

정기선 해운사의 해상운송 요율 변화에 대한 민감도 분석

- 단독 운송과 제휴 운송 비교 -

정기호*

<요 약>

본 연구에서는 해운경기의 침체로 어려움을 겪고 있는 컨테이너 정기선사들의 전략적 제휴를 위한 수학적 모형을 제시하고, 엑셀을 통해 현실 문제를 쉽게 적용하여 풀 수 있는 해법을 제시하고자 하였다. 본 연구에서는 기존 논문들에서 제시했던 비선형계획법 모형에 비해 개선된 모형인 선형계획법 모형을 제시하였다. 또한 본 연구에서는 기존 연구에서처럼 비용 최소화 문제가 아닌, 이익 최대화 문제를 다루고 있다. 그리고 지금까지 전혀 다루어지지 않았던 제휴사 선박 공간의 임대 규모를 결정하는 내용도 고려함으로써 현실적인 적용가능성을 더욱 높였다. 운송요율이 지속적으로 감소하는 상황을 고려하여 민감도 분석을 통해 전략적 제휴에 의한 수송과 자사 단독 선박에 의한 수송의 순이익 변화를 체계적으로 분석함으로써 제휴 수송의 효과를 입증하고자 하였다. 이를 위해 현실적인 상황에 유사한 예제 문제를 만들고 이를 해법에 적용하여 분석하였다. 민감도분석 결과 운송요율이 하락하는 추세에서도 제휴 수송이 단독 수송보다는 순이익이 크게 나타남을 알 수 있었고, 다만 순이익 차이는 운송 요율이 10%씩 하락할 때마다 그 폭이 조금씩 줄어들었다. 그리고 또 하나 중요한 점은 운송요율이 하락할 때마다 제휴수송에 의한 순이익이 운송요율 하락폭보다 훨씬 많이 하락하는 것으로 나타났지만, 단독 수송할 때 순이익과 비교해 보면 제휴 수송할 때 순이익 증가에 대한 비율은 오히려 크게 나타났다는 점이다. 따라서 향후 세계 경제 지표가 호전되고 수출입 물동량이 많아져 컨테이너 운송요율이 상승하게 되면 제휴수송에 의한 순이익이 운송요율 상승폭보다 훨씬 많이 상승할 수 있음을 유추해 볼 수 있어서, 제휴 수송이 단독 수송보다는 효과가 크다는 것을 확인할 수 있었다.

핵심주제어: 컨테이너 정기선, 전략적 제휴, 적재 공간 임대, 엑셀 최적화도구, 민감도분석

I. 서 론

오늘날 세계 해운산업은 큰 위기를 맞고 있다. 세계 경기침체로 인한 수출입 물동량 감소, 컨테이너 운송요율의 지속적인 하락, 대형선박의 출현에 따른 과당 경쟁과 소식을 하락 등으로 정기선 해운선사들은 비용 증대와 수익 감소를 겪고 있다. 이를 해결하기 위한 방편으로 경쟁관계에 있는 해운선사들 간의 인수합병, 전략적 제휴나 협력 등을 통해 운송합리화를 추구하는 경향이 최근 들어 활발히 이루어지고 있다(Panayides and Wiedmer 2011). 특히 동일 항로를 운항하는 해운사들 간의 전략적 제휴는 과당 경쟁을 피하고 운송합리화를 통한 비용 절감을 위해 다양한 방식으로 이루어지고 있다. 이러한 방식에는 선박의 공동운항, 선박공간 상호 이용, 선박 일부공간 임대, 선박 일부공간 구입, 항구의 공동 사용 등이 있다. 이들 중 컨테이너 정기선 선사들 간의 전략적 제휴 형태로 가장 활발하게 시도되고 있는 것이 공동배선을 통해 제휴사 선박 일부 공간을 빌려 컨테이너를 수송하는 방식이다. 동일 항로를 운항하는 제휴사들 간에 이와 같이 공동배선을 통해 수송하게 되면 제휴를 맺은 선사들 모두 비용을 줄이고 수익을 높일 수 있는 윈윈전략 효과를 이룰 수 있다.

본 연구에서는 전략적 제휴의 일환으로 경쟁사의 선박 일부 공간을 임대하는 경우 자사 선박 단독으로 운송할 때에 비해 얼마나 비용 절감효과가 있는지 알아보고, 또한 최근 들어 운송요율이 지속적으로 하락하는 추세에서 이익의 변화 추이를 알아보기 위한 민감도 분석을 수행해 보고자 한다. 이를 위해 경쟁사 선박 일부 공간을 임대하는 경우 총 순이익을 최대화하는 수학적 모형을 제시하고, 이를 풀기 위한 해법으로서 역셀의 최적화 도구를 사용하는 방법을 제시하고자 한다. 기존 논문들에서도 유사한 문제를

대상으로 수학적 모형을 제시한 바 있다. 그러나 기존 연구에서 사용한 수학적 모형은 비선형계획법 모형으로서 해법을 적용하여 풀기에 한계가 있고, 따라서 현실적으로 활용하기가 쉽지 않다는 단점이 있었다. 본 연구에서 제시하는 모형은 선형계획법 모형으로서, 기존 논문들에서 제시하고 있는 비선형계획법 모형에 비해 개선된 모형이라고 할 수 있다. 기존 비선형계획법 모형을 이용하여 항로별 컨테이너 수송 할당 방법을 찾고자 할 경우 현실적인 문제를 대상으로 풀기가 까다로워 현실 적용가능성 측면에서 상당히 많은 제약이 따르게 되지만, 본 연구에서 제시하는 모형을 적용하면 현실적인 문제에 대해서 쉽게 해결할 수 있는 장점이 있다. 또한 기존의 연구에서처럼 비용 최소화 문제를 다룬 것이 아니라 본 연구에서는 이익 최대화 문제를 제시하였다. 그리고 기존 논문에서는 전혀 다루지 않았던 제휴사 선박 공간의 임대 규모를 결정하는 내용도 고려함으로써 현실적인 적용가능성을 더욱 높이고자 하였다.

II. 기존 연구

전세계 항로를 운항하며 수출입 물동량을 수송하는 정기선 선사들이 서로 제휴를 맺고 항로별 수송물동량을 자사 선박과 제휴사 선박에 할당하는 방법을 찾는 연구들로는 그다지 많지 않다. Ting and Tzeng(2004)은 정기선 선사들의 매출관리를 위한 개념적 모형을 제시하고 수학적 모형을 개발하였다. 이 연구에서는 특히 수출물동량과 수입 물동량의 차이가 심각하게 큰 경우 수출 물량을 운송하고 돌아오는 선박의 소식을 하락을 해소하기 위한 차원에서 이러한 개념을 도입하였다. Lei et al.(2008)은 제휴를 맺은 두 정기선사들 사이에 선박 공간 임대

두 가지 제휴 모델을 제시하였다. 이들이 제시한 첫 번째 제휴 모델로는 제휴사 선박 공간 임대 규모를 사전에 미리 정해 놓고 각 선사들의 입장에서 최적의 할당방법을 찾는 전략이고, 두 번째 모델은 두 제휴사 간 수송물동량을 혼합하여 마치 하나의 회사가 수송물동량을 운영하는 것처럼 해서 할당 방법을 찾는 것이다. 이 두 가지 제휴 모델과 기존의 제휴하지 않는 모델을 비교 분석하였다. Chen and Zhen(2009)은 제휴사 선박 공간 임대 협약을 맺고 컨테이너 수송 물동량을 최소의 비용으로 수송하는 수학적 모형을 제시하였다. 이들은 자사 선박과 제휴사 선박 모두 선박 크기별로 몇 가지 유형이 있다고 가정하고, 비선형계획 모형을 사용하여 항로별 수송물량을 자사 선박과 제휴사 선박에 할당하는 방법을 찾는 문제를 다루었다. 또한 Chen and Zhen(2010)은 이전 연구를 조금 더 확장하여 두 정기선사가 상대방 선박 공간을 상호 교환하는 방식의 협약을 맺은 경우의 수학적 모형을 제시하고 예제 문제를 통해 최적 할당방법을 구하는 과정을 설명하고 있다. 한편 정기호(2014)는 Chen and Zhen(2009)의 연구를 개선하여 제휴사 선박 공간 임대 모형에 대한 선형계획법 모형을 제시함으로써 현실 문제에 대한 적용 가능성을 높인 문제를 다루었다. Wang et. al(2014)은 컨테이너를 수송선박에 싣기 전 대기하는데 소요되는 비용을 줄이기 위해 항로별 컨테이너의 선박 할당 및 선박 일정관리를 위한 수리적 모형을 제시하였다.

III. 문제 정의 및 수학적 모형

본 연구에서 다루고자 하는 문제는 정기선 선사가 컨테이너 수송을 위해 경쟁사 선박 일부 공간을 빌리는 제휴를 맺고, 자사 선박뿐만 아니

라 경쟁사 선박 공간에 컨테이너를 할당하여 수송하는 경우에 있어서 총이익을 극대화하는 문제이다. 이러한 문제를 정의하기 위해 현실적으로 고려할 수 있는 몇 가지 사항들을 제시하면 다음과 같다.

1. 최적 운송 방법을 찾기 위한 계획 기간이 주어져 있다. 계획기간으로는 보통 1분기, 6개월, 또는 1년으로 설정한다.
2. 계획기간 동안 컨테이너를 운송해야 할 항로들이 주어져 있다. 예를 들면 아시아-북미 항로, 아시아-유럽 항로, 대서양 항로, 아시아-중동 항로 등이다.
3. 계획기간 동안 각 항로별로 수송해야 할 컨테이너 수송 물동량이 주어져 있다.
4. 수송해야 할 컨테이너들은 자사 선박을 이용하는 것 외에도 제휴를 맺은 경쟁사 선박 일부 공간을 빌려 수송할 수 있고, 그리고도 수송하지 못하는 컨테이너들은 항로별로 사전에 정해진 수량 범위 내에서 미처리 물량으로 남길 수 있다.
5. 자사 선박의 경우 컨테이너 적재 규모에 따라 몇 가지 크기의 선박 유형으로 나누어진다. 그러나 제휴사 선박은 크기에 관계없이 동일한 선박으로 간주한다. 왜냐하면 제휴사 선박은 일부 공간만을 임대하여 컨테이너를 할당하기 때문에 선박 크기를 구분할 필요가 없다.
6. 제휴사 선박 일부 공간을 빌릴 경우, 임대할 수 있는 공간 크기가 규모별로 정해져 있고 이들 규모 유형 중 하나를 임대할 수 있다.
7. 계획기간 동안 해운사가 얻게 되는 총이익은 항로별 컨테이너 운송수입 합에서 총비용을 차감하여 구한다. 이 때 총비용은 자사 선박 운항비용, 경쟁사 선박공간 임대비용, 그리고 미처리 컨테이너 물량에 대해 화주에게 물게

되는 위약금의 합으로 구성된다.

8. 제휴사 선박 공간 빌리는 것에 대한 비용은 고정비와 변동비로 이루어진다. 고정비는 임대 공간 크기에 따라 달라지고 변동비는 적재하는 컨테이너 수량에 비례하여 부과된다.

본 연구에서 다루고자 하는 문제를 수학적 모형으로 정의하기 위해 우선 다음과 같은 기호들과 결정변수를 정의하고자 한다.

(기호)

I : 자사 소유 선박유형 집합

K : 계획기간 동안 컨테이너를 수송해야 할 항로 집합

n_i : 선박유형 i 인 자사 선박 보유 대수, $i \in I$

J_k : 계획기간 동안 k 항로를 운항하는 제휴사 선박들의 집합, $k \in K$

T_j : 제휴사 선박 j 의 임대 공간 규모에 따른 유형들의 집합, $j \in J_k$

D_k : 계획기간 동안 k 항로에 수송해야할 컨테이너 물동량, $k \in K$

r_k : k 항로의 컨테이너 대당 수송운임, $k \in K$

c_{ik} : 선박유형 i 인 자사 선박이 k 항로를 1회 운항할 때 소요되는 수송비용, $i \in I, k \in K$

e_{jk} : k 항로를 운항하는 제휴사 선박 j 에 적재한 컨테이너에 대해 제휴사에 지불하는 컨테이너 대당 운임비용, $j \in J_k, k \in K$

f_{tjk} : k 항로를 운항하는 제휴사 선박 j 의 규모 t 의 공간을 빌리는 경우 지불하는 고정비용, $t \in T_j, j \in J_k, k \in K$

m_{ik} : 계획기간 동안 자사 소유 선박유형 i 의 k 항로 최대 운항 횟수, $i \in I, k \in K$

p_k : 계획기간 동안 k 항로 수송수요량 중 수송하지 못하는 미처리 컨테이너 대당 위약금,

$k \in K$

u_k : k 항로 수송수요량 중 수송하지 못하는 미처리 컨테이너 수량에 대한 최대 상한값, $k \in K$

Q_i : 선박유형 i 의 컨테이너 적재 용량, $i \in I$

q_{tjk} : k 항로를 운항하는 제휴사 선박 j 의 규모 t 공간의 컨테이너 최대적재량, $t \in T_j, j \in J_k, k \in K$

(결정변수)

x_{ik} : 계획기간 동안 선박유형 i 인 자사 소유 선박의 k 항로 운항 횟수

y_{tjk} : k 항로를 운항하는 제휴사 선박 j 에 규모 t 의 공간에 컨테이너를 적재하면 1, 그렇지 않으면 0인 이진변수, $t \in T_j, j \in J_k, k \in K$

w_{jk} : k 항로를 운항하는 제휴사 선박 j 에 실는 컨테이너 수

z_k : 계획기간 동안 k 항로 수송수요량 중 수송하지 못하는 미처리 컨테이너 수

위에서 정의한 기호들과 결정변수를 이용하여 본 연구에서 다루고자 하는 문제를 수학적으로 모형화하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = & \sum_{k \in K} r_k (D_k - z_k) - \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} c_{ik} x_{ik} \\ & - \sum_{j \in J_k} \sum_{k \in K} e_{jk} w_{jk} - \sum_{k \in K} p_k z_k \end{aligned} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{k \in K} \frac{1}{m_{ik}} x_{ik} \leq n_i, \quad i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} Q_i x_{ik} + \sum_{j \in J_k} w_{jk} + z_k = D_k, \quad k \in K \quad (3)$$

$$w_{jk} \leq \sum_{t \in T_j} q_{tjk} y_{tjk}, \quad j \in J_k, k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{t \in T_j} y_{tjk} \leq 1, \quad j \in J_k, k \in K \tag{5}$$

$$z_k \leq u_k, \quad k \in K \tag{6}$$

$$x_{ik} \geq 0, x_{ik} : \text{정수}, \quad i \in I, k \in K \tag{7}$$

$$w_{jk} \geq 0, \quad j \in J_k, k \in K \tag{8}$$

$$z_k \geq 0, \quad k \in K \tag{9}$$

$$y_{tjk} \in \{0, 1\}, \quad t \in T_j, j \in J_k, k \in K \tag{10}$$

목적함수식 (1)은 우리 회사의 총이익을 나타낸다. 총이익은 자사 선박이 운항하는 모든 항로에 대한 컨테이너 수송운임 총수익에서 총비용을 뺀 것인데, 여기서의 총비용은 자사선박 항로별 운항비용과 제휴사선박에 신는 용선비용, 그리고 미처리 컨테이너에 대한 화주에게 물게 되는 위약금의 합으로 구성된다. 제약식 (2)는 계획기간 동안 자사 소유 선박유형 i 의 항로별 운항 횟수에 대한 제약식을 나타낸다. 즉, 선박유형 i 는 모든 항로를 다 운항 가능하나, 항로별로 수송거리가 다르고 또한 선박유형별로 속도가 다르기 때문에 계획기간 동안 각 항로를 운항할 수 있는 최대 횟수에 제한이 있음을 고려하여 항로별로 선박유형 i 인 선박이 몇 회나 운항하는지를 나타낸 것이다. 제약식 (3)의 의미는 계획기간 동안 k 항로 수송수요량은 자사 선박, 제휴사 선박을 이용하여 수송하고, 그래도 수송하지 못하는 물량은 미처리 양으로 남긴다는 뜻이다. 제약식 (4)는 k 항로를 운항하는 제휴사 선박 j 의 규모 t 공간에 신을 수 있는 컨테이너 수에 대한 상한 제약조건식을 뜻한다. 제약식 (5)는 제휴사 선박 공간을 빌릴 경우 한 가지 규모 유

형의 공간을 빌릴 수 있음을 나타낸다. 제약식 (6)은 계획기간 동안 k 항로 수송물동량 중 미처리 컨테이너 수량은 정해진 수량을 초과해서는 안된다는 것을 의미한다. 제약식 (7)-(9)는 결정변수에 대한 비음 제약조건식으로서 양의 정수 값을 갖도록 하는 식이고 제약식 (10)은 k 항로를 운항하는 제휴사 선박 j 의 일부 공간을 빌릴 것인지 말 것인지 그리고 빌린다면 어떤 규모의 공간을 빌린 것인지를 나타내는 이진변수를 표현하고 있다.

IV. 해법 적용

1. 예제 문제

본 모형의 현실 적용가능성과 효율성을 알아보기 위해 예제 문제를 대상으로 적용해 보고자 한다. 일반적으로 본 연구에서와 같이 수리적 모형의 적용가능성과 효율성을 검증하는 경우 적용대상이 되는 예제 문제의 입력 데이터가 어떻게 구성되느냐에 영향을 많이 받는다. 따라서 본 연구에서는 객관적인 검증을 위해 기존 논문 (Chen and Zhen 2009, 정기호 2014)에서 사용한 데이터를 기본적으로 활용하였다. 여기서 사용되지 않은 데이터들은 현실에 맞게 적절히 설정하여 예제 문제를 구성하고, 이러한 문제를 대상으로 적용해 보고자 한다.

계획기간 동안 컨테이너를 수송해야 할 항로는 모두 4개가 있다고 가정하고, 계획기간 동안 각 항로별 수송해야할 컨테이너 물동량은 40,000, 80,000, 21,000, 80,000이다. 운송 효율은 컨테이너 TEU당 요금으로 항로별로 0.6, 0.8, 1.0, 1.5 (단위 \$1000)를 기본요금으로 책정하여 이를 시나리오 1로 설정하고, 민감도분석을 위해 운임이 10%씩 일괄적으로 감소하는 것으로 시나리오 2

부터 시나리오 6까지 설정하였다. 기본운임 및 시나리오별 수송운임은 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 항로별 TEU당 수송운임 (단위: \$1,000)

시나리오 \ 항로	1	2	3	4
1	0.6	0.8	1.0	1.5
2	0.54	0.72	0.9	1.35
3	0.48	0.64	0.8	1.2
4	0.42	0.56	0.7	1.05
5	0.36	0.48	0.6	0.9
6	0.3	0.4	0.5	0.75

자사 소유 선박은 컨테이너 적재 용량에 따라 3가지 유형으로 구분한다. 6,000 TEU 선박(선박 유형 1)이 6대, 3,400 TEU 선박(선박 유형 2) 8대, 2,000 TEU 선박(선박 유형 3) 8대 등 모두

22대를 보유하고 있다. 자사 선박 i 가 계획기간 동안 k 항로를 운항할 수 있는 최대 횟수 m_{ik} 에 대한 자료는 다음과 같다.

<표 2> 입력 데이터 m_{ik}

$i \backslash k$	1	2	3	4
1	3	2	3	1
2	4	3	3	2
3	5	5	5	2

한편, 자사 선박 i 가 k 항로를 1회 운항할 때 소요되는 수송비용 c_{ik} 자료는 <표 3>과 같다.

<표 3> 입력 데이터 c_{ik} (단위: \$1,000)

$i \backslash k$	1	2	3	4
1	1000	1100	1200	1400
2	80	90	100	100
3	60	80	80	90

제휴사 선박 이용가능 대수는 항로별로 각각 5대씩 있으며, 제휴사 선박 각각에 대해 컨테이너 적재 공간을 임대할 경우 항로별로 동일하게 1000TEU, 1500TEU, 2000TEU 중 하나를 선택

하는 것으로 가정한다.

k 항로를 운항하는 제휴사 선박 j 의 공간을 빌려 적재한 컨테이너에 대해 제휴사에 지불하는 컨테이너 대당 운임비용 e_{jk} , k 항로를 운항

하는 제휴사 선박 j 의 규모 t 인 유형의 공간을 임대할 경우 지불하는 고정비용 f_{tjk} 는 편의상 선박 j 에 관계없이 동일하게 설정한다. (표 4)에

제휴사 선박 임대에 따른 관련 비용이 나와 있다.

<표 4> 제휴 선박 임대비용 (단위: \$1,000)

비용	항로	1	2	3	4
	e_{jk}		0.5	0.6	0.7
f_{1jk}		100	120	120	160
f_{2jk}		140	170	160	230
f_{3jk}		170	210	190	280
p_k		0.2	0.2	0.2	0.2

한편 계획기간 동안 수송물동량 중 부득이 수송하지 못하는 미처리 컨테이너들에 대해 화주에게 물게 되는 위약금은 항로에 무관하게 TEU 당 \$200로 설정하였다. 이 때 미처리 컨테이너 수량은 항로별 수송 물동량의 5%까지만 최대한 허용하기로 가정하였다.

예제 문제는 크기가 결정변수 96개, 비음제약조건을 제외한 제약식 개수가 51개로서 문제 크기가 커서 기존의 엑셀 해찾기 기능을 통해 최적해를 구하기에 한계가 있다. 그러나 Premium Solver Platform이라는 상업용 추가기능 파일을 엑셀에 추가하게 되면, 문제 크기가 큰 경우에도 해 찾기를 원활히 수행할 수 있기 때문에 본 연구에서도 이와 같은 방법을 사용하여 문제를 풀었다.

2. 해법 적용 및 결과

예제 문제를 풀기 위해 엑셀 워크시트에 데이터를 입력하고 해찾기를 수행하였다. 그런데 본

먼저 기본 운임요율을 적용하여 총이익을 최대화하도록 수송물량을 할당하는 방법을 구해보았더니 다음 <표 5>와 같은 결과를 얻었다.

<표 5> 최적 수송방법

항로	1	2	3	4	계
자사 선박	38,000	72,000	20,000	70,400	200,400
제휴 선박	2,000	7,500	1,000	9,600	20,100
미처리	0	500	0	0	500
합계	40,000	80,000	21,000	80,000	

계획기간 동안 전체 총수송물량 221,000 TEU 가운데 자사 선박으로 200,400 TEU, 제휴사 선박으로 20,100 TEU를 수송하고, 미처리 물량은 500 TEU이었다. 이때 순이익은 156,900으로서, 단독 수송할 경우 순이익 138,080에 비교해볼 때

13.63%의 증가 효과가 있었다.

그리고 각 시나리오별로 제휴 수송할 경우와 단독 수송할 경우를 비교해 보기 위해 제휴하지 않고 자사 선박만으로 단독 수송하는 경우 순이익을 최대화하는 문제의 수학적 모형을 다음과

같이 수립하고 풀어보았다.

Max

$$Z = \sum_{k \in K} r_k (D_k - z_k) - \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} c_{ik} x_{ik} - \sum_{k \in K} p_k z_k$$

s.t.

$$\sum_{k \in K} \frac{1}{m_{ik}} x_{ik} \leq n_i, \quad i \in I$$

$$\sum_{i \in I} Q_i x_{ik} + z_k = D_k, \quad k \in K$$

$$z_k \leq u_k, \quad k \in K$$

$x_{ik} \geq 0, x_{ik}$: 정수

$i \in I, k \in K$

$$z_k \geq 0, \quad k \in K$$

시나리오별로 제휴 수송하는 경우의 최적 결과를 단독 수송하는 경우와 비교하여 <표 6>과 같이 정리하였다. <표 6>에서 처음 세 개의 열

에 나타난 자료는 전체 수송 물동량을 각각 자사 선박, 제휴 선박, 미처리 물량으로 구분하여 최적 할당한 결과를 보여 주고 있다. 순이익 a는 제휴 선박 활용할 때의 순이익을, 순이익 b는 자사 선박만 단독으로 활용할 때의 순이익을 뜻한다. 감소비용은 제휴 선박 이용시 순이익에 대해 측정하는 것인데, 운임이 10%씩 하락할 때마다 기본운임에서의 순이익 대비 순이익 감소비용을 말한다. 순이익 차이는 (순이익a-순이익b)이고, 순이익 증가비용은 순이익 차이를 순이익 b로 나누어서 계산한 값이다.

<표 6>에서 보는 바와 같이 제휴 수송 경우 운임 하락폭이 클수록 미처리 물량이 많아짐을 알 수 있는데, 이는 운임이 크게 하락하게 되면 제휴사 선박을 이용하는데 드는 비용이 더 커지기 때문에 제휴 선박 공간을 임대하는 것보다는 화주에게 위약금을 물고 수송하지 않는 것이 오히려 더 이익임을 의미한다고 볼 수 있다.

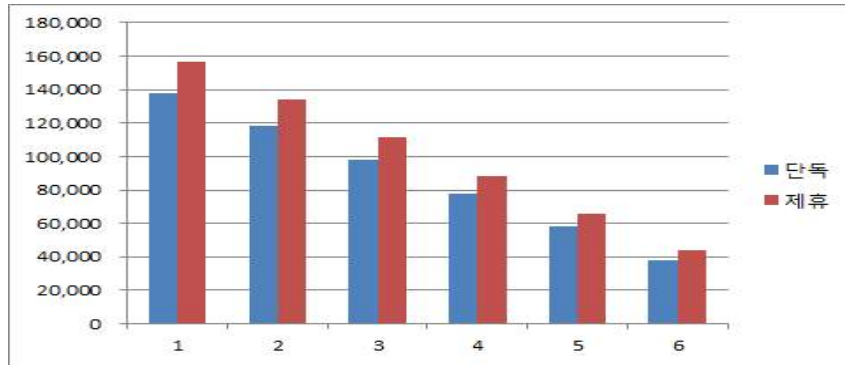
<표 6> 제휴 수송과 단독 수송의 비교

	자사	제휴사	미처리	순이익a	순이익b	감소 비용	순이익 차이	순이익 증가비용
1	200,400	20,100	500	156,900	138,080		18,820	13.63%
2	200,400	20,100	500	134,040	118,060	14.60%	15,980	13.54%
3	200,400	20,100	500	111,210	98,040	29.10%	13,170	13.43%
4	200,400	20,600	0	88,430	78,020	43.60%	10,410	13.34%
5	206,400	10,000	4,600	66,040	58,000	57.90%	8,040	13.86%
6	206,400	10,000	4,600	43,780	37,980	72.10%	5,800	15.27%

3. 민감도분석 결과

운임이 10%씩 하락하는 시나리오별로 좀 더 체계적으로 결과를 분석하여 현실적인 의미를 도출하고자 민감도 분석을 해 보았다. 먼저 <그

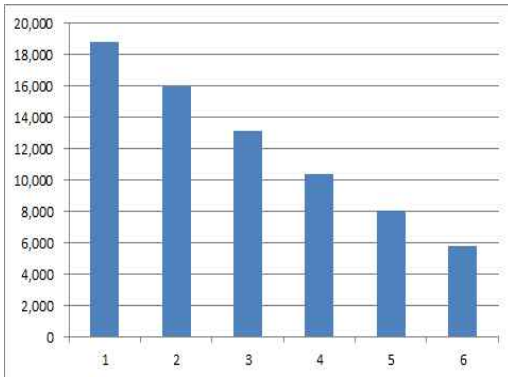
림 1>에서 보는 바와 같이 운임이 지속적으로 하락하는 추세에서도 단독 수송하는 경우보다는 제휴사 선박 공간을 임대하는 경우의 순이익이 높음을 알 수 있다.



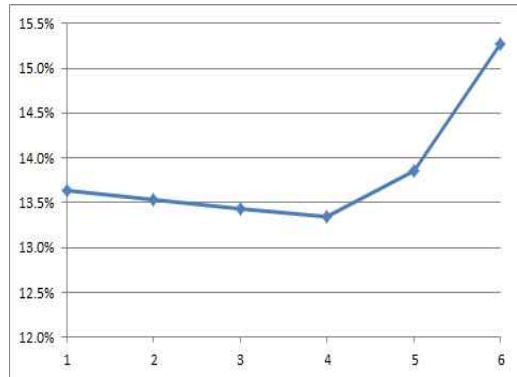
<그림 1> 단독수송과 제휴수송 순이익

<그림 2>에서는 운임요율이 10%씩 하락할 때마다 제휴 수송과 단독 수송의 순이익 차이 폭이 조금씩 줄어들음을 보여준다. 그러나 <그림 3>에서 보면 단독 수송할 때의 순이익을 기준으로 순이익 차이에 대한 비율이 운임요율 10%씩 하락할 때마다 오히려 늘어났다. 이는 운임이 하

락하는 추세에서 순이익 차이의 절대액은 비록 줄어들으나, 제휴수송의 순이익 증가 효과는 오히려 더 커진다는 것을 의미한다. 즉, 컨테이너 TEU당 수송운임이 하락하는 추세에서도 단독수송보다는 제휴수송의 이점이 더욱 크다는 것이다.



<그림 2> 단독수송과 제휴수송 순이익 차이



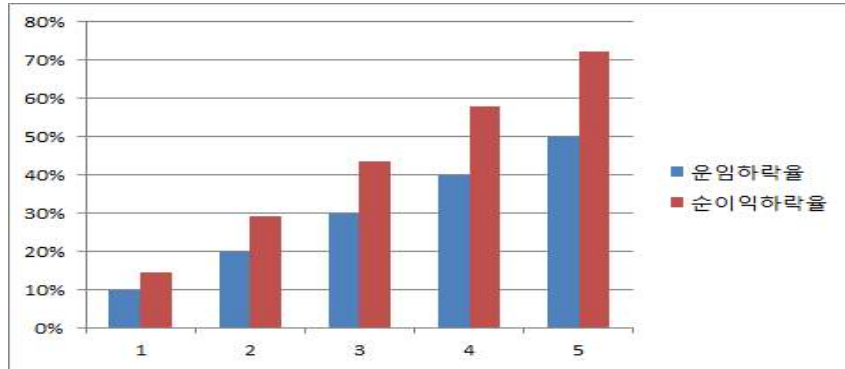
<그림 3> 순이익 증가 비율

하지만 운임요율이 10%씩 하락할 때마다 제휴 수송을 하는 경우의 순이익은 운임요율 하락폭보다 훨씬 많이 하락하고 있다<그림 4>. 그렇지만 운임이 지속적으로 하락하는 추세에서는 단독 수송하는 경우와 비교할 때 제휴 수송이 역시 좋은

대안임은 부정할 수 없다. 왜냐하면 앞의 <그림 3>에서 보는 것처럼 단독 운송할 때 순이익과 비교해서 제휴 수송할 때 순이익 증가 비율이 점점 커지기 때문이다. 그리고 반대로 운임요율이 상승할 때에는 제휴수송을 하는 경우의 순이익이

운임요율 상승폭보다 훨씬 많이 상승할 수 있음을 역으로 알 수 있어서, 제휴 수송이 역시 단독

수송보다는 효과가 크다는 것을 알 수 있다.



<그림 4> 운임하락율과 순이익하락율

V. 결 론

오늘날 세계 경기침체로 인한 수출입 물동량 감소, 컨테이너 운송요율의 지속적인 하락, 대형 선박의 출현에 따른 과당 경쟁과 소석유 하락 등으로 세계 해운산업은 큰 위기를 맞고 있다. 이를 해결하기 위한 방편으로 경쟁관계에 있는 해운선사들 간의 전략적 제휴를 통해 과당 경쟁을 피하고 운송합리화를 통한 비용 절감을 모색하고 있다. 해운선사들간의 전략적 제휴 방식 중 가장 많이 시도되고 있는 것이 공동배선을 통해 제휴사 선박 일부 공간을 빌려 컨테이너를 수송하는 방식이다. 동일 항로를 운항하는 제휴사들간에 이와 같이 공동배선을 통해 수송하게 되면 제휴를 맺은 선사들 모두 비용을 줄이고 수익을 높일 수 있다.

본 연구에서는 컨테이너 정기선사들이 전략적 제휴를 맺고 제휴사 선박 일부 공간을 임대하는 경우 자사 선박 단독으로 운송할 때에 비해 얼마나 비용 절감효과가 있는지 알아보려고 하였다. 특히나 운송요율이 지속적으로 하락하는 추

세에서 이익의 변화 추이를 알아보기 위한 민감도 분석을 수행해 보았다. 경쟁사 선박 일부 공간을 임대하는 문제에 대해 순이익을 최대화하는 수학적 모형을 제시하고, 엑셀의 최적화 도구를 사용하여 해를 구하였다. 단독으로 수송하는 경우에 비해 제휴에 의한 수송이 당연히 순이익이 높게 나왔다. 컨테이너 운송요율이 지속적으로 하락하는 추세를 반영한 민감도 분석에서는 몇 가지 의미있는 결론을 도출할 수 있었다. 운송요율이 하락하는 추세에서도 제휴 수송이 단독 수송보다는 순이익이 크게 나타났으나, 순이익 차이는 운송 요율이 10%씩 하락할 때마다 그 폭이 조금씩 줄어들었다. 그렇지만 단독 수송할 때의 순이익을 기준으로 순이익 차이에 대한 비율은 운임요율이 10%씩 하락할 때마다 오히려 늘어나, 운임이 하락하는 경우 제휴수송의 순이익 증가 효과는 오히려 더 크다는 것을 알 수 있었다. 그리고 민감도분석을 통해 발견한 또 하나 중요한 점은 운임요율이 10%씩 하락할 때마다 제휴수송에 의한 순이익이 운임요율 하락폭인 10% 보다 훨씬 많이 하락하는 것으로 나타났

지만, 단독 수송할 때 순이익과 비교해 보면 제휴 수송할 때 순이익 차이에 대한 비율은 오히려 크게 나타났다는 점이다. 이러한 점에서 유추해 보면 세계경제 지표가 호전되고 경기가 살아나 전세계 수출입 물동량이 많아져 컨테이너 운송요율이 상승하게 될 때에는 제휴수송을 하는 경우의 순이익이 운송요율 상승폭보다 훨씬 많이 상승할 수 있음을 역으로 알 수 있어서, 제휴수송이 역시 단독 수송보다는 효과가 크다는 것을 알 수 있다. 결론적으로 민감도분석을 통해 본 결과 컨테이너 TEU당 수송운임이 하락하는 추세에서도 단독수송보다는 제휴수송의 이점이 더욱 크다는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서 다루고 있는 모형은 기존의 연구에서 제시한 모형을 확장한 것으로서, 기존 연구에서 볼 수 없었던 몇 가지 특징들을 가지고 있다. 첫째, 제휴 선박 공간의 임대용량 규모를 결정하는 내용을 모형에 반영하였다. 둘째, 비용 최소화가 아닌 이익 최대화 관점에서 모형을 제시하였다. 셋째, 컨테이너의 운송 효율이 하락하는 추세를 고려하여 민감도분석을 통해 제휴수송과 단독수송을 비교해 봄으로써 제휴수송의 효과가 어느 정도인지를 체계적으로 분석해 보았다. 본 연구에서 제시한 이러한 의미 있는 기여에도 불구하고 본 연구가 가지는 한계로는 다음과 같은 것을 지적할 수 있다. 제휴사가 둘 이상인 경우 각 제휴사의 선박 크기와 임대규모, 임대비용 등이 다르기 때문에 두 개 이상의 제휴사와 제휴를 맺은 모형으로 확장해서 연구하는 것도 의미가 있을 것으로 보인다. 그리고 제휴사 선박 공간 임대 모형이 아니라 상호 교환하는 모형을 다룬다면 보다 더 현실적인 모형이 될 수 있기 때문에 추후 이에 관한 연구로 확장해 보는 것이 상당한 의미가 있으리라 생각된다.

참고문헌

1. 정기호(2014), “컨테이너 정기선 선사의 전략적 제휴를 위한 수리적 모형 연구,” *경영과 정보연구*, 33(5), 85-95.
2. Agarwal, R. and O. Ergun(2008), “Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping,” *Transportation Science*, 42(2), 175-196.
3. Agarwal, R. and O. Ergun(2010), “Network Design and Allocation Mechanisms for Cargo Alliances in Liner Shipping,” *Operations Research*, 58(6), 1726-1742.
4. Chen, J. and H. Zhen(2009), “A Nonlinear Model for Decision-Making for Container Slot Chartering & Allocation under Liner Shipping Alliance,” *International Conference on Advanced Computer Control*, 502-505.
5. Chen, J. and H. Zhen(2010), “Planning & Decision-making Model for Liner Shipping with Container Slot Exchange under Shipping Alliance,” *Journal of Wuhan University Technology*, 34(6), 1297-1301.
6. Lei, L., C. Fan, M. Boile, and S. Theofanis(2008), “Collaborative vs. non-collaborative Container-vessel Scheduling,” *Transportation Research Part E*, 44(3), 504-520.
7. Lu, H.A., Cheng, J. and Lee, T.S.(2006), “An Evaluation of Strategic Alliances in Liner Shipping—an Empirical Study of CKYH,” *Journal of Marine Science and Technology*, 14(4), 202-212.
8. Panayides, P.M. and Wiedmer, R.(2011), “Strategic Alliances in Container Liner Shipping,” *Research in Transportation*

- Economics*, 32, .25-38.
9. Ting, S. and Tzeng, G.(2004), "An Optimal Container Slot Allocation for Liner Shipping Revenue Management," *Maritime Policy Management*, .31, 199-211.
10. Wang, H., Wang, S. and Meng, Q.(2014), "Simultaneous Optimization of Schedule Coordination and Cargo Allocation for Liner Container Shipping Networks," *Transportation Research, Part E* 44, 261-273.

Abstract

Sensitivity analysis for freight rate change in liner shipping industry

- Comparison between slot chartering model and non-collaborating model -

Chung, Ki-Ho*

This paper presents a mathematical formulation for container slot chartering model through strategic alliance between liner shipping companies. This paper develops a solution procedure to apply the model to real world problems and its applicability is demonstrated by a numerical example. The model presented in this paper has some important features which have never been considered in the previous researches. The model is linear model and pursuits profit maximization. And also it considers slot chartering capacity selection. This paper attempts to perform sensitivity analysis and compares slot chartering model with basic non-collaborating model in which there is no alliance and collaboration. As a result of sensitivity analysis, some interesting findings are obtained; Even though freight rate is more and more decreasing, the profit by slot chartering model is always higher than the basic model but the profit gaps become smaller. But The ratio of the profit gap to the profit of basic model is more increasing.

Key Words: Container Liner shipping, Strategic alliance, Slot chartering, Excel Solver, Sensitivity Analysis

* Professor, Dept. of Business Administration, Kyungshung University, khchung@ks.ac.kr