 表 5 - 19 キャッシュ・フロー（経済）
- 表 5 - 20 単体量当りの運送費用

第 6 章

- 表 6 - 1 架空索道の費用
- 表 6 - 2 スラーリーの粘性の試験結果

第 7 章

- 表 7 - 1 ケース：RR250 の輸送財政費用
- 表 7 - 2 ケース：R 500 の輸送財政費用
- 表 7 - 3 ケース：RR500 の輸送財政費用
- 表 7 - 4 ケース：R 1,000 の輸送財政費用

- 表 7-5 ケース：R R 1,000 の輸送財政費用
表 7-6 ケース：R R 250 の輸送財政費用
表 7-7 ケース：R 500 の輸送経済費用
表 7-8 ケース：R R 500 の輸送経済費用
表 7-9 ケース：R 1,000 の輸送経済費用
表 7-10 ケース：R R 1,000 の輸送経済費用

図 面 目 次

第 3 章

- 図 3 - 1 東アフリカの港湾位置図
- 図 3 - 2 モンバサ港
- 図 3 - 3 ダル・エス・サラーム港
- 図 3 - 4 タンガ港
- 図 3 - 5 タンガ港およびその近隣地域
- 図 3 - 6 港湾施設計画平面図
- 図 3 - 7 サイロ設備計画図
- 図 3 - 8 候補地 e 計画平面図 : 500,000 トン/年の場合
- 図 3 - 9 候補地 e 計画平面図 : 1,000,000 トン/年の場合
- 図 3 - 10 候補地 e バース構造図 : 500,000 トン/年の場合
- 図 3 - 11 候補地 e バース構造図 : 1,000,000 トン/年の場合
- 図 3 - 12 候補地 e 工事工程表 : 500,000 トン/年の場合
- 図 3 - 13 候補地 e 工事工程表 : 1,000,000 トン/年の場合
- 図 3 - 14 候補地 f 計画平面図 : 1,000,000 トン/年の場合
- 図 3 - 15 候補地 f バース構造図 : 1,000,000 トン/年の場合
- 図 3 - 16 候補地 f 工事工程表 : 1,000,000 トン/年の場合
- 図 3 - 17 調査対象地域

第 4 章

- 図 4 - 1 鉄道輸送計画の作業手順
- 図 4 - 2 輸送ルート略図
- 図 4 - 3 東アフリカ鉄道公社組織図
- 図 4 - 4 タンザニアの鉄道輸送状況
- 図 4 - 5 主要駅間通過トン数
- 図 4 - 6 ソーダ灰専用貨車
- 図 4 - 7 建築および車両限界
- 図 4 - 8 土工定規
- 図 4 - 9 線路平面図 : 比較案 - 1
- 図 4 - 10 線路縦断図 : 比較案 - 1
- 図 4 - 11 線路平面図 : 比較案 - 2

- 図 4-12 線路縦断図：比較案-2
- 図 4-13 掘さく方法略図
- 図 4-14 ムソマ線とナトロン湖の位置
- 図 4-15 タンガ線平面略図
- 図 4-16 モン駅の短絡

第 5 章

- 図 5-1 1974年の自動車交通量
- 図 5-2 ソーダ灰輸送用車両
- 図 5-3 代替ルート的位置図
- 図 5-4 縦断図：ルート A
- 図 5-5 縦断図：ルート B
- 図 5-6 土工横断図
- 図 5-7 道路整備の概略スケジュール

第1章 プロジェクトの抱える輸送問題と輸送代替案設定への指針

タンザニア連邦共和国のナトロン湖に豊富に埋蔵されている天然ソーダ灰は、多年にわたり広く知られているところであった。この貴重な天然資源の開発を目的として、ソーダ灰の賦存状況に関する調査が、過去においてなされてきた。しかしながら、開発は、採掘および精製上の困難さのみならず、湖地域から近接の輸送施設の結節点への輸送施設の欠除のために実現されなかった。しかし、輸送問題は、単にナトロン湖周辺の輸送施設の問題にとどまらず、次の様な問題点も指摘される。

- (1) ナトロン湖がインド洋岸より約600kmの内陸に位置していることに起因する長距離輸送。
- (2) 輸送量がソーダ灰市場の制約より年間50万~100万トンという中量規模であり、施設の新設費用の負担力に限度があること。
- (3) ソーダ灰の品質上、転用不可能な車両および貯蔵施設を必要とすること。
- (4) 第2部に示されるように、ソーダ灰の工場出しコストが予想されるソーダ灰のFOB価格の相当部分を占めるため、ソーダ灰の輸送費用負担力に限界のあること。
- (5) 精製工場は連続運転を原則としているので、輸送施設に長時間の故障があってはならないこと。

従って、ソーダ灰の輸送に対して課せられる基本的要求事項としては、

- (1) 輸送費用が安価であること、
- (2) 長距離を確実に輸送しなければならないこと、
- (3) ソーダ灰の品質を損わないこと。

である。

港 湾 施 設

本ブレ・フィージビリティ・スタディでは、生産されるソーダ灰の大部分が世界市場に輸出されるものと考えられているので、ソーダ灰輸出に適した港湾施設が必要となる。ソーダ灰の品質上、特殊な貯蔵施設（入船の変動を吸収し得る容量を有するもの）および荷役施設が、専用施設として港湾施設に付加されなければならない。幸い、インド洋岸には幾つかの海港があり、各港につき港湾施設の新設もしくは改良の可能性の検討結果に基づき、ソーダ灰輸出港を選定する。

陸 上 輸 送

ナトロン湖と選定された海港とを結びつけるには、輸送モードの組み合わせが多く考えられる。

ナトロン湖と近接の輸送網の終点との間の地域には、道路、鉄道を含めて信頼にたる輸送施設はない。従って、この区間には、新規の輸送施設を開発する必要がある。考慮可能な施設と

しては、道路、鉄道、索道、パイプ・ライン等がある。

アルーシャより海港に至る区間は、ソーダ灰輸送に供し得る道路、鉄道がある。しかしながら、これらの施設には、現在、それらの輸送能力に限界がある。すなわち、道路における車両制限、鉄道における列車管制システムの不十分さ、および側線の不足である。この区間における輸送計画は、既存輸送施設の最大利用を考慮して行なうこととする。

陸上輸送施設として有望な道路、鉄道については、次の点が考慮された。

- (1) 新規建設費用は、道路の方が鉄道より格段に安価である。
- (2) 維持・運転費は、鉄道の方が道路より格段に安価であり、タンザニアにとって貴重な石油の節約という点では有利である。
- (3) 鉄道は、大量・長距離輸送において道路より有利である。

評 価

上記の輸出地点および輸送区間に対する最適輸送方法を見出す際、輸送モードの組み合わせの代替案を設定し、その技術的実現可能性を評価した。すなわち、技術的難易の性質および程度および不確実性が検討された。輸送代替案に含まれる施設の新設もしくは改良の費用と運営・維持の費用は、そのような技術的難度および不確実性を十分に反映させて推定する。個々の代替案のソーダ灰推定輸送コストを用いて、技術的および経済的健全性の枠内で、輸送量の最小化のために、最少費用分析を輸送モードの組み合わせの間で行なう。その際、ソーダ灰のための輸送施設の開発によって発生すると考えられる外部効果もできる限り考慮することとした。

第2章 プロジェクトの財務的および経済的コストの算定の原則

2-1 本プロジェクトに帰すべき費用の確定

プロジェクトの便益・費用分析を行うに当っては、プロジェクトに帰すべき費用を確定する必要がある。そのため「増分費用」の原則を採ることとする。即ち、本プロジェクトがないとしても所詮必要となるはずであろう費用は、このプロジェクトには賦課しない。また、もし、本プロジェクトのために必要となり、本プロジェクトがなければ、支出されないであろう費用は、全面的に本プロジェクトの費用とする。例えば、ナトロン湖からアルユーシャまでの鉄道の新設は、もし本プロジェクトがなければ将来ともなしで済ますであろうから、その費用は専ら本プロジェクトに掛ける。港については、今後の一般貨物の増大に応じて必要となるであろう範囲の改良費（例えば内港の10mの深さまでの浚渫費用）は、それを本プロジェクトには賦課しないで、本プロジェクトのために、それを超える深さの浚渫が必要とされる限りにおいて、その超過分の費用の全額を本プロジェクトに負担させる。鉄道の在来線に関しては、それを本プロジェクトの製品輸送に利用するために必要とされる、線路容量増大のための中間駅や、側線の増設、信号機の増設、車両、機関車等の購入とその運営、さらには、トラックからの積み替えのための施設の建設とその運営などのための諸費用は、すべて本プロジェクトに負担せしめることとする。その代り、一般の旅客、貨物の輸送について今後必要となるであろう通常の維持・改良の費用は、本プロジェクトには賦課されない。（現在すでに存在している線路や固定設費のためにかかった費用は、もち論本プロジェクトには賦課されない。）

以上の原則は、本計算においては、財務・経済の双方の分析に適用される。このような増分費用（限界費用）の原則を採ることは、資源の新たな消費または節約を問題とする経済分析に適合するのは勿論だが、財務分析の場合においても、次の様な意味で有効適切であると考えられる。例えば、ソーダ灰輸送に在来鉄道線が利用されることによって、鉄道会社にとってどれだけの負担が新規に発生するか、そして、それは本プロジェクトからの収入によってカバーされるかどうかを、この分析によって鉄道会社は知ることができる。それが丁度カバーされるのであれば、何の損失も生じないことが確認されるわけである。

2-2 財務的および経済的費用の見積り

財務的評価は、本来、本プロジェクトが、それが生み出す便益（収入）によって、すべての必要な費用を償うことができるかどうか、またさらに具体的には、本プロジェクトに参加するであろうすべての組織および個人が本プロジェクトの下で収支相償うことが可能であるかどうかを検討すべきものである。ただ、現在の段階では、この参加主体に関する詳細な分析を行うた

めには、まだ時期が熟していないので、プロジェクト全体の収支が相償うか否かの検討にとどめる。

さて、そのような目的に役立つような費用の算定の仕方は次の通りである。諸費用は、通常その各費用項目に対して支払われるであろう実際額をもって算定する。タンザニア国においては、物資・サービスの価格や賃金は、地域別に公定されているので、それに依ることとする。価格表に載っていない輸入品目については、タンザニアの輸入港における外貨建てのCIF価格を公定レートでタンザニア通貨に換算した上で、それが使用される現場までの国内輸送費を加算する。一般に、価格は1975年末ないし1976年初の水準で算定し、その後は変動しないものとして扱う。将来のインフレについては、別に扱う。

これに対して経済分析では、タンザニア国民経済全体の視点から見た資源（労働を含む）の現実の消費を以って費用と見做し、資源の節約あるいは創出・獲得を以って、便益と見做してその費用と便益を比較して、本プロジェクトがプラスの貢献をなし得るか否かを検討するのである。その視点からすれば、税金の支払いは、実際の資源の消費を伴わない、単なる購売力の移転に過ぎないので費用の中に含まれる税金相当額は、これを費用から差し引かねばならない。また、現実の価格はその資源の国民経済にとっての本当の価値を正しく示していないかも知れない。例えば、もし非熟練労働力が過剰であれば、現実に定められているので賃金額ほどにはそれは経済的に寄与してはいないかも知れない。つまり、このプロジェクトにそれを充当することによって犠牲となる従米の雇用口におけるその生産力（機会費用）は、このプロジェクトの下で支払われる賃金より小さいかも知れない。そのような場合には、その労働をその賃金額より低い額で評価しなければならない。それに反して輸入物資は、その外貨建てのCIF価格を公定レートでタンザニア通貨に換算した額よりも、国民経済にとって高い価値を有しているかも知れない。外貨不足の故に、輸入制限が行われている場合には、一般にそう言い得る。その場合は、外貨の価値を公定の交換レートよりも高く評価する（外貨をシャドー・プライスで評価する）必要がある。また、セメント、建設、輸送などの輸入資源と国内資源との組合せでできている物資やサービスについては、その組合せの比率に応じて外貨のシャドー係数を超えない範囲で増額して評価する必要がある。このような視点に基づいて、現実には次のようなシャドー係数が用いられた。下記は、タンザニア政府の示唆した係数に基いている。

第 3 章 港 湾 施 設 計 画

ま え が き

港湾施設計画調査の目的は、ナトロン湖附近で加工精製されたソーダ灰を取扱う港湾を選定し、施設の追加投資が必要な場合、港湾施設建設費および運営費を推計することである。このため、タンガ、ダルエスサラーム、モンバサ港を中心として、EAHC、公共事業省、国家開発公社、港湾建設コンサルタント等の関係者とのインタビュー、データ収集、現地踏査を行った。以下にその結果の概要と現時点で収集可能な資料にもとづく推計を簡単にのべる。

3-1 東アフリカ協同体の港湾

東アフリカ協同体三国および近隣の内陸国の経済は、外国貿易に大きく依存している。

一次産品の輸出と機械、消費物資、燃料の輸入および国内流通が東アフリカ協同体の輸送体系の主要な特徴である。主要な貨物の流れ（幹線輸送の方向）は4つの港湾モンバサ、ダルエスサラーム、タンガ、ムトワラを起終点として東西に流れている。モンバサ港は、ウガンダ、ケニア、タンザニア北部、ルワンダを背後地としており、ダルエスサラーム港は、南部のムトワラの背後地、北部のタンガの背後地を除くタンザニア全体、ザンビア、ブルンディ、コンゴ東部の貨物を取扱っている。この他に南ローデシアの独立、および最近のアンゴラロビト港閉鎖によって、ザンビアの貨物がダルエスサラーム港を経由する事になり輸送体系に大きな負荷がかかった。ザンビアとダルエスサラームを結ぶ石油パイプラインが結ばれるとともにザンビア—ダルエスサラーム間に道路および鉄道が開通した。以下にモンバサ港、ダルエスサラーム港、タンガ港の概要を示す。(Fig-1 Map of East African Ports)

3-1-1 モンバサ港

モンバサは広大な水域を持つ自然港湾である。港口航路は広く水深1.2mであって航行上問題はない。潮差は大潮時に3.8m、潮流は2ノットであり、波浪および、うねりからはしゃへいされている。港内には10.0mまでの吃水の船舶17隻が停泊可能な錨地がある。

港内には水深10.0mの大型係船岸15（総延長2,700m）があり、この内最近完成した#16、#17は将来コンテナ輸送バースへの変更に備えて11.0mの水深をもっている。#14バースの近くに65,000 DWTの原油タンカーの荷役のために、13.4mの水深をもつバースがある。

岸壁上屋が14箇所、水際線から離れた上屋が7ヶ所あり、総面積143,000 m^2 である。

大型係船岸#1とドックヤードの間に総延長412mのはしけ物揚場がある。この他に、バラセメントバース袋詰めソーダ灰用のベルトコンベアー糖蜜輸出用のパイプラインがある。

図 3-1 東アフリカの港湾位置図

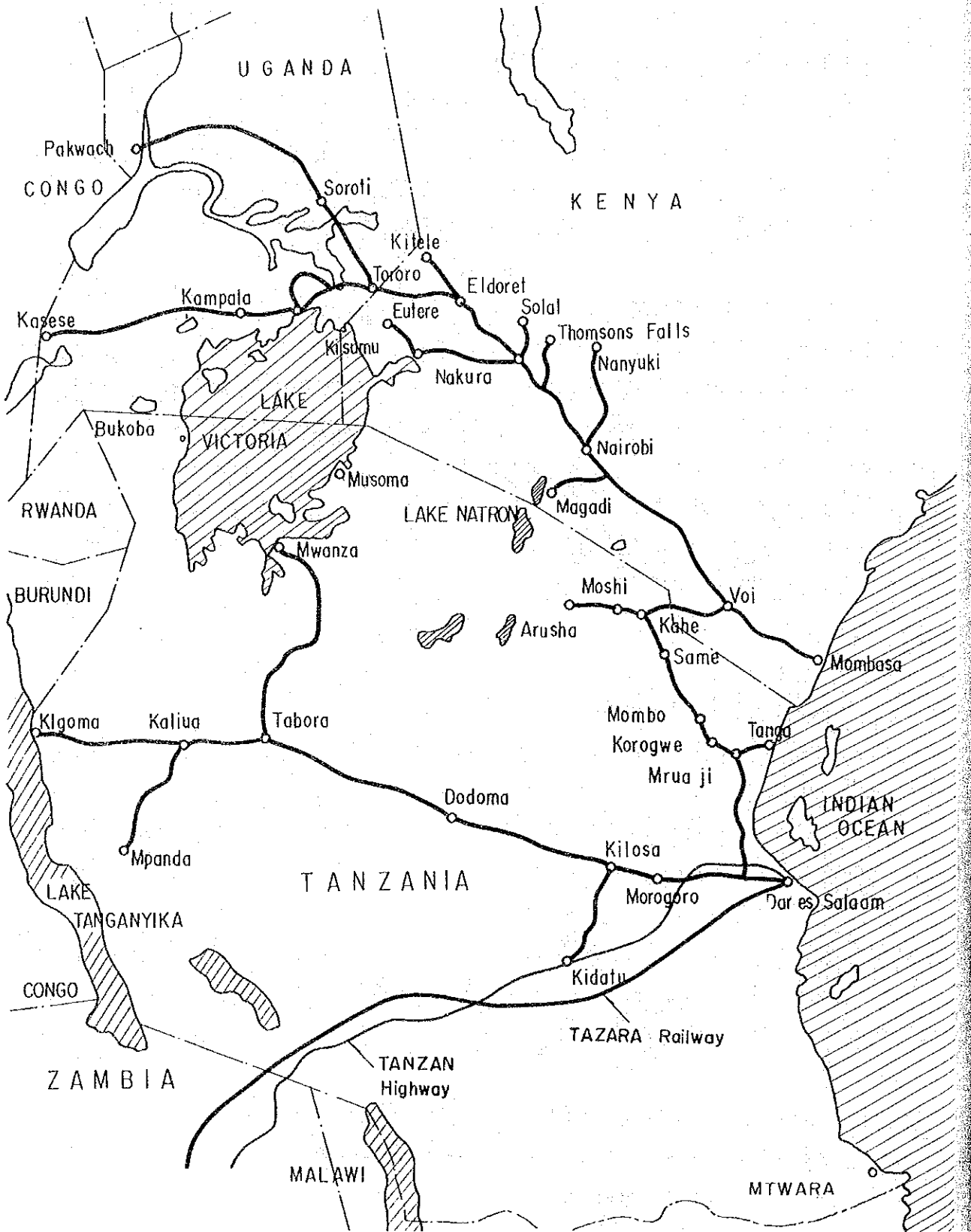
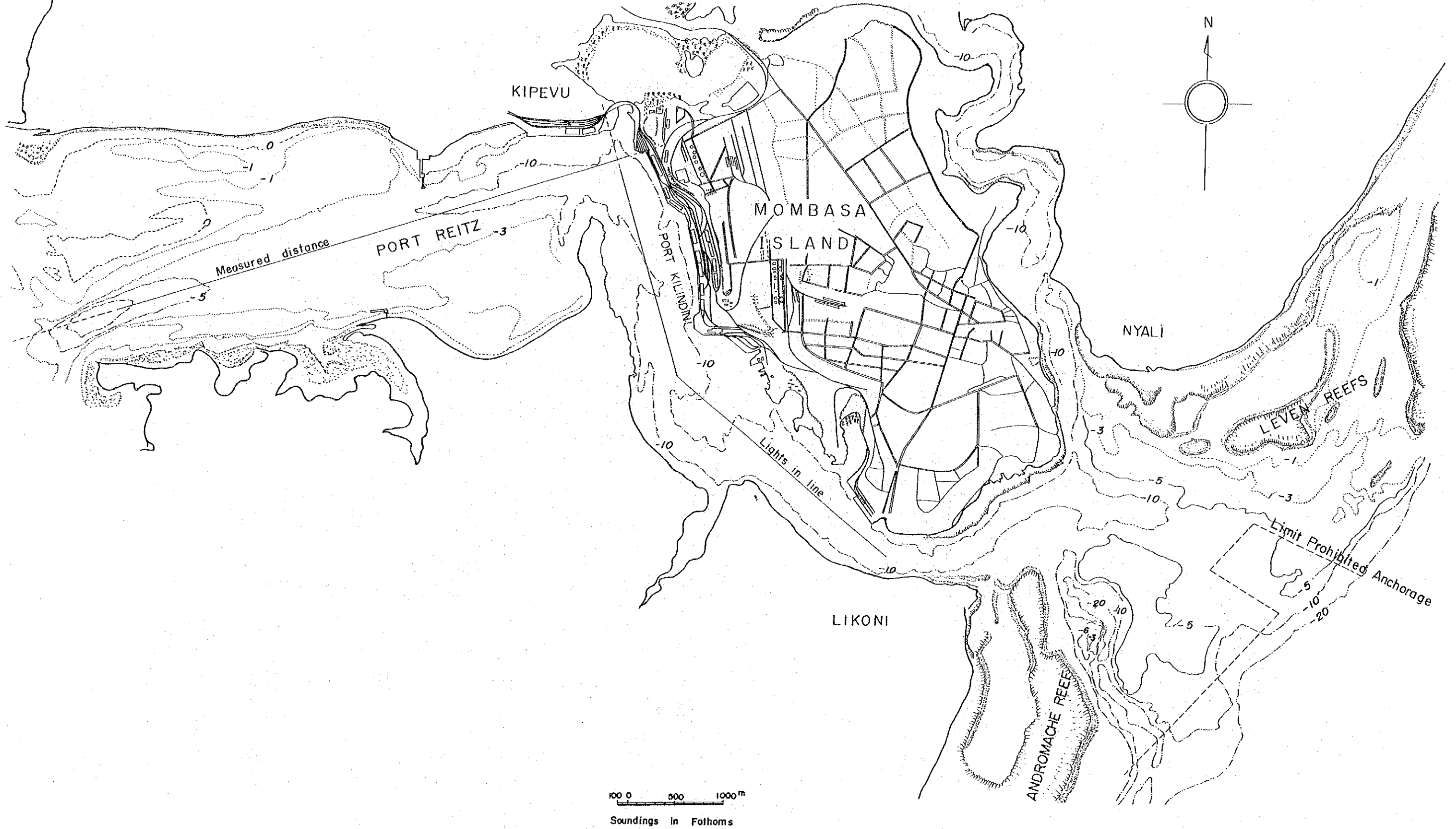


図 3-2 モンバサ港



同港の取扱い貨物は、1974年実績によれば輸入450万トン、輸出230万トン、積み換えを含め総貨物680万トンである。

1969～1974年までの5ケ年で輸入が年率7%、輸出2%、全体が5%で増加している。輸入貨物は、鉱物燃料が71%を占めている。輸出はコーヒー、茶、木材、セメント、石油および同製品である。

大型船のバース待ち時間、荷役時間、在港時間はそれぞれ、1974年で2.5日、5.4日、7.9日であって、5ヶ年前に比べると在港時間で1.7倍程延びている。(Fig-2 Mombasa Port)

3-1-2 ダルエスサラーム港

同港は約2.3kmの長さの港口航路と、広大かつ静穏な内湾よりなっている。港口航路は最も浅い7.3mの場所で128mの巾員しかなく、航路から湾に入った所で鋭く屈曲している。このため双スクリュウ船で182m、単スクリュウ船で174mの船舶しか入港出来ない。夜間は潮位が基準面上2.7m以下の場合に147m以下の船舶が航行出来る。

大潮時潮差は3.3mであり、夜間はタンカーは入港不能である。

港内には5隻の大型船舶が停泊可能な錨地がある。

内湾の南クリーク西岸に大型係船岸11バース(延長1,466m)があり#1～3バースは9.2m、残りは1.0mである。この内#7～#11までは岸壁構造上将来-12.0mまで浚渫可能をように設計されている。今後5ヶ年間の貨物増加に対応するため現存の#11バースの延長上に更に2バースの新設が予定されている。

この他に現在、老朽化したはしけ物揚場と背後上屋および道路を補修中であり、はしけ物揚場の延長は580mである。また、航路巾員による制限で入港出来ない、原油タンカーの荷役のためMjimwema湾に100,000DWTのタンカーのけい留可能なシーバースと海底パイプ管施設がある。

上屋は物揚場背後に12,000m²#1～#8および#10～#11に合計21,600m²の床面積の上屋がある。

同港の1974年の貨物取扱い総量は輸入280万トン輸出85万トン積み換えを含めた取扱い総量は370万トンである。輸入の主要品目は50%が鉱物燃料類で、その他に食料品、肥料、紙、鉄、自動車等の工業製品がある。

貨物の1969年から1974年までの5年間の変化を見ると、全体で11%の年間伸び率で、内輸入15%、輸出2%と圧倒的に輸入が増加している。これに対応して、船舶の平均在港時間が1969年3.5日/shipから10.62日/shipに大巾に増加している。

(Fig-3 Dar es Salaam Port)

3-1-3 タンガ港

タンガ港は、大型係船岸はない。全ての船舶は、内港または外港の錨地において、はしけ荷役によって荷役される。

港湾は、一般に良く外洋波浪からしゃへいされておるが、時折うねりによって荷役は妨げられる。

内湾は、吃水 6.3 m ~ 9.3 m、船長 210 m の船舶 7 隻が停泊可能で、そこまでの航路の水深は 9.0 m ある。外湾は 14.0 m 水深の 3 隻分の錨地がある。船舶は夜間入出港可能である。Ras Kasone の東側に多目的突堤が肥料工場用に稼働中で、同突堤は 20,000 DWT 船舶を対象として設計されているが、吃水 14.5 m 迄の大型船舶も着岸可能である。現在はバラ荷のリン酸塩、硫酸塩、液体アンモニア等の荷役に使用されている。内湾には 2 つのはしけ物揚場があり総延長 381 m、水深は 2.4 m ~ 3.0 m である。

同港の取扱い貨物は、1974 年実績で輸入 25 万トン輸出 14 万トン、総貨物量 40 万トンである。輸入貨物品目は肥料工場用の原料、メーズ小麦粉、石油であり、輸出はコーヒー、サイザル、ロープ等である。この内食料品の輸入は早魃による国内農業不振のための一時的現象と思われ 1969 年から 1973 年までは、取扱総量はほとんど変化していない。

(Fig-4 Tanga Port)

図 8-3 ダル・エス サラーム港

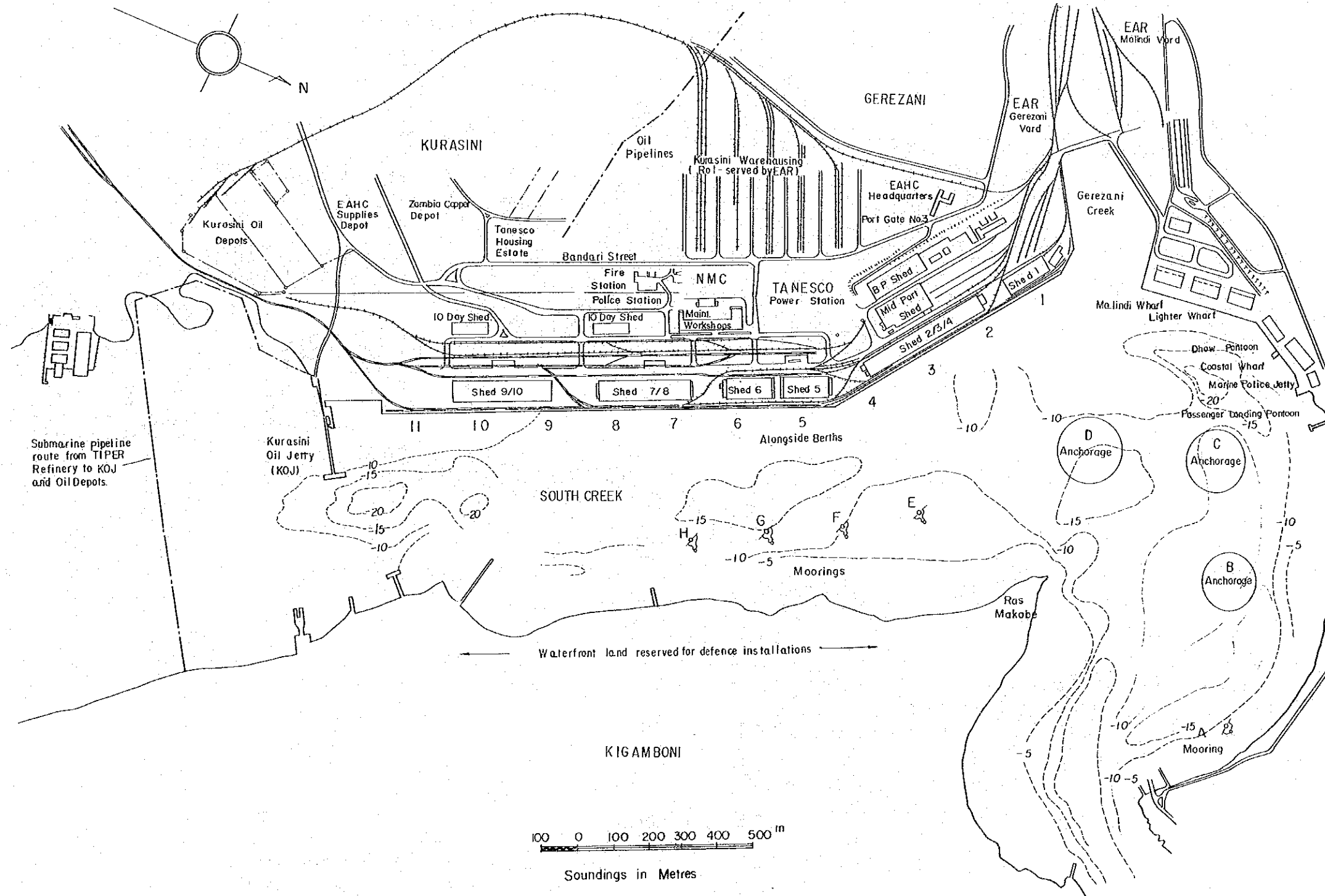


図 3-4 タンガ港

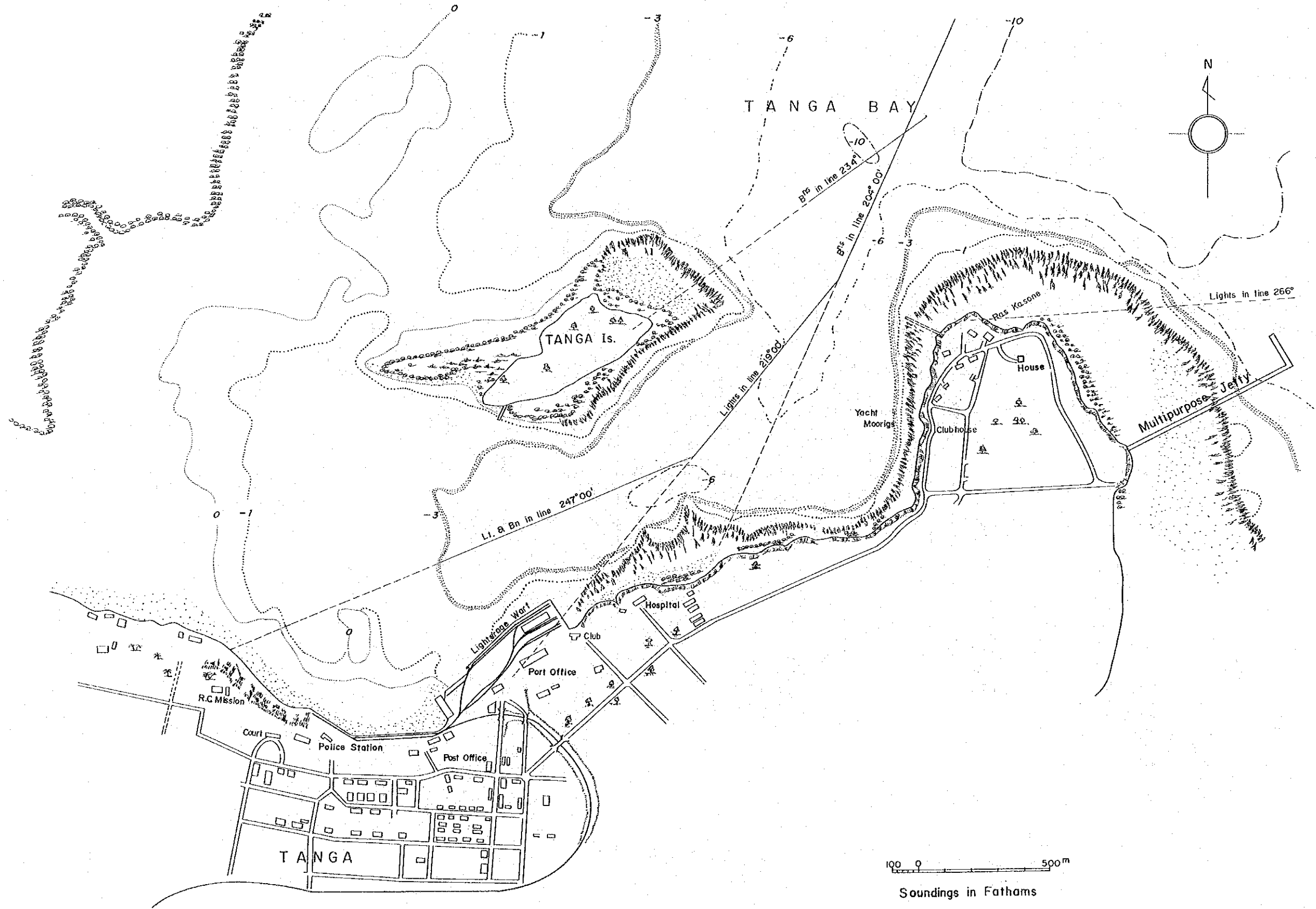


表 3-1 入出港船舶および取扱い貨物量 (1974年)

港名	港名		
	モ ン パ サ	ダルエスサラーム	タ ン ガ
船舶 入 港 隻 数	1,699	965	357
(大型貨物船)	(736)	(653)	(310)
純 登 録 ト ン 数	6,582,107	3,362,356	1,388,404
取扱い貨物量 (tons)			
輸 入 総 量	4,464,164	2,841,385	253,053
一 般 雑 貨 貨 物	1,280,800	1,143,465	122,455
肥料原料 (Tanga)	—	—	104,672
石 油 類	3,183,364	1,697,920	25,926
輸 出 総 量	2,311,511	847,692	142,303
一 般 雑 貨 貨 物	1,078,411	599,054	142,303
固体バラ荷 (セメント)	640,885	—	—
糖 蜜 (バラ荷)	51,739	—	—
石 油 類	302,413	223,892	—
船 舶 用 石 油 類	238,063	24,746	—
輸 出 入 総 量	6,775,675	3,689,077	395,356
積 換 え	14,100	4,504	196
総 貨 物 量	6,789,775	3,693,581	395,552

表 3 - 2 品目別輸出入量 (1 9 7 4 年) 運賃トン

港名	港名		
	モ ン バ サ	ダルエスサラーム	タ ン ガ
輸 入 総 量	4,319,499	3,218,477	279,548
0 食 料 品	211,916	366,206	57,157
1. 飲料品, タバコ	7,319	2,480	—
2. 油類を除く原材料	18,827	17,039	113,975
3. 鉱物燃料潤滑油	3,078,081	1,627,900	21,061
4. 動植物性油脂	479,09	—	19,031
5. 化学薬品類	203,993	84,673	1,032
6. 材料により類別された製品	434,238	203,760	16,290
7. 機械および輸送装置	295,209	177,074	2,866
8. 雑 製 品	22,007	73,9425	48,136
9. その他品目	—	—	—
輸 出 総 量	2,846,791	946,562	184,991
0 食 料 品	661,309	132,023	51,209
1. 飲料品, タバコ	—	27,894	—
2. 油類を除く原材料	465,363	519,576	110,065
3. 鉱物燃料潤滑油	588,790	190,976	—
4. 動植物性油脂	—	2,058	1,354
5. 化学薬品類	138,651	—	—
6. 材料により類別された製品	797,159	19,469	21,487
7. 機械および輸送装置	—	1,198	—
8. 雑 製 品	195,519	53,368	—
9. その他品目	—	—	—

表3-3 港湾施設

	港 名		
	モンバサ	ダルエスサラーム	タンガ
(a)係 船 岸 等			
大 型 係 船 岸	15	11	
総 延 長 (m)	2,700	1,466	
水 深 (m)	10	10	
石油取扱い用突堤 (Bulk oil Jetty)	2	1	
シーバース (Single Buoy Mooting)		1	
バラセメントバース (Bulk Cementy Jetty)	1		
総 延 長 (m)	305		
容器詰め油取扱い施設 (cased oil rchaif)	1		
はしけおよびダウ (dhow) 物揚場	2	4	2
総 延 長 (m)	412	588	381
ブイバース (Handling points No)	9	5	9
爆 発 物 突 堤	1		
(多目的突堤：肥料工場専用)			1
(b)上 場			
主 要 岸 壁 上 屋	14	8	
総 面 積 (m^2)	143,000	63,466	
港 湾 背 後 上 屋	6	2	1
総 面 積 (m^2)	18,618	16,695	
はしけ地区上屋	6	8	9
総 面 積 (m^2)	16,250	11,628	21,913
保 税 倉 庫		1	
トランシットデポ		1 (Ubunga)	
総 床 面 積		24,155	
(c)野 積 場			
総面積 (m^2) 港湾区域	74,402	93,000	11,384
トランシットデポ		20,539	

表 3-4 港湾扱量の变化(DWT)

年次	港名		モンバサ				ダルエス・サラーム				タンガ		
	内	外	輸入	輸出	総取扱量	輸入	輸出	総取扱量	輸入	輸出	総取扱量	輸入	輸出
1969			3,188,284	2,087,139	5,297,467	1,398,034	754,895	2,170,133	54,991	178,573	234,004		
1970			3,524,147	2,251,722	5,726,227	1,647,619	808,277	2,463,260	73,457	194,161	270,802		
1971			3,968,064	2,369,620	6,365,466	2,018,503	761,974	2,790,025	117,117	171,022	292,281		
1972			3,786,373	2,105,656	5,922,475	2,300,881	826,862	3,130,155	109,582	144,688	256,767		
1973			4,162,866	2,540,621	6,738,657	2,391,506	820,003	3,213,691	147,953	131,043	280,092		
1974			4,464,164	2,311,511	6,789,775	2,841,385	847,692	3,693,581	258,053	142,303	395,552		
1974/69			1.39	1.10	1.28	2.032	1.12	1.70	4.6	0.79	1.69		
平均増加率 (1969~74年)			6.8%	1.9%	5.0%	15%	2%	11%	35%	▲0.05%	11%		

表 3-5 在港時間の变化(日)

港名 内訳	モンバサ			ダルエス, サラーム			タンガ		
	待ち時間(日)	荷役時間(日)	在港時間(日)	待ち時間(日)	荷役時間(日)	在港時間(日)	待ち時間(日)	荷役時間(日)	在港時間(日)
1969	1.0	3.69	4.69	0.80	2.73	3.53	0.06	1.35	1.41
1970	0.38	3.45	3.78	1.50	3.69	5.19	0.03	1.60	1.68
1971	1.76	4.18	5.94	1.88	5.18	7.06	0.13	1.92	2.05
1972	1.02	3.56	4.58	1.47	4.99	6.46	0.05	1.64	1.69
1973	2.27	4.45	6.72	1.08	4.99	6.02	0.09	2.00	2.09
1974	2.49	5.37	7.86	3.77	6.85	10.62	0.22	3.23	3.45

表 3-6 1バース当り取扱い量(トン/年)

年次	港名 内訳		モンバサ		ダルエス、サラーム		タンガ	
	1本船バース	1ブイバース	1本船バース	1ブイバース	1本船バース	1ブイバース	1本船バース	1ブイバース
1969	148,770	28,934	209,988	85,778	—	—	23,890	
1970	169,295	28,408	253,627	100,746	—	—	27,971	
1971	161,871	34,844	176,757	39,182	—	—	29,958	
1972	163,348	18,209	148,628	32,971	—	—	25,702	
1973	181,175	22,103	138,642	37,745	—	—	22,080	
1974	146,145	15,259	161,277	31,051	—	—	23,181	

3-2 ソーダ灰の貨物としての諸元および荷役施設

3-2-1 年間取扱い量

ソーダ灰のナトロン湖における製造量は経済的な規模を考慮して、年間500,000tと1,000,000tを考慮する。

3-2-2 荷 姿

ソーダ灰は果粒状の粒で吸湿性があり、水分があると凝結する。また一ヶ所に高く積むと自重で圧縮され固形化したり果粒が粉状になって附着性が高くなる。

通常取扱いはバラ貨又は袋詰として取扱う。

袋詰であると10,000 DWTの船舶を対象にした場合約15,000 m²の床面積をもつ上屋を必要とし、また荷役速度の点でも袋をベルトコンベアーで運ぶか、パレットに乗せてフォークリフトで岸壁まで運搬し、クレーンで積み込む方式を仮定するとバラ貨のままコンベアーで運搬する方式に比較して遅くなる。

3-2-3 荷 役 方 法

バラのソーダ灰を取扱う場合は、専用の鉄道タンク貨車で輸送し港で底を開いて下側に落す。これをベルトコンベアー、バケットエレベーターでサイロ内に貯蔵する。本船着岸の時はサイロ底部からベルトコンベアーで引き出し、本船に落とし込む。荷役は、船舶の在港時間を短くするため24時間運転を行い、コンベアーも大能力のものを使用する。

3-2-4 船 型

海上運賃を軽減するには船型を大型化して、大量のロットで運ぶ事が望ましい。日本でのソーダ灰の現在の輸送は15,000 DWTのグリーンタンカーで川崎—サンディエゴ間を往復輸送しており、川崎には30,000 tの容量をもつターミナルを建造している。

しかし、50,000 DWT以上になると、航路水深は13.0 m以上必要となり、サイロの設備も大型になるため、これを受け入れることが出来る港湾が少くなりソーダ灰の販路が限られてくる。今後これについてはソーダ灰の輸出先が決ってからさらに詳細に検討されるべきであるがここでは15,000 DWT～30,000 DWTの船舶を暫定的に考える。

3-2-5 サイロ容量

工場の生産および陸上輸送を効率的に行うには施設能力の範囲内で一定の生産量、輸送量で規則的に行うことが望ましい。船舶の到着は、航行中の天候の影響をうけて、予定よりも遅れることが考えられ、陸上輸送を定常的に行うには港湾において十分な貯留容量を持つ必要がある。

年間生産量100万トン、陸上輸送が年間300日稼働と仮定する。30,000 DWTの船舶でソーダ灰を運ぶと考えると最大20日間の船舶到着の遅れを許容する貯留量は約10万 m³となる。

年間50万トンの生産で15,000 DWTの船舶を考慮して同じ仮定のもとに必要貯留量を求めると約5万 m^3 となる。この報告では100万tの場合10万 m^3 、50万tの場合7万 m^3 のサイロの容量を暫定的に考える。

3-2-6 必要バース数

100万トンおよび50万トンのソーダ生産に対して30,000 DWT および15,000 DWTを対象とした大型岸壁を建設した場合の船待ちの状況を次表に示す。

表3-7 船舶平均待ち時間

	ケース1	ケース2
1 年間取扱い量(t)	1,000,000	500,000
2 バース数	1	1
3 対象船舶(DWT)	30,000	15,000
4 積載能力 ξ (t)	27,000	14,000
5 年間入港数(隻)	37	35.7
6 到着率(隻/日)	0.1014	0.0978
7 平均荷役時間 t_B (日)	3.81	2.46
8 サービス率 v (隻/日)	0.262	0.4068
9 バース占有率(ρ)	0.3863	0.2404
10 平均待船時間 t_q (日)	2.4	0.7779
11 一定サービスとした場合の平均待船時間	1.2	0.388

仮定1. M/M/1の待合せ行列を仮定する。即ち、一定時間内の到着隻数はポアソン分布であり、荷役時間は指数分布をなす。

仮定2. 荷役は500 t/h \times 0.8 = 400 t/hの積み込み能力を持つベルトコンベアで行い1日24時間運転する。

平均荷役時間は次式で決定される。

$$t_B = \xi / 400 \times 24 + t_d$$

t_B : 平均荷役時間 t_d : 入出港準備のための時間でターミナル港では通常1

ξ : 積載能力 日である。

注) 平均待ち時間: $M/M/1$ の平均時間は次式で与えられ荷役時間が一定になると、次式の半分になる。

$$t_q = t_B \frac{\rho}{1 - \rho}$$

t_q : 平均待ち時間

t_B : 平均荷役時間

ρ : バース占有率 (= 到着率 / サービス率)

単純化された仮定による計算 1,000,000 トンの場合は平均待ち船時間は 2.4 日 ~ 1.2 日、500,000 トンの場合は平均 0.7 日 ~ 0.38 日である。その時のバース占有率は 3.8% と 2.4% である。これらの点から、各々の場合 1 バースを建設すれば充分である。

3-3 港湾施設建設候補地

次の 6ヶ所の候補地がソーダ灰取扱いのために考慮された。

- a. モンバサ港
- b. ダルエスサラーム港
- c. Mwanbani 港内 Ras Nyamaku 海岸
- d. タンガ港多目的突堤
- e. タンガ内湾の海岸
- f. 多目的突堤附近の海岸

a ~ d までの候補地は、以下にのべた理由で以後の考慮から外され e と f の地点だけが現実的代替案として選ばれ、その建設費だけが推計された。

a. モンバサ港

モンバサ港は先にのべたように、1974 年で 680 万 DWT の総取扱い貨物量をもつ、東アフリカ共同体の中では最大の港湾である。しかし、モンバサ港を利用するためナトロン湖からモンバサ港までソーダ灰を陸上輸送する案は鉄道輸送の効率性に問題がある。最近の例によれば鉄道貨車が不足しているため、ケニア - タンザニア間の鉄道の輸送力が低下しているといわれ、両国間の交通は円滑ではない。また、開発にともなり、施設整備、雇用増大等の随伴効果が、二国間に分散されることになり、タンザニア側からみて好ましくない。

b. ダルエスサラーム港

ダルエスサラーム港はアンゴラのロビト港の閉鎖によって、ザンビアの輸出入貨物が同港を経由することとなり将来もザンビア - ダルエスサラーム港間のいわゆるタンザンハイウェイ、タザラ鉄道の開通によって今後ますます経由貨物は増大する。現在の港湾の運営は港内に充分

なストックヤードがない事、ザンビア向けの貨物とその他の国へ貨物が同じバースで取り扱われていること、本船荷役の速度が約6 t / 時間・ギャング（横浜23 t / 時間・ギャング）と遅いこと、などから効率的ではない。今後ソーダ灰取扱い施設を、ダルエスサラーム港に求めるとその候補地としては、港口航路の南側地点または外洋に面した海岸が考えられる。このいずれも、現在の鉄道ターミナル、港湾事務所からの連絡のためには、南側のクリークを横切る橋梁アプローチ道路の建設が必要となり、バースの建設費は従来のバース建設費に比べて割高となる。さらに、ナトロン湖—ダルエスサラーム港間の陸上輸送距離は、ナトロン湖—タンガ港間の距離に対して約40%程長くなり、これからもダルエスサラーム港でのソーダ灰輸送はタンガ港に比して割高となる。

c. Mwanbani 港内の Ras Nyamaku 海岸

タンガ港から南側約8 kmの地点にMwanbani 湾があり Ras Nyamaku 附近の海岸で、現在 UNDP による貨物量推計、深浅、ボーリング調査が行われている。同湾は、タンガ港と同じく沖合にサンゴ礁が発達しており、インド洋からの波浪、うねりから、完全に遮蔽されている。また湾内は、海底勾配が急峻で、水深が深く、浚渫工事を行わずに大型船が海岸近くまで航行出来る上に、船回しのための静穏な水域を確保出来る点で、天然の良港としての地形的要件を備えている。しかし、陸側からの交通は、小河川によってさえぎられており、全天候に通行可能な道路はない。11月の乾期に行れた現地踏査の場合も同地点へつくには、カヌーで河川を渡ったり、30分以上の徒歩を必要とした。附近はやしの林と、小集落が散在する他は、かん木のやぶと草地であって、タンガ港に見られるような水際線と背後の土地との高低差はなく、上屋ストックヤードの建設スペースは充分ある。したがって、ソーダ灰取扱いを目的とした港湾施設だけでなく、他の港湾施設を整備する場合には魅力的であるが、そうでない場合は、港湾の諸サービスを提供するため施設、陸上交通施設の建設費が本プロジェクトに負荷されるため好ましいものとは考えられない。現在 UNDP によって行われている調査結果をみて、必要があればこの位置を再検討すべきである。（Fig-5 Tanga Port and its adjacent area）

d. タンガ港多目的突堤

多目的突堤は、インド洋に面したタンガ外港の位置に一基建設されており、バース水深は14 mで50,000 DWT以上の船舶が着岸出来る。現在は、南側に隣接して位置する肥料工場の原材料である、隣酸塩、硫酸塩、液体アンモニア等がこの突堤から陸揚げされている。荷役の運営に関しては、突堤と陸岸を結ぶ取付け道路が一車線しかないこと、突堤の中がせまく、クレーン、ホッパーが設置されているためトレーラーの活動が不自由であること、クレーンの故障が多いことなどから、荷役効率はきわめて低い。1974年の1年間の突堤の荷役実績によれば、1日当りの荷役実績は700 t / dayである。（船舶荷役時のみを考慮）

肥料工場の生産規模は、将来拡大するものと思われ、工場側の計画によれば、1978年に120,000t、将来は300,000t考えている。これに対応する原料の輸入およびそのための、荷役日数は次表のようになる。

表3-8 多目的突堤の肥料原料荷役

	肥料工場生産高 t / 年	原料輸入高 t / 年	バース占有日 (日)
1978	120,000	211,765	302
(将来)	300,000	529,000	756

このことからみて、今後施設の改善、荷役合理化によって荷役速度の向上が企められるとしても約1,000,000トンのソーダ灰荷役をさらにこの突堤で行うことは不可能である。

e. タンガ内湾の海岸

タンガ内湾は、うねり、および波浪から完全に遮蔽されており、潮流も殆んどない。湾内は水深が-8.0m程度まであり、土質は砂質土と粘土との互層であって、現存するデータによるかぎり、超軟弱粘土、岩礁等はない。湾内の奥にある湿地から泥の浮遊が一部の位置であり、物揚場の西側が浅くなっていると云われるが、現地踏査によれば小河川が流入しているだけで大きな漂砂供給源はない。漂砂による維持浚渫が、将来航路を浚渫した場合に大きな問題となることはないと考えられる。従って現存の物揚場法線に沿って大型船バースを建設する計画は以下にのべる理由によって有望である。

i) 物揚場、岸壁を密に配置することによって、港湾荷役検量、税関検査等の港湾の管理運営を統一的に行うことが出来る。またソーダ灰取扱いのための港湾施設を、バースが空いている場合は、他の港湾貨物取扱いにも利用出来、投資効率を高めることが出来る。

ii) 将来ソーダ灰以外の港湾貨物が増加した場合でも、岸壁とサイロの間に連絡道路のために十分なスペースを確保しておけば、陸岸に沿ってさらに東側にバースを建設する余地は充分にある。

iii) 現在の港湾に隣接して施設を造るため、道路鉄道の陸上交通施設、給水、電力、電話等の便宜供給について、ほとんど追加的投資を必要としない。

f. 既存の多目的突堤に隣接する海岸

この場所も、沖合のサンゴ礁によって波浪より遮蔽されており、海岸から約600m程離れば-12m程度の水深となり、その間の連絡道路の現在水深は大潮最低面以上または-6m

程が大部分であって、構造的にも安価なものでよく、浚渫土量は非常に少くなる。

新しい突堤の法線は、船舶の離着岸の航跡を考慮して、既存の突堤の岸壁法線と一致することが望ましい。さらに既存の突堤と肥料工場の間を連絡するトレーラ交通と、ソーダ灰輸送との干渉をさけるため既存ふ頭の南側に新ふ頭を設置するのが望ましい。

3-4 港湾施設計画

3-4-1 計画案の概要

前述したソーダ灰取扱いのための港湾施設建設候補地の、e. タンガ内湾の海岸、f. 多目的突堤附近の海岸、の両地点について港湾施設配置計画をたて、港湾施設建設費及び運営費を積算する基とした。夫々の計画案は次のような条件に基いている。

(Fig-6 港湾施設計画平面図)

表 3-9 港湾施設計画代替案

候補地点	ソーダ灰生産量 t/yr	船 型 D/W	バース数 バース
e	1,000,000	30,000	1
e	500,000	15,000	1
f	1,000,000	30,000	1

3-4-2 ソーダ灰貯留及び積込施設

ソーダ灰の生産規模に応じた必要貯留量は、2-5で述べたように、ソーダ灰生産量 1,000,000 t/yr の場合に 1,000,000 m³、500,000 t/yr の場合で 700,000 m³ の貯留容量が必要最少限の貯留容量と決められた。

又、本船への積込能力は 500 t/h で考慮されたが、ローダー1基では万一故障の場合の事を考え、250 t/h x 2基として計画した。(Fig-7 Silo 設備計画図)

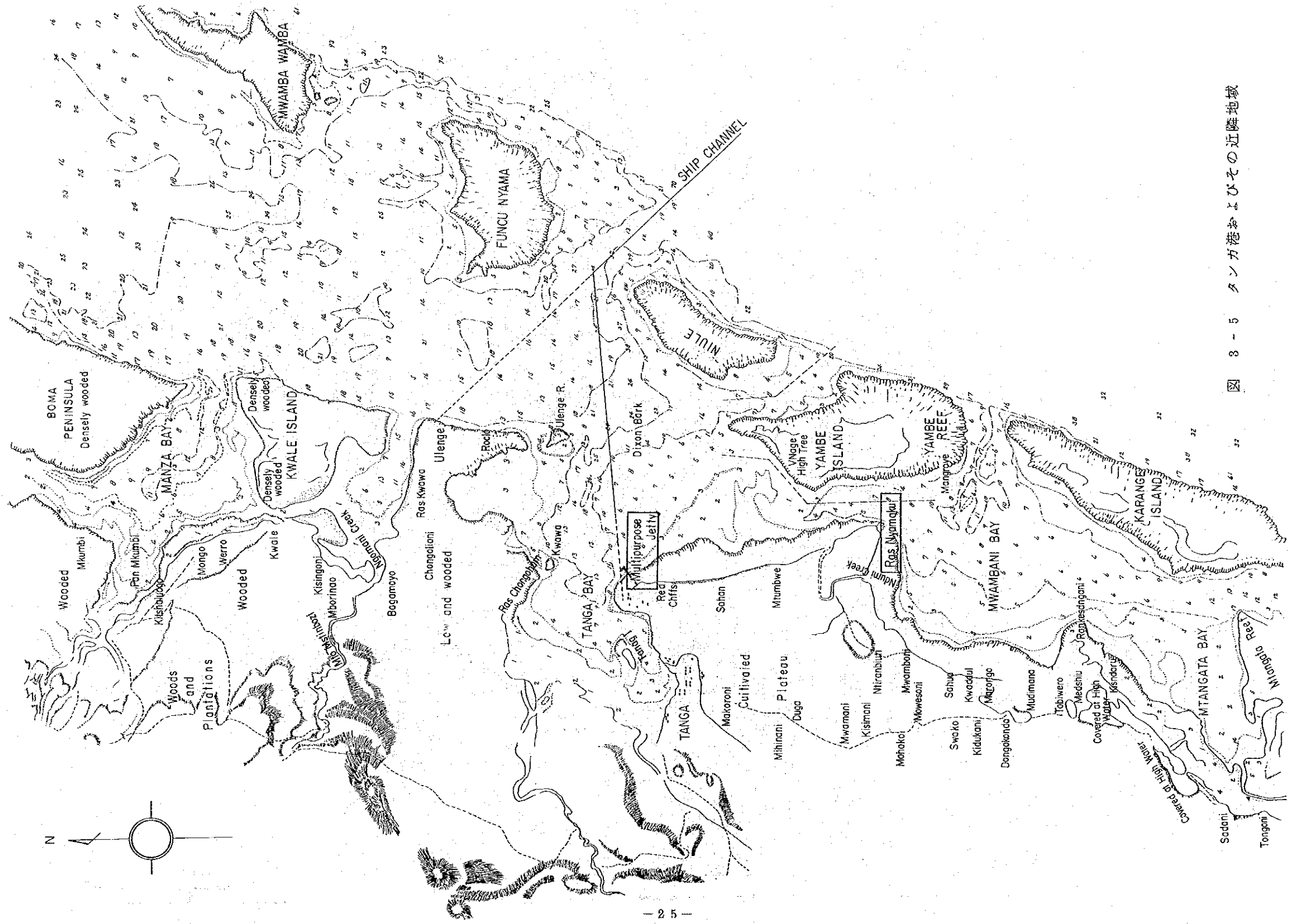
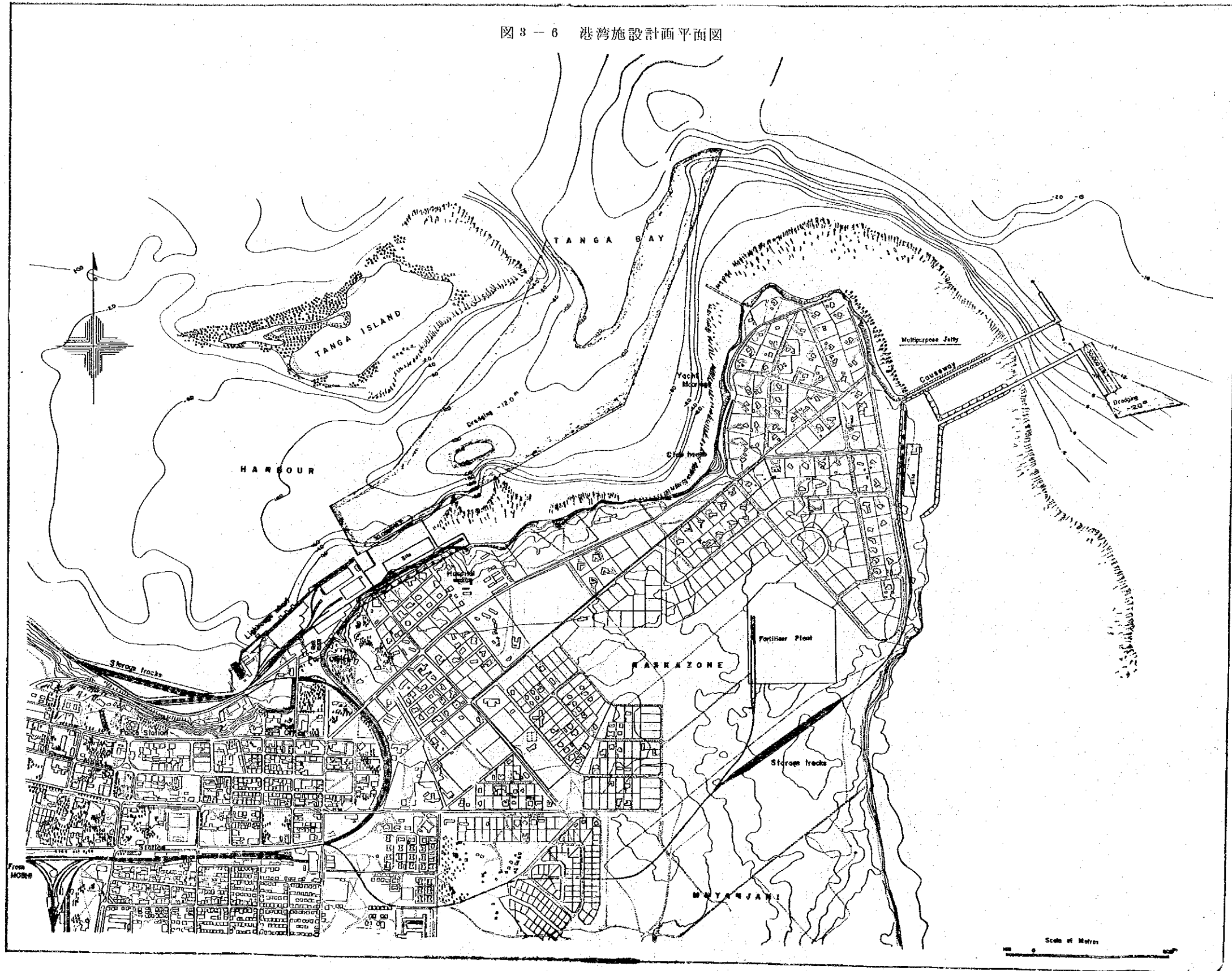


図 3-5 タンガニカ港およびその近隣地域

图 3-6 港湾施設計画平面図



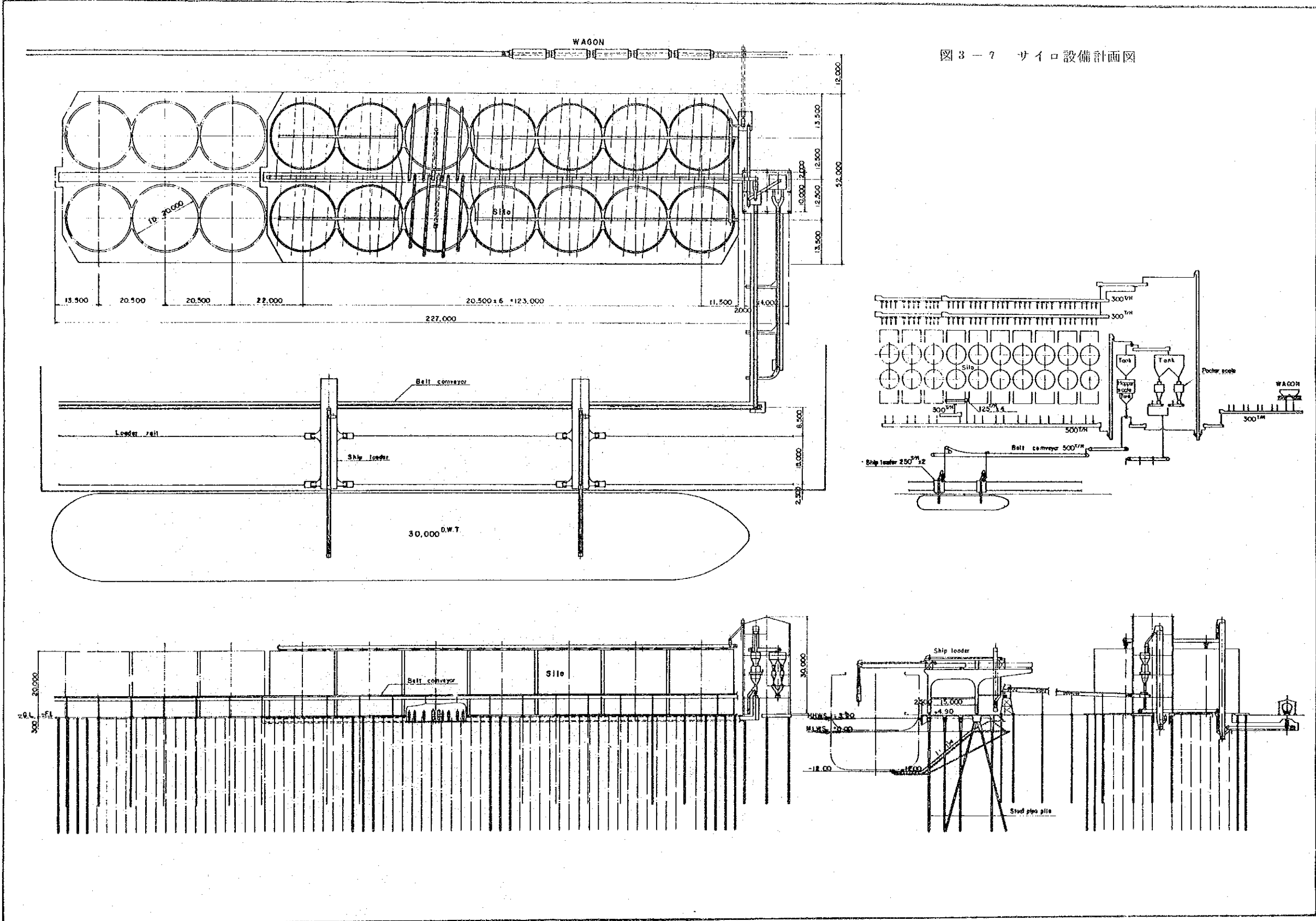


図 3-7 サイロ設備計画図

又、この Silo 設備は全て電力により操作され、操作を含めた維持運営のため、次の人員を配置する必要がある。

表 3-10 サイロ設備維持運営人員表

職種	ソーダ灰生産量	
	500,000t/yr	1,000,000t/yr
マネージャー	1名	1名
秘書	1	1
事務員	3	3
メンテナンス	2	2
フォアマン	4	4
オペレーター	16	18
レバー	32	40
フォークリフト運転士	4	7
外人指導員	6	6
計	69	82

外人指導員は、この設備の維持運営に必要な技術をタンザニア側の職員に伝授するための人員で、運転開始後2ヶ年を考えると充分である。

附帯施設として、Silo 設備管理運営事務所1棟及び従業員のための宿舎を必要とする。

3-4-3 候補地点 e に於ける施設計画

(1) 港湾施設配置計画

この港湾候補地点は、タンガ内湾の海岸で、既設のはしけ物揚場の延長線上にソーダ灰取扱港湾施設を計画するもので、ソーダ灰生産規模 500,000 t/yr の場合と、1,000,000 t/yr の場合とについて計画した。

1) ソーダ灰生産規模 500,000 t/yr の場合

この場合の対象船舶は 15,000 D/W を想定し、港湾施設として、岸壁、護岸、埋立地 Silo 設備等により構成される。ソーダ灰を Silo 設備迄運搬するための臨港線は、既設の臨港線より延長した。しかし、到着するソーダ灰輸送列車を留置するための、又、検車のための操車場用地が確保出来ないため、既設の湾奥にある操車場の前面水域を埋立て、その場所にソーダ灰輸送列車の操車場を設ける案とした。

満載吃水 9.5 m の 15,000 D/W の船舶が離着岸するため、岸壁の有効水深 - 1.0 m に合

せて、必要最小限の範囲を-1.0mに浚渫する計画とした。

(Fig-8 候補地 e (500,000 t/yr) 計画平面図)

ii) ソーダ灰生産規模 1,000,000 t/yr の場合

この場合の対象船舶は 30,000 D/W を想定し、i) の場合と同位置に、同様の考えにより港湾施設配置計画をたてた。

(Fig-9 候補地 e (1,000,000 t/yr) 計画平面図)

(2) 設計条件

前述した港湾施設の概算工費を積算するために、最重要施設である岸壁の基本設計を行なった。その設計条件は次の通りである。

i) 潮位

H.H.W.S ± 3.90 m

M.L.W.S ± 0.00 m (工事基準面とする)

ii) 岸壁天端高

H.H.W.S + 3.90^m + 1.00^m = + 4.90^m

iii) 荷重条件

上載荷重 $q = 700 \text{ lbs/ft}^2$

ローダー自重 $W = 180 \text{ t/基}$

車両荷重 $T = 20$

iv) 設計震度

$k_h = k_v = 0$

v) 土質条件

現地で入手した資料より次の通りと仮定する。

S.B	
-1.00m	砂層 $N = 3$, $\phi = 25^\circ$ $r^1 = 1.0 \text{ t/m}^2$
-2.00m	粘土層 $N = 2 \sim 3$ $c = 5.0 \text{ t/m}^2$ $r^1 = 0.7 \text{ t/m}^2$
-2.5.0m	砂層 $N = 15$ $\phi = 30^\circ$ $r^1 = 1.0 \text{ t/m}^2$
	砂層 $N = 25$ $\phi = 35^\circ$ $r^1 = 1.0 \text{ t/m}^2$

図3-8 候補地e計画平面図：500,000トン/年の場合

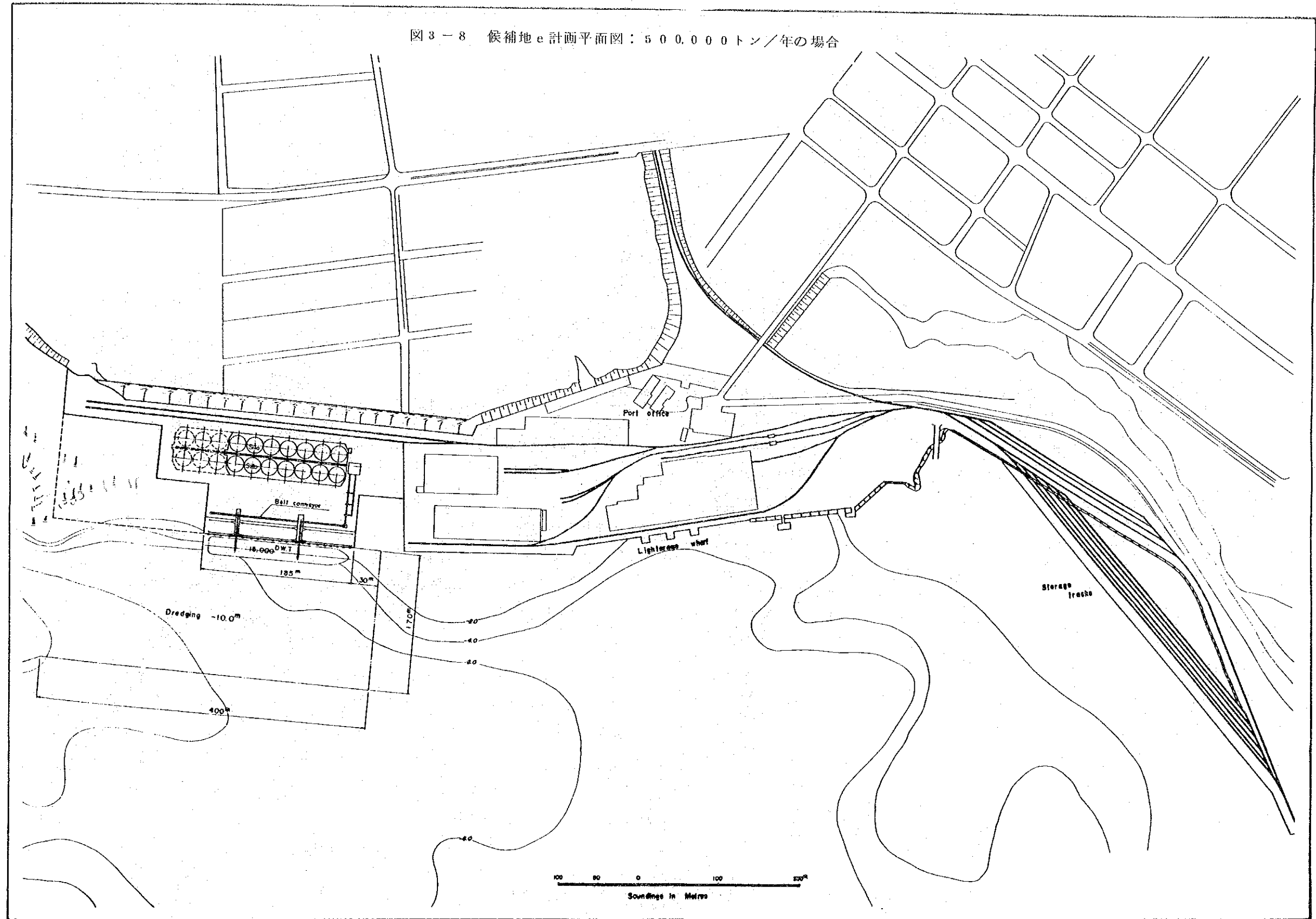
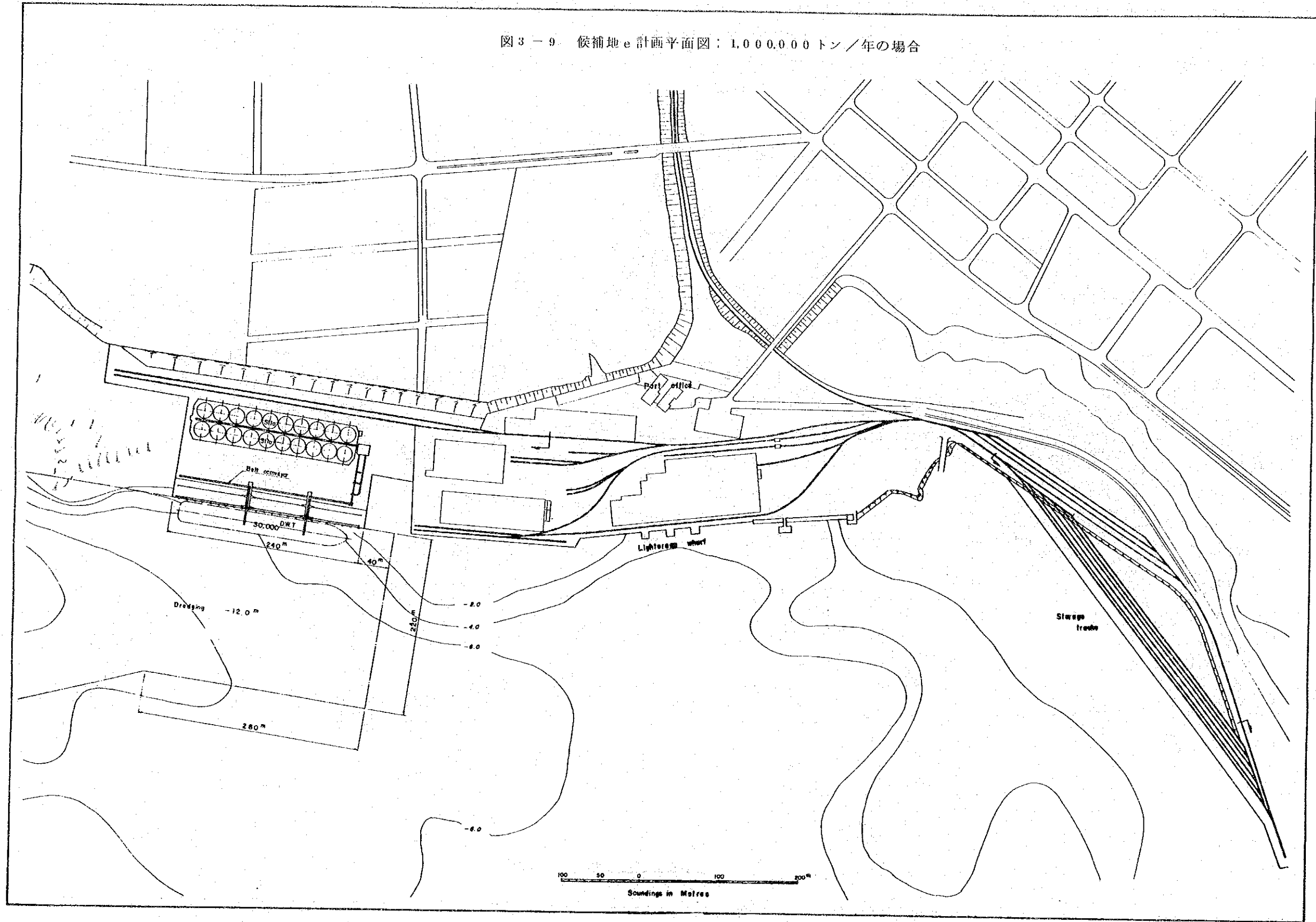


図3-9 候補地e計画平面図：1,000,000トン/年の場合



以上の条件は、共通の設計条件で、次に夫々の設計条件をのべる。

i) 対象船舶15,000D/Wの場合

○ 対象船舶の寸法

船の長さ $L = 165 \text{ m}$

船幅 $B = 21.6 \text{ m}$

深さ $H = 13.0 \text{ m}$

満載吃水 $D = 9.5 \text{ m}$

○ パース

1パースの長さ 185 m

パースの水深 -10.0 m

ii) 対象船舶30,000D/Wの場合

○ 対象船舶の寸法

船の長さ $L = 215 \text{ m}$

船幅 $B = 26.5 \text{ m}$

深さ $H = 16.7 \text{ m}$

満載吃水 $D = 11.2 \text{ m}$

○ パース

1パースの長さ 240 m

パース水深 -12.0 m

(3) 主要港湾施設の構造

前述した設計条件に基き、主要港湾施設である岸壁の概略設計を実施した。

構造形式としては、矢板式、重力式、横棧橋式等が考えられるが、この地点の地形、土質条件、施工条件等から判断し、横棧橋式を採用した。

横棧橋の概略設計は、主要部材である脚杭の形状寸法の決定を主として行い、上部工の形状は過去の経験に基き判断し決定した。

設計々算の考え方としては、船舶衝撃力、船舶牽引力、ローダー走行時レール直角方向水平力、及び背面からの土圧等の水平荷重は、組杭に分担させ、死荷重、上載荷重、ローダー荷重等の鉛直荷重は直杭及び組杭にて負担するものとした。

尚、脚柱に鋼管杭を用いたが、その腐食対策として、耐用年数に見合うさび代を見込み、

M.L.W.S 以上の部分については、コンクリート・ライニングにより、杭頭防錆処置を行うものとした。

(Fig-10 候補地 e (500,000 t/yr) パース構造図)

(Fig-11 候補地 e (1,000,000 t/yr) パース構造図)

図 3-10 候補地 c パース構造図：500,000トン/年の場合

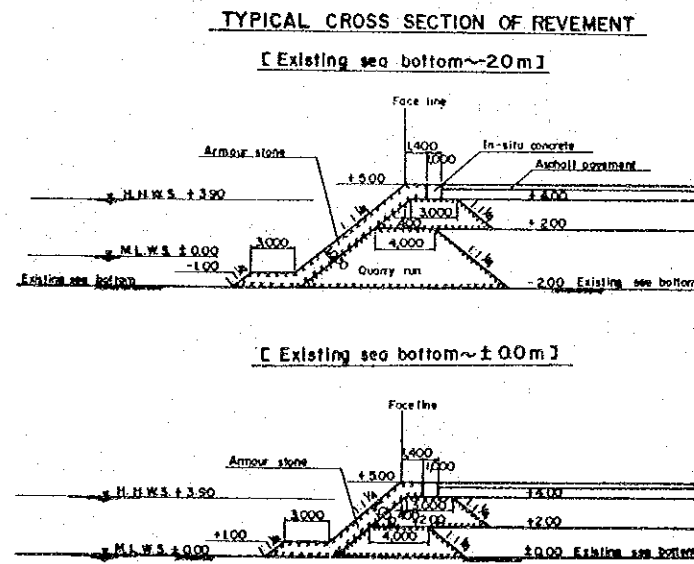
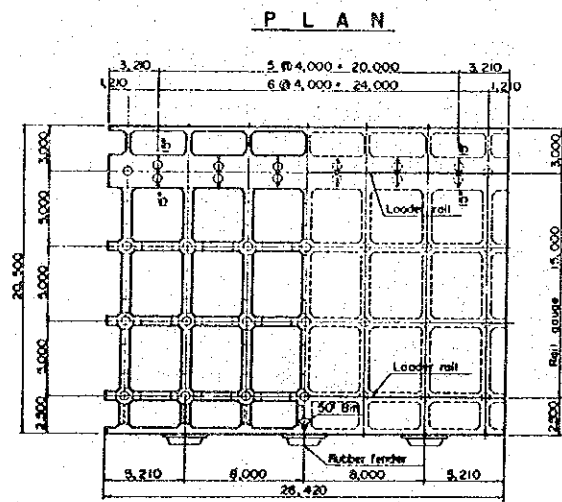
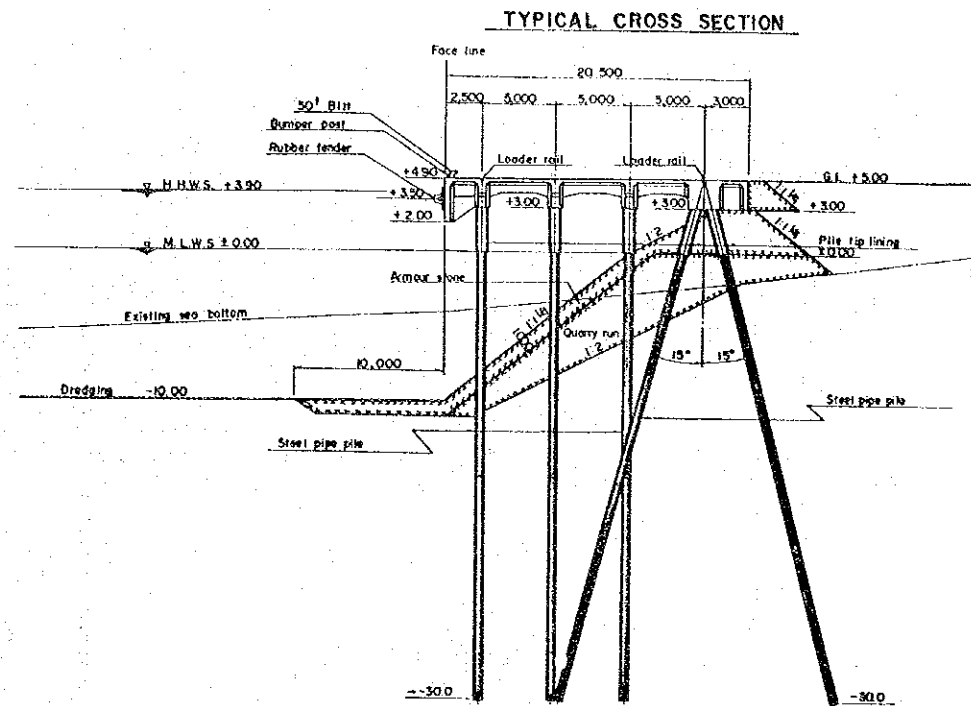
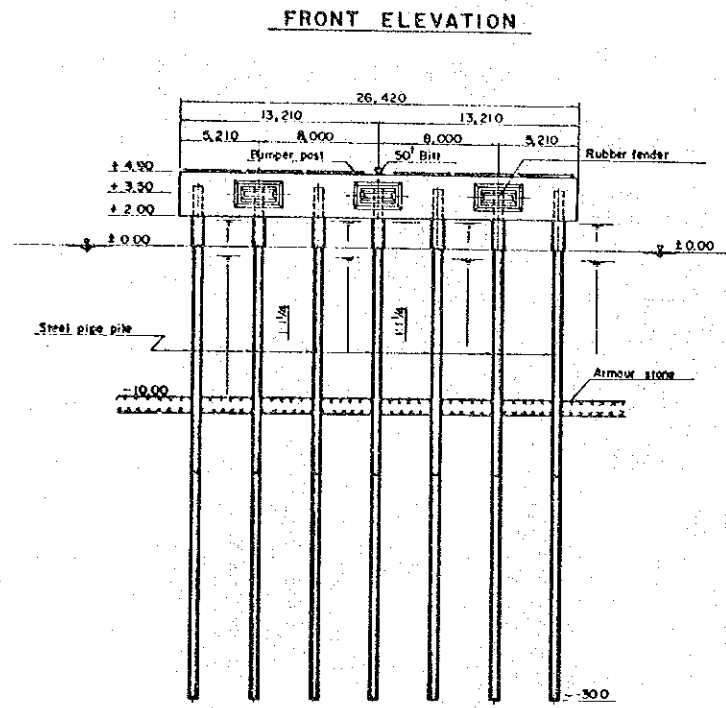
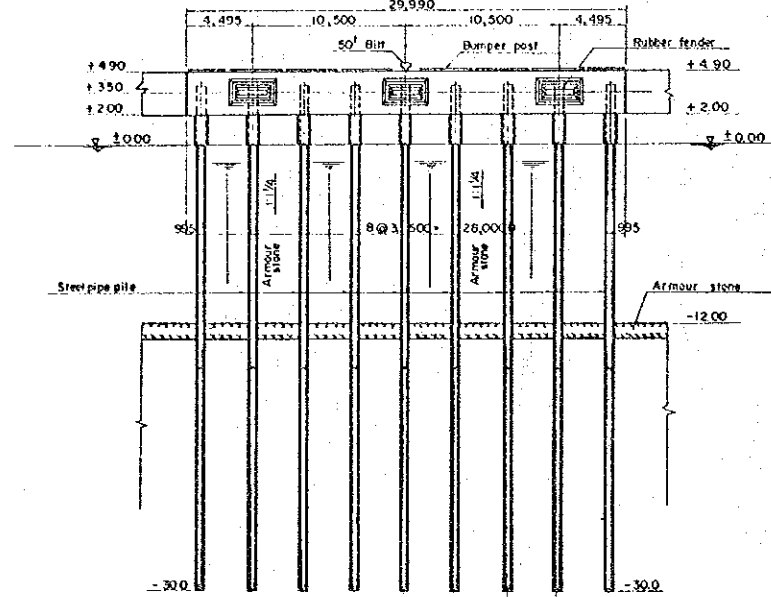
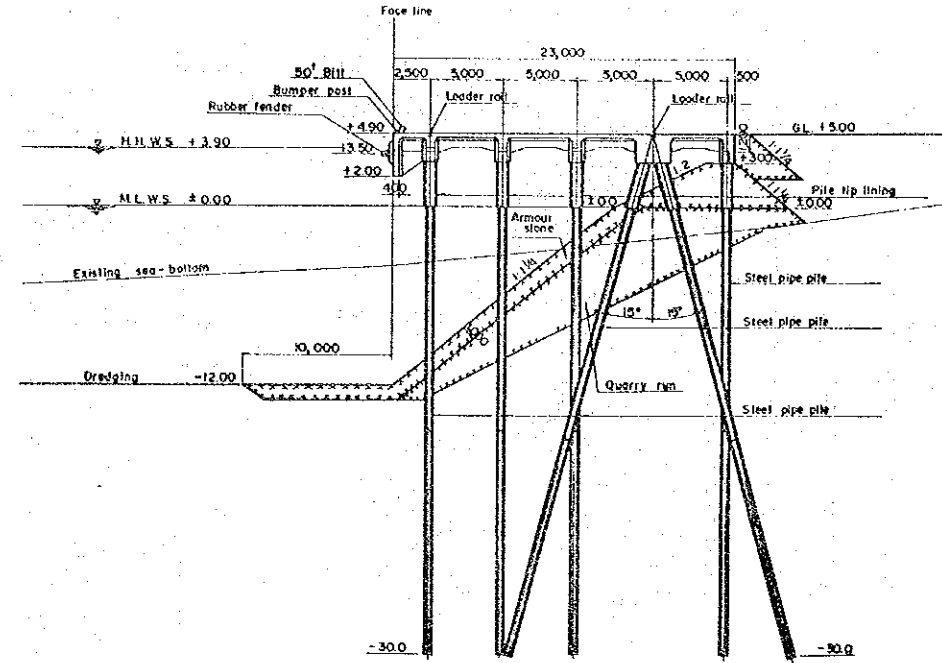


図 3-11 候補地 e パース構造図：1,000,000トン/年の場合

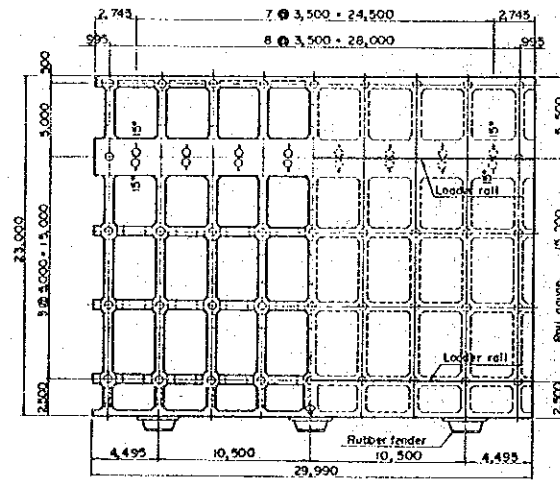
FRONT ELEVATION



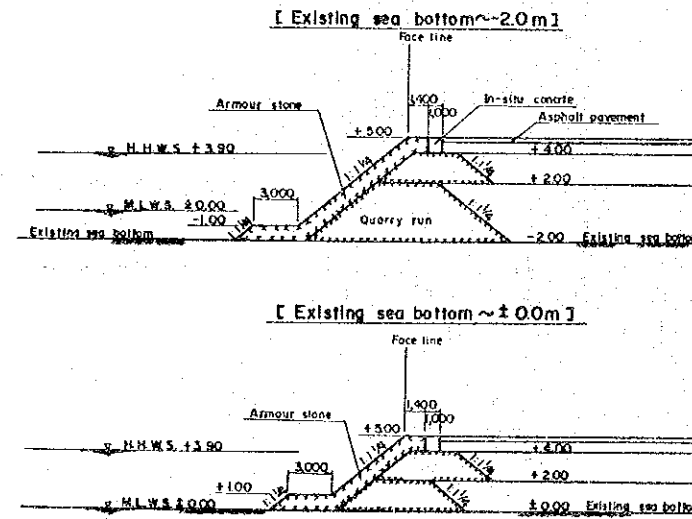
TYPICAL CROSS SECTION



P L A N



TYPICAL CROSS SECTION OF REVEMENT



(4) 施工法と工事工程計画

Ⅰ) 施工法

港湾工事は、一般の土木工事と異り、海上並びに水中工事が大部分を占める。そのため、施工機械の主なものは全て港湾工事用作業船を配船し、それに頼らざるを得ない。即ち、浚渫船、杭打船、曳船、台船、潜水夫船、ミキサー船等であり、之等の作業船は極く一部を除き現地にはない。全て海外より廻航のうえ使用する。之等の作業船を操作運転する乗組員も、夫々の作業船の操作運転に慣れた外人によって行なわれる。

候補地点 e に於ける浚渫は、ソーダ灰生産規模 $500,000 \text{ t/yr}$, $1,000,000 \text{ t/yr}$ の両案共、ポンプ式浚渫船により行う。浚渫土砂は、シルト、粘土であると思われ、埋立上砂に転用出来ないと考え、タンガ島の北側を土捨場とした。浚渫船から土捨場までの間に排砂管を布設するが、はしけ物場場の荷役に支障を与えないよう、一部海底に敷設する計画とする。

横棧橋脚柱の鋼管杭は、大型の杭打機を設備した杭打船により打込む。

上部コンクリートは、支保工によって支持された型枠を組み、鉄筋を組立てたうえ、ミキサー船により練ったコンクリートを打込む。

横棧橋の水面下に位置する斜面は、被覆石にて法面を保護する。石材はタンガ西方約 10 km に位置する採石場のものを用いる。

護岸についても、横棧橋の斜面と同様な工法で施工する。

埋立は、在来の陸地斜面をパワーショベルにより切崩し、ブルドーザーにて均し、不足分の土砂は採石場にて発生する土砂をダンプカーにより運搬投入する。

サイロの基礎杭、ベルトコンベアーの基礎杭は陸上杭打機にて打設する。サイロ基礎コンクリートは、ミキサー船にて練ったコンクリートを打設する。

尚、この工事施工中、調査設計を担当したコンサルタントによる施工管理のもとに施工される。

Ⅱ) 工事工程計画

各工種ごとに工事工程を検討した結果、ソーダ灰生産規模 $500,000 \text{ t/yr}$, $1,000,000 \text{ t/yr}$ の両案共調査に 1 年、設計及び施工業者決定に 1 年、工事に 3 年、計 5 年を要する。

(Fig-12 候補地 e ($500,000 \text{ t/yr}$) 工事工程表)

(Fig-13 候補地 e ($1,000,000 \text{ t/yr}$) 工事工程表)

(5) 工 費 積 算

工費積算は、港湾施設建設候補地点の基礎土質条件に合致した構造を設計し、最近の施工例を参考の上、入札時点での物価に応じた単価を採用してなされるべきものである。

今回の報告の工費積算は、既設はしけ物場場にて実施された土質調査資料に基き、仮定した土質条件にて概略設計を行ない、施工数量を求め、単価については、1976年2月の価格に準拠した。従って、予備調査及び実施設計の際の土質調査の結果により、再検討されるべきものである。

本工事に使用する輸入材料のうち、他工事に転用可能な材料、即ち、鉄筋、ガード・レールについては、U.I.F タンガの30%を税金として考え、他の品目については免税扱いとした。又、工事施工のためタンガに持込まれる作業船、施工機械類の全てを免税扱いとした。

ソーダ灰生産規模500,000 t/yr, 1,000,000 t/yr 両案の、工種別概算工費を示せば、表-11の通りである。

表 3 - 1 1 候補地点 e の概算工事費一覧表

(T . Shs)

工 種	ソーダ灰500,000 t/yr	ソーダ灰 1,000,000 t/yr
準 備 工	4,375,000	4,375,000
岸 壁	20,628,600	31,068,700
- 2 m 護岸	2,182,500	1,746,000
土 0 m 護岸	4,648,000	4,564,000
浚 渫		52,977,330
切 土	958,500	958,500
埋 立	8,108,100	8,316,000
野積場舗装	338,916	364,490
サイロ設備	156,698,600	200,564,500
全事務所	1,224,405	1,477,060
全職員宿舎	10,106,200	10,106,200
臨港鉄道	4,665,240	4,665,240
小 計	213,934,061	321,183,020
調 査 費	4,720,000	4,720,000
設 計 料	8,176,000	9,273,100
施 工 監 理	8,508,000	8,508,000
小 計	21,404,000	22,501,100
中 計	235,338,061	343,684,120
予 備 費	23,533,939	34,368,880
総 計	258,872,000	378,053,000

(9,529,078千円)

(13,916,131千円)

尚、ソーダ灰生産規模 500000 t/yr の場合の工事費から浚渫費を除外したのは、将来増加する一般貨物の荷役を行うためには、タンガと同規模の港なら、どこであれ水深-10mの航路やバースを必要とするので、一般公共の費用で負担すべきものと考え除外した。ソーダ灰生産規模 1000000 t/yr の場合も同様な考え方に基き、-10mまでの浚渫費を除外し、-12mまでの浚渫費との差額を浚渫費として計上した。

3-4-4 候補地点 f に於ける施設計画

(1) 港湾施設配置計画

この港湾候補地点は、タンガ外港の海岸で、既設の多目的突堤の南側に、ソーダ灰取扱港湾施設を計画し、1000000 t/yr のソーダ灰を取扱うものである。

この場合の対象船舶は 30000 D/W を想定し、港湾施設として、本船の荷役棧橋、連絡棧橋、連絡通路を主とし、埋立地、サイロ設備、野積場、臨港線により構成される。





埋立地は、海岸の一部を切崩し、平坦な土地を造成し、切崩した土砂を利用し埋立地を造成する。サイロ設備は、港湾候補地 e の場合と同様とした。又、臨港線は、既設肥料工場への引込線から分岐し、留置線を設け、サイロ設備に至る。

満載吃水 11.2 m の 30000 D/W の船舶が離着岸するため、必要最小限の範囲を -12.0 m に浚渫する計画とした。

(Fig-14 候補地 f (1000000 t/yr) 計画平面図)

(2) 設計条件

この港湾施設の設計条件は、港湾候補地点 e の場合と同様である。たゞ、土質条件については、既設多目的突堤の予備調査時に実施された土質調査資料により、次の通りと想定した。

S . B					
- 17.0m		粘土層	$N = 0 \sim 1$	$C = 2.0 \text{ t/m}^2$	$r^1 = 0.5 \text{ t/m}^2$
- 22.0m		砂層	$N = 5$	$\phi = 25^\circ$	$r^1 = 0.8 \text{ t/m}^2$
- 32.0m		硬質	$N = 5 \sim 10$	$C = 10.0 \text{ t/m}^2$	$r^1 = 0.8 \text{ t/m}^2$
		粘土層			
		砂層	$N = 25$	$\phi = 35^\circ$	$r^1 = 1.0 \text{ t/m}^2$

(3) 主要港湾施設の構造

設計条件に基き、主要港湾施設である棧橋、連絡棧橋、けい船ドルフィンの概略設計を実施した。

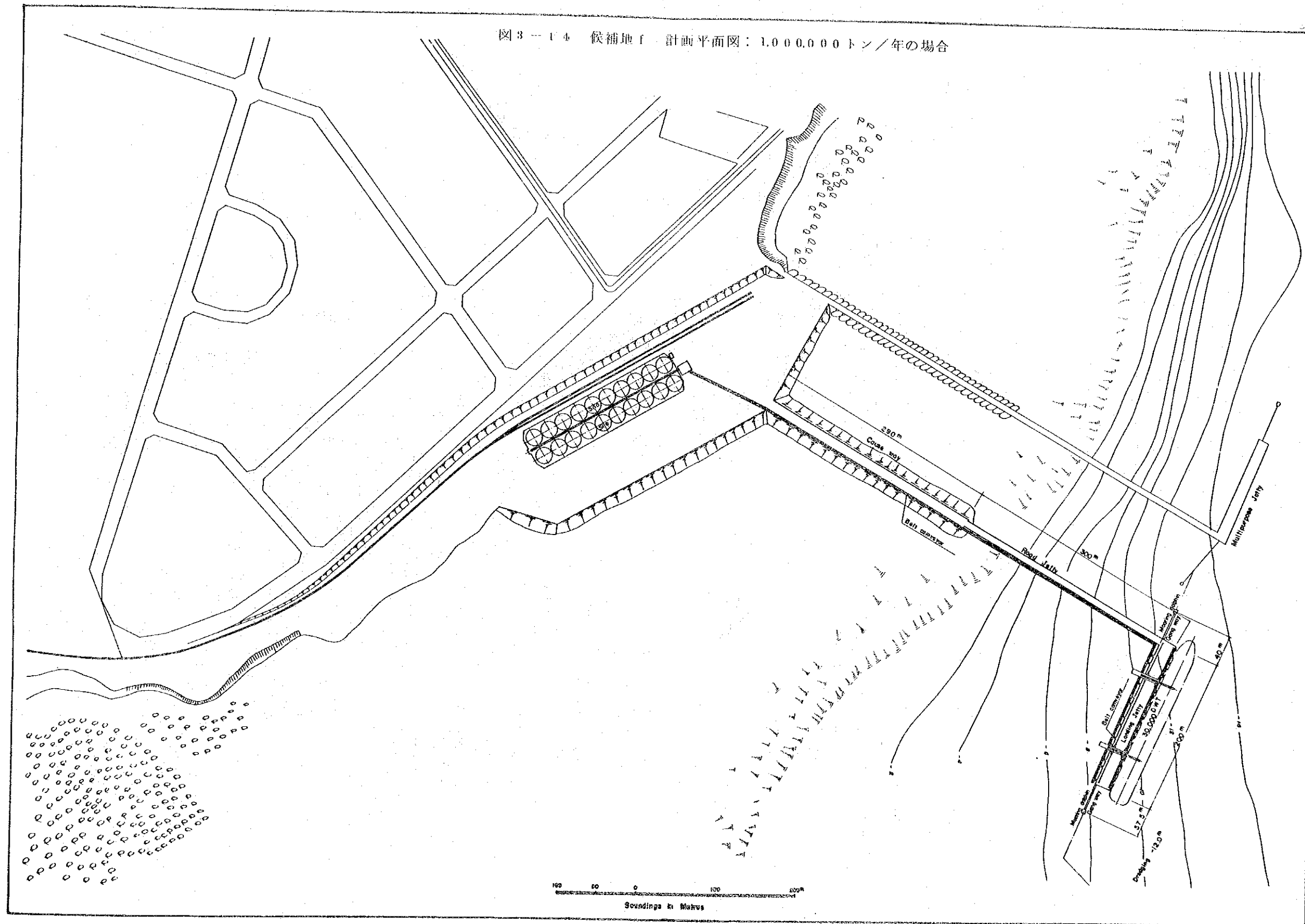
図 3-12 候補地 c 工事工程表：500,000 トン/年 の場合

Type of works	Description	Quantity	Period				
			0.5yr	1.0yr	1.5yr	2.0yr	2.5yr
Preparatory works	Preparatory works Complete	1 lot	[Gantt bar from 0 to 3.0yr]				
-10 m quay wall	Removal of existing foundation	32,200 m ³	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Driving of vertical steel pipe pile	161 Nos.	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Driving of batter steel pipe pile	84 Nos.	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Dumping of quarry run	16,471 m ³	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Rough leveling of quarry run mound	3,255 m ²	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Covering by armour stone	10,766 m ³	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Leveling of armour stone	6,069 m ²	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Concrete lining of pile tip	245 Nos.	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Timbering	21,037.5 m ³	[Gantt bar from 1.0 to 1.5yr]				
	Concrete capping	2,985.0 m ³	[Gantt bar from 1.0 to 1.5yr]				
	Steel reinforcement	328.3 t	[Gantt bar from 1.0 to 1.5yr]				
	Stone backfill	1,085 m ³	[Gantt bar from 1.0 to 1.5yr]				
	50 ton bitt	7 Nos.	[Gantt bar from 1.5 to 2.0yr]				
	Metal fixture of bumper post	42 Nos.	[Gantt bar from 1.5 to 2.0yr]				
	Loader rail	369.9 m	[Gantt bar from 1.5 to 2.0yr]				
Rubber fender	21 Nos.	[Gantt bar from 1.5 to 2.0yr]					
-2 m revetment	Dumping of quarry run	15,275 m ³	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Rough leveling of quarry run mound	3,150 m ²	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Covering by armour stone	4,400 m ³	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Leveling of armour stone	3,900 m ²	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	In-situ concrete	250 m ³	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
± 0 m revetment	Dumping of quarry run	25,896 m ³	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Rough leveling of quarry run mound	7,802 m ²	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Covering by armour stone	11,371 m ³	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
	Leveling of armour stone	10,292 m ²	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
In-situ concrete	830 m ³	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]					
Dredging to -10 m	By suction hopper dredger	632,300 m ³	[Gantt bar from 0.5 to 1.0yr]				
Excavation	Excavation	67,500 m ³	[Gantt bar from 1.0 to 1.5yr]				
Reclamation	Reclamation	131,600 m ³	[Gantt bar from 1.0 to 1.5yr]				
	Reclamation	79,000 m ³	[Gantt bar from 1.0 to 1.5yr]				
Paving of open storage	Paving of open storage	16,532.5 m ²	[Gantt bar from 1.5 to 2.0yr]				
Foundation work of silo	Driving of steel pipe pile	1,244 Nos.	[Gantt bar from 1.0 to 1.5yr]				
	Placing of cobblestone	3,920 m ³	[Gantt bar from 1.0 to 1.5yr]				
	Concreting	15,385 m ³	[Gantt bar from 1.0 to 1.5yr]				
	Steel reinforcement	1,077 t	[Gantt bar from 1.0 to 1.5yr]				
Building foundation	Driving of steel pipe pile	9 Nos.	[Gantt bar from 1.5 to 2.0yr]				
Belt conveyor	Driving of H pile	34 Nos.	[Gantt bar from 1.5 to 2.0yr]				
Silo & related facilities	Silo & related facilities	1 lot	[Gantt bar from 2.0 to 2.5yr]				
	Office	315 m ²	[Gantt bar from 2.0 to 2.5yr]				
Staff's quarters	Staff's quarters	2,600 m ²	[Gantt bar from 2.0 to 2.5yr]				
Railway siding	Railway siding	1 lot	[Gantt bar from 2.5 to 3.0yr]				
Construction supervision	Construction supervision	3 yr.	[Gantt bar from 0 to 3.0yr]				

図 3-18 候補地 e 工事工程：1000,000トン/年の場合

Type of works	Description	Quantity	Period					
			0.5 yr	1.0 yr	1.5 yr	2.0 yr	2.5 yr	3.0 yr
Preparatory works	Preparatory works complete	1 lot	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
-12 m quay wall	Removal of existing foundation	62,720 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
	Driving of vertical steel pipe pile	304 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
	Driving of battered steel pipe pile	128 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
	Dumping of quarry run	26,296 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Rough leveling of quarry run mound	4,992 m ²	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Covering by armour stone	14,584 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Leveling of armour stone	8,016 m ²	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Concrete lining of pile tip	432 Nos.	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Timbering	30,250 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Concrete capping	4,483 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Steel reinforcement	493 t	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Stone backfill	2,496 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	50 ton bitt	8 Nos.	[Gantt bar from 1.5 to 2.0 yr]					
	Metal fixture of bumper post	64 Nos.	[Gantt bar from 1.5 to 2.0 yr]					
	Loader rail	480 m	[Gantt bar from 1.5 to 2.0 yr]					
Rubber fender	24 Nos.	[Gantt bar from 1.5 to 2.0 yr]						
-2 m revetment	Dumping of quarry run	12,220 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
	Rough leveling of quarry run mound	2,520 m ²	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
	Covering by armour stone	3,520 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
	Leveling of armour stone	3,120 m ²	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
	In-situ concrete	200 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
±0 m revetment	Dumping of quarry run	25,428 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Rough leveling of quarry run mound	7,661 m ²	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Covering by armour stone	11,165.55 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Leveling of armour stone	10,106 m ²	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
In-situ concrete	815 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]						
Dredging to -12m	By suction hopper dredger	2,068,000 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.5 yr]					
Excavation	Excavation	67,500 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Reclamation	79,000 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
Reclamation	Reclamation	137,000 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
	Reclamation	79,000 m ³	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
Paving of open storage	Paving of open storage	17,780 m ²	[Gantt bar from 0 to 1.0 yr]					
Foundation work of silo	Driving of steel pipe pile	1,244 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
	Placing of cobblestone	3,970 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
	Concreting	20,905 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
	Steel reinforcement	1,463 t	[Gantt bar from 0 to 0.5 yr]					
Building foundation	Driving of steel pipe pile	9 Nos.	[Gantt bar from 1.0 to 1.5 yr]					
Belt conveyor	Driving of H pile	34 Nos.	[Gantt bar from 1.0 to 1.5 yr]					
Silo & related facilities	Silo & related facilities	1 lot	[Gantt bar from 2.0 to 3.0 yr]					
	Office	380 m ²	[Gantt bar from 2.0 to 3.0 yr]					
Staff's quarters	Staff's quarters	2,600 m ²	[Gantt bar from 2.0 to 3.0 yr]					
Railway siding	Railway siding	1 lot	[Gantt bar from 2.0 to 3.0 yr]					
Construction supervision	Construction supervision	3 yr.	[Gantt bar from 0 to 3.0 yr]					

図3-14 候補地f 計画平面図：1,000,000トン/年の場合



構造形式としては、既設多目的突堤と同形式の形式が最適であると判断し、突堤式を採用した。

概略設計の考え方は、港湾候補地点 e の場合と同様である。

(Fig-15 候補地 f (1,000,000 t/yr) パース構造図)

(4) 施工法と工事工程計画

i) 施工法

施工法の基本については、4-3-4 i) にて述べた方法と全て同様である。

浚渫は、候補地点 e に比し、土量も少く、若干の部品取替えにより起重機船としての能力を有するグラブ式浚渫船と自航式土運船にて施工する。浚渫土砂の土捨場は、タンガ島北側とした。

ii) 工事工程計画

各工種ごとに工事工程を検討した結果、調査に 1 年、設計及び施工業者決定に 1 年、工事に 3 年、計 5 年を要する。

(Fig-16 候補地 f (1,000,000 t/yr) 工事工程表)

(5) 工費積算

3-4-3 の港湾候補地点 e の工費積算と同様にし、候補地点 f の工費を積算した。工種別概算工費を示せば、表 3-12 の通りである。

図 3-15 候補地「バース」構造図：1,000,000トン/年の場合

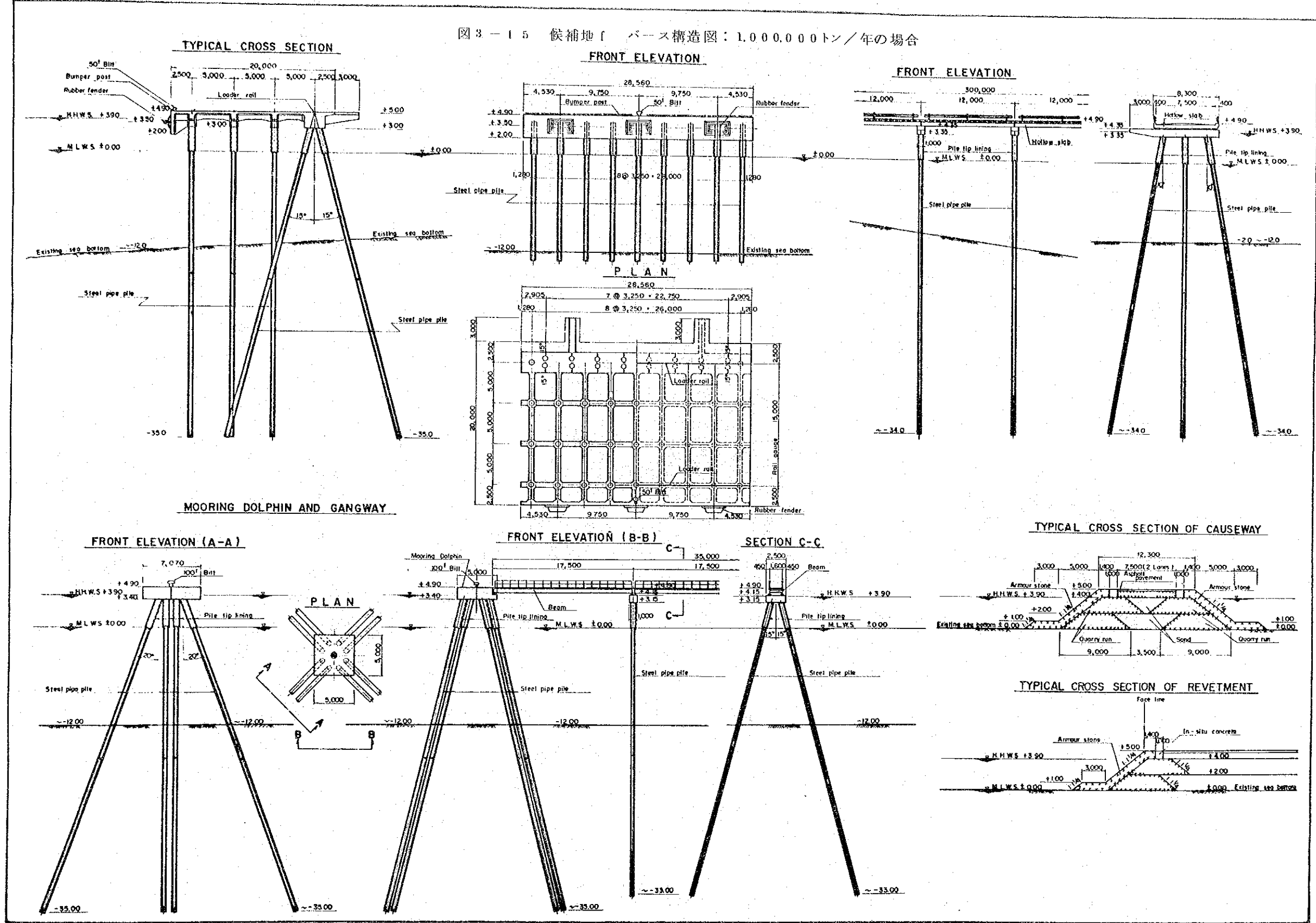


図 3-16 候補地 工事工程表：1,000,000トン/年の場合

Type of works	Description	Quantity	Period				
			0.5yr	1yr	1.5yr	2.0yr	2.5yr
Preparatory works	Preparatory works complete	1 lot	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Landing jetty	Driving, vertical steel pipe pile	203 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Driving, batter steel pipe pile	112 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Pile tip lining	315 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Timbering	21,775.6 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Capping concrete	3,314.2 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Reinforcement	364.6 t	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Bit, 50 tons	7 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Bumper post	56 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Loader roll	399.8 m	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Rubber fender	21 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Road jetty	Driving, vertical steel pipe pile	26 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Driving, batter steel pipe pile	52 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Pile tip lining	78 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Timbering	3,630.9 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Capping concrete	195 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Reinforcement	19.5 t	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Hollow slab	300 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Concrete, filling	271 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Concrete, foot transverse members	75 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Concrete, pavement	197 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Guard rail	600 m	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]					
Mooring dolphin	Steel pipe pile	16 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Pile tip lining	16 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Timbering	480 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Capping concrete	75 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Reinforcement	7.5 t	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Bitt, 100 tons		2 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
			[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Pier for gangway	Steel pipe pile	4 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Pile tip lining	4 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Timbering	25.6 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Concrete	10 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Reinforcement		1 t	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
			[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Gangway	Construction and erection	1 lot	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Cause way	Quarry run	18,096 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Leveling, quarry run	5,452 m ²	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Armour stone	7,946 m ²	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Leveling, armour stone	7,192 m ²	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Banking	6,788 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Gravel, subbase	2,610 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Concrete, in-situ	380 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Asphalt pavement	2,175 m ²	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Guard rail	500 m	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Revetment, ± 0m	Quarry run	15,912 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Leveling, quarry run	4,794 m ²	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Armour stone	6,987 m ²	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Leveling, armour stone	6,324 m ²	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Concrete, in-situ	510 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Dredging, -12m	Grab dredger	92,400 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Excavation	Excavation	114,600 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Reclamation	Reclamation	11,000 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Paving, open storage	Paving, open storage	43,175 m ²	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Foundation, silo	Steel pipe pile	1,244 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Placing of cobblestone	3,970 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Concrete	20,905 m ³	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Reinforcement		1,463.4 t	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Foundation, building	Steel pipe pile	9 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Steel member, H shaped	34 Nos.	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Silo equipment	Silo equipment	1 lot	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Office	480 m ²	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Staff quarters	2,600 m ²	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
Construction supervision	Railway siding	1 lot	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				
	Construction supervision	3 yr	[Gantt bar from 0 to 0.5yr]				

表 3 - 1 2 候補地点 f の概算工事費一覧表

(T. Shs)

工 種	概 算 工 費
準 備 工	4,875,000
Landing Jetty	19,031,200
Load Jetty	7,100,000
繫船ドルフィン	794,000
入 道 橋	436,900
Causeway	3,992,300
土 0 m 護 岸	2,856,000
浚 深	6,163,000
切 土	1,627,320
埋 立	423,500
野 積 場 舗 装	885,087
サ イ ロ 設 備	200,546,500
全 事 務 所	1,477,060
全 職 員 宿 舎	10,106,200
臨 港 鉄 道	5,075,470
小 計	264,907,537
調 査 費	3,428,500
設 計 料	9,273,100
施 工 監 理	8,508,000
小 計	21,209,600
中 計	286,117,137
予 備 費	28,611,863
総 計	314,729,000

(11,585,174円)

3-4-5 各計画案の維持運営費

各案とも、各港湾施設ごとのメンテナンスとして、次の費用を見込んだ。

岸壁、護岸	建設費の0.2%/yr
野積場舗装	◇ 5.0%
サイロ設備、臨港鉄道	◇ 3.0%

又、運営費としては、4-2で述べたサイロ設備維持運営人員の人件費と、サイロ設備の電力料を計上した。

以上を表3-13に示す。

表3-13 各案の維持運営費

(T.Shs)

計画案 維持運営費	候補地点 e		候補地点 f
	500,000t/yr	1,000,000t/yr	
当初の2ヶ年	7,386,000	8,960,200	8,992,200
3年目以降	4,452,000	6,026,200	6,058,200

尚、臨港鉄道の運営費については、鉄道計画編に含まれているので除外した。又、入港する船舶に対する費用、即ち、パイロット料金、繋船料、屯税、諸サービス費用は、海上運賃に計上されるべき費用として、運営費から除外した。

3-4-6 費用の年次展開 (Financial Costs)

各案の工事工程計画に基づいた各費用の年次展開を示せば表3-14の通りである。

表3-14 各案の費用年次展開

(T.Shs)

計画案 年次	候補地点 e		候補地点 f
	500,000t/yr	1,000,000t/yr	
1	5,192,003	5,192,006	3,771,352
2	8,993,605	10,200,423	10,200,415
3	25,445,943	92,264,815	45,440,588
4	84,624,345	97,135,560	81,778,310
5	134,616,104	173,260,196	173,538,335
6	7,386,000	8,960,200	8,992,200
7	7,386,000	8,960,200	8,992,200
8	4,452,000	6,026,200	6,058,200
9	4,452,000	6,026,200	6,058,200
10	↓	↓	↓
11	↓	↓	↓
12	Ditto	Ditto	Ditto
}	↓	↓	↓

3-4-7 Economic Costs 及びその年次展開

3-4-3, 3-4-4, 3-4-5 にて述べた概算工費及び維持運営費は, Financial Costs である。

Financial Costs の積算段階で算入した輸入品に対する税金を除き, 次に示す Shadow prices, Shadow wage を用い Economic Costs を求めた。

Foreign exchange	1.3
Local	1.0
Cement	1.16
Electricity	1.19
Skilled	1.0
Unskilled	0.75
Expatriate	0.70

Financial Costs の年次展開と同様に, Economic Costs の年次展開を示せば表3-15の通りである。

表3-15 Economic Costs の年次展開

(US\$)

年次	計画案	候補地点 e		候補地点 f
		500,000t/yr	1,000,000t/yr	
1		595,401	595,401	432,487
2		1,102,514	1,250,678	1,250,678
3		2,833,420	10,816,722	5,235,557
4		9,559,781	10,871,332	9,142,522
5		15,476,457	20,077,142	20,124,020
6		758,753	940,696	943,707
7		758,753	940,696	943,707
8		506,753	688,696	691,707
9		506,753	688,696	691,707
10		↓	↓	↓
11		↓	↓	↓
12		Ditto	Ditto	Ditto
		↓	↓	↓

3-5 本プロジェクトのタンガ港への影響

1,000,000トンのソーダ灰を生産するためには、年間20万トンの重油をプラントに輸送する必要がある。現在3万トン程度の石油類の輸入があるが今後重油の輸入に備えて施設を拡張する必要がある。この他にもタンガ周辺には、鉄筋加工場が現存し、セメント製造、サイザル加工等の工場成立計画があり、アルーシャ・モン Lushito 等を中心に、比較的人口密度の高い地域を後背地に有していることから、将来産業化をすすめるために港湾施設建設を検討すべきと思われる。

Case 2, Case 3 とも、いずれも住居地域に近接しており、内湾の海岸は、海水浴場、ヨットのボーディングエリアとして利用されている。従って港湾施設、操車場の建設にあたっては現在の土地水域利用を変更する必要がある、計画を具体化する段階で調整が必要となる。

3-6 Feasibility studyのためのTerms of reference

3-6-1 調査の目的

タンガ港調査の目的は、ナトロン湖東岸で精製加工された天然ソーダ灰の積出港としてのタンガ港の、港湾施設拡張に関する経済的技術的妥当性を検討し、天然ソーダ灰積出施設計画をたて、その建設費及び運営費を積算するものである。

3-6-2 調査項目及びその内容

上記目的のため、次の事項について調査を行う。

1) 気象、海象条件に関する既存資料の収集及び整理

○ 気象資料、タンガ湾及びペンバ海峡を含めた周辺に於ける気象観測記録を収集する。

(i) 港湾施設建設候補地に於ける波浪の発生頻度を検討するため、最近の1ケ年間に亘り、毎日3~4回観測された風向、風速記録を収集。

(ii) 構造物の設計に影響する荒天時の設計波を検討するため、過去10ケ年間の風観測資料より、毎年の最大風速、その風向、及び最大風速の発生した日を含めて3日前迄の毎日の天気図を収集。

(iii) 工事施工計画をたてる資料として、過去10ケ年に亘る気温、湿度、降雨日数、降雨量の毎月の観測記録を収集。

○ 海象資料；最近の潮位観測記録の収集

(i) 工事基準面と海図基準及び陸地測量基準面との関係を検討するため、最低3ヶ月間に亘る連続的に観測されたタンガ港の潮位観測記録を収集する。この観測記録を潮和分解し、調和常数を求め、各潮汐の高さを決定する。

(ii) 潮位観測施設がなく、潮位観測記録の入手が不可能な場合は、現地の適切な位置

に観測施設を設置し、記録をとる。自記検潮器はフース型長期捲自記検潮器（協和商工株式会社製、1ヶ月捲）を用いる。

2) 港湾施設建設候補地点の地形及び深淺測量

(i) 地形測量

港湾施設建設候補地点の水際線及び既設構造物を含めた平面測量を実施し、1/1,000の平面図を作成する。

(ii) 横断測量

Fig-17に示した区域の横断測量を、測線間隔20mピッチで行う。測点間隔は2mを標準とするが、高さに急変ある場合はその変化に応じて測高する。

(iii) 深淺測量

Fig-17に示した区域の深淺測量を行う。測深は音響測深器を取付けた船で行い、測深線間隔20mで連続測深とする。

記録紙の読取りは10cm単位とし、原則として20mごとに読取る。深さに急変ある場合はその変化に応じて読取る。結果は1/1,000の測深図に仕上げる。

3) 土質調査

(i) Core boring

主要構造物の基礎土質条件を確認するためFig-17に示した位置にて行う。

地盤が砂質土の場合は、掘進方向2m毎に標準貫入打撃試験を行い、N値を求める。その時採取される試料により、粒度分析を行う。

地盤がシルト又は粘土の場合は、シンウォールサンプラーにより、不攪乱試料を掘進方向2m毎に採取する。この試料により、力学試験として一軸圧縮試験、圧密試験を行い力学特性値を知る。又、物理試験として、粒度組成、組性限界、液性限界、自然含水比、単位体積重量の各試験を行う。

この土質試験は、シルト又は粘土層の不攪乱試料を採取し、力学特性値を知るのが重要な目的である。従って採取するサンプルが攪乱されるのを絶対に避けなければならない。

(ii) Jet boring

Fig-17に示した位置にて行う。浚渫土の性質を知り、最適の浚渫船を選定する資料とする。

4) 腐蝕調査

鋼材の海水中に於ける腐蝕調査

少数点以下4桁迄の重量を精密に測定した鋼片を海水中に連続3ヶ月以上つけて放置し、引揚げ後錆を落し腐蝕量を測定する。この資料は、岸壁の構造材に鋼材を使用する場合の錆代の検討資料とする。

5) タンガ港背後地の貨物流動調査

タンザニア政府で計画されている各種産業開発計画をふまえ、タンザニア国内での各種貨物の流動調査を実施する。タンガ港にて将来取扱われると予想される貨物量と、天然ソーダ灰の積出とのかねあいより、このプロジェクトが負担すべき費用の割合を検討する。

6) 工事施工条件及び設計条件調査

(i) 工事施工条件調査

現地調達可能な資材、施工機器、労働力の、質、量、価格（税金を含む）産地を調査し、工費積算の資料とする。

(ii) 設計条件調査

東アフリカ港湾公社独自の設計基準、もしくは、それに相当する設計基準を収集する。

7) 港湾施設計画の立案

別途ソーダ班の方で分担される、天然ソーダ灰の市場調査に基づくソーダ灰輸送船舶の運行調査より、その船型、定期船、不定期船等の条件により、入港船舶のシュミレーションを行い、適切なバース数を決定する。

又、入港船舶の載積量、鉄道により輸送されてくるソーダ灰の量より、適切なサイロ容量、ローダー能力を検討する。

之等の条件を満足し、技術的に可能な港湾施設計画を立案する。

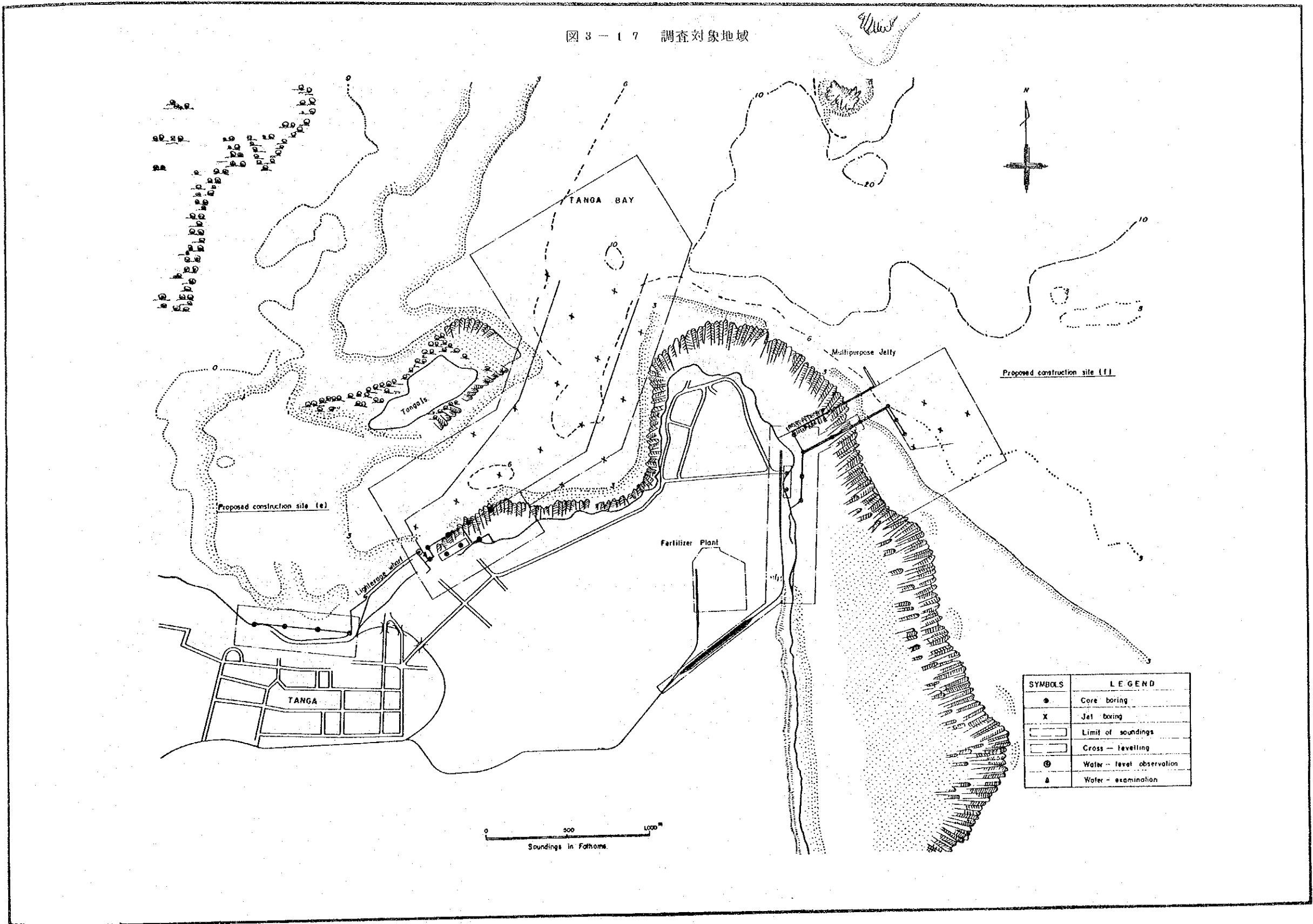
8) 構造物の予備設計

土質条件、海象条件、荷重条件に基き、岸壁、護岸の比較設計を行い、工費、工事期間を検討し、安全で経済的な構造形式を選定する。

9) 経済的技術的妥当性の検討

技術的に満足しうる計画案について、建設費、維持費、運営費を積算し、Financial Costs Economic Costs 両者の経済評価を行う。

図 3 - 17 調査対象地域



SYMBOLS	LEGEND
●	Core boring
X	Jet boring
—	Limit of soundings
—	Cross - levelling
⊙	Water - level observation
⊙	Water - examination

第 4 章 鉄道輸送計画

4-1 ソーダ灰輸送計画の概要

4-1-1 作業の目的

本章で行なう計画の目的は、Arusha-Tanga間の在来線を最大限に利用し、Arusha-Natron湖間に新線を建設するか、もしくは道路を建設してNatron湖から搬出されるソーダ灰を“より安全に”“より低廉に”“より正確に”ソーダ灰専用列車でTanga港まで、輸送する最適なシステムを確立するものである。

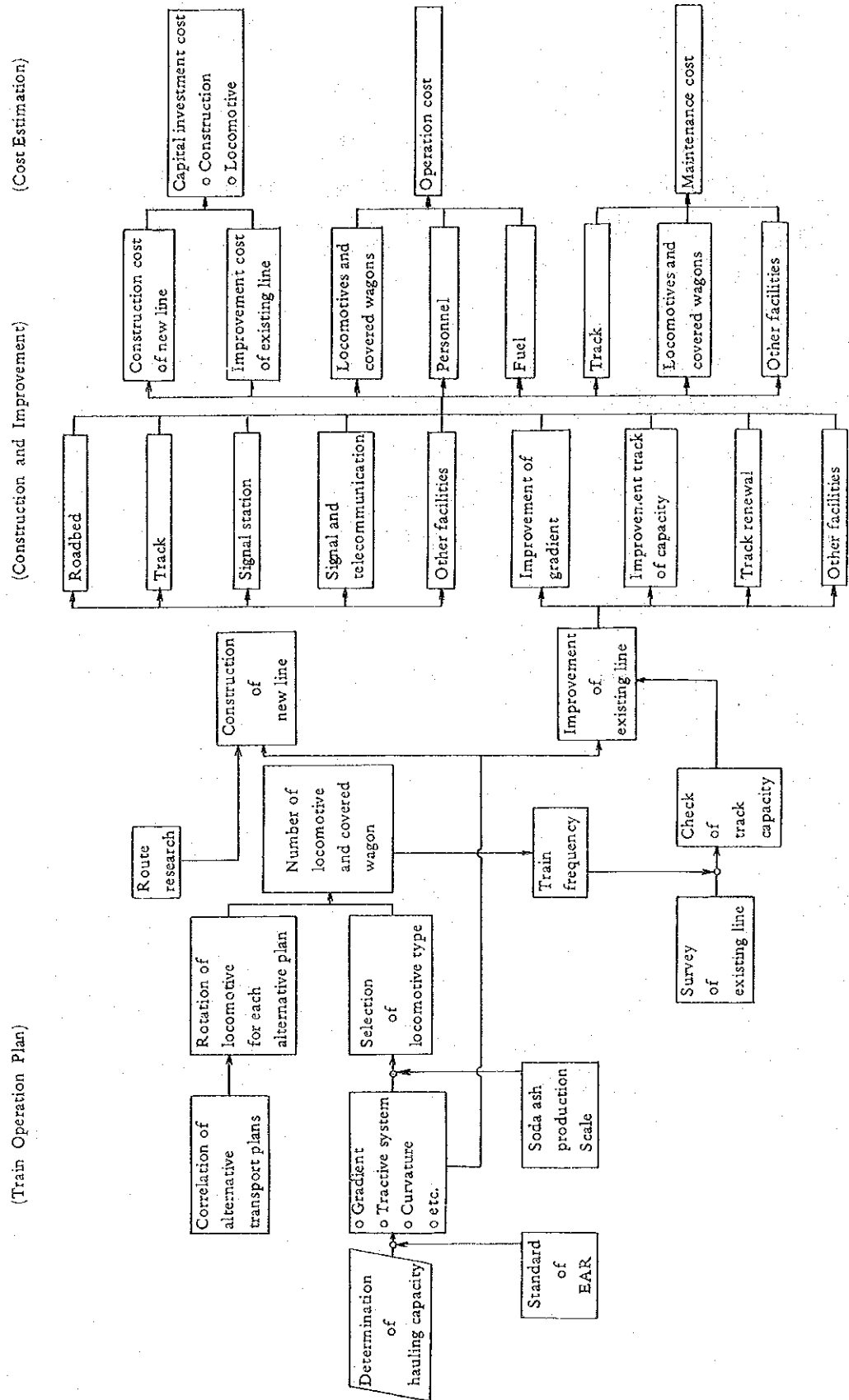
鉄道はその性格から建設および車両に対する初期投資が大きく、これに対する償却費、運転経費保守費などからなる輸送経費はかなりの額が計上される。

従って小量輸送のときは、これらの費用が輸送コストに影響を与えるが、大量輸送においては、他の輸送機関と比較して、より低廉な輸送を行なうことが可能である。

ソーダ灰の生産規模としては、年間25万ton、50万ton、100万tonの場合が設定されているが、25万tonの場合には、その輸送量から、ソーダ灰輸送のための鉄道新線建設の対象とは考えず、新設道路と在来鉄道の組合せによって、輸送する方式を考える。50万ton、100万tonの場合には、上記の組合せに加えて鉄道新線及び在来線による輸送を計画し、設定された比較案の中で在来線の改良をも考慮して、鉄道輸送方式の検討を行なう。

鉄道輸送計画の作業手順を図4-1に示す。なお、新設道路の技術的経済的な検討は、次章で行なう。

図 4 - 1 鉄道輸送計画の作業手順



4-1-2 輸送比較案の設定

ソーダ灰輸送については、図4-2に示すようなルートの組合せについて検討することとし、全線鉄道輸送とするか、一部区間道路輸送とするかは、各輸送経費の組合せにより決定されるべきものである。

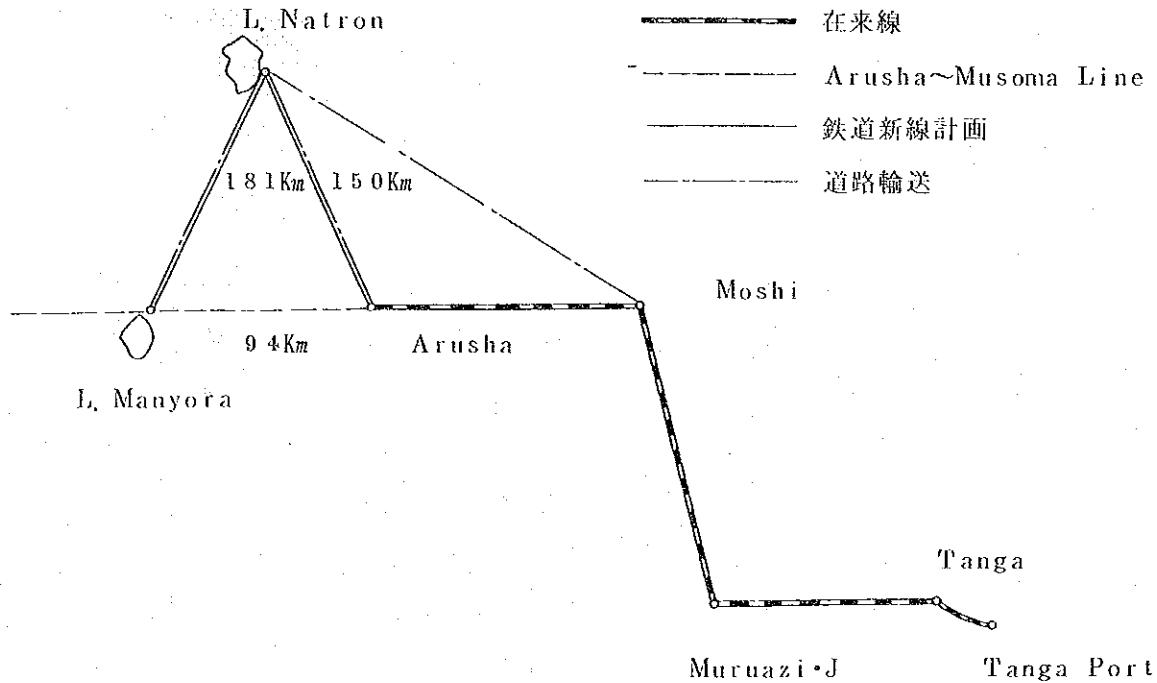
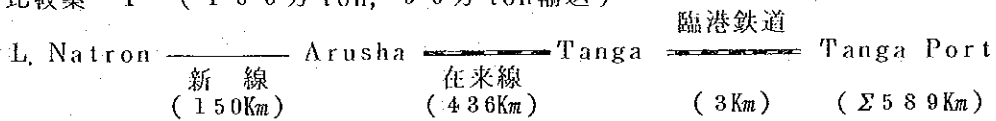


図4-2 輸送ルート略図

1) 比較案-1 (100万ton, 50万ton輸送)



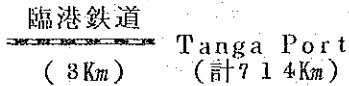
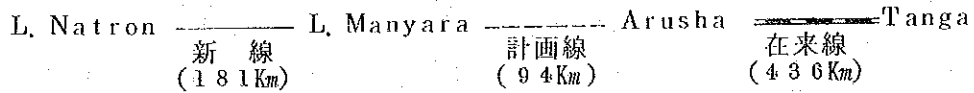
この案は、Natron湖～Tanga港間をソーダ灰専用列車によって輸送する方式である。

従って道路輸送は全く考えず、Natron湖～Arusha間を最短距離で結び、かつ、列車運行の諸条件に合致した新線を建設する。Arusha～Tanga間は在来線を利用するものとする。ただし、在来線では10年先の一次産品の輸送増も考えられるのでこれを考慮した上、ソーダ灰の輸送を加算してもなお、線路容量が充分であるかを検討する。もし、不足のときには行違ひ施設(信号場)を増設する。既設線路でソーダ灰専用列車に対して機関車のけん引定数不足となる恐れのある勾配区間を改良し、また軌道負担力の不足する箇所は軌道強化をする。

なお、Arusha～Moshi間は東アフリカ鉄道公社の整備計画に基づき、当プロジェクト着

手前にラテライト道床を砕石道床に改良されているものと仮定する。さらにMoshi 駅は現在Arusha支線の起点となっており、Tang 線に直通運転とするとスイッチバックが必要なので、これには短絡線を設けて、専用列車はMoshi 駅に入らないシステムに改良を加える必要がある。

2) 比較案-2 (100万ton, 50万ton 輸送)

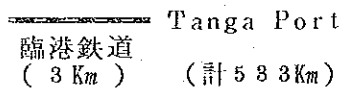
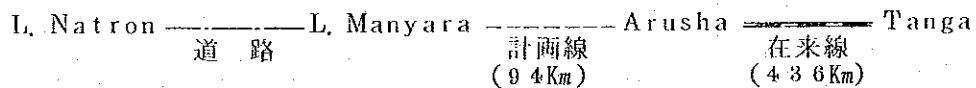


この案は比較案-1と同様にソーダ灰を全線専用列車で輸送するが、Natron湖~Arusha間の新線の比較案として提案する。

このルートは比較案-1に比べArusha~Natron湖間の延長が約80%増えるために、車両運転、保守費の面でコスト高になるため、この比較案が成立するためには条件がついており、このプロジェクトが完了するまでに、かねてから東アフリカ鉄道公社において建設計画のあるArusha~Musoma線がすでに完成し、ソーダ灰輸送時には、専用列車がManyaraからArushaまで、建設費の負担なく、利用できる状態にあるものとする。

Arusha~Tanga間は比較案-1と同様の改良を必要とする。

3) 比較案-3 (100万ton, 50万ton, 25万ton 輸送)

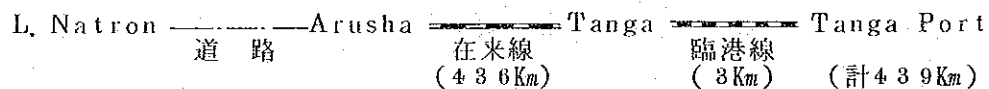


この案はManyara湖~Tanga港間をソーダ灰専用列車によって輸送する方式とする。

Manyara湖~Arusha間は比較案-2と同様に鉄道が完成されているものとし、また、Arusha~Tanga間の在来線の改良計画は、比較案-1と同様とする。

ソーダ灰の積み込みはManyaraで専用側線を建設して、積み込み設備を必要とする。

4) 比較案-4 (100万ton, 50万ton, 25万ton 輸送)

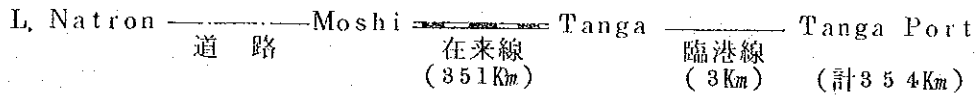


この案はArusha~Tanga間を在来線を利用してソーダ灰専用列車によって輸送する方式とする。

ソーダ灰の積み込みはArushaで新たに設備されたサイロまで専用側線を新設して行うものと

する。また、在来線の改良計画は比較案-1と同様とする。

5) 比較案-5 (100万 ton, 50万 ton, 25万 ton 輸送)



この案は、Moshi~Tanga 間を在来線を利用したソーダ灰専用列車によって輸送する方式とする。

この場合は、Moshi~Tanga 間の在来線を一部改良する。その内容については比較案-1と同様である。

ただし、Moshiにおけるスイッチバック改良の短絡線は設ける必要はない。

ソーダ灰の積込みはMoshiのArusha 方に積込み設備を考えており、専用側線を新設する。設備は、Manyara Arushaに設備した場合と全く同じものとする。

4-2 鉄道輸送の現況

4-2-1 概 況

東アフリカ鉄道公社はタンザニア、ケニア、ウガンダの東アフリカ三国による東アフリカ協同条約に基づいて、1969年に組織され、その本部をケニアのナイロビに置いている。東アフリカ鉄道公社組織は、図4-3に示すものである。

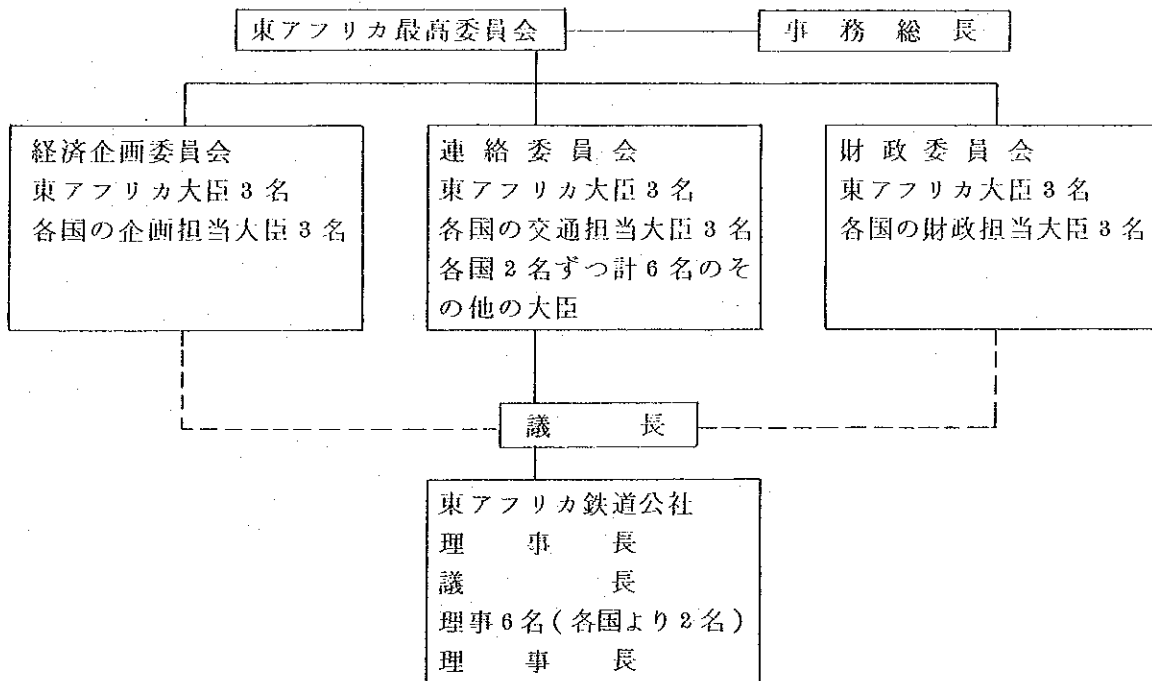


図4-3 東アフリカ鉄道公社組織図

各国と公社の利害の不一致は各省次官で構成される公社の重役会、大臣により構成される閣僚会議、大統領により構成される3国共同体本部の三段階で問題に応じて処理調整される仕組みになっている。公社は日常業務の実施機関であり、鉄道の新線建設、合理化等の計画は各国の政策ベースとして決定される。

東アフリカ鉄道公社の日常業務は地方鉄道部に委ねられている。東アフリカ鉄道公社では第4次鉄道整備計画(1973/1976)を実施中であるが、これは道路との競合に耐え得る輸送力の増強、輸送効率の向上鉄道財政の安定化を目標として、①軌道の改良②車両の更新③ディーゼル化の推進④人材養成を推し進めようとしているが、諸般の事情により計画全体が遅れている傾向にある。タンザニア国における鉄道輸送状況を図4-4に示す。

4-2-3 Tanga線の輸送状況

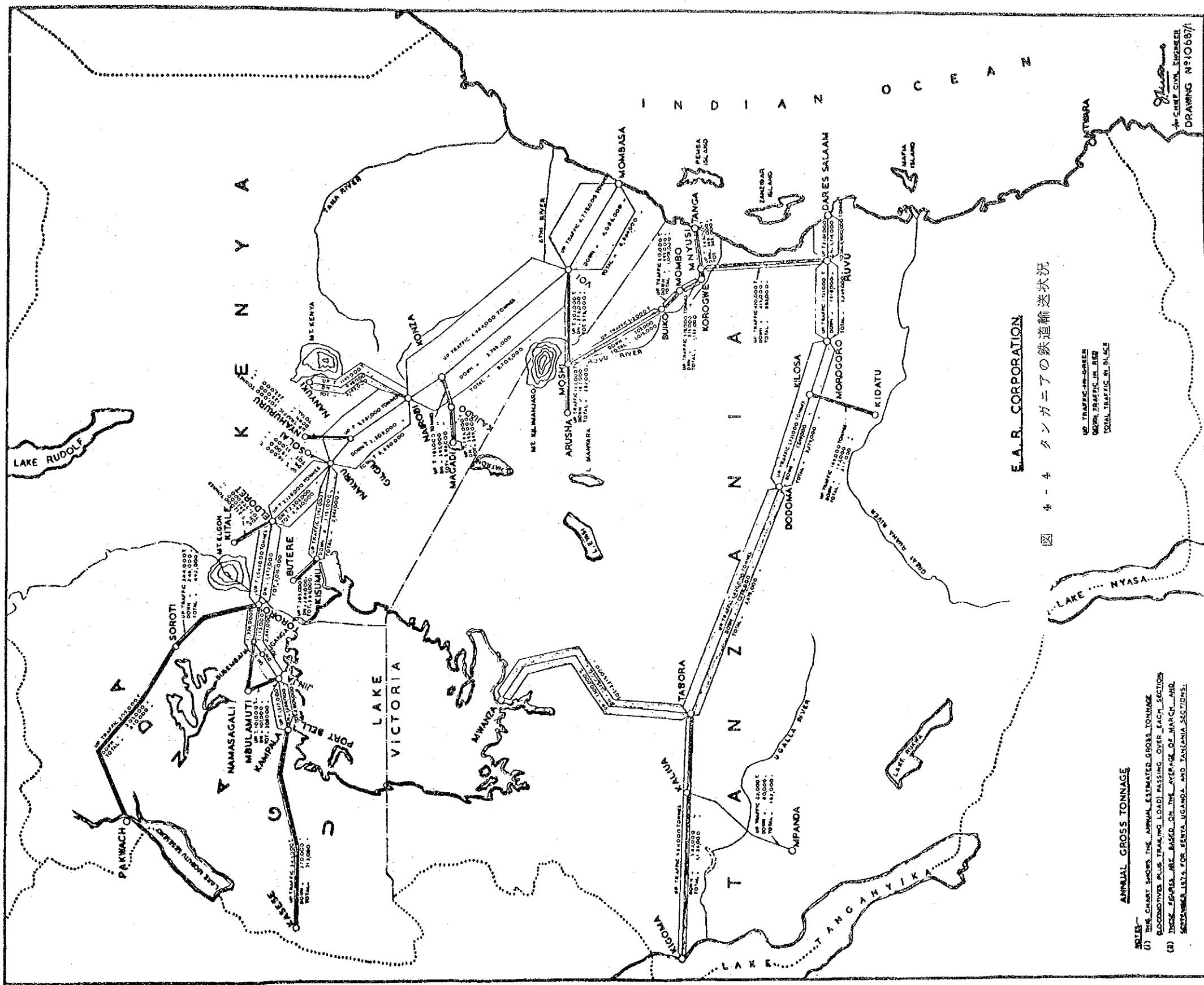
Tanga線における貨物及び旅客輸送の経年的変化は、表4-1に示す結果となっている。表からみると全体輸送量は、ほぼ一定の傾向を示しているが道路輸送の伸びに対して鉄道輸送の伸びが小さいのは施設の非近代化車両の老朽化と修理部品の不足による遊休車両数の増加等により輸送サービス面の低下が影響しているものと思われる。

表4-1 Tanga線の輸送実績

	貨物 (ton)			旅客(人)	バス輸送
	Tanga ~Arusha	Arusha ~Tanga	合計		
1970	306,547	292,608	599,155	448,381	5,380
1971	350,892	284,115	635,007(+6)	485,440(+8)	9,170(+70)
1972	309,181	302,666	611,847(-4)	548,720(+13)	10,622(+16)
1973	352,044	262,880	614,924(+1)	614,637(+12)	16,829(+58)
1974	250,586	261,056	511,642(-20)	521,846(-18)	23,014(+37)

()内は前年度増加率(%)

主要駅間の通過トン数は1973年の実績より図化すると図4-5のようになる。



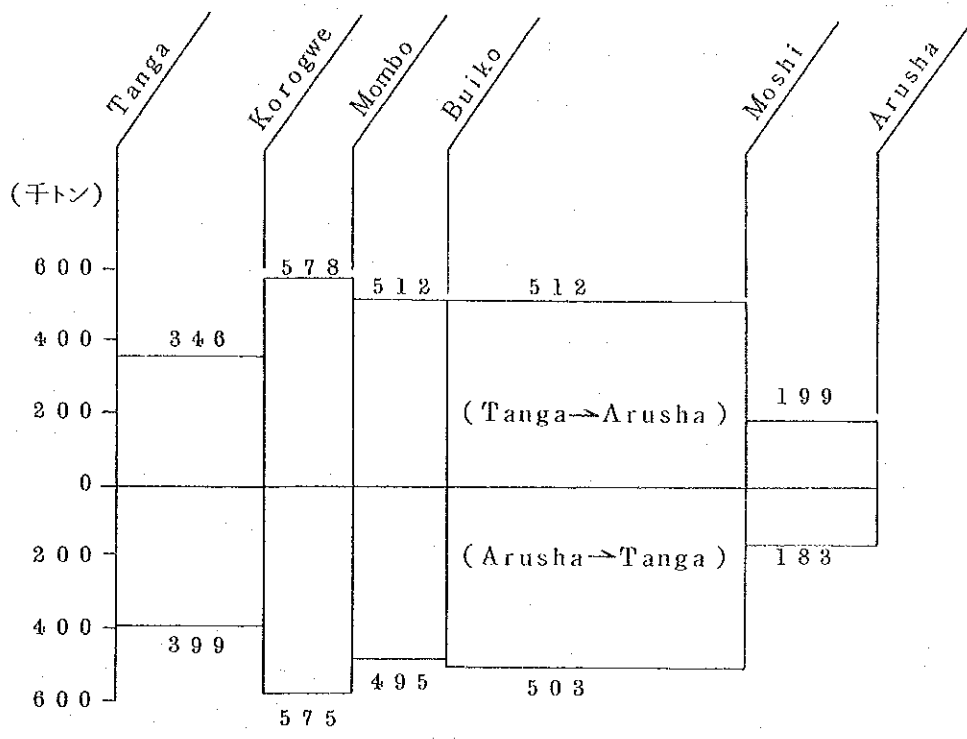


図4-5 主要駅間通過トン数

なお貨物輸送の内主要品目の輸送状況は、次のとおりである。

(ton)

	1970	1971	1972	1973	1974
コーヒー	28,464	25,779	39,362	44,554	24,394
砂糖	33,834	29,580	31,938	33,546	22,582
肥料	—	9,586	24,923	35,308	24,959
材木	8,142	7,911	7,963	9,093	12,385
サイザル	38,890	35,113	26,556	17,828	20,292

4-2-3 在来鉄道の将来輸送量想定

将来の鉄道輸送量の想定は現状の輸送需要に対する輸送サービスの低下及び貨物輸送のうち天候に左右されやすい一次産品が、大半を占めている状態から予測そのものが困難であるが、東アフリカ鉄道公社による第4次鉄道整備計画及び将来の整備計画が実施されることを前提にすれば、将来の主要区間輸送通過トン数の想定値は表4-2のようになるものと思われる。

表 4 - 2 将来輸送量の想定

	Tanga ~Korogwe	Korogwe ~Mombo	Mombo ~Buiko	Buiko ~Moshi	Moshi ~Arusha
1974	745,000	1,153,000	1,007,000	1,015,000	382,000
1980	767,000	1,188,000	1,037,000	1,045,000	393,000
1985	790,000	1,223,000	1,068,000	1,078,000	405,000
1990	814,000	1,260,000	1,100,000	1,109,000	417,000

4-3 運 転 計 画

4-3-1 機関車及び貨車の型式

東アフリカ鉄道公社では現在輸送力増強の一環としてディーゼル化の推進を含む第4次鉄道整備計画が実施中である。

今回のソーダ灰専用列車の機関車は、ディーゼル化プロジェクトに伴って増備されつつある90型ディーゼル機関車を採用することとした。その主要諸元を挙げると次のとおりである。

型 式	90型
ゲ ー ジ	1,000 mm
軸 配 置	1-Co-Co-1
連結面長さ	16,948 mm
自 重	95.9 ton
運転整備重量	101.425 ton
最大軸重	13.475 ton
機 関 車 { 出 力	1,840 IP
{ 回 転 数	850 r. p. m
動力伝達装置	電 気 式

最 高 速 度 7 2 Km / h

燃料タンク容量 3 6, 3 0 0 ℓ

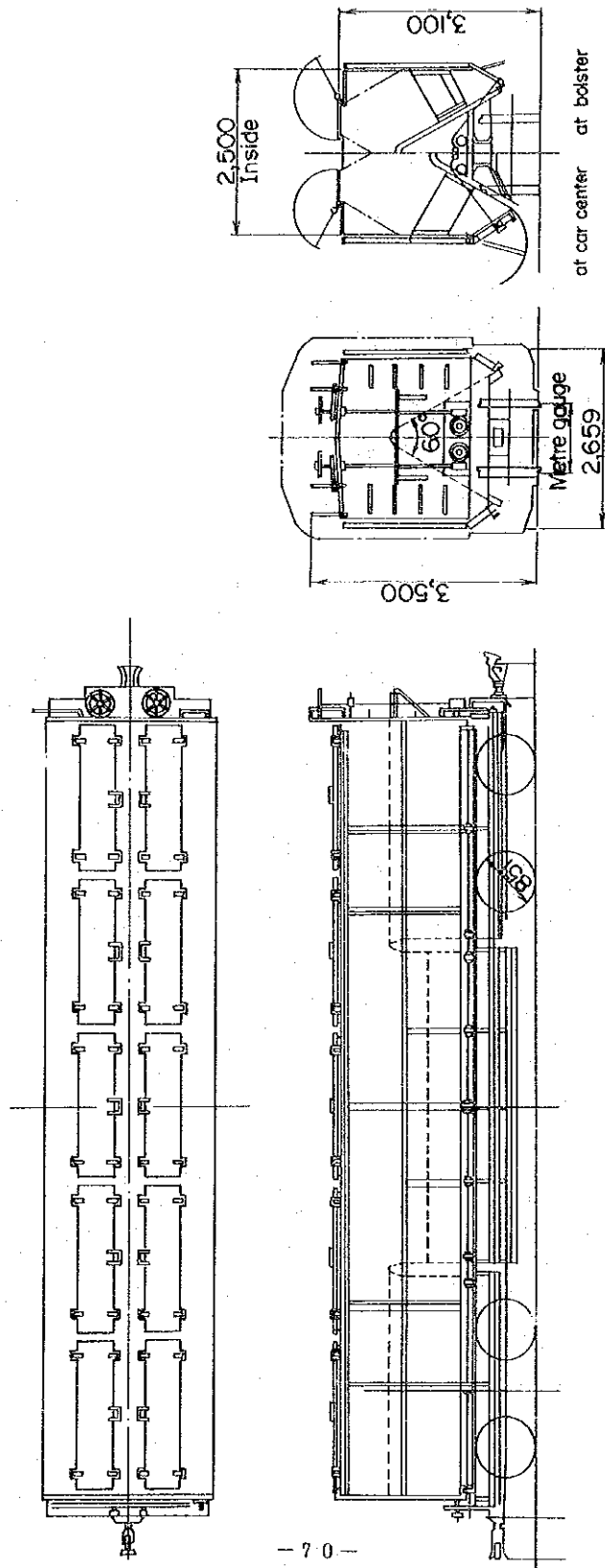
なお貨車についてはソーダ灰輸送時において図 4-6 に示すような完全密封の特殊構造の有
ガイ貨車を用いる。

主要諸元

積 載 重 量 3 0 ton

自 重 2 0 ton

図 4-6 ノーダ灰専用貨車



4-3-2 けん引力の検討

90型ディーゼル電気機関車の勾配とけん引力の関係は東アフリカ鉄道公社によれば次のようになっている。

勾 配	けん引重量
1.50%	1,015 ton
1.66	934
2.00	760

ここでソーダ灰生産規模によって列車数および一列車あたり編成両数と列車重量の関係を示すと次のようになる。

年 産 規 模	100万 ton	50万 ton	25万 ton
日 産 規 模 (300日稼動)	3,300 ton	1,670 ton	840 ton
1日当りの列車回数	6列車	3列車	2列車
1列車当りの輸送量	550 ton	550 ton	420 ton
編 成 両 数	19両	19両	14両
1列車空車時重量	380 ton	380 ton	280 ton
1列車当り総重量	930 ton	930 ton	700 ton

従って1.66%におけるけん重量は934 tonであるため最急勾配は1.66%以下によってソーダ灰専用列車のけん引が可能となる。仮りに最急勾配として2.0%, 2.5%を採用した場合には、けん引力の関係から列車回数が増加し、信号場の増設及び輸送効率の低下の原因となり得策ではない。

4-3-3 列車表定速度の設定

現在Tanga線における表定速度は平均27.5 Km/hであるが将来は20%程度の速度向上により38 Km/hでの運転が可能になるものと思われる。

この理由としては第4次鉄道整備計画の実施によりディーゼル化による速度の向上、曲線・勾配改良による走行条件の向上及び各駅における列車停車時分の短縮等が考えられる。

ここで比較案-1のルートであるL. Natron-Arusha-Tanga portを事例にとって表定速度を下記の条件のもとで算出すると

◦ Arusha~Natron湖間はソーダ灰専用列車のみが走行するので表定速度として40 Km/hが可能である。

◦ Tanga port~Arusha間は表定速度として38 Km/hとする。故に、全区間の平均表定速度を求めると

Tanga

$$\left\} \quad 439 \text{ Km} / 33 \text{ Km/h} = 13.30 \text{ h}$$

Arusha

$$\left\} \quad 150 \text{ Km} / 40 \text{ Km/h} = 3.75 \text{ h}$$

L. Natron

$$\text{計 } 589 \text{ Km} \quad \text{計 } 17.05 \text{ h}$$

よって表定速度は $589 \text{ Km} / 17.05 \text{ h} = 35 \text{ Km/h}$ となる。

4-3-4 所要車両数の算出

ソーダ灰専用輸送列車の所要車両数は発地でソーダ灰を積込み着地でソーダ灰を取卸し更に発地点まで、1往復する所要時間によって算出される。

1往復の所要時間を構成するものは、ソーダ灰の積込・取卸し時間、列車の走行時間および停車時間等が考えられる。

◎ソーダ灰の積込・取卸し時間(固定時間)は

積込時間		2.5 h
取卸時間		0.5 h
出発到着検査時間	1 時間 × 2ヶ所	2.0 h
入換時間、出発待ち時間	4.5 時間 × 2ヶ所	9.0 h
	合計	14.0 h

◎1往復に必要な所要時分は

比較案	区間	延長	固定時間	走行所要時分	合計
比較案-1	Tanga~L. Natron	589 ^{Km}	14	$589 \times 2 / 35 = 33.7$	47.7 (2.0日)
" -2	Tanga~L. Manyara ~L. Natron	714"	"	$714 \times 2 / 35 = 40.8$	54.8 (2.3日)
" -3	Tanga~L. Manyara	533"	"	$533 \times 2 / 35 = 30.5$	44.5 (1.9日)
" -4	Tanga~Arusha	439"	"	$439 \times 2 / 35 = 25.1$	39.1 (1.6日)
" -5	Tanga~Moshi	354"	"	$354 \times 2 / 35 = 19.7$	33.7 (1.4日)

◎所要車両数の算出

1往復当りの所要時間によってソーダ灰生産規模別、比較案別に所要車両数を算出する表4-3に示す結果となる。

表 4 - 3 所 要 車 両 数

比 較 案	区 間	1往復 所 日 数	機関車必要両数	貨車必要両数
100万ton輸送		(日)	(両)	(両)
比較案 - 1	Tanga~L. Natron	2.0	$6 \times 2.0 \times 1.20 = 15$	$12 \times 19 \times 1.15 = 263$
" - 2	Tanga~L. Manyara ~L. Natron	2.3	$6 \times 2.3 \times 1.20 = 17$	$14 \times 19 \times 1.15 = 306$
" - 3	Tanga~L. Manyara	1.9	$6 \times 1.9 \times 1.20 = 15$	$12 \times 19 \times 1.15 = 263$
" - 4	Tanga~Arusha	1.6	$6 \times 1.6 \times 1.20 = 12$	$10 \times 19 \times 1.15 = 219$
" - 5	Tanga~Moshi	1.4	$6 \times 1.4 \times 1.20 = 11$	$9 \times 19 \times 1.15 = 197$
50万ton輸送				
比較案 - 1	Tanga~L. Natron	2.0	$3 \times 2.0 \times 1.20 = 8$	$6 \times 19 \times 1.15 = 132$
" - 2	Tanga~L. Manyara ~L. Natron	2.3	$3 \times 2.3 \times 1.20 = 9$	$7 \times 19 \times 1.15 = 153$
" - 3	Tanga~L. Manyara	1.9	$3 \times 1.9 \times 1.20 = 8$	$6 \times 19 \times 1.15 = 132$
" - 4	Tanga~Arusha	1.6	$3 \times 1.6 \times 1.20 = 6$	$5 \times 19 \times 1.15 = 110$
" - 5	Tanga~Moshi	1.4	$3 \times 1.6 \times 1.20 = 6$	$5 \times 19 \times 1.15 = 110$
25万ton輸送				
比較案 - 3	Tanga~L. Manyara	1.9	$2 \times 1.9 \times 1.20 = 5$	$4 \times 14 \times 1.15 = 65$
" - 4	Tanga~Arusha	1.6	$2 \times 1.6 \times 1.20 = 5$	$4 \times 14 \times 1.15 = 65$
" - 5	Tanga~Moshi	1.4	$2 \times 1.4 \times 1.20 = 4$	$3 \times 14 \times 1.15 = 49$

注 1) 機関車の予備率は全体の 20%

2) 貨車の予備率は全体の 15%