航洋艀による原木輸送の合理化

三 木 楯 彦*・小 郷 茂**

An Application of Ocean Barges to Lumber Trade

T. Miki and S. Kogo

Abstract

Conventional log carriers in the lumber trade for major coasting service and the proposed log barge system are compared in order to judge their relative merits from a commercial stand point.

As a result, by the use of the log barges with log loading crane and side-tipping arrangements to load and unload, it is suggested that port time will be reduced greatly and each barge can therefore make more trips in a year, thus ensuring that the improvement applied to economy of transportation will be attained.

1. 緒 論

わが国は国土の64%が森林で世界でも有数の森林国である。しかし、地形がけわしいこと、資本不足から林道の開発が遅れていること、森林所有者が一般に零細であるという特殊事情のために、19億 m^3 という多量の森林蓄積量があるにもかかわらず、そのすべてが役立つという訳ではない。このような現状にあつて木材需要は年々増え、昭和40年の木材供給量のうち30%を輸入材が占めるようになった。

さて、わが国の工業原材料の輸入を見ると、数量の大きいものから石油、鉄鉱石、石炭、木材の順となつてゐるが、これらのうち前三者は衆知のように専用船の導入により運航能率は著しく高められている。それにひきかえ、木材輸送においてはその積荷の性質上、石油や鉄鉱石のように画一的荷役が困難な上、従来から原木輸送は海運市場のはきだめ航路といわれ、低運賃の老朽船が多く過当競争に陥り易かつたことと相まつて輸送の合理化が遅れた。

ところが、最近の年間2000万 m^3 を超える木材輸入の増大によつて、昭和38年以来の木材運搬船の計画造船をはじめとして数年来木材専用船はブームをなしている。米材輸送においては近年次第に船型も大型化し、船体構造や荷役装置の改善により合理化が進められてきたが、南洋材とソ連材輸送においてはともにいくぶん共通した問題点をかかえている。

さらに木材を取扱う港湾についても、貯木場の不足、木材取扱いの専用施設の欠除が指摘される。今後これらの設備の改善とともに現行の商慣習、法規などの点で木材荷役の管理運営の円滑化が望まれる。

以下においてソ連材輸送の現状とその合理化の一方法について考察し、併せて経済性の試算を

* 神戸商船大学(神戸市東灘区本庄町深江)

** 第一中央汽船K.K. 船長

行なってみる。

2. ソ連材輸送の現状

ソ連材は主としてエゾ松、トド松等の針葉樹であつて、その用途も建築、製箱、坑木、パルプ材と多岐にわたるが、わが国の旺盛な木材需要に応じきれない内地材に対し補充的な役割を果しているものであつて、昭和29年の日ソ通商協定の締結によつて輸入が始められた。以来、ソ連材輸入の伸びは著しく、日ソ政府間の年間契約により輸入数量が決定され、これに基いて現金取引あるいはバーター制により輸入が行なわれている。その実務はソ連輸出入公団ならびに協同組合とデイラーたるわが国一流商社の下請けとして輸入業者との間に行なわれる。実際の荷受機関としては一般材は全北連（全国北洋材荷受協同組合連合会）があり、この団体が配分を決めてデイラーを通じて各地方の需要先へ送られる。

FOB 条件のソ連材はナホトカ、オホーツク海諸港（マゴ、ラザレフ、デカストリ）および樺太諸港より積出されるが、そのうちナホトカは冬期でも積出し可能であるが、オホーツク海諸港は冬の結氷期に配船不能となる。

北洋材輸送の非能率は種々挙げられるが、その第一は上記の結氷による配船不能である。従つてマゴ、ラザレフ港からの木材の積出しは例年6～9月に集中して行なわれる。

第二は港湾・航路事情のため大型船の配船ができないことである。ラザレフ・マゴ間の約90哩のアムール河は浅瀬が多く、現在でも潮汐を利用して航行しているが、それでも可航吃水が4 m 程度に制約されるためマゴからの積出しが困難であり中小型船による輸送によらざるをえない。

第三は荷役条件が悪いことである。オホーツク海諸港積みの航海期の開始される頃は、渇水のために流送による出材がはかどらず、積能率が極度に低下し、日本船は滞船のために配船不調に陥ることがある。ナホトカ港においても貯木場に木材のストックが不足がちで、貨車取りを余儀なくすることが多い。

3. 原木輸送艇の導入

上述のようにソ連材輸送においては荷役能率が低いために港泊時間が長くなり、港間距離が短いという利点を犠牲にしている。

このような稼働率の低下を改善するために今の場合のように港間距離の小さい場合には、木材運搬船の航海速力の向上をはかるよりはむしろ荷役能率の増大により港泊時間を短縮して年間運送回数を増した方がメリットを期待できるように見える。

このような条件に適した有力な輸送方法として艇輸送方式を考えることができる。何故なら艇方式においては、船の主機関兼操舵機の役目をする曳船が船倉部分に当る艇を曳航するのであるから、①艇の離脱、結合が自在で、貨物積出地から末端需要地へという理想的な海上輸送ができる。ソ連材輸送では殊に、日本国内の揚地が40数港の各地の中小の港に散在しているので、この点で有利であろう。②艇は一隻または数隻をそのまま浮倉庫としてある期間放置しておくことができる。わが国の木材を扱う港湾においては先述のように概して貯木場が不足しているために滞船の一因となつていますが、この難点を緩和するためにも役立てうる。③曳船は、艇を目的地へ航送すれば、艇の荷役の終了を待たないで直ちに他の艇を曳航して航行を継続できるので、高い稼働率のもとに運送できる。④艇の追従性能（艇の操舵を行なわなくとも曳船の航跡どおり追従すること）が許せば、乗組員は曳船だけの定員でよく、一般に船費が少なくて済む。

艇方式の利用は上記のような利点が期待できるから、この上にさらに最小限の労力で積揚荷役

がすばやくできるならば、本航路のように港間距離が短い場合にはほぼ理想的な輸送方法といえる。

原木は比重が比較的小さく海水に浮き、しかも海水に濡れても商品価値が変わらないという特性を利用して荷卸方法として横傾斜荷役方式を採用する。ここで、横傾斜荷役方式とは従来から土砂運搬船として随所に利用されてきているもので、底開き式(注1)、側開式(注2)あるいは傾倒荷役方式(注3)等多種多様のものが考案され、また実用に供されているものである。

これらの荷卸方式をそのまま原木輸送の場合に適用するには多少無理があるので、二三の改良を加えて flat deck 型艇の設計の一案を得た。紙面の都合で、艇の一般配置図を掲げる代りに積揚荷役の概要を簡単に述べることにする。まず、積荷役の際に艇の甲板上に船の幅方向に原木を積付ける。このように積付けを行えば、甲板貨物は通常の横揺れに対して安定であるため抑止用のラッシング等を要しない。原木を満載した艇を曳船により目的地まで曳航して、適当な水面において船底の漲水弁を開いて艇の片舷に配置された横傾斜用のタンクに注水する。タンクが満水するにつれて船は横傾斜し、ついに甲板貨物は滑落して一挙に荷卸しが完了する。軽荷状態となった艇は吃水の上昇によりタンク内の海水が自動的に排水されて旧位に復する。こうして一旦水面に投げ出され漂っている原木群の周囲に浮きをつけた綱を廻らし、この綱の両端を結んで輪にした上で、曳船により貯木場または陸揚岸壁まで曳いていくという要領である。

(注1) 開閉式土運船 特許公報 昭26—6625

(注2) 捨石船 特許公報 昭27—1817

(注3) 自動傾倒復元式運搬船 特許公報 昭29—6337

および小岩健(1956)傾倒復元式土運船 造船協会論文集第98号

4. 艇輸送の経済性

前節で述べたような原木輸送艇と曳船をそれぞれ何隻か用意し、在来型木材運搬船の代りにこれらの船団をソ連材輸送に採用した場合の経済効果を検討してみる。

昭和41年の邦船によるソ連材輸送の実績によれば、その輸送量は約 95万 m^3 であるので、一応この数字を念頭において議論を進めることにする。この航路は先述のようにナホトカのほか数港の積地と40数港の国内の揚地からなるが、例えば資料(2)に示したように積揚港間の距離も運賃もさまざまで、実状のままの一般的な場合について経済性の試算を行なうことは取扱いが非常に複雑となる。

資料(1) ソ連材積地・揚地別積取量の一覧表(一部分)

船名	積地	揚地	運賃率(円/ m^3)	航海日数	距離(浬)	積取量(m^3)
A 船	ナホトカ	敦賀	1681	10.12	452	2107.9
B 船	ナホトカ	伏木	1681	14.04	423	2108.6
C 船	ラザレフ	七尾	2365	19.04	546	3275.4
以下同様						

計算 ソ連材積出港と日本各港の平均距離の算出

$$\textcircled{1} \text{ ナホトカ/日本各港間平均距離} = \frac{\sum(\text{距離}) \times (\text{積取量})}{\sum(\text{積取量})} = 563.5 \text{ 浬}$$

$$\text{ナホトカ/日本各港間平均運賃率} = \frac{\sum(\text{運賃率}) \times (\text{積取量})}{\sum(\text{積取量})} = 1738 \text{ 円}/\text{m}^3$$

② オホーツク海諸港/日本各港間平均距離=1095.4哩

オホーツク海諸港/日本各港間平均運賃率=2806円/m³

資料(2) ソ連材の積地・揚地別距離表および運賃率表

積 地 \ 揚 地		ナ ホ ト カ	マ ゴ	ラ ザ レ フ
伏 木	{ 距 運 賃 離 率	423哩 1681円/m ³	1050 2695	962 2365
門 司	{ 距 運 賃 離 率	546 約 1800	1320 約 2900	1232 約 2500
東 京	{ 距 運 賃 離 率	884 2011	1294 3025	1201 2695
和 歌 山	{ 距 運 賃 離 率	805 2011	1549 3190	1456 1860

そこで資料(1)のような積地揚地別積取量実績の一覧表に基づき、「計算」の欄に記した方法で距離と運賃の両者につき積取量による荷重平均を求めた。その結果、ナホトカ/日本各港の平均距離563.5哩、平均運賃1738円/m³となり、資料(2)の距離表と運賃表の中からこの数字とよく似たものを拾い出すと、この場合、距離546哩、運賃1800円のナホトカ/門司航路がえられる。従って実績のナホトカ/日本各港の輸送高約30万m³の全量がナホトカから門司へ運ばれたものと考え、距離的にも運賃面でも矛盾が少ないと言える。このようにして結局第1表①～④欄に示すような経済性の試算に便利な二つの航路モデルがえられた。

第1表

経済性試算に用いる二つの航路モデル

	航 路 モ デ ル (Ⅰ)		航 路 モ デ ル (Ⅱ)	
① 積 地 / 揚 地	ナ ホ ト カ / 門 司		マ ゴ / 伏 木	
② 港 間 距 離	546哩		1050哩	
③ 年間貨物輸送量	304,200m ³		646,200m ³	
④ 運 賃 率	1800円/m ³		2695円/m ³	
	在 来 船 (3300DW型)	舁 方 式 (4500DW型)	在 来 船 (3300DW型)	舁 方 式 (4500DW型)
⑤ 年間所要航海数	122	87	259	185
⑥ 配 船 期 間	1年	夏期約180日	4月1日～11月中旬 (約220日)	夏期約160日
⑦ 所 要 隻 数	6隻	舁 6隻 曳 船 4隻	24隻	舁 22隻 曳 船 17隻
⑧ 資 本 回 収 率	8.9%	22.2	16.6	15.3
⑨ 輸 送 原 価	1769円/m ³	1294円	2240円	2223円

次に、第2表は舁輸送の経済性の検討のために現在ソ連材輸送に従事している代表的な木材運搬船の要目および大略の諸経費の細目を、舁方式の諸要素と対応させて一覧表にしたものである。

この表の船舶要素の項で、投資費用というのは主として船の建造費であるが、これを計算するために、与えられた輸送貨物を一定期間に運ぶに要する舁と曳船の最少所要隻数を知らなくては

第2表 在来型木材運搬船と艇方式の経済性比較

		在 来 型 木 材 運 搬 船	曳 船 ・ 艇 方 式	備 考
船 舶 要 素	載 貨 重 量	3300トン	艇 4500トン	艇の要目 $L \times B \times D \times d_f$ =80.0×18.9×5.0×3.96
	積 高	2500m ³	艇 3500m ³	
	主 機 馬 力	1800馬力	曳船 1250馬力	
	満載航海速力	12ノット	7.5ノット	
	乗 組 員 数	25人	曳船 18人	艇は無人とする。
	建 造 船 価 (一隻当り)	22000万円	曳船 10000万円 艇 11700 "	在来船6.67万円/トン, 曳船8万円/馬力 艇2.2万円/トン(クレーン1800万円搭載)
	所 要 隻 数	6隻	曳船 4隻 艇 6隻	
	総 投 資 費 用	132000万円	110200万円	乗出費用(建造船価の5%)を含む。
運 航 要 素	門司/ナホトカ間 航 海 日 数	14日	艇 12日	
	走 行 日 数	往復 4日	往復 6日	港間距離 546哩
	荷 役 日 数	積揚 10日	積 5日	荷役能率: 在来船 500m ³ /day 艇 700 "
	艇付け離し及び 揚 荷 役 日 数	—	1日	
	配 船 日 数	1年	夏期 180日	
	年間航海回数	121航海	87航海	
収 入	年間輸送貨物量	304200m ³	304200m ³	昭和41年ナホトカ積日本各港揚実績による。
	運 賃 収 入	54756万円	54756万円	本航路の運賃率は1800円/m ³ とする。
年 間 船 費	船 員 費	2750万/隻	曳船 1980万円/隻	年間 110万/人
	修 繕 費	495 "	曳船 312.5 " 艇 135 "	在来船 1500円/トン, 曳船 2500円/馬力 艇 300円/トン
	船 用 品 費	465 "	曳船 156.5 " 艇 22.5 "	在来船 1400円/トン, 曳船 1250円/馬力 艇 500円/トン
	保 險 料	440 "	曳船 200 " 艇 396 "	在来船, 曳船……建造船価の2% 艇 …… " 4%
	店 費	660 "	艇 900 "	2000円/トン
	雑 費	82.5 "	艇 112.5 "	250円/トン
年 間 運 航 費	港 費 (外地) (日本)	5475.6万円 939.1 "	5475.6万円 232.5 "	外地港費は積高1m ³ 当り180円
	燃 料 費	6600 "	4180万円	走行中: 馬力時間当り2円 碇泊中: " 0.5円
	運 航 雑 費	610 "	435 "	一航海当り5万円
資 本 費	償 却 費	6600 "	5510 "	船価の1割残存, 18年等額償却による。
	金 利	4230 "	3530 "	総投資額の4割は自己資金, 残り6割を 3年間に3ヵ月毎返済, 日歩2.7銭の条件で借入
支 出	年 間 支 出	42979.7万円	30315.1万円	(船費)+(運航費)
	年 間 総 支 出	53809.7 "	39355.1 "	(船費)+(運航費)+(資本費)
経 済 性 度	資 本 回 収 率	8.9%	22.2%	$\frac{(\text{年間収入}) - (\text{年間支出})}{(\text{総投資費用})}$
	輸 送 原 価	1769円/m ³	1294円/m ³	$\frac{(\text{年間総支出})}{(\text{年間輸送貨物量})}$

ならない。この目的のために付録に記したように線型計画法により艀の配船計画を定式化できるので、比較的簡単な計算で曳船と艀の最少所要隻数を求めることができる。

次に、第2表に従ってナホトカ/門司の航路モデル(I)に関する試算結果の説明に移る。本航路では、在来船の配船期間はほぼ1年を要するが、一方艀方式では冬季の日本海の気象条件をかなり厳しいものと考えて、配船期間を在来船の場合の約半分の180日としている。それにもかかわらず、資本回収率について、在来船の8.9%に対して艀方式では22.2%というかなり高い値がえられた。

日本海における気象資料は元来船舶からの気象報告に乏しいために、十分信頼できるものは入手できないが、海上自衛隊幕僚監部発行の日本海波高図によれば本航路は6~9月に至る期間は0~2フィート以下という日が圧倒的に多くて、例えば7フィート以下の波浪状態が90%を占める比較的穏やかな海況である。

航路モデル(II)については、先にふれたように本航路の航海期を冬の結氷期からはずさなければならぬという制約があるので、在来船の配船期間は通常の運送契約書に従って、毎年4月1日~11月中旬の220日とし、一方艀輸送ではこれより短く見積もり夏期160日とした。試算の詳細は航路モデル(I)の場合とほぼ同様であるから省略するが、その結果は第1表⑧~⑨欄に示す通りである。

ここで、在来船の場合は冬期の他用途への転用により本航路と同程度の運賃収入がえられるものと考え、一方艀輸送では一応他の期間における転用ができないものと仮定した。

従って、在来船に比べて艀方式に対してより厳しい条件を与えていることになるが、結果としては第1表の航路モデル(II)の欄に示したように、経済性の点で両者に大差がないことが分かる。本航路のように艀方式の稼働期間が少ない場合にソ連材輸送に従事しない約半年間の期間を曳船あるいは艀の両方あるいは一方を他用途へ転用することができれば、もちろん艀方式において格段のメリットが保証されるであろうと思われる。

5. 結 語

以上により、ソ連材輸送に関連して艀方式の採用が実用的に見て可能であるとの見通しのもとに、その経済性の試算を行なった結果、配船期間が長くとれる場合には在来船に比べてかなり有利であることが分かった。

その主な長所は、船の稼働率が向上できることと、船員費が節減できる点であり、今後のわが国の労働事情を考慮に入れるならば、艀輸送の有利性はより強調できるものといえる。

最近表日本におけるソ連材の市況の後退が言われているが、これは結局、ソ連材が米材等に対して割高であるからであつて、このような情勢にあつて一層ソ連材輸送の合理化が望まれる訳である。

付 録

〔線型計画法による艀方式の配船計画の定式化〕

いくつかの出荷地 $i=1, 2, \dots, m$ があり、そこで目的地 $j=1, 2, \dots, n$ へ輸送すべき荷を艀に積込むことにする。 j へ運ぶ荷を i で船積みする時刻はきまつており、また艀が曳航されてある地点から他の地点へ行く所要時間も分かっている。ここで艀と曳船はそれぞれ同型同性能で、さらに二港揚げなど特殊な場合は考えないものとする。

揚荷が終了した艀はどこかある目的地での積荷役開始時刻に間に合いさえすれば、どの出荷地へ行つてもよい。また、期間の初めに艀は既に必要な出荷地にあるものとする。

もし艇と曳船がいくらでも利用できるならば、輸送すべきすべての荷に一隻ずつの船腹を割当てて輸送し、残りの期間は船を遊ばせておけば、与えられた輸送計画を満足させることは明白である。しかしこのためには沢山の船が必要となる。配船計画を工夫して輸送を遂行するための船の隻数を最少にすることが目的である。

最初に次のような記号を定義する。

$x_{\alpha i \beta j}$ ……時刻 α に積荷港 i で積荷役を行なうために、時刻 β に揚荷港 j から発航する艇の隻数

$n_{\alpha i}$ ……時刻 α に港 i で積荷役を行なう艇の隻数

$N_{\beta j}$ ……時刻 β に港 j に到着する艇の隻数従つて、 $x_{\alpha i \beta j}$ の定義により

$$x_{\alpha i \beta j} \geq 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$\alpha - \beta < (j \text{ から } i \text{ への有効航行時間})$ の場合は物理的に配船不能であるから

$$x_{\alpha i \beta j} = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

積荷港の制約 ($N_{\beta j} \neq 0$ なるすべての (β, j) の組に対して)

$$\sum_{\beta, j} x_{\alpha i \beta j} \leq n_{\alpha i} \quad \dots\dots\dots(3)$$

揚荷港の制約 ($n_{\alpha i} \neq 0$ なるすべての (α, i) の組に対して)

$$\sum_{\alpha, i} x_{\alpha i \beta j} \leq N_{\beta j} \quad \dots\dots\dots(4)$$

次に2個のスラック変数 $\sigma_{\alpha i}$, $S_{\beta j}$ を導入すると、(1)~(4)式から(5)~(9)式が得られる。

$\sigma_{\alpha i}$ ……時刻 α に i から航海を始める艇の隻数

$S_{\beta j}$ ……時刻 β に j で航海を終る船の隻数

$$\sum_{\beta, j} x_{\alpha i \beta j} + \sigma_{\alpha i} = n_{\alpha i} \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$\sum_{\beta, j} S_{\beta j} + y = \sum_{\beta, j} N_{\beta j} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\sum_{\alpha, i} x_{\alpha i \beta j} + S_{\beta j} = N_{\beta j} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\sum_{\alpha, i} \sigma_{\alpha i} + y = \sum_{\alpha, i} n_{\alpha i} \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$y = \sum_{\alpha, i} \sum_{\beta, j} x_{\alpha i \beta j} \quad \dots\dots\dots(9)$$

航行中に船が滅失しないものとするれば、

$$\sum_{\beta, j} N_{\beta j} = \sum_{\alpha, i} n_{\alpha i} \quad \dots\dots\dots(10)$$

$\sum_{\beta, j} S_{\beta j} (= \sum_{\alpha, i} \sigma_{\alpha i})$ は明らかに艇の所要隻数を表わすからこの式を最小化すればよい。従つて(6)または(8)式により

$$\text{目的式: } y = \max, \quad \dots\dots\dots(11)$$

となる。以上により線型計画法における輸送問題が定式化されたので、最適解を求めることができる。(この種の定式化の方法と解法については、ガーウイン著、関根訳：線型計画法入門、日本生産性本部刊の第9章に詳しいので併せて参照して頂きたい。)

上記の方法で得られた配船計画を満足する艇の最小隻数を与える $x_{\alpha i \beta j}$ の組に対して、曳船を割当てることによつて曳船の最小所要隻数がきまる。

配船間隔が周期的で (たとえば3日毎)、かつ艇と曳船の一航海の所要時間がそれぞれ配船間隔の整数倍である場合に限つて、曳船が艇待ちしたり、艇が曳船待ちすることがなくなるので、運航能率が高められる。