

## プッシャーバージ技術の発生、発達と現状

舢を後から押して航行する方法は、アメリカの大河で横抱きの変形として生まれたものですが、これを最初にやった人の名前は知られておりません。この便利な方法は、実施が容易で速力が出るということで、忽ちのうちに広まって、誰でもやれる方法となってしまったので、そのため誰が始めたのかも判らなくなってしまったものと思われまゝ。現在では、数十隻の舢をロープで繋いで束にして一隻の強力な押船で押すという大規模なものとなり、恐らくこれほど経済的で環境負荷の少ない輸送手段はないと思われる一つの完結した技術になっており、その輸送費は鉄道の5分の1、トラックの25分の1と言われております。日本に輸入される穀物のうち、New Orleans から船積みされるものは、総てミシシッピ河を大型プッシャーバージで運ばれてきたもので、この安価な輸送方法の恩恵を日本人も十分受けていることとなります。

押船の技術が日本に持ち込まれたのは昭和38年で、神戸港内の人工島の埋立て用に土運舢を押したのが最初でしたが、日本では波のない内陸水路が無く、初めから多少とも波のある海で使うことになり、アメリカの河のロープ連結方法では60cm程度の波があるとロープが切れる事故が多発し、どう繋げばよいのが問題になりました。そして関係会社各社が多額の費用をかけて実物でいろいろと方法を模索し、ノッチ式で押船の船尾に連結ロープをとる方法が考案され、深いノッチのある方式で一応最高波高3.5M程度までは何とか走れるようになりましたが、それでも瀬戸内海や東京湾などの外に出ることができず、日本沿海航路に就航するなど到底出来ない程度のものでした。

このような航行性能の不足は連結方法に原因があるので、これに最終的解決をもたらす為に造ったのが連結に専用にする連結装置という機械で、繋がれた両船の相対運動を徹底的に制限して相対ピッチングだけを許した形の、押船左右舷から二本の同軸連結軸を突き出して舢につなぐ装置の Articouple 式という連結装置を最初に造りました。当時は日本経済は急な上り坂にあり、埋立て工事は幾つもありましたから、土運舢を押すための装置 Articouple F 型という、連結を緩めて上下に滑らせられる摩擦係止式の連結装置を一番機として造りましたが、摩擦という頼りない力で航海中の連結機にかかる上下の力にどうすれば耐えられるのかという問題の研究に1年近くを要しました。かくて昭和47年に造った Articouple F 型は多くの土建業者に歓迎されて、2年目の暮には8隻が就航している程でした。次に中手の海運会社から遠洋に使えるものの製作を頼まれ、多段歯嚙合式の Articouple H 型を考案してこれを装備する押船と舢を設計、NK船級も取得して昭和50年夏に竣工させ、この船団が世界初の遠洋プッシャーバージ船団として初年度は中国航路に、二年目からはインドネシア航路に就航して、外洋航行性能の問題に最終解決を与えることができました。Articouple H 型は連結作業の間に多少の不便が生じることがあったので、これを多少改良したK型に変更され、これが多数製作されて内外の顧客に使われ、今日に至っております。

Articouple は相対ピッチングを自由にしておりますので、両船の間には相対運動のための隙間が必要で、ここに水の渦が生じて大きな渦抵抗をつくり、このため速力が出ません。この渦抵抗は全抵抗の30%乃至50%、時に60%にもなることがあり、プッシャーバージに速力を出させるためには、この渦抵抗を消してやる必要がありますが、両船間に大きな隙間がある限り渦はなくなりません。そこで考え出されたのが3点支持の Triofix 式連結装置で、両舷各一本のほかにもプッシャー船首端に一本の連結軸を備えて3点支持で両船を固定連結するものです。一番機は平成元年に竣工した10,000DWTの石灰石運搬船に装備され、その後多数の装備例が出ましたが、これを使って本当に速力が出る船の形がどうすればできるかが容易に判らず、これの考案に10年余を要しました。これができましたので、今では同量の貨物を積んだ同馬力の普通の船と同じ速力を出せるプッシャーバージが造れるようになりましたが、今度は世界景気の後退で、折角の技術を実用化する機会は多くありません。

2010年春、アメリカの交通・運輸技術に関係した六学会（自動車協会、機械学会、造船造機学会、航空宇宙学会、電気電子学会、土木学会）で構成される Elmer A. Sperry 賞委員会から、交通運輸分野で顕著な貢献をした人に年一件贈られる賞の同年度の受賞者に選ばれたとの通知を受けて、大変に驚きました。ジャイロコンパスを発明した Sperry 氏に因んでその娘さんによって1955年に始められた賞ですが、アメリカの河で始まったプッシャーバージ技術を世界の海で使えるものにしたことが評価されたもののように、同年11月4日に Seattle であった造船造機学会の晩餐会の時に授賞式があり、メダルを頂戴して、約10分の受賞謝礼の言葉を述べましたが、意外と好評だったようで、幸いでした。今までの受賞者を見ると、アメリカ人の評価は概ね極めて公平であるという印象を受けます。現在ではアメリカ、ロシア、ブラジル等から製作注文を頂戴しておりますが、今後は東南アジア地域で使っていただき、この地域各国の国益に貢献する機会をいただきたいと考えております。

## プッシャーバージ船団の利点

タイセイ・エンジニアリング株式会社

舢を押し船で後から押して航行する方式、即ちプッシャーバージ船団方式は、100年以上前にアメリカ合衆国の大河で始まった運航方式で、現在では欧州、ロシアなどの大河で広く応用されて、特に複数の舢を一まとめにして一隻の押し船で押す方式は、その高い安全性と経済性の故に、現在では河川での大量輸送の標準方式となっております。

わが国にプッシャーバージ船団技術が導入されたのは昭和38年(1963年)のことですが、わが国には所謂可航内陸水路というものがないため、初めから海で使用されることになり、導入されたロープ連結方式では、多額の費用をかけて開発された方式でも、外海での使用は出来ませんでした。この問題を根本的に解決するため開発されたのが機械的連結方式で、昭和47年(1972年)より開発、実用化が始まり、その後幾多の改良と新方式の追加があり、現在ではどのような海象の中でも無制限に航行できる性能をもち、どのような性質の運航要求にも答えることの出来る多種類の連結装置が開発され、実用化されて、航洋プッシャーバージ技術の分野では世界の最先端を行く地位を保っています。

舢の運航には現在でもまだロープによる曳航が広く使われていますが、一般的に言って押航には下記のような曳航をしのご利点があります。

- (1) プッシャーバージ船団では、押し船は舢に密着して連結されているため、ロープを使って曳船で引く場合に比べて、全体の長さが著しく短くなります。長さが短いということは、行動の敏速を伴い、そのまま安全性が高いことを意味するほか、他船の運航の妨げになることもありません。
- (2) プッシャーバージ船団は自力で止まる能力をもちますが、曳航されている舢は自力で止まることができません。これは航行中の安全性に関係するのみならず、着岸に要する時間と労力と安全性に大きく関係することで、曳航舢では着岸に時間と労力がかかるのみならず、しばしば岸壁に舢をぶつけて、船体と岸壁の両方に損害をあたえることが起こりがちです。また甲板積みコンテナ等の高さが高い貨物の場合には、着岸時に風の影響が大きく、曳航舢ではかなりの困難が生じる場合があると考えられます。
- (3) プッシャーバージ船団は、自力で進路を選ぶことができますが、曳航舢はそれができません。
- (4) 上記(2)と(3)の性質があるため、プッシャーバージ船団は自力で着岸、離岸が出来ますが、曳航舢はそれが出来ませんから、これらに長い時間と多くの労力が要ります。
- (5) 積載量と推進機関の馬力が同じ場合には、プッシャーバージ船団の速力は、舢を曳航するものに比べて例外なく高く、その差は通常1.5ノット乃至2ノット程度はあります。したがって同じ航路で同じ量の貨物を運ぶ場合、プッシャーバージ船団の方が燃料消費が著しく少なく、また、より少ない数の船で同じ輸送力を発揮することができます。
- (6) 曳航される舢はしばしば左右に交互に大きく振れて真直ぐ走らないことがありますが、プッシャーバージ船団は一般に優れた針路安定性をもっており、このようなことは起こりません。これは舢の後ろに連結された押し船の船体が、舢の針路を安定させるための鰭の役目をするからです。
- (7) 曳航舢では、曳船と舢をロープで繋ぐ時に、曳船から舢に人が行かなければなりませんが、機械的連結装置をもった押し船では、連結のための連結装置の操作はすべて押し船の船長の指先一つで遠隔操作で行われるので、舢に人が行く必要は無く、時間も極めて短時間に出来ます。切離しの場合も同様で、

舳に人が行く必要はなく、また切離した後で舳から人が帰ってくる必要もありません。このような特徴があるため、比較的短い距離で多数の舳を代わる代わる運航する場合など、繋ぎ換えの速さと走行速力の差によって、運航成績に大きな違いがでできます。また曳船と舳との間で人が往復することは、波で船が動揺している時にはかなり危険なことがあります。

- (8) 小型の曳航舳では一名の舵手を載せるのが普通で、このため人件費がかかり、大型の曳航舳では人力で舵が動かさないため普通は舵が無く、そのため舳を望む方向に引くのに多大の神経を使い、離着岸などに際して多大の労力と時間を要することになります。一方プッシャーバージ船団では、舳の大小に拘らず、舳の舵にまつわる問題はありせん。

以上が曳航舳とプッシャーバージ船団との主な違いですが、これからおわかりいただけるように、総ての点についてプッシャーバージ船団の方が優れていると言えるでしょう。以上の説明でプッシャーバージ船団の特徴が御理解いただけるならば幸甚と存じます。

## 海のプッシャー・バージ船団の特性

斛の運行は以前はすべて曳航又は時に横抱きによって行われていたものであり、横抱きが変形した押しによる運行はアメリカの大河で150年ぐらい前に始まったものである。しかし押しによる海での斛の運行が始まったのは40年ほど前に過ぎず、その歴史はまだ浅いのであるが、この分野での技術の向上は著しく、現在では航路無制限の外洋での押しによる運行が十分可能となり、まだ余り広い範囲ではないが、実際にそれが行われている。

海のプッシャー・バージ船団は斛一隻に押船一隻の組合せで、河の船団のように1隻の押船で多数の斛を束にして運航することができないから、その経済性と運航可能となる条件は著しく限られたものとなる。またプッシャー・バージ船団の水抵抗は一般に大きく、その速力は通常の単体船舶より殆んど例外なく低いから、長距離航路では通常の船舶より競争力は当然劣ることになる。しかしそれにも拘らず、あまり速力を必要としない短い航路で大量の原料、製品などを輸送する場合、より少数の押船でより多数の斛を運行できる場合等には、通常の単体船舶のみを使用する場合に比べて初期投資が少なく、人件費の節約の効果もあって、運行経費も低く抑えることが出来る。

海のプッシャー・バージ船団は、或る条件の範囲内ではあるが優れた特性を有しているのであるが、これの理解は他のよく知られたシステムとの比較によってより容易に得られるので、そのような比較を下記に述べる。先ず押しと曳きとの比較を行えば、下記のようなことになる。

### 押しと曳きとの比較

- (a) プッシャー・バージ船団は長いロープで斛を曳く曳航船団より例外なく長さが短い。長さが短いことはより高い安全性があることを意味する。
- (b) プッシャー・バージ船団は自力で停止することが出でるが、曳かれた斛はそれが出来ない。
- (c) プッシャー・バージ船団は自力で航路を選ぶことができるが、曳かれた斛はそれができない。(b)、(c)の特性が共存することにより、プッシャー・バージ船団ははるかに優れた安全性と操縦性を持っていることになる。
- (d) 上記(b)、(c)が合成される結果として、プッシャー・バージ船団は短時間で着岸、離岸ができる。曳航された斛の離着岸が長い時間と多大の手間が掛かることはよく知られている。
- (e) 載貨量と主機出力が同じ場合、プッシャー・バージ船団の速力は曳航斛の速力より例外なく高い。
- (f) プッシャー・バージ船団は曳航斛に比べて、良好な保針性を有しており、曳航斛は曳航中にしばしば左右に揺動する。プッシャー・バージ船団に優れた保針性があるのは、斛の船尾に連結された押船の船体が巨大な Skeg の役割をするためである。
- (g) 短い航路で複数の斛を一隻ずつ順次に運行する場合、曳航斛では斛の繋ぎ換えのため、少なくとも一名の乗組員が斛に乗り移ってロープ捌きをしなければならず、一回の繋ぎ替えに20-30分を要する。押航斛でも、ロープ連結の場合は乗組員が斛に行きロープ捌きをしなければならず、15-20分またはそれ以上の時間を要する。機械的連結装置を有する押船では、切離しと連結にそれぞれ30-40秒かかるのみであり、乗組員が斛に乗り移る必要も無く、押船の移動時間を入れても5分程度での時間で繋ぎ替えが可能である。この繋ぎ換え時間の差は、一日の運行回数に影響を及ぼす重要な要素である。
- (h) プッシャー・バージ船団が唯一曳航斛に劣っているのは、一隻の押船で複数の斛を同時に運行できないことであるが、複数の斛を同時に曳航する場合は長いロープで何隻もの斛を長々と繋いで低速で曳くた

め、他船の運航の邪魔になること甚だしく、近年は長い曳航艇の列は次第に制限される傾向になりつつある。

プッシャー・バージ船団には旧来のロープ連結のものと機械的連結装置を備えたものがあるが、後者の優れた点は下記の比較から明らかであろう。

#### ロープ連結と機械的連結装置の比較

- (a) ロープ連結のプッシャー・バージ船団の耐航性は高いものではなく、艇船尾に深いノッチをもつ最も優れた連結方式によるもでも最高波高で3.5 M程度であり、国内で云えば瀬戸内海や東京湾から外へ出て就航することはできない。これに反して機械的連結装置を有するものは、波高に応じて連結装置を選ぶことができ、必要ならば波高無制限の大洋航行のものも造ることができ、各船級協会もこれを認めている。
- (b) ロープ連結の船団では、連結作業に、船の大きさにより5-8人の人員による10-20分の作業が必要であり、切り離しにも同様な人数による5-15分程度の作業が必要である。この連結・切離し作業は悪天候の時でも、滑りやすい濡れた甲板上で人力により行わなければならない。特に短い航路で数隻の艇を次々に繋ぎかえて運航せねばならぬ場合、連結・切離しに要する長い時間は一日の運航回数に影響する重大な問題であり、短時間で連結・切離しを行うためには乗組員数を増やす必要にも迫られよう。一方機械的連結装置を備えた船団では、連結・切離しは船長による遠隔操作により30-40秒で行うことができる。
- (c) ロープ連結の船団では、船員が連結前に艇に行き、切離し後に艇から帰ってくる必要があり、これは押船が波で揺れている時でも行う必要があり、危険が伴う。これに反して機械的連結装置を備えた船団では、連結・切離し作業は押船船橋から遠隔操作で一方向的に行うことができ、艇に人が行く必要はない。
- (d) ロープ連結の船団では、艇船尾に深いノッチを持つものでも押船船尾の左右ぶれは避けられず、押船が例えば右に舵をとると、先ず押船船尾が左にふれ、それが終わってから艇の方向転換が始まる。操舵の目的は艇の方向転換であるから、押船船尾の運動分だけ艇の方向転換は遅れることになる。機械的連結装置を有する船団ではこのような押船の船尾ぶれは起らず、艇の反応も単体船舶と同じである。
- (e) ロープ連結の船団では両船体間に太い、又は厚いゴム防舷材を挟むが、航海中にこれが押しつぶされて変形し、不愉快な衝撃、振動、騒音を発生する。一方機械的連結装置をもつ船団では一般に左右の相対運動は連結装置により抑えられており、このような不愉快な現象は起らない。

ロープ連結船団では、上記(e)に述べるゴム防舷材は不可欠のものであり、これが航海中に両船の相対運動の仲介をすることになるから、その損耗は甚だしく、或る程度の波のある所で使用する場合、その維持と新替へに年間数百万円を要したと云われていて、これでも耐波性能は最高波高で3.5M程度しかないとするならば、優れた耐波性能を保証し、摩耗部分の極めて少ない乃至全くない機械的連結装置が高価であるとは云い難い。現在では海で使用するものでは事実上すべての船団に機械的連結装置が使用されていて、ロープ連結は海では全く使われなくなったと言ってよからう。

## 東南アジア地区における Pusher-Barge System の有用性

タイセイ・エンジニアリング株式会社

山口 琢 磨

一般に東南アジア地区と云われるのは、赤道に沿って東西 5,700 km にわたってひろがるインドネシアの北に、西のビルマから東のフィリピンに向けて並ぶ国の地域を云い、南北の広がり約 3,000 km である。インドネシアは人口 2 億 4 千万を擁する超大国であり、其の他の国も大部分が各数千万の人口をもつ大国であるが、第二次大戦までは独立国はタイ王国だけで、あとの地域はいずれも欧米の植民地であった。

東南アジアはこのように広い地域であり、中でもビルマ、タイ、ラオス、カンボジア、ベトナムは東のインドシナ半島からビルマに至る陸続きの地区であるが、ビルマ・タイ間の国境は険阻で交通に適しておらず、またラオス・カンボジアは未だ経済活動が活発でないなどの理由があり、これらの国の間や各国内の交通は船による水上交通に大きく頼っている現状である。また全体の地域は上記のように広いのであるが、これらの地域は気候温暖で一般に産物に恵まれており、域内の物資交換の海上交通としては、この地域の端から端まで物を輸送する需要などは事実上存在せず、航路は大部分が片道 1 - 4 日程度の短航海である。

東南アジア各国は大部分が生活水準の向上と平均化、教育水準の向上、国民的基礎生産力の拡充、交通網の整備等の進展により、本格的離陸の段階に差し掛かっており、これらの国を結ぶ海上交通の規模の拡大はどこまで進むのか予想も難しいほどのものであり、それに伴う今後の船と海上勤務者への需要の増大はとてつもなく大きなものとなると考えられるが、これと上記の短航海の需要が圧倒的に多いことを考えあわせると、それほど多くの船にそれほど多くの人を乗せたものが港に止ったままである Case がとてつもなく多くなることが予想され、ここに広範な規模をもった Pusher-Barge System の導入による過剰投資解消と運航経費節減の可能性があるように思われる。

一般的に云って、船が運送手段として機能するのは、貨物を積んで走っているときだけで、港に止って荷役作業をしているときは単に水に浮いた倉庫乃至タンクに過ぎないのであり、これに運行のための推進機関と運行用の人員を常時随伴させておく必要はないと云えるだろう。このため、船を貨物収容のための貨物艀乃至タンク部分と、推進機関を備え乗組員が居住できる設備を一つにまとめた部分とに分解して、それら二つの部分を必要に応じて時に結合して運用し、時に分解して別個に運用するようにしたものが Pusher-Barge System である、と称する考え方があり、このように云えば、Pusher-Barge System は理論に基づき海運合理化の旗手として颯爽と登場してきたかのような印象を与えるのであるが、実際にはこれは野暮の典型とも言うべき横抱きの変形としてアメリカの河で約 150 年ほど前に始まったもので、その登場は何も颯爽としていたわけではなかった。しかしこれが始まるとアメリカの大河では忽ちこれが広まって、最初にこれを試みた人が誰であったかも判らなくなってしまった。「押し」の経済効果はそれほど絶大なものであった訳で、その後この規模は拡大され、所謂 Multi-barge Convoy の形になって 1 隻の押船で 20 - 30 隻の舳を押すものとなり、現在ではあらゆる大量輸送手段のうちで最も輸送経費が安く、最も環境にやさしいものであると見られている。このロープ連結による大形 Multi-barge Convoy の輸送経費は鉄道の 1/5、トラックの 1/25 と云われており、この安い輸送経費はアメリカの穀物の価格の安さの原因のひとつでもあり、ミシシッピ河をこの方式で輸送されてきた穀物を大量に輸入している我々日本人もその恩恵を受けていることになる。この河の Multi-barge Convoy 技術は欧州・ロシアからアジア・南米各州に広がり、今で

は河川の大量輸送の標準的方式となっている。

アジアに Multi-barge Convoy が導入されたのは 1957 年のビルマのイラワジ河中流からの原油輸送用のものが最初であるが、アジアではこの方式は積極的には採用されなかった。日本で Pusher-barge System が初めて採用されたのは 1963 年（昭和 38 年）神戸港内の埋め立て工事が最初であるが、最初から海での使用であり、1 隻の艀を 1 隻の押船が押す形でも、ロープ連結の基本的な耐波性能の不足のため波高 60 cm で連結ロープが切れるという性能であった。その後各種のロープ連結方法が実物を使って考案され試みられて、深ノッチ式で有義波高約 2 m 程度までは何とか走れるようになったのであるが、瀬戸内海や東京湾などから外に出て日本沿海の荒海を走ることなど到底出来るものではなかった。そこで試みられたのが高度の耐波性能をもつ機械的連結装置の開発であり、1972 年に沿海土運船用の摩擦連結式アーテイクプル F 型、ついで 1975 年に外洋航行用の多段歯噛合式アーテイクプル H 型が開発され、これで一応すべての用途に使える連結装置が整備された。アーテイクプル H 型は後に改良されて K 型となり、更に 3 点支持固定連結式のトリオフィックス連結装置が開発されて装置の選択範囲が広まり、今ではどのような用途にも適合した連結装置を選ぶことが出来る体制となっている。

トリオフィックス連結装置は本来高速を出しうる Pusher-barge System を開発する目的で造られたものであるが、連結装置は比較的簡単に出来たものの、これを使って両船の船型と船型関係をどうすれば速力が出せるのかがわからず、この船型の研究に十年余を要した。現在では通常の単体船舶とほぼ乃至全く同じ速力が出せ、荒海での耐航性能も十分な Pusher-barge 船団の設計が可能となっている。

東南アジア区域では、所謂インドネシア内海と呼ばれる海域は赤道無風帯に属し、海も比較的静かであるが、スマトラ、ジャワ両島の南岸、マレー半島の西岸からビルマに至る海岸はインド洋に直接面しており、またマレー半島東岸からヴェトナムに至る間はボルネオ海から南支那海、更に東へフィリピン海と荒い海域が広く分布している。この地区での Pusher-barge System の運行は、上記アーテイクプル H 型を装備した第一船「八興丸」船団により 1976 年（昭和 51 年）以来日本内地との間の定期航路として行われており、この間事故らしいものは一度もなく、耐航性能としては何ら問題はないことが立証されている。ただ当時はまだトリオフィックス連結装置は開発されておらず、渦抵抗の多いアーテイクプル船団で満載 10.5 ノットがせいぜいであった。現在であればトリオフィックス高速船団を使えば、通常船舶と同じ速力が出て、人件費が節約できることにより、遥かに優れた運航成績が上げられるものと考えられる。ただ東南アジア地域は広く、日本内地の沿海区域のような狭い範囲での就航といった感覚を持ってこれを扱ってはならない。地域が広い、長い航路での就航が求められることが多いと考えられるので、長距離航路で燃料消費が多いなどの考慮が特に重要である。一般に Pusher のことを Tug と呼ぶことは広く行われているが、このように呼ぶことにより Pusher は Tug の一種であるかのごとき感覚が起きるものらしく、特に欧米ではこのため Pusher と Tug との観念的区別が判らず、長距離航路を行う Pusher を Harbour Tug を造るつもりで設計しているような例がよく見られる。長距離航路を担当する Pusher は、長距離航路を走る通常の貨物船と同じ考えで設計された機関室を持っていなければならない。また前にいる Barge によって乱された水の中を走る Pusher の船体は、その存在により Barge が造った水の乱れを和らげるような考慮を加えて形作ることが望ましく、乱れない水の中を先頭をきって走る Tug とは異なる船型を持つべきであろう。

上に述べたように、東南アジア地区はかなり広く、人口は多く、全体が水でつながった地域であるから、実に多数の船を必要とすることは明らかであるが、個々の航路がそれほど長くないことから、港に止っている船の数が多数となることも疑いないところである。これはまた港で待っている船員が多数になるというこ

とも意味し、このように港で無為に待っている船と船員が多いことは一種の過剰投資と過剰経費というマイナスの効果を発生させるであろう。しかしこのような所謂「無駄」は、例えば二港間で一定の原料などの大量貨物を通常の船舶でピストン輸送する場合などにはどこでも起きている現象である。この「無駄」は港に停泊中に推進機関と乗組員が働いていないことから来るのであり、この間にも貨物艀は仕事をしているわけであるから、推進機関と乗組員とを貨物艀から分離して働かせるようにすればよいわけで、これができるように作られたのが Pusher-barge System なのである。この典型的な運航方式が 2-P / 4-B 型船団で、休んでいる部分は全くなく、いつもすべてが働いているのであるが、これでは乗組員が休み時間が全くないので、実際には交代船員を適切に準備して運航することが必要である。このような運航は Cyclic Operation とか Drop and Swap System などと呼ばれて、ブラジルの Norsul 社が 2-P / 4-P 船団を 3 組、イタリアの鉄鋼会社 Sidermar/ILVA 社が同型式の大形船団 2 組を運航するなどの例があり、十分な成績を上げているが、日本では二組程度しか例がなく、アメリカでは全く例がない。一方 Pusher-barge System のもう一つの、と言うより古くから広く認識されている有効な利用法は Multi-barge Convoy であって、アメリカのみならず世界の大河川でこれは大量に使われていて、河川の大量輸送の標準型式になっていると言っても誤りではない。これは不特定多数の艀をロープで繋ぐだけで大型船団が構成できる河だからできることで、1 : 1 船団を機械で繋いでしか構成できない海の船団では、その運航方法を合理的に組み立てることによってしか真に経済的に優れたものを構成するのはむずかしいように見えるのであるが、実際には特定の港の間で普通の船で特定の貨物を繰り返し運んでいる例は実に多数存在しているのであって、貨物の種類、輸送量、距離等により最も適切な艀の大きさと船団構成と運航方式を採用すれば、通常船舶より優れた輸送効率を發揮できる所は多数あるのである。船団構成は貨物量、距離等により上記 2 : 4 のほかに 1 : 3, 2 : 5 等いろいろあるが、一例としてノルウェーのオスロ湾で 2 港積み 1 港揚げで 1 : 4 船団で過去 30 年以來最高の効率を揚げている船団もある。これなど一隻ずつ増やして 2 : 5 船団に変形すれば、輸送能力を 2 倍とすることが出来る例であって、逆に半分の大きさの艀の 2 : 5 船団でやれば現在の 1 : 4 船団と同じ輸送力を確保できることにもなるので、どちらがより経済的かはいろいろな要素を加味して比較検討する必要があるが、1 : 1 船団でしか走れない海の Pusher-barge 船団は、一見融通が利かず、利用価値が低いように見えるかもしれないが、運航方法をうまく持っていけば意外と経済性の高い運航ができるものである。勿論この Cyclic Operation による高効率運航は、河の船団でも全く同じく行うことが出来るものであるから、海の船団では高効率運航は巧みな運航方式によって可能となるが、河の船団では運航方式によるものと、Multi-barge Convoy によるものと二通りの高効率運航法があることになり、Cyclic Operation によるものも 1 : 1 船団にこだわる必要もなく、一度に複数の艀を押してもかまわない。例えば大河メコンの下流のベトナム領内など、近い将来生産力が大きく増大した場合など、幾つかの Multi-barge Convoy による Cyclic Operation が行われる可能性もあるであろう。

東南アジア地区での水運について、上では主に海の運航について述べたが、この地区では古くから河の水運が極めて重要な機能をはたしており、大陸各国には国内交通の中心をなす大河がある。ビルマのイラワジ河、タイのチャオプラヤ河はいずれも主要な国内交通を担う大河であり、それぞれ適当な規模の Multi-barge Convoy の運航が可能であるが、現在の所それが本格的に行われるに至ってはならず、曳船で長い艀の列を引っ張ることが今でも行われている。ラオス、カンボジア、ベトナムを縦貫して流れる大河メコンは、ラオス、タイ国境を流れる間にいくつかの急流があり、またカンボジアに入った所に瀧のような急流があつて、上下一貫して舟行を行うことは不可能である。即ちメコン河は水源としては一つであるが、水路として



は一つとは言い難い。このカンボジア領の瀧の部分から下流は、西のトンレサップ湖を含めて、ベトナム領内を通過して河口まで単一の水路であり、大規模な Multi-barge Convoy の運航が可能である。インドネシア領では、カリマンタンのバリト河、マハカム河、スマトラのムシ河等、長さは大陸の河川ほどはないが、規模と水量では熱帯大陸河川に匹敵するものがあり、いずれも Multi-barge Convoy の運航を許す大きさで、その運航も既に行われており、河の周辺にある炭鉱からの石炭の輸送に大きな役割を果たしている。現在の問題は、Multi-barge Convoy で高効率に運ばれてきた石炭を消費する設備が河沿い乃至川口の場所がないことで、マハカム河では川口付近に Floating Transloader を置くなどして大型船に積み替えて輸出を行っているようであるが、バリト河では主にジャワ島の火力発電所などに送るのに普通の船に積み替えが行われているようで、輸出用ならばこれでもよいかもかもしれないが、国内用にジャワ島に送る程度であるならば、現地の海の状況を考えれば舢に積んだまま消費地まで押して行ける可能性が十分あるように考えられ、これを効率よく行うために二隻の舢を縦繋ぎにして押すための構造簡単で強力な舢連結装置を開発するのがよいのではないかとと思われる。

海で使う Pusher-Barge 船団では、1 : 1 の運航の形が原則となるが、舢は荷主や運航業者によって、その扱う貨物の種類と量によってその種類と大きさがいろいろと自由に選んで造られるであろうが、それを運航する押船は舢のようにいろいろと多数の型を造る必要はなく、その主機出力によって分類された少数の型のもので十分事足りる。即ち一国乃至は一地方ですべての押船を3 - 4種の大きさの押船に統一してあれば、その国乃至地方の舢がそれら3 - 4種の押船のどれかに繋いで運航出来るようにすることにより、すべての舢が支障なく運航でき、何らの運航上の支障は生じない筈である。このようにすれば、いずれは押船の運航はそれを所有する専門業者が引き受け、舢は貨物の荷主又は貨物舢船主が所有するという分業化が進んで、舢所有者が各々別個の押船を所有して運航している現状と比較して、大幅に合理化された体制に移行する可能性がある。

このような超合理化された体制は、日本のような旧体制が既に確立してしまっている所ではなかなか実現は困難であるが、東南アジアのようにこれから体制を作ろうというところでは、やり方によっては全く実現不可能ということにはならない可能性もあり、関係各国の担当者間に、国益のために地域が協力した体制を作ったほうが得になるという共通理解が成立すれば、実現する可能性はあるのではないだろうか。

## プッシャー・バージについて

タイセイエンジニアリング 山口琢磨

### 1. 河のプッシャー・バージ

#### (1) 歴史と現状

アメリカ合衆国の大河で、横抱きの変形として、150年前頃に始まったと考えられるが、発明者不詳。第二次大戦末頃までに数十隻の舢艫をロープでまとめて1隻の押船で押す大規模なものに発展。大規模河川輸送の主流となる。

大戦後2～3年の間に西欧、次いでロシアの大河に導入され、河川大規模輸送の主流となる。

アジアでは1957年にドイツの造船所によりビルマ、イラワジ河での原油輸送に始めて導入されたが、他に大規模利用された報告はない。中国で小規模なものが使われているようである。

南米大陸では、北のアマゾン河と南のパラナ、パラグアイ河でかなり早期に導入がなされた模様で、殊に最近ブラジルからの大豆輸出が増加するにあわせて、アマゾン系での使用が増えるものと考えられる。

#### (2) 応用型式と経営的メリット

Multi-barge convoy がすべてであると言ってよい。アメリカの Data によれば、運賃は鉄道の約1/5、トラックの約1/25と言われ、あらゆる輸送手段の中で最も Cost が安く、また最も環境にやさしいものである。アメリカ中東部の大平原で算出される大量の穀物は、多くがこの型式の船団で New Orleans に運ばれて輸出されるから、その低運賃はアメリカ農産物の低価格の一要素であることは間違いなく、日本もその低運賃の恩恵を受けていることになる。

#### (3) 技術的問題

Multi-barge convoy の持つ技術的問題は、速力（消費動力）と操縦性であると考えられる。Barge の繋ぎ目に起きる渦を減らすことが先ず重要で、形の決まった Barge 船団を運航するものは、中間の Barge は前後端を傾斜面のない角型にして平らな連続船底をもつ船団として渦を減らすことは広く行われている。運行の度に異なる Barge を寄せ集めて船団を組むものは、そのような解決法は今の所ない。

操縦性向上のために最近では全旋回式推進装置が採用されたものが現れている。船団が大きく、大馬力が要る場合には、3～4軸に分けて一軸あたりの馬力を下げて、なるべく大きなプロペラを横に並べる方が効率がよいが、この場合すべての軸を全旋回式推進装置とする必要は必ずしもない。

Barge 相互の連結はロープによっているが、航路によっては河の途中の屈曲部などで船団を分解して通過後再び船団を組んで航行を続ける必要がある場合もあり、すべてをロープ連結にしておく、この分解組立てに時間と人手を要することから、一部に機械的連結装置を混用する案もある。（但し実用例は聞かない。）また前後二隻の舢艫を常時組にして機械的連結装置でつないでおき、これらの組をロープで繋いで大船団を組み立てる案もあり、このための簡単で安価で強力な連結装置を開発しておく必要もあろうかと考えられる。これらは個々の需要の性質により選択されるべき方法で、これらに対応するため各種の案を検討立案しておくことは有用であろう。

Multi-barge convoy は河の中だけで使える高経済性の船団であるが、貨物、例えば石炭の届け先が川口から直ぐ先でない場合は、Convoy を分解して個々の Barge 又は二隻組程度のものを届け先まで押すか引くかして行くか、又は大型船に積み替えるかしなければならない。上記の二隻組の案は、このような場合、Indonesia 内海のような比較的静かな海では使えるであろう。

## 2. 海のプッシャーバージ

### (1) 歴史

日本に Pusher-barge 技術が導入されたのは 1963 年 (昭 38) 神戸港内の人工島建設工事で、アメリカの Rope 連結のコピーで、最大波高 60 cm まで使えると言われた。

その後 Notch 式で船尾に連結ロープを取る方式が実物を使って各種試みられ、最大波高 3~3.5m 程度までは何とか走れるようになったが、瀬戸内海や東京湾から出るとは不可能。この限界を超えて本格的な外洋航行を行うため、1971-72 年あたりから機械的連結装置の開発が試みられた。

### (2) 機械的連結装置の開発、普及及び実績

最初の機械的連結装置はアメリカの ARTUBAR であったと考えられ、1971 にアメリカで 1 隻、次いで日本で 2 隻、その後アメリカで 2-3 隻現れたようであるが、日本の 2 隻は間もなく Tug として海外売船され、アメリカでは今も 2 隻が運航されているようである。2 点支持 articulate 型の装置で、左右の動きを強制的に止める装置になっていないので、Pusher の左右動揺の度に Barge にぶつかる。

その後現れたものは下記の各種装置である。

#### A) ARTICUPLE

日本。2 点支持 articulate connection. 用途によって摩擦係止式 F、多段歯嚙合式 K、両者併用式 FR の 3 種がある。詳しくは [www.articouple.com](http://www.articouple.com) 参照。摩擦係止のものは本来土運船用に造られたが、連結を緩めて喫水変化に対応できるので、それを必要とする他の装置にも利用されている。

#### B) TRIOFIX

日本。3 点支持 rigid connection. 用途によって多段歯嚙合式 TK、多段差込式 TB、同 TM、摩擦多段歯嚙合併用式 TFR の形式がある。詳しくは [www.articouple.com](http://www.articouple.com) 参照。実績は Articouple, Triofix 合計で約 270 台。

#### C) INTERCON

アメリカ。2 点支持 articulate connection. 多段歯嚙合式。アメリカの大手甲板機械メーカー Intercontinental 社製。現在アメリカの主流をなす。実績は 75 台位。

#### D) WÄRTSILÄ

フィンランド。3 点支持 rigid connection. 差込式。2 Pushers & 3 Barges 建造されたが、1 船団が転覆沈没、後続なし。

#### E) ACOMARIN / JAK

フィンランド。2 点支持 articulate connection. 多段差込式。フィンランドの Acomarin 社が製作するものとアメリカの Beacon Finland 社により JAK Coupling の名で製作されているものとは、同じものと思われ、初期の一部の実績は両社に重複している。実績は合計 20 台程度。

### (3) 海の Pusher-Barge 船団の経営的メリット

海では Multi-barge Convoy の運航は技術的に不可能で、経営的メリットは、Engine をもち人の乗った Pusher の数を少なくすることによって得られるものが主である。例えば二港間で一定の割合で同じ貨物を運ぶ場合、Barge の数は通常船舶による場合と同じにしても、Barge 荷役中は Pusher が付き添っている必要はないから、Pusher の数を最小として、建造費、人件費等が節約できる。詳しくは [www.articouple.com](http://www.articouple.com) 中の Cyclic Operation の項を参照。典型的なものが 2-P / 4-B 船団で最も多く使われているが、航路の長さや荷役時間の関係で、1:3, 3:5 等の組み合わせが考えられる。このような運航方式は、時に Drop-and-swap system と呼ばれている。

日本で数多く造られたものは、単体船舶より人件費が節約できたからで、当時は Pusher と Barge は別個の船として扱われ、Pusher の乗組員がその単船としての小さな総屯数に相当するものでよいという原則が守られていた。現在は沿海航路以上のものについては、国交省が Pusher と Barge を合体した合計の総屯数を持つ 1 隻の単体船として扱うようにしたから、人件費の Merit は消滅し、Pusher-barge 船団の新造は全く行われなくなった。

## 3. 海の Pusher-Barge 船団の技術的問題点

### (1) 耐航性能

予定された航行条件（例えば Unrestricted Service）にあわせて設計建造された Pusher と Barge を、同じく予定された航行条件にあわせて設計製作された連結装置で連結した船団は、その予定航行区域で航行可能なものと看做す。

連結装置は連結体の運動方程式を数値計算で解いて得られる荷重にあわせて選ぶ。運動方程式に使用する波高は、Unrestricted Service については、船級が Bureau Veritas (BV) 又は Registro Italiano Navale (RINA) である場合にはそれらの船級の与える計算式によるもの、その他の船級の場合は Det Norske Veritas (DNV) の与える各波周期に対する最高波高の計算式によるものを使用し (Lloyd, ABS は DNV の式によるものを認める)、それで得られた荷重で発生する応力がそれら船級規則が許容する値を超えないように機種を選ぶ。

### (2) 速力

Pusher-barge 船団の速力は通常例外なく同じ載貨重量、同じ主機出力の通常船舶の速力より低い。その理由は二つの船体の間に出来る間隙に渦が発生するからである。

二点支持 articulate connection の船団では、両船の自由な相対ピッチングを許すため両船間にかなりの隙間がなければならず、この隙間に発生する渦による抵抗増加は、同一寸法の通常の単体船舶の全抵抗の 30-50% 或はそれ以上にもなる大きなもので、これにより速力は通常船舶に比べて 10-20% も低いものとなる。速力低下を減らすには渦抵抗を減らさねばならないが、これの努力が精力的になされたことは記録にはあまりなく、また渦抵抗の大きさを正確に見積もる方法が現在でも確立されていないので、船型をきめても、その水抵抗を正確に見積もる方法がなく、速力の保証をする根拠も存在しないというのが現状である。

三点支持固定連結船団では、両船の相対運動がないから両船間の隙間は特に必要はない。しかし船型と船型関係を二点支持 articulate connection の船団と同じにすれば、速力はそれと同じだけしか出ないのは当然で、連結を三点固定にすればそれだけで速力が出ると思うのは間違いである。三点固

定連結装置開発の目的の一つは、船体間隙を減らして渦をなくし、高速を得ることであり、連結装置は簡単に出来たのであるが、それを使用して船型関係をどうすれば渦がなくなるのかわからず、そちらの考案に10年余を要した。現在では通常の単体船舶とほぼ同じ速力が出る固定連結式船団の設計は可能であるが、両船の寸法の関係、特に喫水の関係がある範囲にないと困難であり、この喫水関係の維持は、一般により高速が要求される大型船団になるほど難しくなる傾向がある。

### (3) 渦抵抗

Pusher-barge 船団の水抵抗が摩擦、波、渦の三つの抵抗要素からできていることは通常の単体船舶と同じであるが、通常船舶では渦抵抗が極めて小さくなるように船型が作られるから、渦抵抗は抵抗計算で独立抵抗要素として扱われることはなく、摩擦抵抗以外の剰余抵抗に含まれるものとして扱われるのが通常である。

摩擦抵抗と通常の剰余抵抗（造波抵抗が大部分）は船の全浸水面によって起こされるものであるから、計算はこの面積を Base に行われ、流れに直角に置かれたその面積をもつ平面に流れが与える全圧の理論値  $\frac{1}{2}\rho V^2 S$  との割合で示される。（造波抵抗乃至剰余抵抗は  $\nabla(2/3)$  によることもあるが、これも意味は同じ）この割合が所謂抵抗係数であって、Schoenherr の摩擦抵抗係数は通常の Reynolds 数の範囲で概ね 0.0013 から 0.0018 程度の間にある。

これと異なり渦抵抗は、部分的な形の不整形があつて面に沿つての流れが起きない部分に発生するもので、そのような不整形がなければ発生しないものであるから、その Base はその不整形部の面積ということになり、全浸水面積ではない。Pusher-barge 船団にあつてこのような不整形の典型的なものは Barge 船尾ノッチの一番奥の部分の船底部にあることは明らかであり、この部分の渦抵抗が計算できれば船団の全抵抗はかなりの精度をもって推定できることになる。しかしこのような形の抵抗係数を記述した資料はないので、他の似た形の資料から推定する。（配布参考資料参照）

これに最も性質の似たものは、中空半球にその半球側（凸部側）に流れを当てる場合であろう。反対側は凹部となつており、ここに渦が発生する。この中空半球に流れを当てた場合の抵抗係数は、参考資料によれば 0.34 である。（資料によっては 0.36 という数字もある。）この値は流れが当たる半球凸部の圧力抵抗と下流側の凹部の渦抵抗の合計で、今の場合、上流側の凸部の抵抗を取り除かねばならない。そこで上記の係数 0.34 の上流側と下流側の構成であるが、流線型体の抵抗などから推定される上流側の抵抗係数が約 0.04、下流側のそれが約 0.3 と見るのが概ね妥当のようで、他の実験から推定された値もこの値で、精度の高い数字ではないとしても、実用上の価値はある数字と思われる。

上記の Schoenherr の摩擦係数を、大雑把な平均値として 0.0015 と見れば、上記の Notch 部の渦発生面積 Base の抵抗係数は 0.3 であり、この値は Schoenherr の全浸水面積 Base の抵抗係数の 200 倍である。従つて Notch 部の渦発生面積が全浸水面積の 1/200 あれば、ここで発生する渦抵抗は船体の摩擦抵抗と同じになることになり、摩擦抵抗は通常単体船舶の全抵抗の 60% 程度あるから、これと同等の渦抵抗の加わる Pusher-barge の全抵抗は単体船舶のそれより抵抗が 60% 程度大きく、速力が 10% - 15% 低くなるのは当然と言える。渦発生面積などは設計によってかなり異なるので、一概に数字は 60% などとは簡単には言えないが、この抵抗係数が異常に大きいという性質をもつ渦抵抗の発生が Pusher-barge の速力の出ないことの根本原因であることは間違いない。渦発生面は Barge 船尾 Notch 下部の Pusher 船体との間隙の大きい部分であるが、上部は Pusher の船体と僅かな間隙をおいて接しており、上部は渦発生面積に入れる必要はない。こうして見た渦発生面積は船体全浸水面

積の 1/200 に近いことが多く、上記に近い速力差が発生することが多いのは当然であろう。

渦が発生するのは Barge 船底面が Notch で切られて形の不整形 (角) ができ、そこから後に低圧部が出来て水流を急に引っ張り込むからであり、ここに Pusher の船首下端を僅かに飛び出させて Stagnation pressure を発生させることにより低圧部の発生を邪魔し、それによって渦の発生を防ぐのが当社 (タイセイ・エンジニアリング) で考案した 3 点固定連結の高速船型である。Pusher 船首下端には高圧部が出来て小さな圧力抵抗が付加的に発生するが、これは通常の渦抵抗と比べれば、小さな Skeg をつけた程度の小さな抵抗でしかない。即ち考案は付加抵抗の性質の入れ替えを行ったのであって、付加抵抗を zero にしたものではない。

上記の固定連結型の高速船型は、固定連結で相対運動がなかったから出来たもので、数が圧倒的に多い 2 点支持 Pitching 自由のものは両船体間の間隔が大きいため適用できない。今後の問題はこの数の多い 2 点支持型の抵抗をどう減らして速力を出すかであり、上記の僅か 1/200 の渦発生面積をどう減らし、又はどうその渦発生効果を減らしてゆくかであろう。

#### 4. 東南アジアにおける Pusher-Barge 船団の利用

##### (1) 東南アジア地区の地形、人口分布と貨物輸送一般

東南アジアとは一般に西はビルマから東はフィリピンに至る地区を言うが、今後はこれに西のバングラデシ、更にインドと言う南アジアといわれる地区が次第に経済的、社会的に一体化して拡大してゆくものと考えべきではなからうか。従来の東南アジア地区は東西の範囲は約 5,800 km あり、この範囲はインドネシア国の東西の長さに等しい。即ち東南アジアとはインドネシアの北に東西に広がった地域であると考えてもよい。印度支那半島にある五カ国は陸続きであるが、ビルマ・タイ間は山があるため交通は不便であり、他の四カ国は間に南北に並んだラオスとカンボジアが人口少なく経済力も小さいため、陸上交通も大きなものにならず、最大の大国インドネシアは世界に類例がない島だけの国であり、東端のフィリピンも島だけの国で、これらと大国ベトナム、タイなどとの交通はすべてが船によらなければならない状態である。

人口はインドネシアが約 2 億 4 千万と断然大きく、他の国 3 カ国分の人口を抱えている。ビルマ、タイ、ベトナム、フィリピンが各 6 千万乃至 8 千万程度で欧州の大国程度であるが、其の他の 3 カ国も 2 千万程度の人口はあり、決して欧州やアフリカの小国のようなものではない。

これらの国は、タイを除けばすべて欧州の植民地であったのであり、これが太平洋戦争の結果独立を達成したもので、ごく一部を除いて対日感情は良好である。一部の国は戦争でこれと言う損害を与えなかったにもかかわらず日本から戦後賠償を行うことで、独立初期の経済発展の起爆剤を提供した。近年は教育水準も高まり、社会的にも民主主義の定着が進みつつあり、真の文明国としての発展に踏み出そうとする段階にあると考えてよい。

このように東南アジア諸国は大国で、人口も多いが、産物も豊富で、全体としてみて甚だ豊かな区域であり、域内各国間の物資と人の交流で豊かになれる可能性を十分持っていると考えられる。

宗教はインドネシアが大部分イスラム教、フィリピンがキリスト教である以外は概ね仏教国で、インドネシアももと仏教であったので、このイスラム教徒は中東の典型的なイスラムとは甚だ異なり、例えば国内の壮大な仏教遺跡であるボロブドゥール遺跡を国の宝として守っており、中東のように他宗教の遺跡を片っ端から破壊してしまうようなことは絶対にない。ごく一部にフィリピンのミ

ンダナオ島にやや過激なイスラム教徒がいるが、これはフィリッピンで少数派であることから来る特殊ケースと考えられる。

上に延べた通り東南アジアは海を介してつながった大国の国家群であり、この地域が経済発展すれば、海運需要は拡大する一方であろう。しかし各国の広さ、位置関係等を考えてみると、各地間の交流のため数千海里の長い航海をする必要はあまりなく、実際の航路は2-5日程度の航行のものが多い。従つて港に止って荷役している船の割合が高いことになるが、港に止っている船に主機関と船員を常時付き添わせておく必要はないから、船を貨物部分と、推進機関に人員をつけた部分とに分割して使用することは経営的利益を持つ筈であり、ここに Pusher-barge fleet の導入が大きな Merit をもたらす可能性が出てくる。適切に計画された多数の Pusher-barge 船団を導入すれば、膨大な海上輸送の需要を満たしながら、これに従う人材を節約し、高価な動力船の数を節約し、もって総合の経費を節約することができるので、これを国として国益のためにこれを行う所まで行ければ理想的であろう。インドネシアの場合、と言うよりむしろ東南アジア一円を対称として、Pusher の船型の標準化を行い、例えば大、中、小の3船型程度に統一することにして、どの Barge もこれらのどれかの標準 Pusher で運航できるようにすれば、地域の輸送 System として理想的なものになるであろう。Barge は各船主が自己の貨物の種類と量にあったものを自由に造つてよい。

## (2) 東南アジア地区における主要貨物

今後の東南アジア地区における最も量のまとまった重要な貨物で、大量輸送が必要になるものは、先ずインドネシアの石炭であろう。石炭はその価格と量から考えて、温室性ガスの大量発生にかかわらず、この地区のエネルギー源として主流を成すことは疑いなく、また他地域への輸出もまだ増えるであろう。インドネシアの石炭は、現在は産出量はカリマンタンが多いが、埋蔵量はスマトラの方が多し。カリマンタンの石炭は、東の Mahakam River 沿いのものと、南の Barito River 沿いのものがある。

Barito River からのものは河が深く積み出しやすく、また大消費地の Java 島に近い地の利から産出量も多い。この河からの石炭は直接大型 Barge に積み込んで、直接消費地に届けることができる Case が多しと考えられるから、河の整備をその方向で行つて、最も経済的な国内供給基地として河を整備し、あわせて輸出のための川口付近での積み替えも考えるべきであろう。川口までの輸送には Multi-barge convoy の使用は無論可能である。

Mahakam River からのものは国内消費に加えて輸出されるものが多いようで、日本の国交省ではこの河の川口付近に Megafloat を置いて輸出のための積み替えをやらせようとする計画を持っている。Mahakam 河口付近にはこれと言う石炭消費施設がある訳ではなく、消費地の Java 島には遠いから、河は Multi-barge convoy の運航に適しているも、これを大規模に使う為には別途考慮が必要であろう。日本政府が売り込みたい Megafloat があまり高価であるならば、もっと小さな Floating transshipper の採用を考えてもよく、これならば全旋回推進装置を備えて自分で動けるものにすることも出来よう。

スマトラ島の南の石炭は、Musi River で東の海に出すものと、鉄道で南へ出して Java 島へ船で運ぶものとに分かれるようであるが、どちらも Pusher-barge 船団の利用に適しているものと考えられる。特に南の Java 島に運ぶものは、Barge の Cyclic operation を適用すれば、低 Cost、高能率となることは明らかである。スマトラ島の石炭は開発がカリマンタンのものより遅れているようであるが、

その巨大な埋蔵量から考えて、開発はこれからであろう。

石炭以外の貨物については、石炭ほどの大量のまとまったものはないにしろ、各地で鉱物資源やセメントなどの大量のものがあり、距離から考えて Pusher-barge 船団による Cyclic operation に適したものはあちこちに存在する。これらは個々の場合に応じて適切な計画を立てていけば、Pusher-barge の特徴と価値が十分生かせる場合が多数あると考えられる。