

港 湾 計 画

京都大学工学部 工博 長 尾 義 三

第 1 章 概 論

1.1 港 湾 の 意 義

われわれの世界を支配する時間と空間。これを克服して付加価値を無限に高めようとする行為を考えると、流通機構の問題がある。

われわれの対象とするのは、その中でも物的流通機構すなわち輸送 (transportation) の問題である。

なんらかの要因で、図-1.1に示すようにAからB地点への財の転移がなされようとする。その場合、A、Bは直接直線で結ばれない。それは、一つの手段でなし得ないからである。P、Q……といういくつかの地点で、輸送の転換がおこなわれる。この輸送の転換がおこなわれる地点、これを起終点 (terminal, terminus) と名づける。起終点とは輸送の転換がおこなわれる地点と定義される。その地点で漠然と輸送

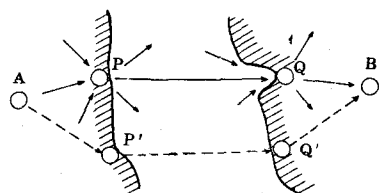


図-1.1 輸送における港湾の位置

の転換がおこなわれるわけでないから、何等かの機能が付与される。輸送転換のための機能 (terminal facilities) である。根幹となるものは、起終点施設である。こうして港湾、空港、駅、トラックターミナル等が定義される。

したがって港湾とは、「船舶が安全に碇泊し、主として水陸輸送の転換をおこなわしめて、社会の要請に応ずる機能をもつもの」とであると定義される。

つぎに、港湾の作用を考察しておく必要がある。港湾は、前述の定義のように、財の輸送転換がなされる場所である。図-1.1に示されるように、財の集中、分散がおこなわれるのを見る。路線の輸送は、専門大量輸送が輸送経済の法則に適合するということから生ずる当然の帰結である。そこに、財の停留、待ち合わせ、休憩、取引等がおこなわれ、市場、生産工場、そして都市が形成されていく過程のあることは改めて説明するまでもない。港がつけられると、港湾都市、臨海工業地帯が現出する。そこに輸送経済への寄与という別な、図-1.2で示されるような、都市形成、産業の発展、そして地域の開発という一連の作用をみる。港湾の施設を通じて、地域開発の拠点としようとする動機づけがなされることは、もはや何人も否定し得ない。輸送の要請

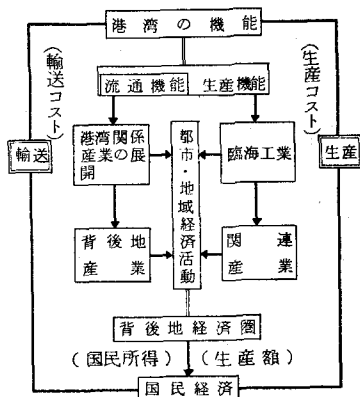


図-1.2 港湾の機能

そのものも、付加価値の上昇にある。すなわち、輸送費を安くし、有効需要を大きくし、生産力を高め、所得を大きくしようとするところに最終的な目的がある。生産性の高い工業を盛んにし、サービス度を向上し、都市を形成して生活水準をより高めようとするのも、社会全体が追求しようとしていることである。ときには、港湾は生産企業として、または運輸業の一環として企てられることもあるが、多くの場合、公益性が強いとされ、社会資本として形成されることの本質的な理由がここにある。

1.2 港 湾 計 画

「よりよい港湾」を社会の要請のとおり、つくりだす手順を示すこと、これが港湾計画の意義のように思われる。漠然とではなく、科学の領域において、これをなす場合、われわれは、つぎの事項を明らかにし、諸科学を基礎に新しい技術的手法を開発してゆかなければならない。

第一のそれは、港湾計画といわれるものの動機づけとなる目的と立場の深い吟味であろう。第二は、対象となるものの周囲をとりまいている社会経済、および自然の現象の解明であろう。前者は人間社会に関係したものとして、後者は宇宙、地球の現象であり、その間の関係づけを明確にすることである。例えば図- 1.3 に示されるように水陸にまたがる港湾は、自然条件として図- 1.4 に示されるように複雑な現象に作用されるとともに、人口、都市、産業といった社会条件、輸送、生産と

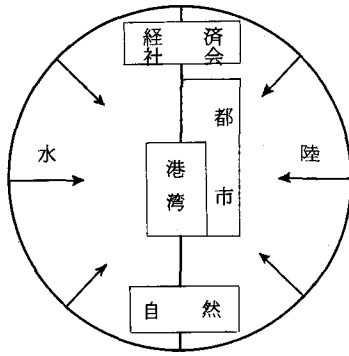


図-1.3 諸条件の制約を
うける港湾

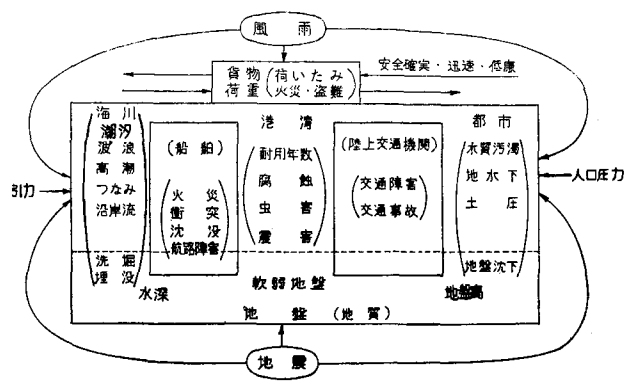


図-1.4 港湾における自然条件と災害

いった経済条件の中で、よりよい港湾の像を求めてゆかなければならない。われわれがつくりだすものは、多くの場合、施設・工作物、およびそれを根幹として生みだされる機能である。第二の内容として述べた現象と、これに応答する施設・機能のメカニズムを明らかにすることが第三の内容となろう。第四の内容は合目的的であろうという評価の基準すなわち努力となし得た結果の計量化がそれであろう。第一から第四までの内容が充実しうるならば、われわれが生みだそうとする設計図、すなわち港湾計画の最適化に関する技術的手法は、諸科学を基礎として容易に組み立てられるはずである。計画目標の正確な予測と最適手段の選択、そして決定をおこなう技術等がそのおもなものであろう。

また計画という言葉は、港湾の社会においても、いろいろな場合に用いられている。いま空間と時間によって分類すると、

1) 空間によって分ける方法

a) 計画主体についての分類（立場の違い）

国の港湾計画、管理者の港湾計画、企業者の港湾計画

b) 地域に着目しての分類

全国港湾計画、広域港湾計画、各港計画

c) 対象による分類

港湾管理計画、港湾施設計画、港湾財政計画、港湾事業計画、法線計画、港湾整備計画

d) 全体と部分に着目しての分類

港湾基本計画と港湾利用計画、港湾総合計画と資金調達計画

e) 要請区分による分類

船舶の安全碇けいの場として避難港計画・ヨットハーバの計画、輸送もしくはターミナルファシリティとして、商港計画・輸出ふ頭計画・フェリーポート計画、産業・生産施設として工業港計画・産業港湾計画・鉄鋼港湾計画・石油ターミナル計画・木材港計画・漁港計画

2) 時間によって分ける方法

a) 計画期間に着目しての分類

マスタープラン・港湾長期構想もしくは長期計画・港湾整備5ヶ年計画・港湾事業実施計画・港湾工事工程（月間工程、日日工程）計画

b) 動的構成による分類

予備計画（構想・思いつき・動機づけ）

課題計画（フレームワーク・計画比較・見積計画）

決定計画（閣議決定の計画・港湾審議会のおった計画）

実施計画（大臣認可のあった5ヶ年計画・年間実施計画）

変更計画（改訂計画・修正計画）

このうち、港湾管理者の立場においておこなう港湾計画を中心に、動的計画法の概要を述べてみたいと思う。

1.3 港湾計画の動機づけと立場

図-1.1においてAにある財をBに移すことによって得られる付加価値 V_{AB} は

$$V_{AB} = C_{AB} - T_{AB} \dots\dots\dots (1.1)$$

で示される。ここに C_{AB} はA、B間の財の価額差、 T_{AB} はA、B間の輸送費用である。したがって、 V_{AB} を大きくするため T_{AB} の節約が考えられる。輸送経路にあるP、Qという港湾内の通過費用の比重が大きいと、それだけ建設改良の重要性は増し、計画者によって計画の動機づけ(motivation)がなされる。そのなされ方を例示するとつぎのとおりである。

1) 私企業としての立場

輸送対象が生産工場の原材料もしくは製品の場合、P、Qの建設・改良の仕方が企業に著しく影響する。この場合、輸送機関、輸送方法、生産施設の計画と合わせて、総合的に計画される。P、Qにおける建設、改良への投資によって得られる節約が、輸送需要を生み、採算が合うならば、輸送業の一環として企業されることもある。

2) 地方公共団体の立場

1)の立場はA, B間の経路の指定はない。P', Q'を通ることもある。しかし、PもしくはQの住民としては、港湾の生む効果が輸送費の節約のみでなく、生産効果、所得効果、すなわち、産業、都市ひいては地域の発展に結びつくことから、建設、改良への動機づけがおこなわれる。直接の動機は臨海性工業誘致、水産業の振興による漁村の体質改善等であることが多い。場合によっては建設、改良工事そのものが生む需要効果、雇傭効果に地域経済が期待することもある。

3) 国の立場

国は、1), 2)いずれの立場も公平に見ようとする。国民経済的立場である。しかし強い主張は、自由な企業活動・住民の意志に制約統制を加えることにもなるので、自主的調整に期待し、消極的な誘導を試み、必要に応じて法的措置、行政運営をおこなう。国の経済政策の影響を強く受ける。景気変動対策の面から事業の伸長、縮少を操作することもある。

4) 信託もしくは公企業としての立場

輸送における節約が輸送業、生産企業に寄与し、地域産業へ好影響をもたらすという観点に立ち、公共性を留保しつつもターミナル企業としての独立を図り、国の経済政策、全般的な公共規制を排除しようとするものであり、欧米先進国の代表港に多い。わが国の港湾法もこの考え方に近づいているが、いろいろな事情で成長を見ていない。

1.4 計画の目的

避難港・ヨットハーバー等特殊のものを除いて、港湾の建設・改良への動機は、基本的には §1.3 で述べたように、輸送費用の節約である。

図-1.5に港湾における輸送対象と輸送機関の流動が描かれている。おのおの流線は、いずれも入力(input)と出力(output)およびその間にサービスまたは貯留(service or store)をもち、これらは、互に関連する。

輸送計画で重要な目的は、図-1.5における流動を安全・確実に確保することである。安全・確実・迅速・低廉これらは港湾建設・改良の直接の目的でもある。これに対して生産効果、所得効果等は、間接の目的であり、需要効果、雇傭効果は、経済政策的な目的であるといえよう。これらを総合して、「公共の福祉」という抽象語的な言葉が用いられる。いまこれら効果に対する評価の基準が得られるならば、港湾建設、改良への努力もしくは投資に対して、効果もしくは効率をより大きくする計画、損失を少なくする計画を持つことができるであろう。われわれは、ここに最適計画の存在を感知するのである。

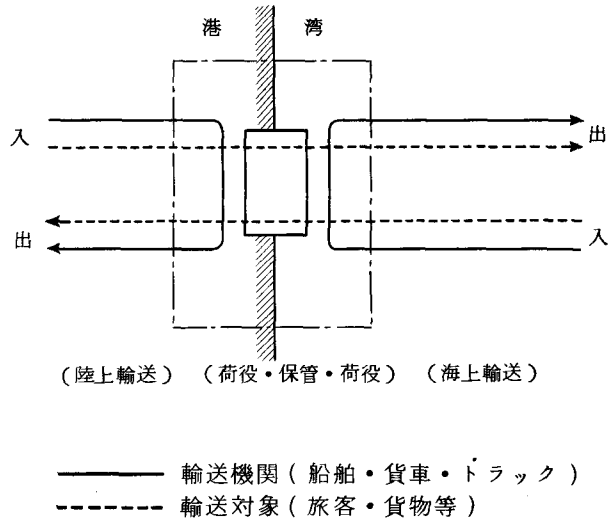


図-1.5 港湾における輸送対象・輸送機関の流動

1.5 計画の基本的な考え方

現象解析、将来事象の予測をなし得ても、機能の評価が定まらなければ、計画の意義は生まれえない。そのためには計画条件に対する施設の応答のメカニズムが明らかにされる必要があるが、構造物の安定性を評価するのに、安全率の概念が用いられるように、効率 (efficiency)、超過便益比率 (benefit ratio) 等が未知事項を含めた安全性を示す尺度として使用されてきた。自然工学における評価と違って、輸送経済に果し得た効果、地域開発への貢献度を定量的にとらえることは、至難なことである。しかし、式 1.1 で示したように、図 - 1.5 のように現象を解析することができるならば、少なくとも輸送に要する費用は、施設建設への費用とオペレータの費用とともに積算しうるはずである。たとえば、港湾における費用は次式で示される。

$$C_T^* = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots \dots \dots (1.2)$$

ここに C_T^* は港湾において費やされる財単位当たりの費用であり、 C_1 、 C_2 、 C_3 、 $\dots$ 輸送機関の費用、施設の費用、荷役の費用、貨物の費用等である。これは貨幣価額で示すと便利であるが、その努力を人・時間の積で表わしてもよいわけである。絶体的評価でなくとも、相対的評価でもよい場合がある。図 - 1.6 は港湾施設の整備状態と費用の関係を示す。明らかなように、施設が良くなると財の輸送費用は低下するが、投資等施設をよくするための費用は上昇する。最終的には、これらの費用の総和が財の輸送費港湾分として式 (1.2) の C_T^* を構成するであろう。こう考えると、この総費用は図中の総費用曲線で表わすことができ、効率は総費用、もしくは輸送費低減分と努力、もしくは投資への増加分の比として表わせる。図 - 1.6 は立場の違いによって、計画が変わるということも示している。港湾の利用者は図の右側の方の整備の状態を要請するであろうし、費用の負担者は左側の状態でよいとする。社会全体からみれば、どちらの計画も妥当でない。

実際には、港湾の機能はこのような輸送の節約のみではなく、生産への寄与、地域開発、所得の増加への寄与として考えられるのであるから、式 (1.2) のみの定式化では不十分であろう。しかし、港湾が基本的には輸送の要請に答えるものであること、またその輸送機能を通じて、生産、地域開発、所得の向上等に波及していくものであり、その度合は輸送上への寄与の程度の関数として表示される性格のものである。したがって、目的を明確にし、これを定量化しうるならば、式 (1.2) で示されたような目的関数を求めることによって、この関数を最小ににする。あるいは便益を最大にするような施設の種類と規模と配置をきめていくことができよう。

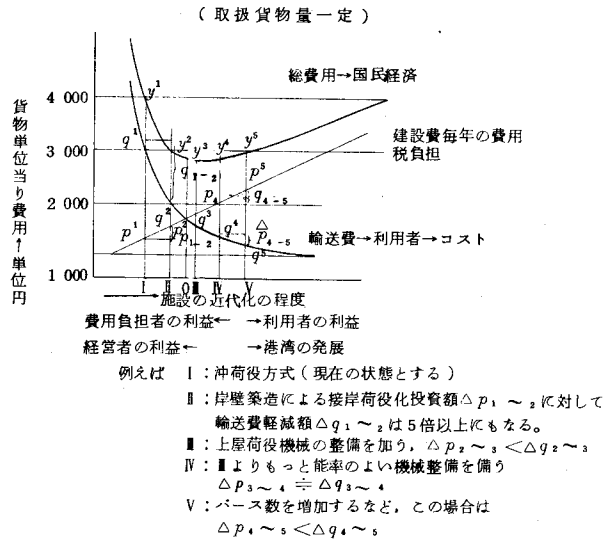


図 - 1.6 施設の近代化と総費用との関係を示す極端な例示

第 2 章 港 湾 計 画

2.1 概 説

一般に港湾計画というときは、港湾管理者の港湾計画を指す。これは、マスタープラン、長期計画、実施計画とに分れる。普通港湾整備何ヶ年計画というのは、これらの港湾計画を基にしてつくられた事業計画であって、前者の港湾計画と区別して考えた方がよい。

2.2 マスタープラン

運輸省港湾局資料によれば、昭和35年における全国港湾取扱貨物量は約4億4,000万トン、10年後の昭和44年においては約10億5,000万トンと2.5倍に近い増加を示している。明治の初めから始めたわが国の港湾修築事業の成果である港湾施設の規模を、わずか10年間で倍増しなければならない理屈である。このようなすう勢はその後も続くと思定される。人智の想定しうる限界は50年といわれる。最近のように技術革新の激しい時は精々30年ぐらいという説もある。いずれにしてもゆき当たりばったりの計画を持った港湾は、やがて競争場裡から脱落する運命にある。マスタープランは、港湾社会を通じて、人類の公共福祉を得ようとする理想像であり、直接および間接効果を描きつつ、港湾の性格、規模、配置を将来にわたつてきめる重要な計画段階である。

1) 港湾の性格（種類）の決定

社会の要請、経済的条件、自然条件から、外国貿易、内国貿易のいずれを主体とするターミナル港湾か、産業港湾か、またいかなる種類の漁港とするかなどその港湾の任務を明確にし^{*}、将来の発展の方向づけ（orientation）をおこなうことを主体とする。その場合

- a. その港湾の示してきた発展の実績、隣接港湾の発展の方向。
- b. 物的流通機能を主体とするものであることから、通過旅客・貨物ならびに入港船舶に関する質についての適確な予測と、航路・背後地交通網設定の可能性。取扱品目の内容、貿易の相手先の変化等。
- c. 生産機能を主体とする港湾にあっては、特に、その産業の発展の方向、輸送方法の見透し、新しい産業立地の可能性、原材料・製品の需給関係。
- d. 都市・地域発展の可能性。
- e. 財源調達の可能性。
- f. 港湾労務者の質と量、港湾関係産業立地の見透し。
- g. 好ましい管理形態。

等につき、見解を明らかにすることが、マスタープラン策定に役立つ。将来の港湾は「こうなるだろう」ではなく、目的意識に基づいて「こういう港湾にする」という計画者の意志である。

2) 港湾の規模の決定

昭和44年までに昭和35年の2.5倍になることはすでに述べた。このように、つぎの10年間も増加したら港湾における取り扱い能力は、昭和35年の実に6倍に増強しなければならないことにな

（註） *これに対しては、東「港湾計画論」に詳しい。

る。このことは、最大限の余裕をとってマスタープランはつくらねばならないことを意味する。このとき、港湾の種類、内容によって利用区分別の規模拡大の余地を明らかにすることが必要で、つぎの事項が役立つ。

- a. 港湾取扱貨物量、入出港船舶、陸上交通機関、および港湾に立地する産業の規模等、内容別の計画目標の量に関する予測。
- b. 発展の段階的区分と、建設・改良に要する費用の見積。財源調達の方次区分、気運醸成の機会の有無または育成の可能性等である。

3) 港湾の配置の決定

港湾全体の位置の決定は、つぎの事項を基にしてなされる。

- a. 水深・潮位・波浪・高潮・つなみ・風・地震・河川等の流れおよび漂砂等の自然条件、特に地質条件は決定的な要素となる。
- b. 泊地・埋立地・陸地等につき、入手もしくは造成の難易。
- c. 背後地の状況、特に都市・産業・交通網発展の可能性。
- d. 陸域・水域にわたっての拡張の余地の有無。

以上マスタープランの必要性と港湾の種類と規模とその配置についての重要事項を述べたが、総括的につぎのことに最大の関心を払うことが必要である。

1. マスタープランは、地域住民の将来の行動の指標である。主観的なものでなく、より客観的なものにするため、違った方面の専門家の意見をきいて、検討され、できあがった案は容易に変更されることのないよう権威づけられる措置を構ずる。
2. 地区別の利用区分^{**}を明確にし、混然とした発達がおこなわれなくようにする。特に公害に留意する。
3. 港湾の区域、防波堤等、外かく施設の位置、港口、航路、陸地と水域の区分、すなわち、ピアヘッドライン (pier head line) もしくは埋立線および主要連絡交通路線を明らかにする。^{***}この場合、将来の水深増加需要に対する配慮を加えておく。
4. 地域計画等の上位の計画、道路、都市計画等、横位の計画との整合性を求め、全体としての調和をとる。美しい、壮大な景観を有するマスタープランは、地域住民に勇気を与える。

2.3 長期計画

マスタープランが、港湾を計画する者の理想の表示であるのに対して、国の政策・地域の開発計画および交通輸送網計画等、上位または横位の計画との制約・調整を経て、さらに財源・管理等についても見透しを持って、整備された計画を長期計画という。20年あるいは30年といった計画期を定めた実行計画である。人口・経済に関する諸指標を基礎に港湾計画、量、質ともに計量され計画

(註) ** 港湾法では、港湾管理者は臨海地区を定めて、商港区、特殊物資港区、工業港区、鉄道連絡港区、漁港区、バンカー港区、保安港区等の区分の指定ができることになっている。このほかに、居住区小型船用の船溜り場、造船所、緑地、陸上交通施設のターミナル・インターチェンジ等の配慮が必要であろう。

*** 「絵を描く」というこの作業はマスタープラン作成の中、もっとも重要で、難しい作業である。自然条件・社会経済条件の現在、将来を念頭に描くのである。20万分の1前後の海図、地理院の図面にまず大綱を描き、逐次5万分の1、6,000分の1と移る。水深、地質および陸域の他の計画が入ったものを用いるとよい。官崎は、何度も何度も描くという試行法を推奨している。比較案の段階で各方面の意見をきくこともよい方法である。

内容となる施設の種類・規模・配置も具体的かつ定量的なものとなる。

この計画は、マスタープランより一層権威づけ^{*}が必要である。これは、港湾投資は莫大な投資が伴ない、各方面に大きな影響を与えるので、将来の二重投資、計画のそごが許されないためである。この計画で具備されるべき条件はつぎのとおりである。

- 1) この計画は、20年～30年ぐらゐの経済の発展、地域の将来についての見透しを明らかにした上で策定される。
- 2) マスタープランに基づいたものであること。変更が加えられているとき、その理由を明確にしておくこと。
- 3) 計画の効果、効率について明らかな評価が加えられていること。したがって、全体の投資規模、得られる便益が計算されていること。
- 4) 各施設の利用方法、港湾財政、港湾管理についてもその計画が明示されていること。
- 5) この計画に対して、船舶運航、荷主、生産業、港湾運送業等港湾関係企業が理解していることのほか、都市計画、陸上計画、陸上交通網計画、上下水道計画等他の公共施設計画と内容が整合していること。

2.4 港 湾 事 業 計 画

この計画は、マスタープラン、長期計画を継承して、5年間というような比較的短期の計画期間において整備しようとする施設の建設・改良事業の規模と内容を明らかにする計画^{*}である。施設整備の目的、その施設の効果・管理・運営の方法、財源区分別の資金調達方法、工事の順序等が、実際行為の指標として明らかにされる。国と事業計画と各港の事業計画および上位と横位の各計画との整合性について図 - 2.1 に示した。

この計画は、国の経済計画、地域の開発計画と関連し年々重視^{**}されてきているが、マスタープラン、長期計画の実施をはかるため、比較的短期の時限を明らかにした事業計画である本来の性格を誤って、全ての港湾機能がこの計画期間中に発揮されるようなことに、施設の配置等を定めてはならない。マスタープラン、長期計画を持たない港湾ではこのような傾向が見受けられる。

事業計画の規模を決定する方法は、従来からつぎの3つの方法が用いられている。

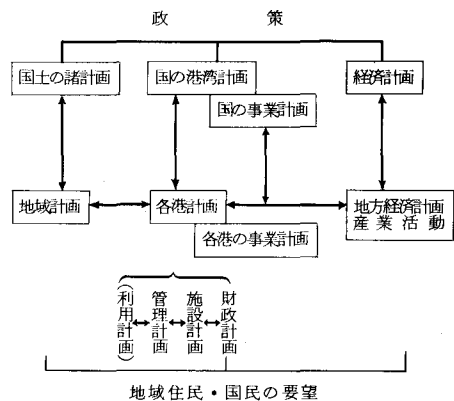


図-2.1 国の事業計画と各港計画

(註) * わが国では、これに相当するものに、運輸省設置法で「港湾審議会」なるものがある。これは、港湾法第48条に基づいて国が提出を要求した港湾の計画を審議するものであり、本審議会の議を経た港湾計画は、もっとも権威あるものとされている。
これとは別に、各港管理者の諮問機関として港ごとに「港湾審議会」が設けられているところが多い。

* 港湾事業とは、港湾施設の建設・改良をおこなういわゆる工事とその工事を施行するのに必要な調査事務的業務の総称である。
** 港湾整備緊急措置法に基づいて昭和40年から昭和44年にいたる港湾整備5ヶ年計画が、昭和40年8月27日の閣議によって決定されている。その規模はつぎのとおりである。
基本施設整備事業 5,500億円
機能施設整備事業 1,000億円

1) 各港の要請の緊急性に基づく方法

計画期間中に整備しなければならない事業を積算したもので、マイクロ作業もしくは積上げ作業ともいう。

2) 国の経済計画から事業規模をきめる方法

国の諸政策の方向づけをおこなうため、各種の経済指標の推定が、ある期間を定めて見透しされる。基本となるのは、人口、国民総生産 (G.N.P.)、鉱工業生産指数 (I.M.M.) 等である。港湾取扱貨物量は図 - 2.2 に示されるように、これら主要経済指標との相関係数値が高いことからこの関係を用いて、計画年次における港湾取扱貨物量を推定することができる。一方、港湾取扱貨物量と、それを取り扱う諸施設の所要資産は、過去の統計から求められる筈であるから限界資本係数の概念を用いて、計画年次の所要増加資産額***を算出し、これを所要事業額とする。この場合、港湾資産額の増分とそれによって可能となった港湾取扱貨物量の比を港湾原単位と称している。次式に示される。

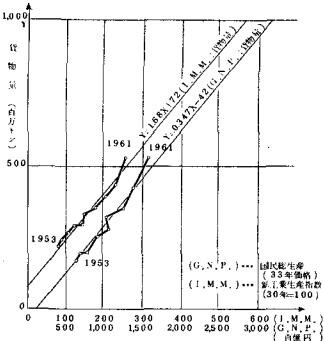


図-2.2 主要経済指標と港湾取扱貨物量の相関

$$\frac{\triangle \text{港湾資産額 (円)}}{\triangle \text{港湾取扱貨物量 (トン)}} = \text{港湾原単位 (円/トン)}$$

..... (2.1)

戦前標準年の資料から昭和38年価額で原単位は1,100 円/トンぐらいが妥当とされているが、表 - 2.1 から昭和32年に相当する。しかし、図 - 2.3 のように最近著しく、この値は低下している。このことは産業基盤としての港湾の隘路が叫ばれ、ターミナル施設としての港湾において、入港船舶の輻輳、貨物の滞貨問題になっていることを如実に示すものといえよう。

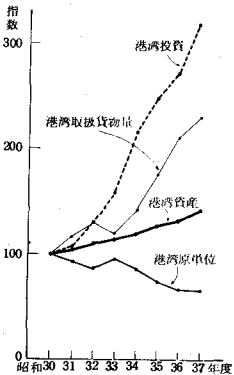


図-2.3 港湾原単位の推移

表-2.1 港湾原単位の推移

	名目投資額	資産額(A)	貨物量(B)	原単位(A)/(B)
	百万円	百万円	千トン	円/トン
昭和7	34	179,622	138,543	1,297
9	36	214,968	190,176	1,130
11	40	243,241	228,692	1,064
13	35	256,601	243,865	1,052
15	44	270,986	222,445	1,239
—	—	—	—	—
30	11,501	330,286	246,835	1,338
31	13,176	341,380	284,197	1,201
32	17,345	354,081	322,411	1,098
33	20,602	370,802	299,993	1,236
34	28,266	397,189	358,516	1,108
35	34,132	426,653	439,936	970
36	41,909	460,203	520,935	883
37	51,902	499,928	564,569	886
38	59,443	543,142	635,531	854
39	66,000	588,100	727,000	809

注 (1) 運輸省港湾局資料による。
(2) 資産額は昭和38年度価格。
(3) 資産額は国および港湾管理者の公共事業費投入の対象となる資産、すなわち防波堤、航路、泊地、岸壁等の基本施設の資産額である。

(注) *** 港湾資産額は、耐用年数を想定し、デブリシエーションを考慮に入れたネットの資産額 (純資本ストック) とそうでないグロスの資産額 (粗資本ストック) 計算法とがある。

3) 国および地方財政の規模からきめる方法

港湾事業の財源の大部は、国および地方の財政規模の影響をうける。国および地方の経済計画を策定する場合、歳入に見合った歳出の規模をきめる財政計画をも樹てる。こうして港湾のような社会資本形成のための所要経費あるいは財政需要限度額が積算され、この範囲で1)、2)の要請に拘わらず処理されねばならない。

2)、3)の方法は1)の方法に対してマクロ作業と称されている。

2.5 港 湾 計 画 目 標

1) 概 設

図 - 1.2 のように港湾に入出する輸送対象・輸送機関の質と量は、港湾の種類・規模および配置に大きな影響を与える。これらを港湾の計画目標と称し、現況の把握、将来への予測が、港湾計画策定の基礎となる。これに関して、東が先駆的な研究をおこなった。

2) 港湾取扱貨物ならびに旅客の予測

比較的精度の高い予測値は人口である。個人の消費性向は所得水準の向上とともに変化するが、このことは、物資の需要を予測するのに大いに役立つ。生産工場の生産額見透しから生産量ならびにその製品の原単位から推定し得る原材料の需要は、その生産地の所在を求めることによって、移動量を推定させることもできる。実際の経済活動は上述のように単純なものでなく相互に深く関連し合っている。この点に着目して、いろいろな予測手法が考究されている。その主なものを列挙する。これらは、現在、港湾計画目標を求めるのに、しばしば用いられているものである。

A) 全国港湾取扱貨物ならびに旅客の予測

a. 国の経済計画の諸値を求める方法

国の経済計画を定める場合、国際収支のバランスをとるため1国内主要産業の輸出、原材料の輸入の規模をきめる。これは主要品目の需給関係が明らかになることであり、特に外国貿易関係の数値はこれによって求めることができる。

b. 相関法・回帰法

図 - 2.3 に例示したように、港湾取扱貨物・旅客の質と量は、ある要因の関数関係にあることが多い。これに着目、過去の実績からこれらの関係を明らかにし、相関式・回帰式を求め、媒介変数の将来の予測値を a の方法等から求めて、推測する方法である。しかし、a 自体がなかなか実際と合わないのが現実である。

c. 経済構造モデル

地域産業の発達、消費性向、運賃指向、輸送距離、外貿にあたっては国際収支、他地域との結合度を考慮に入れ、海上輸送量を計量経済モデル化して解く方法である。わが国では地域の港湾取扱貨物の推計にその一部が用いられているが、全国作業ではおこなわれていない。貨物の種類別、地域の特性値がでて、b の方法より信頼性があり、理論的ではあるが、基礎資料となる諸統計値が整備されていない。また、作業が複雑で、費用もかかる割に、それだけの成果は期待されていないとみられている。

d. 積み上げ法

主要各港の推計値を全国について総計する方法であるが、a～cまでの方法によって得た

ものと一致しない。一番理論的で簡単なわけであるが、幾分大きな値ができるのが欠陥である。これは、各港の発展の希望値が入り込むので当然起る現象である。

e. 傾向線手描法等

従来の傾向線の特徴から将来へのばし、予測する方法である。

B) 各港別取扱貨物および旅客の推計

各港別の推計に際しては、必要に応じてつぎのように類別しておこなう。外貿・内貿別、出入別、公共・専用別、貨物品目別（最小限度、油類、ばら荷、木材、漁獲物、雑貨の区分は必要である）、施設対象別、陸上輸送機関、はしけ等、港湾と背後地連絡輸送経路別、仕出地・仕向地別、定期・不定期船別、航路別あるいは扱業者別等である。推計法は1)の方法が準用されるが特徴的なものはつぎのとおりである。

a. 勢力圏法

東が「港湾計画論」で提唱した方法である。これに対して栗栖が補正した。港湾は輸送経済におけるターミナルポイントであるから、輸送対象がいろいろな輸送機関によって何処から運ばれてきた、何処かへゆく。これを仕出地・仕向地という。ある港における仕出地または仕向地の集合圏をその港の勢力圏といい、陸上の部分を陸上勢力圏（背後地・後方勢力圏 — hinter land）といい、対岸の部分すなわち、海上勢力圏（前方勢力圏 — fore land）と称する。

両者ともに、港湾の発展に重要な影響を与えるものである。仕出地の供給力、仕向地の需要力がともに港湾計画目標の質と量とを決定づけるからである。一つの港湾において、性格要素別に勢力圏をきめて、この勢力圏内の生産・消費の将来の予測から港湾の計画目標を推計しようとするものである。しかし、実際には商取引その他からこのような理論的な勢力圏が存在することは稀であるので、現在の貨物の流動を調べて、それが将来どう変わるかを照査する等の修正をおこなうとよいと思われる。

b. その他の方法

aで述べたほかに、補間法（外挿法）、コログラム法、回帰分析、時系列分析、自己相関法、直接予測法、弾力性理論、産業連関法等が、その勢力圏についておこなわれる。その手法の範囲も広い。

この場合、隣接する港湾を含めて、広域港湾として推計し、相互の将来の動向を勘案して、細部推計をおこなう等の作業をおこなうと、矛盾のない、より精確な推計値が得られよう。

第 3 章 バース数の算定法

3.1 概 説

港湾の根幹施設は泊地・ふ頭である。港湾計画目標の予測により、乗降客、港湾取扱貨物量が求められると、港湾に出入する船舶、陸上交通機関の交通流に関しての情報をうる。

適当なバースの所要数の算定がおこなわれる。このバース数が求められると、航路・泊地および

けい船岸の船級別数量が求められ、泊地ふ頭の性格と規模を決定する基礎が得られる。

このバース数を求める方法につきの方法がある。

1) 原単位法（経験法）

1 バース年間の取扱貨物量を、港湾荷役能力等から定めておいて、予測された取扱貨物量から求める方法。1 バース年間の取扱貨物量は経験的に定めるが、各港の特殊事情が科学的に加味されない欠点がある。

2) 港湾常数値を用いる方法

1)の方法は、年間平均的な取り扱いで毎月・毎日のピーク時の取り扱いに欠けている。船舶・貨物の流動における時間変動を考慮に入れた港湾常数を用い、計画目標から施設規模を推算しようとするもので、栗栖がいろいろの港湾常数値を提案した。1)の方法よりすぐれている。栗栖の提案した港湾常数は (1)入港船波動率、(2)船舶載貨率、(3)船舶荷役率、(4)接岸率、(5)経岸荷役率、(6)在港時間およびけい船時間などであり、主として、統計的処理をもってそれらの値を各港において求め、これを基礎に「ありうべき港湾常数」を計画上の港湾常数として、港湾規模決定に用うべきだとした。

3) 費用最小法

港湾を通過するために、貨物・船舶等交通機関および施設等、式(1.2)で示されるように費用を要する。§1.5に述べた考え方にたつて、費用解析をおこなって、合目的な適正なバース数を合理的に求めようとするものであって、費用関数式をつくり、その最小値が得られるようなバース数を適正解とする。用いる理論によって、在庫理論方式、待ち行列理論方式とに大別される。これらはいずれも、港湾への投資額と、得られる輸送費、もしくはその節約を費用とするが、後者は、本来、直接便益ともみられるもので、間接効果の評価を含んでいない。間接効果は、計測できず、またこの項の含んでいない費用最小法は、不十分なものだとして、目的にある技術水準を支え、これをうるための建設費および維持管理費の最小値をうるがごとき、計画法も考えられる。

3.2 在庫理論による方法

簡略計算法である。上述のように年間の入港隻数が分れば、毎日の在港分布は近似的に図-3.1のようにポアソン分布法則にしたがうとして累積相対度数分布 P_x 折線が描ける。最適なバースを S_0 。とすると、 $X > S_0$ の状態と $X < S_0$ の状態すなわち、バース待ちが生ずるか、バース遊休が生ずるか何れかである。もちろん、丁度よい状態もある。バース遊休が生ずるときは、バースの損失 a 円/日とし、バース待ちが生ずるときは船の損失 b_1 円/日とする。バースが使えれば遊休がなくなるばかりでなく、貨物が合理的な荷役を得る利益 b_2 円/日 も生む。在庫理論にしたがえば図-3.1のような分布を示す場合、損失が最小になるような S_0 の存在は次式で示される。

$$\sum_{0}^{S_0-1} P_x(X \leq S_0 - 1) < \frac{b_1 + b_2}{a + b_1 + b_2} < \sum_{0}^{S_0} P_x(X \leq S_0)$$

..... (3.1)

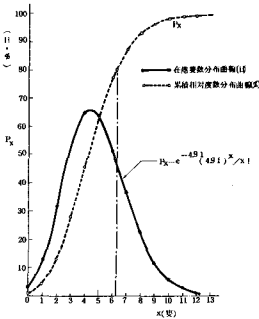


図-3.1 在港隻数分布ならびに累積相対度数分布

いま、 $a = 24$ 万円/日、 $b_1 = 80$ 万円/日、 $b_2 = 14.6$ 万円/日 とすれば、 $(b_1 + b_2)/(a + b_1 + b_2) = 0.798$ となり図 - 3.1 より、7 バースがよいと算定される。

年間を通じて70日ぐらひは、何隻かのバース待ちを生ぜしめている状態である。

3.3 待ち行列の理論による方法

§ 3.2 の方法は、毎日の状態からバース数を決定したが、バースの遊休といつても、バースの利用率がどうなるのか、また入港船がどの程度待てばよいのかわからない。このようなことは港湾管理上また、船側からみても、困ることである。このようなことから、待ち行列の理論による計画法が、神戸港の摩耶ふ頭の建設で始めて試みられてから、その後各国で用いられるようになった。この場合、ふ頭における損失は、§ 3.2 と同様に考え、 C を期待損失額 (円/年) とすると、

$$C = (365 \cdot S - \frac{n}{\mu}) a + n t_w b_1 - \frac{n}{\mu} \cdot b_2 \dots\dots\dots (3.2)$$

したがって1日損失額 c (円/日) は

$$c = S \cdot a - (a + b_2) \rho + \lambda t_w b_1 \dots\dots\dots (3.3)$$

ここに S はバース数、 μ は1日サービス隻数、 t_w はポアソン到着指数サービス型のときの平均バース待ち行列の隻数、 n は年間入港隻数、 λ は1日入港実数平均値、 a 、 b_1 、 b_2 は § 3.2 と同じである。 ρ はサービス係数、バースの利用率に関係ある*。 S を媒介変数に、1日費用曲線を λ/μ の関数として描くと、図 - 3.2 を得る。この図から λ 、 μ の関係さえわかれば、最適バースを求めることができる。いま、 $\lambda = 2.5$ (隻/日)、 $\mu = 0.4$ (隻/日) とすれば $\rho = \lambda/\mu = 6.25$ となり、10 バースと求められる。一般に船舶の到着はポアソン到着、在港時間は指数型の分布をするとしているが、公共雑荷ふ頭ではこの仮定はそう大きな間違いではないと思われる。この場合については、 a_1 、 b_1 、 b_2 のいろいろな値に対して計算をおこなっている。しかし単位荷役能力 (例えばギャングの能力、荷役機械の能力) が正規分布型でなく、また積荷量が指数分布と著しく異なったような場合、もしくは他の要因によって、これらの仮定が成立していることもある。アールン分布法則について、単一バースについて解かれているほかに、相の小さいものについては、複数バースの場合についても解かれるようになった。これらの図表が用意されると、この方面の応用分野は広いものとなろう。特殊なものについては、シミュレーションによって解くことができる。フランスではダンケル港で干満潮差による潮待ち、ドックの影響を考慮した解がこの方法で考察された。これらの方法は、1 船のバース待ちがどのぐらひ

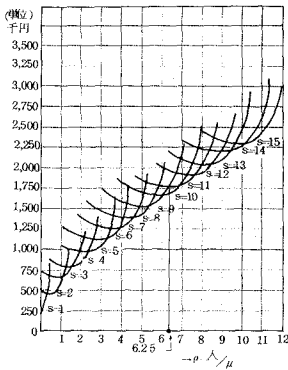


図-3.2 λ/μ の変化に対する経済的バース

(註) * ρ は単一バースのときはそのままバースの利用率ともみなされる。複数バースのとき、これをバース数で割ったものがバースの利用率となる。図-3.2 では、 $\rho_s = \rho/10 = 0.625$ すなわち63%、すなわち10バースのうち6~7バースが使われている状態が好ましい利用状態を示しているといえる。また複数バースの場合、利用率はあがる。同一目的のバースは、一体に施設を配置する計画がよいのは、このためである。

になるか、荷役速度を改良したらどうなるか、その分布形を変化させたらどうなるか、待っている隻数がどんな状態であるか、船舶運航、港湾管理面からも有力な資料を与える。

いずれにしても、このような計画法は、現在のところモデルが簡単で、港湾におけるいろいろな要素を含んでいるとは言い難いが、合理的な計画法への第一歩を進めたいというべきであり、すべての港湾へ容易に適用できるよう計画の標準化が強く望まれる。

3.4 港湾における時間と費用

式(1.2)に示したような費用関数のもっとも簡単なものは、式(3.2)、(3.3)に示されたが、港湾における貨物の流れと輸送機関およびバース等の施設との関係は図-3.3に示される。いままでの試算の例では、船舶の停滞による費用の損失がもっとも大きく、ついで岸壁などの施設、貨物、上屋、荷役機械等の費用は、それに比べて小さい。したがって式(3.2)、(3.3)は式(1.2)をかなりよく代表している。図-3.3は図-1.5をさらに詳細に分析した。すなわち、港湾において時間と費用を要するということは、つぎの原因に基づくものと容易に推察される。

- ① リンクの数が多いこと。
- ② これは、輸送の転換が港湾の中でさらに多くおこなわれていること。
- ③ リンクの回転速度が同期せず、図-3.4で示されるように、遊休停滞(induced delay)が生じていること。船舶でいうならバースの待ち、荷役待ち、雨天のための遊休といったことである。

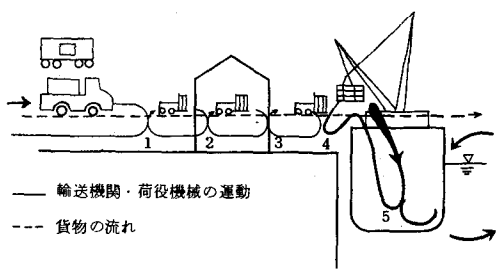


図-3.3 港湾におけるリンクの構成

これらは、施設の種類、規模そして配置に関係する。しかし船舶の運航の仕方、荷姿の問題、港湾における施設の管理利用の仕方にも関係する。広くいえば、輸送体系の問題とも関係する。したがって、港湾施設の計画の場合でも、輸送、荷役の方式、港湾管理の方式をどうするかといった問題が、自然条件と同様に、計画をする場合の計画条件として考慮されねばならない。このようにして、港湾における時間と費用は分析されるのであるが、相互に関連しており、その構成は図-3.5に示されている。

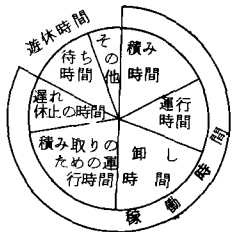


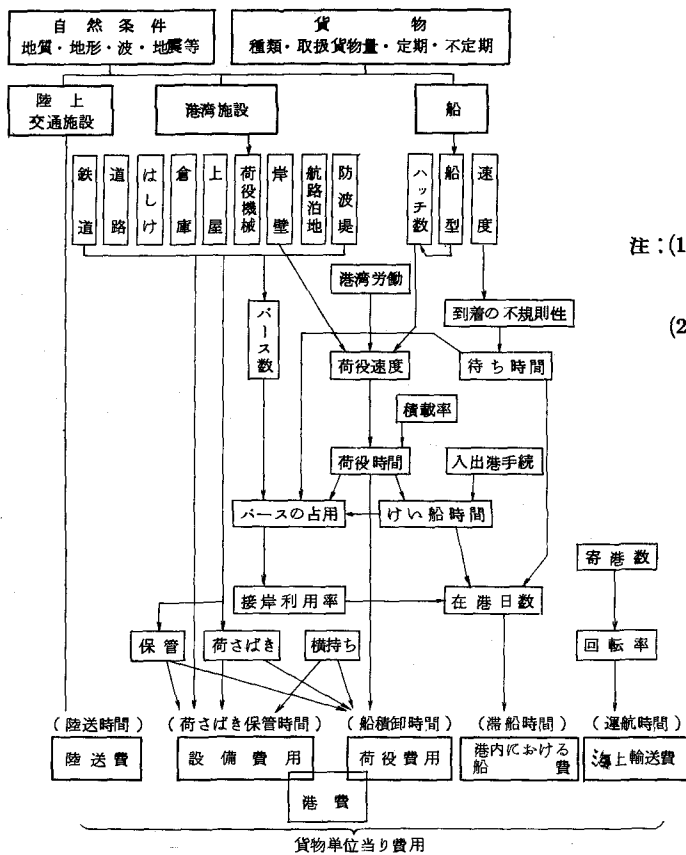
図-3.4 1つのリンクの回転時間構成

3.5 船舶の挙動と遊休時間の算出

費用関数を求めるとき、船の在港時間、また、図-3.4に示したような稼働時間、遊休時間といったものが求められなくてはならない。

待ち行列理論等によれば、船の入港到着の仕方、港内における在港時間分布これは、荷役能力とも関係するが、これらがある法則にしたがえば、バース数をパラメーターに遊休時間が理論的に求められる。

いま、わが国の主要港について、入港到着の仕方、けい岸時間の分布の2～3の例を示すと、図-3.6、図-3.7のようである。



注：(1) 実際の運賃、港湾運送事業費、使用料等の区分体系とは異なる。
(2) 港湾における「貨物単位当り費用」とは貨物が上屋の戸前から、港の口を出るまでの一切の費用（ただし、港湾機能に無関係の関税等は除く）。

図-3.5 港湾に消費される時間と費用の構成

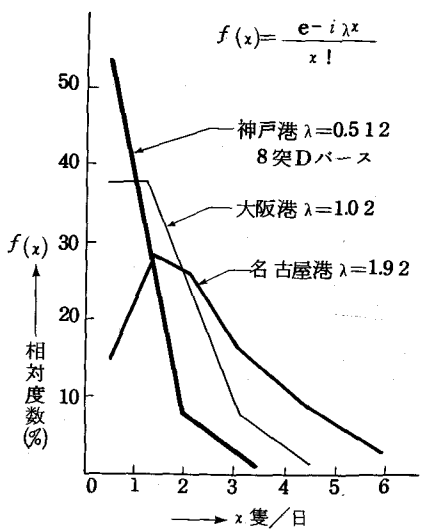


図-3.6 (1) 到着隻数分布(λ)

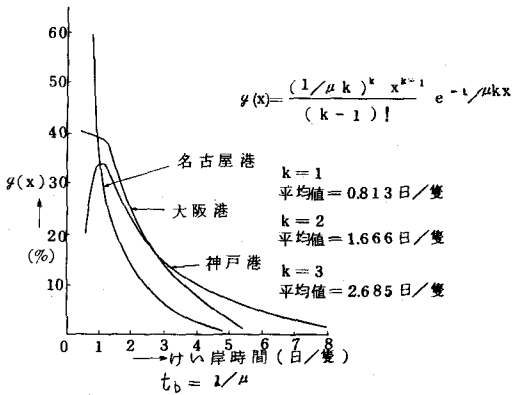


図-3.7 けい岸時間分布(t_b)

1) 単位時間内に到着する船の隻数を λ とし、これがポアソン法則 Poisson distribution で、けい岸時間 t_b が指数法則 exponential distribution にしたがう場合。この種の解は古くから研究されわが国でも、1958 年神戸港摩耶ふ頭の計画の場合取り扱われたほか、G. Schulze が東独の港でも応用している。この場合単位時間に x 隻同時に到着する確率は $\frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$ である。またけい岸時間の指数型分布は、 $P_0(t) = e^{-\lambda \mu t}$ となる。この場合 $K=1$ なら指数分布、 $K=\infty$ なら一定のけい岸時間を意味する。 P_0 は 1 船のけい岸時間が t より長く続く確率でけい岸時間の平均値を t_b とすれば $t_b = 1/\mu$ ここに μ は t_b の逆数で、単位時間にサービスする隻数。こうすることによって一つのバースを占有している率は、 $\rho = \lambda/\mu$ となり、 S バースあれば $\rho = \lambda/S\mu$ になる。この ρ はバースの利用率ともいべきものである。この系のバース待ち時間の平均値は、

i) バース 1 つのとき $S=1$

$$t_q = \frac{\lambda}{\mu} \left(\frac{1}{\mu - \lambda} \right) = t_b \left(\frac{\rho}{1 - \rho} \right) \dots\dots\dots (3.4)$$

ii) S バースのとき

$a = \rho S$ とすれば

$$t_{qs} = \frac{1}{S\mu} \frac{S_a^s}{(S-1)!(S-a)^2} \Delta \dots\dots\dots (3.5)$$

ここに

$$1/\Delta = 1 + \frac{a}{1!} + \frac{a^2}{2!} + \dots\dots\dots + \frac{a^s}{s!} \left(\frac{S}{S-a} \right)$$

いま $S=2$ ならば

$$t_{q2} = t_b \left(\frac{2\rho^2}{1-\rho^2} \right) \dots\dots\dots (3.6)$$

となる。

式 (3.4)、(3.6) を用いて、いろいろな ρ の値について計算すると表-3.1 を得る。すなわち ρ が同じでも S が増えると待ち時間は急激に減少するという興味ある事実を理論的に証明している。式 (3.4) ~ (3.6) に、港における船の一日あたり費用を乗ずれば、船に関する在港費用が求められる。また t_q に t_b を加えたものに貨物の金利を乗ずれば、貨物の在港中の在庫損失費用が求められる。

表-3.1 ρ と t_q との関係

ρ	0	0.25	0.5	0.75	1
$\rho/1-\rho$	0	0.33	1	3	∞
$2\rho^2/1-\rho^2$	0	0.13	0.66	2.4	∞

2) 規則性が加味されての船の到着、在港日数が分布する場合。図-3.6、図-3.7 のような分布図を求めたとき、一般に不規則性の適合度の検定に合格せずある規則性が認め

られる場合が生ずる。この場合の数学的取り扱い、やや難解となるが、次第に解法が究明されつつある。J. P. Chapon はこの種の分布を示す港での船の挙動の解析をつぎのように説明している。すなわち船は、ある待ち合い室に入り、規制子 l の中へ入ってゆく単位の交通と考える。この場合この交通は $A'_0(t) = e^{-\lambda t}$ の法則にしたがって規制子 l を横切るものとする。ここでバースに到着する平均到着隻数は λ である。一方 $S'(t) = e^{-K\mu t}$ の法則にしたがって等しい単位量を

連続的に放出しなければならないK個の仮想のバースを持つ系を考える。続く単位量は、その前の単位量が一番最後のバースを離れたとき始めて一番最初のバースに入れるものとする。このとき全けい岸時間の平均値は、 $t_b = 1/\mu$ のままであり、その分布型は $P_0(t) = e^{-k\mu t} \sum_{x=0}^{k-1} \frac{(k\mu t)^x}{x!}$ なる表現に対応するような法則にしたがうことになる。一般にこのような分布型をアーラン分布 **Erlangian distribution** と呼んでいる。到着の規則性、けい岸時間の規則性は、パラメーター l 、 K の値で示される。a)で述べた従来の考え方はこの値が1であるとしたものにはかならない。完全な規則性はこのパラメーターが無限の場合に相当する。したがって実際の港について、この相 **Phase** を明確にすることが必要となってくる。P.C.Omtvedtが1961年報じたサントス Santos 港、コロombo Colombo港、オスロ Oslo 港では、到着は指数分布であったが、在港日数はアーラン分布であった。J.P.Chaponの1960年から1961年にかけてのルアン Rouen 港での観察では、到着は指数分布を示すバースの他に、2次～4次までのアーラン分布を示すものがあった。またけい岸時間の分布は3次から6次までいろいろな分布をしめすことが観測された。このように、いろいろな組み合わせが生ずるわけであるが、以下簡単に解への手順を述べる。

i) 到着がポアソン法則、けい岸時間がK次のアーラン法則にしたがう場合

$$t_q = t_b \left(\frac{\rho}{1-\rho} \right) \left(\frac{K+1}{2K} \right) \dots\dots\dots (3.7)$$

けい岸時間が一定なら $K = \infty$ となり、けい岸時間が指数分布に対応する(3.4)式と比較して、待ち時間を半分にすることができる。

ii) 到着が l 次のアーラン法則にしたがい、けい岸時間が指数分布をするときは、

$$t_q = t_b \times \left(\frac{\nu l}{1-\nu l} \right) \dots\dots\dots (3.8)$$

ここに ν はつぎの方程式の根である。

$$\rho l = \nu^1 + \nu^2 + \dots\dots\dots + \nu^i + \dots\dots\dots + \nu^{l-1} + \nu^l \dots\dots\dots (3.9)$$

一般にアーランの式のパラメーターおよびバースの利用率 ρ を同じとすれば、けい岸時間が一定の場合 ($K = \infty$) よりも到着隻数が規則的である方が待ち時間は少なく、これは経験的な事実とも一致する。

iii) 到着が l 次のアーラン法則にしたがい、けい船時間がK次のアーラン法則にしたがって分布する場合。

この場合は、理論の一般解はまだ求められていないので、シミュレーションSimulationによって解くほかはない。 l 、 K の値を次第に増すと、待ち時間は減少し、値を ∞ にするとバース待ちという事態は解消するに至ることは当然である。

iv) 逆に指数分布よりもっと不安定な到着間隔分布、荷役時間の分布が実際に生ずることも考えられる。事実、月末集中、夜間荷役中止、週末遊休制の実施の傾向は港湾機能が連続的に作動することを妨げる。M.VenturaはエチエンヌÉtienne港で、この種の問題を電子計算機によって解析したが、このような精度でおこなうことはまれであり、一般に、1)もしくは2)のiからiiiまでの取り扱いで港における船の挙動を調べることができる。もっともバース数が1つのときはこの種の解は、パラメーター σ を用いることによって容易に解くことができる。例えば到着が指数法則にしたがい、けい岸時間が j 次の超越指数法則にしたがうものとするとき平均

の待ち時間は

$$t_q = \frac{1}{\mu} \left(\frac{\rho}{1-\rho} \right) \frac{1}{4\sigma(1-\sigma)} \dots\dots\dots (3.10)$$

であらわされる。ここに σ は次式で求まる。

$$j = 1 + \frac{(1-2\sigma)^2}{2\sigma(1-\sigma)} \dots\dots\dots (3.11)$$

いま4次の超越指数法則にしたがうものとすれば $\sigma = 0.10$ となり、待ち時間は指数法則にしたがうけい岸時間の分布の場合、すなわち式(3.4)と比較して2.8倍となり、 $j = 10$ のときは $\sigma = 0.05$ したがって前例のさらに約2倍となることが判明するが、このようなことは、われわれの経験からも十分に首肯できる結果である。

V) ダンケルク Dunkerque 港、サウスウエールズ South Wales 港では水門、閘門の通過、潮の干満の影響で、在港日数の分布は極めて複雑な分布をしめした。これについては M.R. Guittnean D.T. Steer & A.C.C. Page がそれぞれ研究をおこなっている。最近、わが国でも、尼ヶ崎、関門海峡でこの種の研究が試みられた。

VI) 以上に含まれる理論的解析は、複数バースについて実情にあった管理利用形態いずれの場合についても可能というわけではないが、近年著しく進歩している。

第 4 章 泊 地 ・ ふ 頭 計 画

4.1 概 説

実際には、港湾施設の機能はこのような輸送の節約のみではなく、生産への寄与、地域開発、所得の増加への寄与として考えられるのであるから、式(3.2)のみの定式化では不十分であろう。しかし、港湾施設が基本的には輸送の要請に答えるものであること、またその輸送機能を通じて、生産、地域開発、所得の向上等に波及していくものであり、その度合は輸送上への寄与の程度の関数として表示される性格のものである。したがって、目的を明確にし、これを定量化しうるならば、式(3.2)で示されたような目的関数を求めることによって、この関数を最小にする、あるいは便益を最大にするような施設の種類と規模と配置をきめてゆくことができよう。

図 4.1 は港湾におけるバースの規模 S と利用率 ρ_1 、積荷量 (ζ)、荷役速度 (μ_2) の関係を図示したものである。一港において荷役量を多くし、荷役速度 μ_2 を上昇させれば、港湾における費用は軽減する。もしこれが輸送企業上一定値をとるならば、それに応じた適性な、すなわち輸送費を最小ならしめるバースの規模が存在することを示す。この場合といえども、完全に図 3.3 で示したリンクの中での遊休が消失するわけではない。しかし、バースの使用効率が良いということが良い港湾施設計画ではなく、多くの場合、図 4.1 のように、最適状態において、バースのみからみれば、40~60% の使用効率しか示されていないこともある。施設を遊ばせても船舶に大きな遊休を生じさせない方がよいという評価が定量的になされ得るのである。もっとも、すべての港湾について図 4.1 のことがいえるわけではない。個々の港湾によって、貨物の流動、荷役の可能な方式、船

船舶の運航、港湾内での挙動、港湾の管理の仕方が違うからである。もちろん自然条件も違うであろう。港湾は有機体であるという認識は大切なことである。しかし、少なくとも、評価に関する一つの方法論がここに示されたといえよう。いずれにしても、このようなことからバース数が求められれば、泊地、ふ頭の規模は容易に求められる。この場合、船の荷役量 ξ 、荷役速度 μ_2 等、船舶入港の仕方等について、あらかじめ予知される場合、図4.1のように適正なバースの数とともに、その利用

状態が算定されるので、以下のように簡単に泊地・ふ頭の規模をきめることができる。

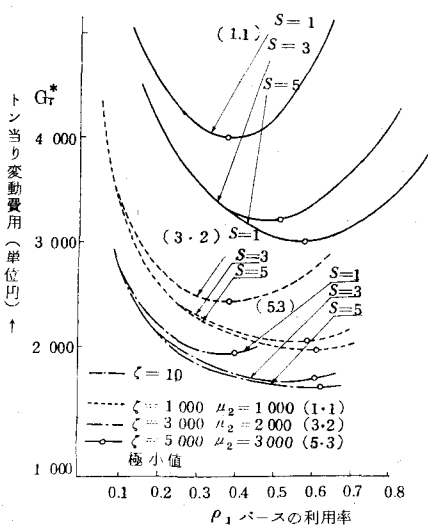


図-4.1 バースの規模(S)、積荷量(ξ)、荷役速度(μ_2)とバースの利用率(ρ_1)、輸送費用(G_T^*)との関係

4.2 バース数推計のための簡略式

泊地の広さ、けい船岸延長を概定するためバース数を速やかに推計したいと思うとき、第3章の結果を整理して次式によることができる。ただし、輪移出入、貨物品、船級別にバース水深別におこなうことが必要である。

$$S = \alpha \cdot \lambda_1 \cdot t_b \dots\dots\dots (4.1)$$

ここに

- S : バース数
- α : バース係数
 - 1.5 ~ 2.5
 - 複数バースで先着順バース指定のとき 1.5
 - 単数バースもしくは複数バース優先使用のとき 2.0
 - 専用使用のとき 2.5

ただし、定期発着などでバース待ちが生じないとき、1.0とすることができる。

λ_1 : 1日平均入港隻数

年間取扱貨物量(計画目標) V より求めるとき、平均1船当たり荷役量を ξ として次式による。

$$\lambda_1 = V / 365 \cdot \xi \dots\dots\dots (4.2)$$

t_b : 1隻平均在港日数

1日荷役能力 μ_2 (t/日)とすれば

$$t_b = \xi / \mu_2 + t_D \dots\dots\dots (4.3)$$

ただし、 ξ / μ_2 は荷役時間、 t_D は港によってきまる入出港準備時間

したがって、バースの年間貨物取扱能力は次式で求められる。

$$V / S = 365 \xi / \alpha \cdot t_b \dots\dots\dots (4.4)$$

日発定航のような場合、 $\alpha = 1$ 、 $t_b = 1$ であるから次式のように求まる。

$$V / S = 365 \xi$$

[計算例]

μ_2 は一般雑貨外航船のとき、普通1日、1,000 t、ふ頭7レーンを用いるとき1,500 t。夜間荷役もおこなうとすれば、この2~3倍の能力を期待できる。 t_D は終端港で1.0~1.5日、寄港港で0.5日。

1. 年間100万t、平均1船当たり荷役量(積卸量)2,000t、終端港で夜間荷役はおこなわないと

きの先着順バース指定の一般雑貨、外貿ふ頭の能力を求める。

$$(4.3) \text{ 式から } t_b = \frac{2000}{1000} + (1.0 \sim 1.5) = 3 \sim 3.5$$

$$(4.2) \text{ 式から } \lambda_1 = \frac{1000000}{365 \times 2000} = 1.37$$

$$\alpha = 1.5$$

$$\therefore S = 1.5 \times 1.37 \times (3 \sim 3.5) = 6.3 \sim 7.1 \div 7$$

このときのバースの年間能力は

$$V/S = \frac{1000000}{7} = 143000 \text{ (t)}$$

もし、これ以上扱うと、入港船はバース待ちが多くなり、これ以下に少ないならば、バースの遊休損失を生ずる。神戸港・横浜港の外貿ふ頭はこれに似た状態にある。

2. 年間50万t、平均1船当たり荷役量500t、寄港港、夜間荷役をおこなう。先着順バース指定の場合。

$$t_b = \frac{500}{3000} + 0.5 = 0.67$$

$$\lambda_1 = \frac{500000}{365 \times 500} = 2.7$$

$$\alpha = 1.5$$

$$\therefore S = 1.5 \times 2.7 \times 0.67 = 2.7 \div 3$$

このときの1バース当たり年間能力

$$V/S = \frac{500000}{3} \div 170000 \text{ (t)}$$

清水港・名古屋港はこれに似た場合である。ただし、夜間荷役の取り扱いの実情に沿って想定しなければならない。

3. 1例の場合で、平均1船当たり荷役量が4,500tとなり、荷役機械を使用した場合を考える。

$$t_b = \frac{4500}{1500} + (1.0 \sim 1.5) = 4 \sim 4.5$$

$$\lambda_1 = \frac{1000000}{365 \times 4500} = 0.68$$

$$\alpha = 1.5$$

$$\therefore S = 1.5 \times 0.68 \times (4 \sim 4.5)$$

$$= 4.1 \sim 4.6 \div 5$$

このときの1バース当たり年間能力

$$V/S = 1000000/5 = 200000 \text{ (t)}$$

このように1例と同じでも荷役量、荷役速度の変化でバースの能力は14万tから20万tに上昇する。

4.3 泊地・ふ頭の規模の決定

図-4.2は泊地・ふ頭における船舶のけい留方法とバースの広さの標準を示す。第3章もしくは、

§ 4.2 により、バースの貨物取扱能力、所要バース数が求められれば、船級ごとのバースの広さAを知って、泊地・ふ頭の規模を求めることができる。この場合、船型別、外航・内航別、貨物別、定期船・不定期船別、公共・専用別等、利用・管理形態の区分によって、泊地・ふ頭の規模を決定する。

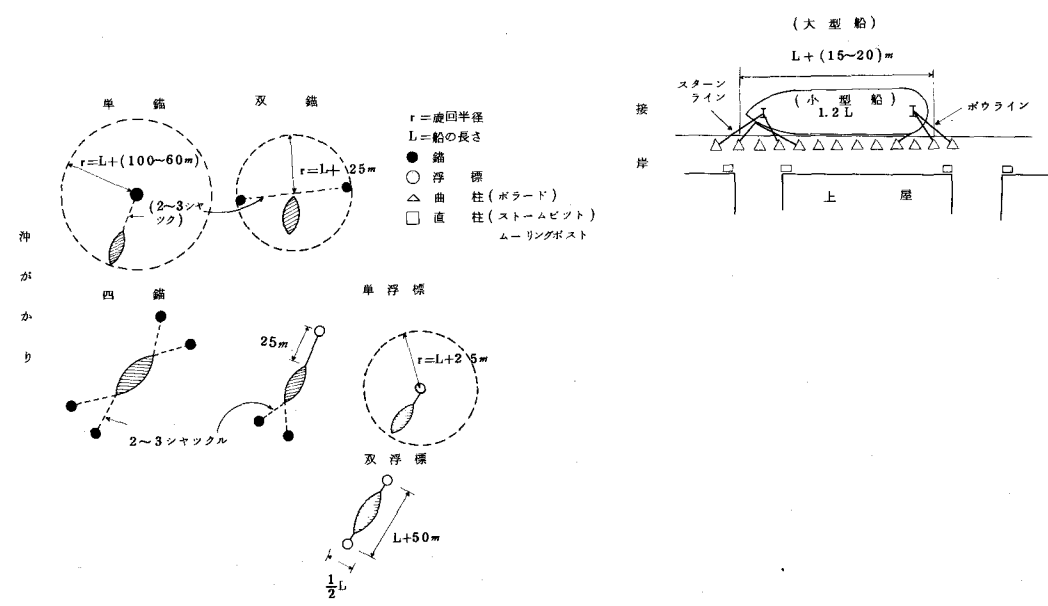


図-4.2 船のけい留方法とバースの広さの標準

4.4 ふ頭施設配置

ふ頭に課せられた機能によって、ふ頭施設配置を考える。そのおもなものを図 4.3 に示す。

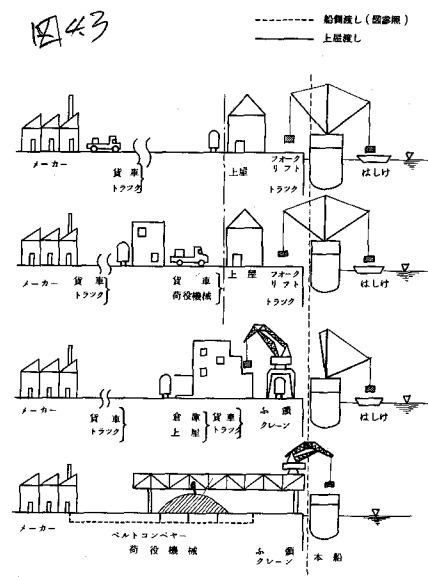


図-4.3 ふ頭施設配置の各型式

4.5 ふ頭の平面形状

1) ふ頭の平面形状

ふ頭形状は大別して平行式 (marginal type) と突堤式 (jetty type) およびその複合式とがある。平行式とは、水際線に接して、もしくは離れて平行にバースを連ねたものである。離れたものはその形状からしてさらに図-4.4のように、L型ビヤ、T型ビヤ、デタチット (Detached) ビヤ等の名称が与えられている。

これに対して直角またはある角度で突出したふ頭を突堤式と呼んでいる。(図4.5) 両面をバースに使用できる。平行式に比べて、船は沿岸に直角または斜めにけい船する。中継積換えを容易にするために、大型船バースを外側両面に、小型船バースを内側両面に設けたものを特にふた子式ふ頭ということがある。船車連絡、フェリーターミナル、L.S.T.等の接岸施設は特殊の形をしている。

この2つの基本形式は、表4.1に示すように特徴とおおのの利害得失を持つ。この表から明らかなように、突堤式は集約された機能を発揮でき、多数の船舶を収容できる利点があることから、公共雑貨ふ頭、定期船ふ頭また石油ターミナル等に採用される。一方平行式は、大量の貨物を取り扱い、貯留等のおこなわれる輸送形態もしくは、生産設備に連続する専用専門ふ頭に多く採用されて、優れた機能を発揮している。両者の長所をとり入れて、図-4.4の右側に示したような複合型が、近代式ふ頭のモデルとして推奨されている。

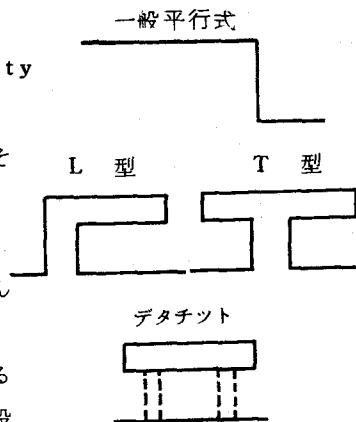


図-4.4 平行式ふ頭

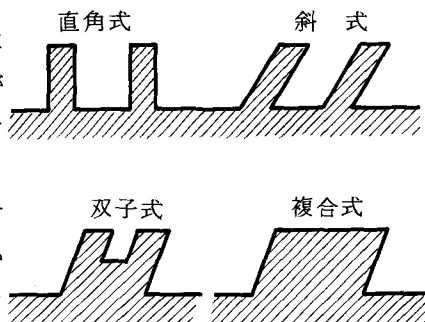


図-4.5 突堤式ふ頭

表 4.1 ふ頭形状の比較

(平 行 式)

(突 堤 式)

1. 前面水面積が狭い河川、運河沿いに設けられる。
2. 航路が一つであるから輻輳する。水路の維持が困難な場合有利。
3. 前面水深が急勾配で深くなっているときに適す。
4. 泊地を広くする。接岸バースは少なくなる。
5. 背後地が広大であるので、貯留地、生産工場のレイアウトが容易。
6. 水面、土地が得安い場合に有利。
7. バースの融通使用が可能。
8. 臨港交通施設の引き込み、運航が容易。また一方通行が可能。
9. 将来の発展への柔軟性がある。たとえ

1. 前面水面積が広く、航路が自由にとれる場合に設けられる。
2. 水路の維持が困難な場合に不利。水深条件の良い港では有利。
3. 遠浅で前面水深が岸から離れないと所定の水深に達しないとき有利。
4. 接岸バースは多くとれる。しかし泊地は狭くなる。
5. 背後地が狭く、貯留地、生産工場までの横持距離が長くなる。しかし、船舶間の仲継輸送には有利。
6. 水面が貴重の場合有利。
7. バース使用の柔軟性に制限がある。しかし、陸上施設の共同等ができる。
8. 臨港交通施設の引き込みは固難で、運行

ば、棧橋式によって、突出せば、大型船をけい船しうる。

は前後方向になる。

9. 集約管理・利用ができる。将来への改良は困難であるのでふ頭の幅、間隔等、当初計画の際、見込んでおかなければならない。

2) ふ頭群の平面形状による湾港の形状

ふ頭群の形状によって図 4.6 のような名称がつけられている。左側の系列は、ふ頭が平行式の場合で、右側は突堤式の場合である。前者は広い泊地をもち、背後に広大な陸地を接続する。後者はこれに反して、水面積の割に、水際線の長さが長い。

流通機能としては、右側の系列が、生産機能としては、左側の系列が使われているということは、表 4.1 の優劣の比較からおのずからわかる。また、図の上段の形状は、河川、水路、沿岸に沿って、将来の港湾の発展に制限がない。ただし櫛型と称されるものは、石油ターミナル等特殊なものを除いて、不能率とされ、現在 2～3 本を合わせて、鎖型に改良されつつある。指型のクローズ型は、その機能の集約性から掘込ドック形式の模範としてカンニングハム等に推奨された。ゼノア旧港はこの形をしている。

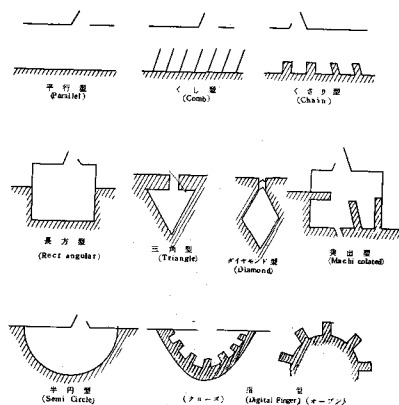


図 4.6 ふ頭群の平面形状

ふ頭の平面形状がふ頭機能に影響する例として、つぎの例が考えられる。すなわち、§ 4.2 の計算例 3 において、バースの能力は 14 万 t から 20 万 t に上昇したが、輸送体系からみるとふ頭上の貨物の横持ちは避けられない。一般に、同性格の貨物を取り扱うとき平行ふ頭の場合 3 バース、突堤式ふ頭の場合 4～6 バースが一体として取り扱える限度とされている。したがって、これ以上になるときは、貨物別なり、航路別または会社別に細分し、優先使用もしくは専用使用によって、バースと貨物の直結を図った方が便利となる。この場合 $\alpha = 2.0 \sim 2.5$ となる。

この場合

$$\begin{aligned} \text{バース数 } S &= (2.0 \sim 2.5) \times 0.68 \times (4 \sim 4.5) \\ &= 5.44 \sim 7.65 \div 6 \sim 8 \text{ (バース)} \end{aligned}$$

したがって、1 例と比較して明かなように、バース数において節約されていない。ふ頭能力も変化してない。しかし、船舶の速発、港湾内における輸送費の低下は著しいものがあることはいうまでもない。

ふ頭の年間取扱貨物量のみを上昇させることが港湾の合理化でないこと、またふ頭の計画にはバースの使用法、管理の仕方、船の荷役量の状態、荷役の方法などによって大きく変わるものであることに注意する必要がある。

自然条件の制約を受けながら、あくまで機能面を中心に理想的な形状を生み出すようにこころがけるべきであろう。

参 考 文 献

- 長尾義三　：　港湾改善の海運におよぼす影響
運輸調査月報、7巻9号、昭和40年12月
運輸省
- 長尾義三　：　最近における港湾計画の手法について
日本港湾協会年次講演会プリント、昭和41年3月
日本港湾協会
- 長尾義三　：　起終点施設計画と土木計画
第1回土木計画学シンポジウム、昭和42年1月
土木学会