

# 鉄石輸送船の発達

小山 健夫\*

## Recent Development of Ore Carrier

Takeo KOYAMA

### 1. 輸送量の増大と専用化

海上輸送においても、輸送する貨物が特殊な場合、あるいはその貨物の輸送量が極端に多い場合、その貨物に特定した専用の貨物船が使用されるようになる。

鉄鉱石は、船の貨物としてある程度特殊であると共に、その輸送量が 1970 年代において飛躍的に増大したため、鉄鉱石輸送のための専用船、あるいは他の貨物にも使用できるが、鉄石輸送に適した船が多数建造された。

貨物としての鉄鉱石の特徴は、その比重が大きいことにある。船の貨物の比重としては石炭・小麦等が標準であるが、これらに比べると鉄鉱石の比重は約 3 倍も大きい。したがって、標準貨物を積むよう設計された船に鉄鉱石を積むと、船倉の 1/3 までで既に満船になってしまうことになる。部分積みのまま航行すれば荷くずれの原因ともなるし、また船全体の重心が下がりすぎるため、復原力過大となる結果、動揺周期が短く船員の乗心地その他の面で不具合を生ずる。

以上のような理由により、鉄鉱石は一般の貨物船にとつては、いささか取り扱いにくい貨物のひとつである。

一方、輸送量の面からみると、特に我が国においては海上輸送において代表的な貨物のひとつである。図 1 に我が国の鉄鉱石および石炭輸入量の推移を示す。石炭輸入については最近でこそ一般炭輸入の増加傾向が顕著になりつつあるが、同図の範囲ではほとんどが原料炭とみてよく、鉄鉱石に関連が深いため参考のため併記した。石油危機以来、鉄鉱石の輸入量、ひいては粗鋼生産量の伸びがなくなっているが、絶対量としては石油の 2.7 億 t について大きな量である。ちなみに日本の輸入量の合計は年間約 6 億 t であるから、重量で見れば輸入全体の 1/2 が石油、1/4 が鉄鉱石という割合となる。

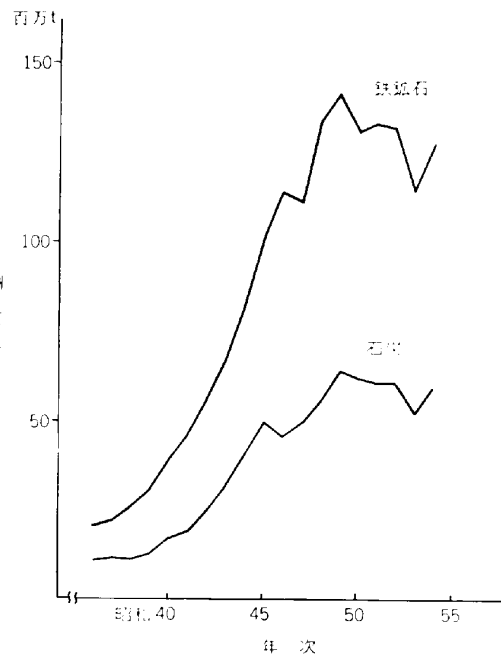


図 1 日本鉄鉱石および石炭輸入量の推移

このように輸送量が多くなってくると、一般の貨物船で輸送するよりは専用の貨物船を建造し、その輸送に専念させる方が輸送コストの面ではるかに有利となる。専用船にした場合の最大の欠点は、片道は満船航海となるが、輸送後は空船のまま輸出地まで回航しなければならない点にある。船の利用率としては高々 50% という低い値となってしまう。

この欠点を補い、輸送コストを専用化によつて有利とするのが船の大型化である。鉄石輸送船のような低速船の場合、船の推進抵抗は同一速力においては浸水している船体部分の表面積にほぼ比例する。したがって、相似船型の場合、推進抵抗は船の長さの 2 乗に比例するのに対し、積載量は 3 乗に比例して増加する。この関係は船の建造費のうち大きな部分を占める鋼材使用量、主機関の大きさにもあてはまるため、船が大型化することは、

† 貨物比重の逆数、すなわち 1t が占める容積を立方フィートで表したものを Stowage factor と呼んでいる。これらは次のとおり。  
 鉄鉱石：12~19 CFT/T、石炭：42~48 CFT/T、小麦：46~55 CFT/T

昭和 57 年 9 月 7 日受付 (Received Sept. 7, 1982) (依頼技術トピックス)

\* 東京大学工学部 (Faculty of Engineering, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo Bunkyo-ku 113)

単位輸送量あたりの資本費・運航費を下げ、専用船の片道空船航海の不経済を十分にカバーすることになる。

大型船を使用可能とするためには、そのための港湾の整備が必要である。同じ専用船でも石油タンカーの場合にはパイプラインによる荷役が可能であるため、港湾整備のための投資は比較的少なくてすむ。しかし、鉄鉱石の場合、一部でスラリー輸送が試みられてはいるものの主体は岸壁荷役である。大型船を着岸させるための水深を確保し、また能率よく揚荷を行うための巨大なクレーンを設置できる岸壁を建設するには巨額な投資を必要とする。

昭和 40 年代の高度成長期においては、輸送需要の増大が港湾投資を可能とし、大型港湾が大型船の入港を可能とする。大型船の利用が原料輸送コストを低減しそれがまた輸送需要の増大をもたらすという型となり、ついには 25 万 t 型の船が入港可能な岸壁が建設されるに至

つた。

このようにして、かつて製鉄所の立地は鉱石か石炭の産地に近い所がよいとされていた常識を打ち破り、日本の製鉄業は世界で最も安価な原料を確保できるというようになつたのは周知のとおりである。

## 2. 鉱石輸送船と船腹量

鉱石は特殊貨物でありかつ大量輸送貨物であるため、比較的早い時期から専用の貨物船が建造されている。これを普通、鉱石運搬船 (Ore Carrier) と呼んでいる。鉱石輸送はこのほかにも、鉱石輸送用に補強されたバラ積貨物船 (Bulk Carrier) および兼用船 (Combined Carrier) によつても行われる。これらの船の構造上の特徴を図 2～図 5 に示す<sup>1)</sup>。

鉱石運搬船の特徴は、図 2 に示すとおり断面の中央部にみに鉱石を積み、両舷の大きな部分は満船時に空所、

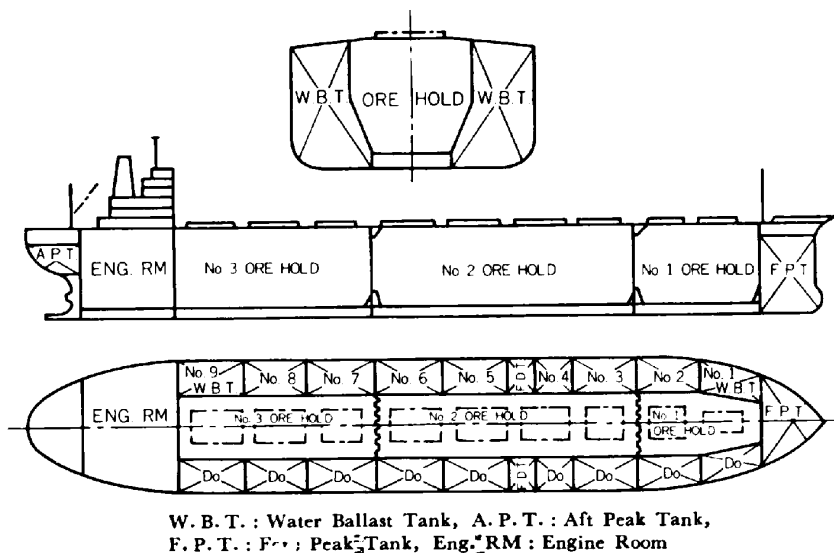


図 2 鉱石運搬船の構造  
[商船設計の基礎知識<sup>1)</sup>より]

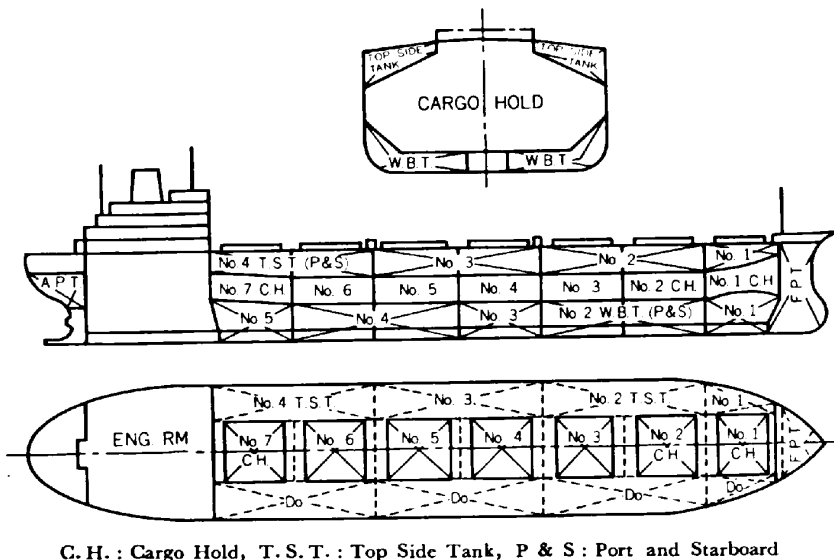


図 3 バラ積貨物船 (バルクキャリア) の構造 [商船設計の基礎知識<sup>1)</sup>より]

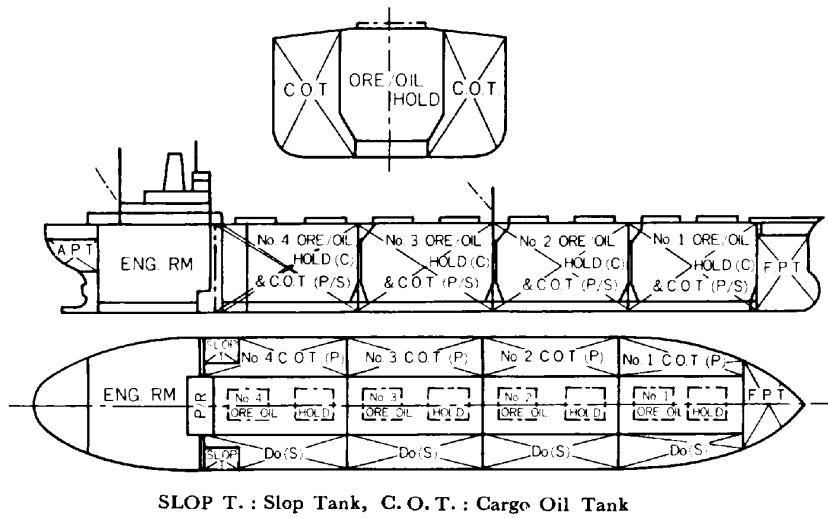


図4 O/O 兼用船の構造  
[商船設計の基礎知識<sup>1)</sup>より]

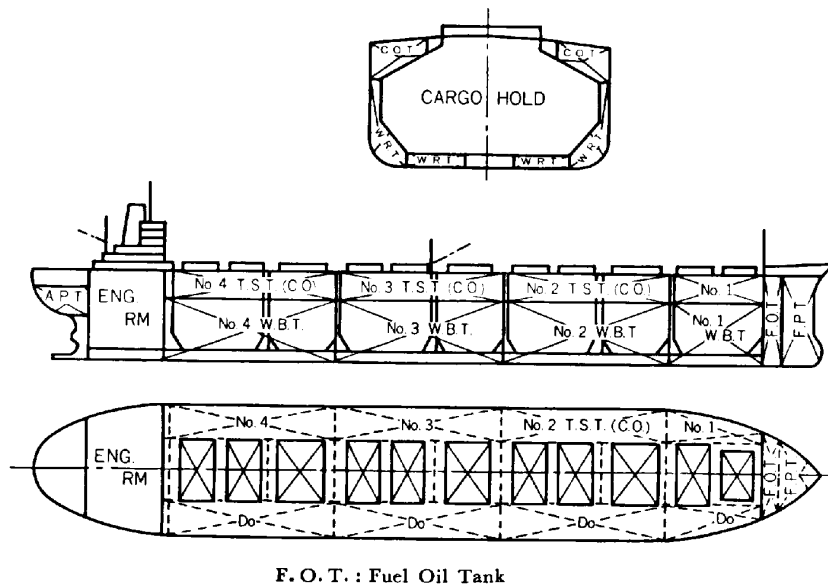


図5 O/B/O 兼用船の構造  
[商船設計の基礎知識<sup>1)</sup>より]

空船時にはバラスト用の海水が入ることになる。先に述べたように、鉱石は非常に比重の大きい貨物であるため、このように特殊な構造形式がとられる。

バラ積貨物船の場合、積荷は鉱石に限ることはできず、他の比重の小さい貨物も積めるよう十分な船倉容積を必要とする。鉱石を運ぶ場合、各船倉に少量ずつを積むと、荷くずれの原因となりまた船の重心が下がりすぎるため、ひとつおきの船倉に鉱石を積む。この場合は、船の長手方向の荷重分布が、積みこんである船倉では浮力が不足し、空の船倉の部分では浮力が余る結果となり、石炭・小麦等他の貨物を一様に積む場合にくらべて、はるかに大きな応力分布を生ずる。したがって、鉱石運搬にも用いる予定のバラ積船は、建造当初からこのための補強をほどこさなければならない。

兼用船には、石油と鉱石を兼用する Ore/Oil (O/O : 図4) と石油・鉱石・バラ積貨物に兼用される Ore/

Bulk/Oil (O/B/O : 図5) がある。図2と図4の断面を比較すると、O/O と鉱石運搬船は非常によく似ている。鉱石輸送の場合中央部船倉に積み、石油輸送の場合は左右舷のタンクにも積み込む。断面形状はタンカーとも酷似しており、石油と鉱石は貨物として非常に相性のよいコンビネーションである。これにくらべて O/B/O は、バラ積貨物船に鉱石を積む場合と同様な配慮が必要であり、また石油を積む場合は船倉内の液体貨物の流動を制止する縦通隔壁がないなどかなり無理のある設計となる。

これら3種類の船の世界全体の船腹量の推移を図6に示す。この図を見て特徴的なことは、図1に見られる鉄鉱石輸送量の大幅な伸びにもかかわらず、鉱石専用船の船腹量はバルクキャリア、兼用船と比較してそれほど伸びていないことである。

石油・鉄鉱石などの貨物の輸送需要は、大量ではある

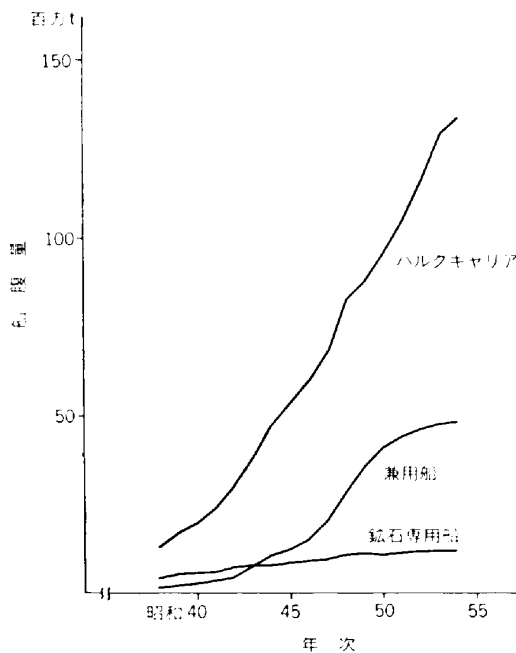


図6 鉱石輸送船船腹量の推移

がその需要には必ず変動がある。荷主側から見れば、輸送需要のうち相当部分は完全に自己の支配下において、輸送の安定を図り、変動分については市場の中から船腹を調達するという行動に出る。前者をインダストリアルキャリア、後者をコモンキャリアというが、インダストリアルキャリアの場合、船の用途を完全に固定して差し支えないが、コモンキャリアは事情の許すかぎり船の用途を固定せず、他の貨物輸送にも転用できる道を残しておきたいのは当然である。鉱石輸送の場合、このような指向と共に、タンカー市場に関連して多量の兼用船が存在することが、鉱石専用船船腹量の増加にブレーキをかけている。

タンカーは現在3億2千万tの船腹量があるが、これらのうち約70%がインダストリアルキャリアとして、いわゆるメジャー系の石油会社の完全支配下にある。残り30%はコモンキャリアの市場から調達されるが、そのうち約15%が長期契約、残り15%がスポット契約の用船形態であろうと推定されている。タンカーの運賃率の乱高下は周知のとおりであるが、実際にはこの15%の船腹量と兼用船とで、石油輸送の全変動分を吸収しているのであるから当然といえば当然である。

兼用船の船腹量は現在タンカー全体の15%に達しているが、タンカー市場が好況のときはその90%近くが石油輸送に投入されていたのに対し、現在はタンカーの船腹過剰を反映して、28%に割合が低下し、残りは鉱石等のバルク市場に投入されている。

タンカー市場から見ると兼用船船腹量は、変動分調整用として適切な量であろうが、鉱石輸送から見るとこの量ははささか過大であり、これが鉱石専用船の船腹量増

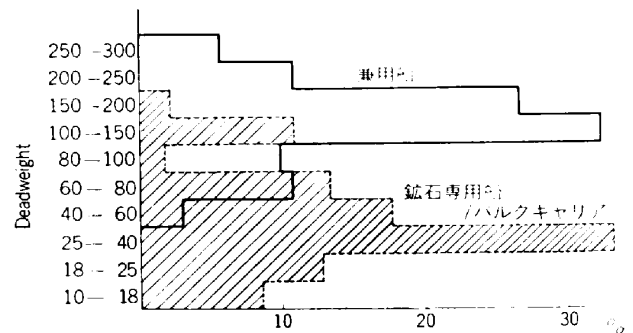


図7 兼用船とバルクキャリア船腹量の船型別構成

加を押さえた主な原因と考えられる。現在日本の鉄鉱石輸入量の約半分は兼用船により輸送されている。

兼用船が鉱石輸送に与えたもうひとつのインパクトとして、船の大型化があげられる。図7に、バルクキャリアと鉱石専用船を合計したものと兼用船との船型別船腹量の構成比の比較を示す。バルクキャリアの場合、パナマ運河通過可能なPANAMAX(約7万t以下)より小さい船型が大半を占め、10万t以上の船は鉱石専用船以外にはすくない。これに対し、兼用船では10万t以上が大半を占め25万tをこえる船も存在している。

石油輸送では大型でない船は役に立たないことがこのような結果になつているが、反面、鉱石輸送における船の大型化の引金になつたという考え方もできる。

兼用船の用途としては、往きと復りに別の貨物を積むことができ、したがって専用船特有の空船航海が減るという利点もよく指摘される。事実

- 日本—中東：空船
- 中東—西欧：原油
- 西欧—南米：空船
- 南米—日本：鉱石

という四角航路をとり、空船航海を減じている運航も行われているが、現実にはそれほど都合のよい組み合わせは少ない。大半の兼用船は、輸送需要の変動に適應できるよう、用途の幅をもたせているものと解決すべきであろう。

### 3. 将来の鉱石輸送

石油危機以来、省エネルギーの必要性が各所で真剣に取り組みられている。海上輸送においても、特に第2次オイルショックにより、運航費に影響が出るようになり、第1次以降の資源確保に替りコストベースのより深刻な問題となつている。

特に鉱石輸送においては、荷主側の強烈な省エネルギー志向に、船主・造船側が追いつかれるという事態が発生している。現在話題になつている「超省エネ大型鉱炭船」は、あらゆる省エネルギー技術を盛り込んだ画期的な船であることにまちがいはない。また、船主・造船側の対応が保守的であつたことも事実である。

これらの特徴は、種々の省エネルギー技術もさることながら、基本的には「大型船を低速で運航すること」にある。このうち大型化の利点については既に述べたとおり、全く問題はない。最大の論点は、低速運航を行いそれに応じて主機馬力を下げるといふ点にあつたと考える。

貨物の単位当たり輸送費は、現在は主として建造費回収のための資本費と燃料費によつてきまる。前者は船速を上げ船の回転を早めることにより減少でき、後者は船速を下げることによつて低下できる。

推進抵抗は船速の2乗に比例するため、所要馬力及び単位時間当たりの燃料費は3乗に比例する。すなわち15ノットの船速を12ノットに下げれば、所要馬力は1/2ですむ。ただし、航海時間は船速に逆比例するため、単位輸送量あたりの燃料費は船速の2乗に比例する。

以上の議論には全く異論をささむ余地はなく、船型を同一とすれば、輸送コストを最小とする船速は、単純な計算で一意的に求まる。

問題は、このようにして求まる最適船速が、燃料費高騰の結果従来の常識にくらべあまりにも低速となり、従来経験したこともない範囲に来る点にある。反面、最適船速より遅い速力で運航したときのコスト上昇分にくらべ、速くした場合のコスト上昇分の感度はそれほど高くないこともあり、船主・造船側の姿勢はますます保守的(低速を嫌う)となる。

最も深刻な懸念は低速運航そのものではなく、荒天時の避航にどれだけの主機の余力をもつていればよいかについての十分な知識がない点にある。大型船といえども船はあらゆる海象に耐えるようできている訳ではない。荒天が予想される場合、船長はそれを避けるために全力を注いでいる。

気象・海象の子報技術は人工衛星等の技術により飛躍的に進歩したが、それでもなお台風の1日後の位置の予測精度は日本近海で200km程度といわれ、沖合ではは

るかにそれよりも悪くなる。12ノットでの1日の航走距離は500kmにすぎないことを思えば、小出力の主機で避航に責任をもたなければならない船長の心労は理解できるであろう。このような懸念に対し、15ノットにしても1日の航走距離は150km程度増えるだけで、さしたる改善にはならないであろうという議論はあまりにも酷であろう。

小出力主機についての他の懸念は港内操船である。船のブレーキは、プロペラの逆転によつていられるため、主機出力の減少はそのまま制動力の減少につながる。この面でも必要な制動力に対する知識が十分ではない。

今回の問題提起により、船の設計・運航についてさまざまな問題が改めて浮彫りにされた。知識としての造船学は設計変更により性能がどのように変わるかを示してくれる。しかし、この性能は実績により裏付けされたものではない。非常に広い設計可能な領域の中で、実績をもつている領域はごく小部分に過ぎない。新しい領域にふみだすには、Step by stepで、傾向としては正しくとも、そこに何か予想もしないような不具合がないかを確かめながら進めなければならない。自然環境条件など未知の部分、あるいは操船者とのインタフェースのように定義の難しい部分が介在するときはことさらこれが必要となる。

船は原理的にはいくらでも大きくできる構造物であり、また一般に大型のものほど単位当たり輸送費は低くなる。したがって、同型船の大量生産、プロトタイプを試作品による検討等が行いにくく、一品一品が試作品でありかつ完成品であるという宿命をもつている。以上に述べたような事情を十分理解された上で、より合理的な輸送手段の追求に努めて行きたい。

## 文 献

- 1) 柴田 清, 元綱数道, 前田 恂, 熊倉 靖, 播谷 圭亮: 商船設計の基礎知識 [成山堂出版]