

ESCAP 域内途上国港湾における海岸工学上の諸問題

——航路泊地確保に関する事例研究——

ダンコ・コルドロビッチ*・入江 功**

1. はじめに

ESCAP というのは、アジア太平洋経済社会委員会 (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific) の略称で、途上国の経済的社会的問題を解決するために設置された国連の専門機関であり、1974 年まではエカフェ (ECAFE) と呼ばれていたものである。ESCAP 対象域は、西はイランから北はモンゴル、東は日本を経て南は南太平洋のクックアイランドに至るまでの範囲で世界人口の 67% がその中に住んでいる。この ESCAP の一部局である海運港湾水路部 (Division for Shipping, Ports, and Inland Waterways) では、国の重要な経済基盤をなす港湾整備についても数々の技術的協力を実施してきた。

経済の伸びにともなう港湾貨物量の増大、船舶の大型化などにより、途上国の港湾整備は急務となってきている。しかし広い ESCAP 域内では、自然的社会的条件は決して一様ではなく、各地域独特の技術的問題があり、これを克服するため、限られた資金の中で種々の努力がなされてきている。

本報告は、これらを航路泊地確保に関する問題に絞って紹介し、日本の研究者の関心をより一層高めていただくことを目的としたものである。

2. 海運技術の進歩と途上国港湾

海運技術は、大量の貨物を速やかに運び、運送のコストダウン、質的向上をはかることを目標に、過去十余年の間にとくに海洋先進国を中心に急速に進歩してきた。その端的な現れが、オイルタンカーをはじめバラ荷貨物船の大型化、雑貨貨物のコンテナ化による船舶の大型化である。自国の一次産品を輸出し、先進国の工業製品を輸入する必要のある途上国は、好むと好まざるにかかわらず、これら海運技術の進歩にそった港湾整備が強いられてきた。これは航路泊地の拡大、岸壁の大型化、緩衝機構の改良、強力タグボートの採用、荷役機械の大型

化などの形で港の改良が要求されることとなった。ただし、物理的にこれらの新しい要請にこたえられる港はまだしもよかった。歴史的に内水路利用に重点を置いて発達してきた途上国の港湾は、河口港である場合が多く大水深化には不向きである。そのため在来主要港湾の拡大を放棄し、新しく海に大水深港を求める場合、多大な出費を覚悟してもあくまで在来港を拡大して行く場合などが種々みられるようになった。また、島しょ国のように、人口も少なく経済力の乏しい国においても大水深港の整備がすすめられるようになった。以下、これらの技術的問題を代表例をもとに述べたいと思う。

3. 河口砂州と航路泊地

(1) 河口港の大水深化への試みと限界

河口砂州の発達、港湾の近代化、大水深化への障害となっている例は非常に多い。これをまず、タイのバンコク港の場合について、長年にわたり払われてきた努力、到達した結論について述べる。図—1 に示すようにバンコク港はチャオプラヤ川の上流へ約 28 km のところにあり、中部・北部タイへの大部分の貨物は船でここまで運ばれる。チャオプラヤ川の河口には、Bangkok Bar と呼ばれる大きく発達した河口砂州があり、バンコク港に行き来する船舶は必ずこの砂州を通過せねばならない。この砂州を通過する航路は、その断面が幅 100~150 m、深さ 8.5 m (MSL 下) に維持されているが、この航路断面は 1954 年にタイの港湾管理者 (P.A.T.) がはじめて掘削したもので、当時の年平均維持浚渫量は、6・7 百万立米もあった。そこで、1961 年に、この航路埋没量を減らすにはどうしたらよいか、また、将来の船舶の大型化にそなえ、経済的に維持できる航路幅、水深はいくらか等を明らかにする目的で、おそらく当時では最も大々的であったと思われる調査が、オランダのコンサルタントに委託して行われた。調査は、22 カ月にわたって行われ、調査項目、数量はつぎのようであった。すなわち、1 250 km 測線延長の河口域音探、1 240 断面の河川河口音測、650 km 測線延長の河川河口域縦断音測、70 000 点の流向流速、72 500 点の採水とシルト含有量、塩分濃度測定、その他、波浪観測、底質採取と粒度、

* 国連アジア太平洋経済社会委員会 海運港湾水路部長

** 正会員 国連アジア太平洋経済社会委員会 海運港湾水路部港湾専門家

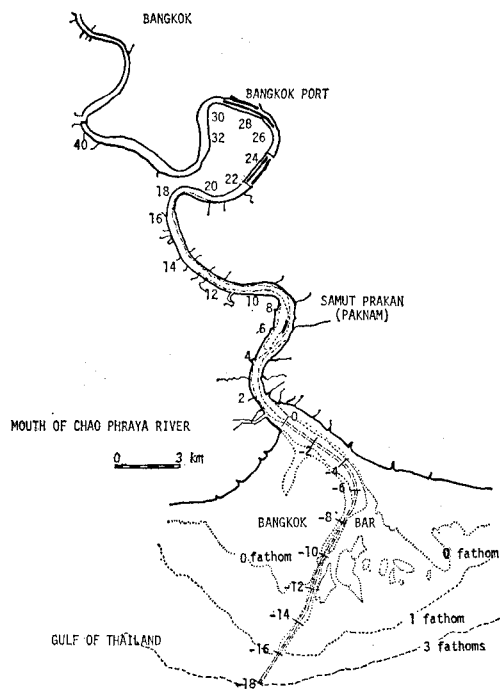


図-1 バンコク港河口砂州と航路 (P.A.T.)

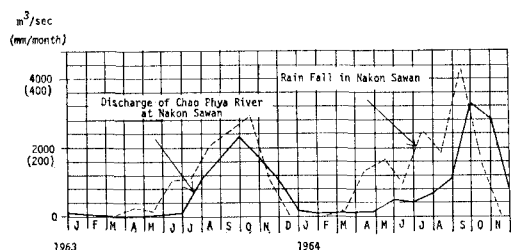


図-2 チャオプラヤ川の雨量と流量

密度、色調、磁鉄鉱含有量、鉱物分析および地質調査ボーリング、海底貫入テストなどが実施された。図-2 に示すように、チャオプラヤ川の雨期の流量は大きく変わる。上記調査の結果、図-3 に示すような塩水楔の河口との相対位置と河川流量との関係が明瞭にとらえられた。感潮域は、チャオプラヤ川の 160 km 上流まで及び、タイ湾から侵入して来る波は河口砂州の浅瀬によりエネルギーを失い、河川には侵入しないこともわかった。河口砂州は、MSL、以下 16 m まで 1 250~1 500 kg/m³ のシルト粘土よりなるゆるい軟弱層であり、砂州を通して沖合いへ流れる河流のみおすじは、1 年に 30 m の割合で東へ移動していることも推定された。以上のような調査成果をもとに、水理模型実験がネーデルランドのデルフト水理研究所で実施された。20×40 km² の河口域が、水平縮尺 1/500、鉛直縮尺 1/100 にて模型に再現され、相似則は、淡水と塩水との二層流が相似になる

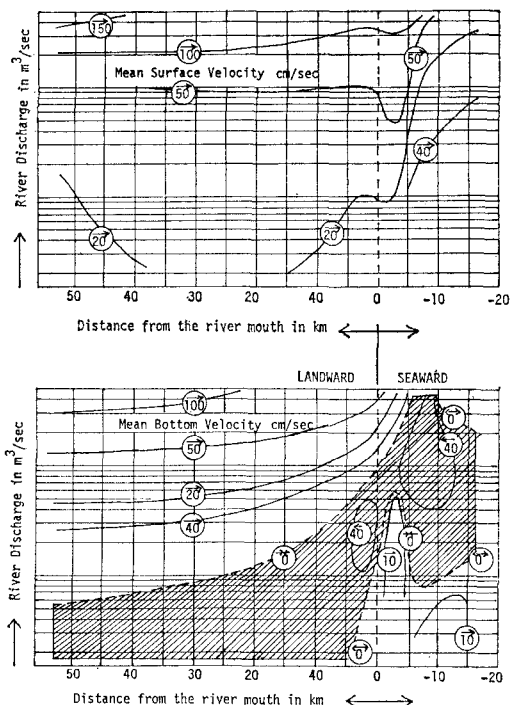


図-3 塩水楔の移動 (P.A.T.)

よう定められ、模型の沖側からは、塩水を起潮しつつ供給し、河川からは淡水を流した。模型内のシルト埋没については、底質浮遊に関連する流れに着目し、その変化から現地調査値との相関を利用しつつ判断している。実験の結果

(イ) 河口沖において、潮汐の残留流れが東向きに強く、これによる底質供給を阻止するため、航路上手に 4 km 長さの Jetty を設置する案。

(ロ) 航路筋をみおすじにあわせ、埋没量を減らす案などが提案された。しかしタイ政府当局は、現状の航路断面ですら 6~7 百万立米の維持浚渫量を必要としている現状にかんがみ、バンコク港の大水深化は事実上放棄された。現在は、タイの東部海岸に新しく大水深港の位置が決定されつつある。

(2) 河口港大水深化の必然性

バンコク港の場合、きわめて大がかりな調査研究の結果、Secondary Port として海に大水深港を求めた。しかし、港湾の背後地には、歴史的な文化的経済的蓄積があるため、地形学的条件が不利ということだけでは容易に Secondary Port へ移れない場合も多く存在する。たとえば、少し事情は異なるがインドネシアのカリマンタンのバンジャルマシン港、北スマトラのパラワン港などはその例であろう。前者は、航路水深 6 m の維持に、3 百万立米/年、後者は、9 m の水深維持に、5 百万立米/年の維持浚渫量とみられているが、両港とも現在の港に近接して大

型船受入れのための大水深化が計画されている。このように、どうしても砂州を通して航路が必要な場合、掘削後の定量予測がきわめて重要となる。現地当事者間では、ポケット試験浚渫論が強いが、それにしても関連する水理項目の調査を実施しないと、一つの経験が、他に生かされないことになる。このための最適調査法は何か、抜本的指導が望まれる。インドネシアのスラバヤ港は、やはり河口砂州の問題があるが、現在 10~15 m の航路水深維持のため、2 百万立米/年の維持浚渫をしている。この場合、意外に維持しゅんせつ量が少いのは、オランダ統治時代に、つくられた長さ 5 km に及ぶ導流堤のおかげだとインドネシア港湾当局も評価している。

4. 海港の航路確保

(1) 埋没問題克服へ

河口港に比べ海港は、一般に大水深化が容易であり、日本でも経験は豊かである。インドのマドラス港は、漂砂問題を克服し、今や近代港湾として立派に立ち上がった港として有名である。当港は鉄鉱石の輸出港として、大型鉱石船受入れのため、現在進入航路の水深 16.4 m、幅 150 m を維持しているが、サンドトラップ浚渫の 0.7 百万立米/年を含め、年間維持浚渫量は 1.9 百万立米に過ぎない。将来、より大型の鉱石船を入れるため、航路水深を 19.2 m まで深くすることを計画中である。図-4 に、マドラス港の進入航路の浚渫後の海底地形の変化

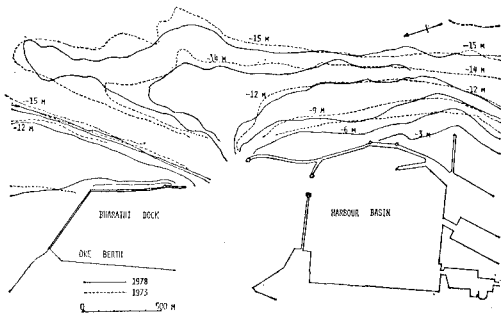


図-4 マドラス港進入航路 (M.P.T.)

を示す。注目すべきは、漂砂の上手側の航路の法勾配の方が、下手側に比べ急速に緩勾配に洗掘されていることである。現地の技術者もこれに着目し、将来、この航路を深くした場合、漂砂の上手側の法勾配がゆるやかになり、浚渫直後の維持浚渫量は、次第に減って行くであろうと期待している。興味深いのは、このような航路の漂砂上手側の洗掘が、パキスタンのガシム港の進入航路の場合にも見られる。この港もやはり鉱石船受入れのため、1978 年には水深 12.4 m まで掘削されたが、幅 185 m の航路の漂砂上手側が SW モンスーンの影響で著

しく洗掘された。この原因は、caustic wave propagation という航路境界に沿う波の反射により航路上手側の波が重複波となって大きくなり、これが洗掘をまねいたと関係者は説明している。もし、このように、大水深航路の漂砂上手側の洗掘が一般にあり得るものとすれば、航路維持浚渫量は、航路掘削直後から、年を経るにつれ、減少することが期待できるのではないかと思われ、興味深い。マドラス港では、航路確保のための漂砂対策には成功した。しかし、漂砂の下手海岸はいま、著しい海岸欠陥に悩まされている。

(2) 港湾位置選定と埋没問題

港湾の位置は、必ずしも地形学的に有利な位置に選定されるとは限らない。例えばさきのインドのマドラス港の場合、今から 250 年ほど前に英国軍がこの地点に上陸し、とりでをつくったことが港湾位置決定のきっかけとなった。その後は長年漂砂に悩むことになるが、なかには、地形学的にきわめて有利な位置に港湾がつけられたため、その後の漂砂問題がほとんどなかった例もある。スリランカのコロンボ港がその例で、図-5 に港湾建設前の海岸地形、図-6 にコロンボ港の現状を示す。

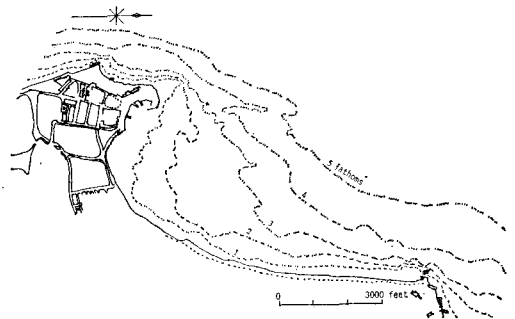


図-5 コロンボ港建設前の海底地形 (C.P.A.)

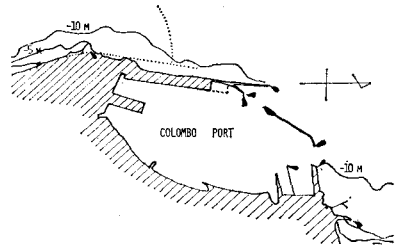


図-6 コロンボ港の現状

インドのマドラス港もこのコロンボ港も、主として、SW 季節風の影響を受けるが、コロンボ港には埋没の問題はなかった。やはり、Silvester 氏の指摘する通り、ラセン型海岸の安定性が生きたのであろうか。先にのべたタイの Secondary Port として目されているランチャブレ港も、まさにこのラセン型海岸に選ばれている。

5. 地方小港湾と残された問題

途上国の港湾に関する技術力や技術陣容は決して豊かとは言えない。したがって、重要港湾の計画設計等は、二国間、多国間ベースのコンサルティングに依存しているのが現状である。しかし、途上国には、このような技術的支援を外からうけることのできない地方の小港湾が多数あり、十分な技術的裏付けも得ることができずに計画実施されるため、海岸工学以前の問題で多大なる国家損失につながりかねない例もあるようである。図-7は、フィリピンのイロイロという島のプルバンダン港という、かつては砂糖積出しの港であったのが、1968年～1970年頃から、この棧橋式岸壁周辺が浅くなりはじめ現在では、干潮時に堆積砂が見えるようになった。関係者は長い間、その原因をつかめずにいたが、著者らは、1970年に東側に Jetty が建設されていたのに目をつけ、プルバンダン港の図面にこの Jetty を落としてみた。図より、北

からの漂砂が、この突堤により阻止されているのは明らかのように思われる。つぎの例は、インドネシアのバリ島の隣のロンボク島のレンバーという港である。もともと、この島の主要港は、北西部の外洋に面したアンパナンという所にあったが、外洋の波をさけることを意図して、島の南の方の国のレンバー港へ、1970年頃、主要港を移した。当初は、港湾埋没など夢にも予想されなかったが、同湾は、Bagong 川の排出シルトにより長年にわたり少しずつ湾内堆積が生じており、底質もきわめて軟弱でいかなる構造物をつくるにも費用がかかることなどが判明した。小港湾と言えども、このような損失が重なると、無視できない問題となる。このような救われない小港湾のサーベイシステムが、今後、考えられてはどうかと思っている。

6. 島しょ国港湾の特異性

ESCAP 域内には、実に多くの島しょ国が散在している。これらの国の問題は、貿易相手国から離れているためどうしても大型船の寄港に頼らざるを得ないことである。しかしこれらの国には、はしけ荷役など能率の悪い荷役方法しかとれない場合が多く、ちょっとしたしけでも荷役不可になり大型船の停泊時間が長くなる。船舶も仲々、島しょ国に寄りつかなくなり、経済的にも大きな打撃となる。そこで、どうしても大型船の接岸岸壁を必要と考える国が多くなる。これら島しょ国の多くが、サンゴ礁の上に存在する場合が多いので、その急峻な地形を利用して大水深岸壁をつくるのが考えられている。図-9は、インド洋モルディブのマレ島を示すが、サンゴ礁の縁を利用して、図-10に示すような岸壁も考えられている。島しょ国の港湾は、外洋に直接面した港となる場合が多いので、海象統計のより周到な準備が是非必要である。図-10の場合の片持ち構造は波が少し大きいと、波によるアップリフトで容易に安定がおびやか

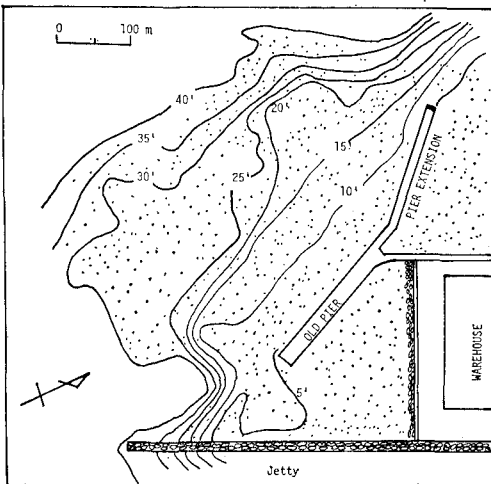


図-7 プルバンダン港の埋没例 (P.P.A.)

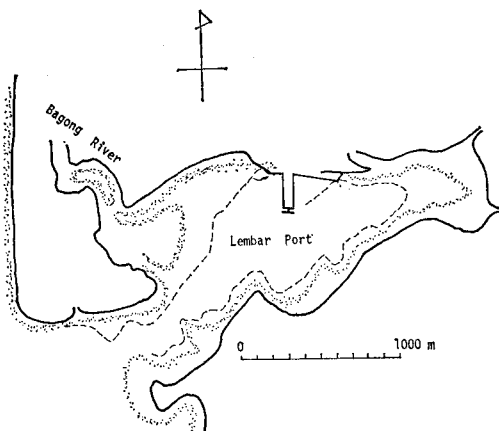


図-8 レンバー港の埋没

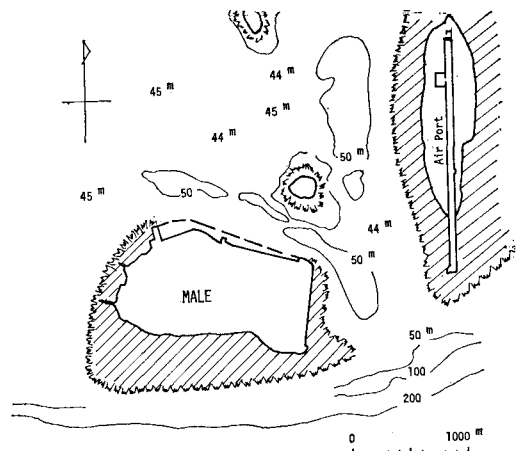


図-9 マレの港湾

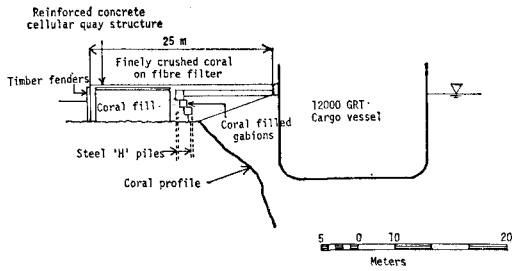


図-10 サンゴ礁外縁における岸壁設計の一例
(M.O.T, Mol.)

されるところ、海象の詳細分析が重要であろう。

7. おわりに

ESCAP 域内で、途上国が直面している港湾技術問題を、特に航路泊地確保という点に主眼を置いて紹介につとめたが、紙面の都合もあり十分な説明はできていないと思われる。しかし、研究者各位が問題の実情を再認識いただき、ESCAP が今後技術協力活動を実施するにつき、御支援を賜われれば幸いである。

なお、本稿に使用した資料は、ESCAP 域内の港湾に関する技術交流を目的として収集された資料のなかから、その一部を紹介したものである。