

항만 인센티브 배분방법 설계 - 광양항을 중심으로[†]

성숙경* · 박병인**

Allocation Methods for Port Incentives at Gwangyang Port

Souk-Kyung Sung·Byung-In Park

Abstract : This paper aims to review the fairness of carriers' incentive schemes at Gwangyang port in 2010 and to show the desirable incentive allocation rules using the proportional and egalitarian rules under cooperative game theory. The carriers' incentive schemes at Gwangyang port in 2010 did not meet the no-envy and the efficiency, and satisfy the symmetry axiom. According to the research findings, the equal surplus method satisfies the axioms of equity, efficiency, symmetry, and progressivity. However, the uniform losses method meets the axioms of equity, efficiency, symmetry, and regressivity. We use a single allocation criterion of the total throughput to show the regressivity and the symmetry principles into the incentive scheme instead of using multiple criteria such as total throughput, increased volume, and coastal volume. The uniform losses method based on the total throughput can distribute the incentive amount according to the intent of the incentive schemes. Hence, we need to establish a rationing system to allocate reasonably the total amount of different types of incentives, avoiding the temptation to adjust the volume shipped between the ports of carriers considering the efficiency of allocation.

Key Words : Port Incentives, Allocation Rule, Equity, Efficiency, Regressivity, Symmetry

▷ 논문접수: 2013.05.14 ▷ 심사완료: 2013.06.20 ▷ 게재확정: 2013.06.25

† 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음.[NRF-2012-SIA5B5A07035620].

* 전남대학교 경상학부 강사, ssky6261@gmail.com, 061)659-6933, 대표집필

** 전남대학교 물류교통학전공 교수, bipark@chonnam.ac.kr, 061)659-7351, 교신저자

I. 서론

무역의존도가 높은 우리나라는 항만물류 서비스수준 향상을 위해 부산항, 광양항, 인천항, 평택항, 울산항, 그리고 군산항 등에 컨테이너부두를 건설하고 있으나, 수요대비 과도한 컨테이너부두의 확충으로 항만간 화물유치를 위한 가격경쟁이 야기되고 있다. 각 항만은 가격경쟁력 제고를 위해 선사 인센티브, 항만 마일리지, 부두임대료 인하, 그리고 컨테이너 관련비용 보전 등 여러 가지 지원제도를 시행하고 있으며, 이 가운데 선사 인센티브가 항만 마케팅도구로 많이 활용되고 있다. 선사 인센티브는 선사와 화물의 유치를 촉진하기 위해 컨테이너 운송선사에게 처리물량을 기준으로 인센티브를 지급하는 제도이다.

그러나 항만별로 선사 인센티브 배분방법 및 기준이 임의적이고, 경쟁항만의 방법 및 기준을 모방하는 문제가 자주 발생하고 있다. 또한 인센티브 배분이 유리한 항만으로 화물이 전이되어 인센티브제도 도입 이후 항만별 특정선사의 연도별 화물량이 급격히 증감하는 문제도 나타나고 있다. 이에 항만당국 및 선사 간에 공정한¹⁾ 인센티브 배분 제도를 수립할 필요성이 제기되었다. 구성원 가운데 어느 한 사람도 자신의 몫보다 다른 사람의 몫을 선호하지 않는 경우를 공평하다고 하며, 구성원 개개인들에게 배분된 몫이 파레토 효율적이며 공평한 경우 이러한 배분을 공평하다고 한다(Varian, 1974).

광양항은 2005년 인센티브제도를 도입한 이후 2009년, 2010년, 그리고 2012년 등 여러 차례 수정·보완을 거쳐 선사에 인센티브를 지급해 왔으나, 그 지급방법이 공정성을 만족하고 있는 지는 연구된 바가 없다. 본 논문은 2010년 광양항 선사 인센티브제도의 공정성을 검토하고, 협조적 게임이론의 한 분과인 이전적 효용게임(transferable utility game)에서 소개된 배분규칙을 활용하여 바람직한 인센티브 배분방법을 검토한다.

협조적 게임이론은 Talley(1994)에 의해 처음으로 항만서비스 비용회수문제에 적용 가능성이 제시되었으나, 직접 적용한 것은 Bergantino & Coppejans(2000)이다. 그들은 진입수로 준설비용을 회수하는데 순차적 비용배분규칙(serial cost sharing rule)을 활용하였다. 국내연구로는 성숙경(2008a, b)과 박병인·성숙경(2011, 2012)이 샤플리밸류와 오웬밸류를 이용하여 안벽건설비용의 회수방법을 연구하였다. 이상의 연구들은 게임이론을 이용한 항만서비스 가격산정에 관한 연구들이며 인센티브 배분에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 먼저 서론에서 연구의 목적과 의의를 기술하고, 선행연구를 검토하며, II장에서는 2010년에 시행된 광양항의 선사 인센티브제도를 소개하고, III장에서는 인센티브 배분문제를 협조적 게임이론의 형태로 정형화한 다음 이전적

1) 보통은 fairness를 공정성으로 equity를 공평성으로 해석한다.

효용게임의 주요 배분규칙인 비례배분규칙과 평등주의 배분규칙을 설명하였다. IV장에서는 광양항의 선사 인센티브 지급액과 협조적 게임이론의 배분규칙을 적용한 배분결과를 비교하였다. 마지막으로 V장에서는 결론을 제시하였다.

II. 광양항 선사 인센티브제도

광양항은 2005년부터 항만당국 혹은 지자체 예산의 일부를 컨테이너 처리물량에 따라 항만이용자에게 지급하는 인센티브제도를 시행하고 있다. 동 제도는 운영사 인센티브, 선사 인센티브, 그리고 항만 마일리지로 구분하여 운영되다가 2009년 운영사 인센티브제도가 폐지되었으며, 2010년 및 2012년 두 차례의 개편을 거쳐 현재의 선사 인센티브 및 항만 마일리지제도로 운영되고 있다. 본 논문에서는 2010년 시행된 선사 인센티브제도를 분석한다. 동 제도의 주요내용은 <표 1>과 같다.

<표 1> 광양항 선사 인센티브제도

구분	예산총액	처리물량(X)	TEU당 인센티브(Y)
처리물량	20억 원	3천~30만TEU	$0.003 \times \text{처리물량}(X) + 1,050 \text{원}$
		30만 TEU 이상	$0.003 \times \text{처리물량}(X) + 1,950 \text{원}$
		피더선사	$0.003 \times \text{처리물량}(X) + 1,050 \text{원} + 3,000 \text{원}$
신규물량	20억 원	3만 TEU 이상	-1차년도 15천 원, 2차년도 12천 원 -1천 TEU 이상 기존선사 10천 원
연안선사	(신규에 포함)		6,000원

자료 : 한국컨테이너부두공단(2010).

주 : 2010~2011년 광양항 인센티브 제도임.

광양항은 2010년과 2011년 2개년 동안 연간 3천 TEU 이상의 컨테이너를 처리한 선사를 대상으로 처리물량 인센티브, 신규물량 인센티브, 그리고 연안선사 인센티브를 제공하였다. 처리물량 인센티브는 20억원 내에서 당해 연도 처리물량($X = \text{환적화물} + \text{수출입 화물}/2$)에 대해 TEU당 Y원의 인센티브를 지급하였으며, 한중일 피더선사에게는 3천원을 추가로 지급하였다. 신규물량 인센티브는 연간 처리물량이 30천 TEU 이상인 신규기항선사에게 TEU당 1차년도 15천원, 2차년도 12천원을 지급하였으며, 전년 대비 1천 TEU 이상 물량이 증가한 기존선사에게는 TEU당 10천원을 지급하였다. 연안 선사 인센티브는 정기적으로 연안화물을 취급하는 선사에게 5억 원의 범위에서 TEU당 6천원을 지급하였다. 신규물량과 연안 선사 인센티브의 지급액 합계가 20억 원을 초과하는 경우에는 총액 한도 내에서 선사별 비율에 맞추어 조정하였다.

Ⅲ. 분석모형

1. 모형과 공정성 기준들

게임이론에서 정한 기호들을 이용하여 선사 인센티브 배분문제를 다음과 같이 정식화할 수 있다. 선사들의 집합을 $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 이라 하자. 선사들은 컨테이너 처리물량 x_i 에 따라 인센티브 t_i 를 지급받는다. 각 선사들의 처리물량은 $x_i \geq 0$ 이며 처리물량의 합은 $\sum_{i=1}^n x_i$ 이다. 인센티브 배분을 위해서는 처리물량 x_i 이 적당한 화폐적 가치로 변환되어야 한다. 단, 인센티브는 처리물량에 대해 배분되므로 비용은 고려하지 않는다.

이전적 효용게임에서 인센티브 배분문제는 선사들의 집합 N , 항만당국으로부터 배분되어야 할 인센티브 총액 t , 선사별 처리물량들의 벡터 $x = (x_i)_{i \in N}$ 의 나열로 정의하고 (N, t, x) 로 나타낼 수 있다. 인센티브 배분은 처리물량을 화폐적 가치로 전환한 후 t 가 x_N ²⁾보다 크면 이익을 배분하는 것이며, t 가 x_N 보다 작으면 손실을 배분하는 것이 된다. 본 연구에서는 두 가지 경우에 대해 각각 분석한다.

배분방법 r 은 인센티브 배분문제 (N, t, x) 에 대해 실현가능한 배분집합을 대응시키는 함수 $y_i = r_i(N, t, x)$ 로 정의된다. y_i 는 선사 i 의 처리물량에 따른 인센티브 배분액을 말한다. 배분결과는 모든 선사 i 에 대해, ① 이익을 배분하는 경우 $0 \leq x_i \leq y_i$ 와 손실을 배분하는 경우 $0 \leq y_i \leq x_i$ 가 ② $\sum_{i=1}^n y_i = t$ 를 만족해야 한다. 조건 ①은 인센티브 배분액이 처리물량의 화폐적 가치보다 많을 경우는 이익을 배분하며, 화폐적 가치보다 적을 경우는 손실을 배분하는 것을 의미한다. 조건 ②는 선사 간에 배분되는 인센티브의 합은 항만당국이 지급하는 인센티브 총액과 일치해야 한다는 것이다.

개별선사의 처리물량과 인센티브 배분액의 묶음은 실수의 순서쌍 $(x_i, y_i) \in R_+ \times R_+$ 로 나타내고, 그 나열 $(x_i, y_i)_{i \in N}$ 을 배분이라고 한다. 이를 $z_i \equiv (x_i, y_i)$ 혹은 $z \equiv (z_i)_{i \in N}$ 라고 표기할 수 있다. z 의 집합을 Z 라 한다. 각 선사 i 는 R_+^N 에서 정의되는 완비성(completeness)과 이행성(transitivity)을 보유한 이항관계 R_i 로 표기되는 선호체계를 갖는다. 선사가 배분묶음 z_i 를 z'_i 보다 선호하거나 무차별하게 여길 때, 즉 약선호(weakly

2) $x_N = \sum_{i=1}^n x_i$, 처리물량을 화폐적 가치로 변환하면 $x'_N = \sum_{i=1}^n \omega x_i$ 와 같이 표기하는 것이 정확하나 단순하게 표현하기 위해 처리물량과 동일하게 표기하였다.

prefer)할 때 $z_i R_i z'_i$ 라 표기하고 그렇지 않을 경우 $z_i P_i z'_i$ 라 표기한다.

이하에서는 공정한 배분규칙의 조건으로 공평성과 효율성을 검토한다. 먼저 공평성 기준으로 균등배분하한과 No-envy를 살펴본다. 두 조건이 항상 동시에 만족하는 것은 아니다. 균등배분하한은 항만당국이 지급하는 인센티브에 대해 각 선사가 동등한 권리를 지니는 경우 이러한 권리를 존중하는 배분이라면 모든 선사가 적어도 균등배분보다는 선호하거나 무차별하도록 해주어야 한다는 것이다. No-envy는 모든 선사들이 자사의 배분을 적어도 다른 선사의 배분만큼 가치 있는 것으로 평가해야 한다는 조건이다.

(1) 균등배분하한(Equal division lower bound)

배분 $z \equiv (x_i, y_i)_{i \in N}$ 에서 모든 선사들이 자신의 인센티브 배분묶음을 인센티브 총액의 균등배분 $\frac{t}{n}$ 보다 약선호해야 한다. 즉, 모든 $i \in N$ 에 대해 $(x_i, y_i) R_i (x_i, \frac{t}{n})$.

(2) No-envy

모든 선사들이 자사의 배분묶음을 다른 선사의 배분묶음 보다 약선호해야 한다. 즉, 모든 $i, j \in N$ 에 대해 $(x_i, y_i) R_i (x_j, y_j)$.

효율성 기준은 모든 선사들에게 배분된 인센티브의 합은 인센티브 총액과 같아야 한다는 것이다($\sum_{i=1}^n y_i = t$). 이는 어느 선사의 인센티브를 줄이지 않으면 다른 선사의 인센티브를 늘릴 수 없기 때문에 인센티브 배분결과가 파레토 효율적일 것을 요구한다.

(3) 효율성(Pareto-efficiency)

배분 $z \in Z$ 에 대해 모든 $i \in N$ 가 $z'_i R_i z$ 이고 적어도 하나의 $i \in N$ 가 $z'_i P_i z$ 를 만족하는 배분 $z' \in Z$ 가 존재하지 않는다면 배분 z 는 (파레토) 효율적이다.

2. 배분규칙

이 논문에서는 이전적 효용게임의 주요 배분규칙 가운데 비례배분규칙과 평등주의 배분규칙을 분석한다.

1) 비례배분규칙(Proportional rule)

처리물량에 비례하여 t 를 배분하는 방법이다.

$$y_i = pro_i(N, t, x) = \frac{x_i}{x_N}t, \quad x_N > 0 \quad (x_N = 0 \text{이면 } y = 0)$$

2) 평등주의 배분규칙(Egalitarian rule)

평등주의 배분규칙은 선사들이 전체처리물량에 대한 자사 처리물량의 평균 기여분을 배분받는 방법으로 선사 간에 순이익 y_i 과 순손실 $(x_i - y_i)$ 을 동등하게 하는 것을 목적으로 한다. t 를 배분하는 기준은 개별합리성이다. t 가 처리물량의 합 x_N 보다 큰 경우 잉여(surplus) 또는 이익(gains), 작은 경우 손실(deficit, losses)을 배분하는 것이다.

(1) 균등이익배분법(Uniform gains method, UG)

t 를 균등하게 배분하는 방법으로 이익과 손실 배분시 모두 사용된다.

이익 배분시 : $y_i = ug_i(N, t, x) = \max\{\lambda, x_i\}$. λ 는 $\sum_{i \in N} \max\{\lambda, x_i\} = t$ 의 해이다.

손실 배분시 : $y_i = ug_i(N, t, x) = \min\{\lambda, x_i\}$. λ 는 $\sum_{i \in N} \min\{\lambda, x_i\} = t$ 의 해이다.

선사들이 t 에 대해 $\frac{1}{n}$ 의 권리가 있으므로 $\lambda = \frac{t}{n}$ 를 기준으로 이익의 경우 x_i 가 λ 보다 크면 x_i 를, 작으면 λ 를 배분하고, 손실의 경우 x_i 가 λ 보다 작으면 x_i 를, 크면 λ 를 배분한다.

(2) 균등잉여배분법(Equal surplus method, ES)

$$y_i = es_i(N, t, x) = x_i + \frac{1}{n}(t - x_N).$$

t 가 선사들의 처리물량 x_N 보다 큰 경우로 선사들에게 이익 $(t - x_N)$ 을 동등하게 배분하는 방법이다. 이것은 손실 배분시 균등손실배분법(Uniform losses method)이 된다.

(3) 균등손실배분법(Uniform losses method, UL)

$$y_i = ul_i(N, t, x) = \max\{x_i - \mu, 0\}. \quad \mu = \frac{1}{n}(x_N - t) \text{는 } \sum_{i \in N} \max\{x_i - \mu, 0\} = t \text{의 해이다.}$$

t 가 선사들의 처리물량 x_N 보다 작은 경우로 선사들에게 손실을 동등하게 배분하는 방법이다. μ 를 기준으로 x_i 가 μ 보다 작으면 0을 배분하며, 남은 손실을 나머지 선사들에게 똑같이 배분한다.

3. 배분규칙의 특성

비례배분규칙과 평등주의 배분규칙에 의한 인센티브 배분이 공평하면서도 효율적인지 검토하기 위해 각 배분규칙의 공평성과 효율성을 검토한다. 비례배분규칙과 평등주의 배분규칙에 의한 배분은 각 배분결과의 합이 $\sum_{i=1}^n y_i = t$ 로 모두 효율성을 충족한다. 인센티브 배분문제에 있어 일정 물량 이상을 처리하는 선사들은 모두 항만당국이 지급하는 인센티브를 받을 권리가 있으므로 공평성의 출발점은 균등배분이다.

명제 1. 본 논문에서 사용한 배분규칙 가운데 균등배분(또는 균등배분하한)과 효율성을 충족하는 배분규칙은 없다.

증명. 인센티브 배분문제에서 선사 i 의 배분액 y_i 이 $\frac{t}{n}$ (또는 $\geq \frac{t}{n}$)와 같으면 균등배분(또는 균등배분하한)을 충족하며, 각 선사의 배분액의 합은 $\sum_{i=1}^n \frac{t}{n} = t$ 이므로 효율성도 만족한다. 그러나 비례배분규칙, ES, UL에 의한 배분결과는 균등배분 $\frac{t}{n}$ 또는 균등배분하한($y_i \geq \frac{t}{n}$)이 아니므로 본 논문에서 사용할 배분규칙 가운데 균등배분(또는 균등배분하한)을 만족하는 배분규칙으로서 효율성을 만족하는 배분규칙은 없다.

증명 끝.

명제 2. 본 논문에서 사용한 배분규칙 가운데 No-envy와 효율성을 만족하는 배분규칙은 존재한다.

증명. 공평성의 조건인 No-envy는 모든 선사들이 자사의 배분 몫을 적어도 다른 선사의 배분 몫만큼 받아야 한다는 것으로 이 기준에 따르면 선사들은 동일한 몫을 배분받아야 한다. 비례배분규칙은 처리물량에 비례하여 t 를 배분하여 No-envy를 만족하지 못한다. UG는 $\lambda = \frac{t}{n}$ 를 기준으로 이익의 경우 x_i 가 λ 보다 크면 x_i 를, 작으면 λ 를 배분하고, 손실의 경우 x_i 가 λ 보다 작으면 x_i 를, 크면 λ 를 배분하여 역시 No-envy를 만족하지 못한다. ES와 UL은 각각 잉여($t - x_N > 0$)와 손실($x_N - t > 0$)을 똑같이 배분하므로 No-envy를 만족한다.

증명 끝.

이상으로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

정리. 본 논문에서 사용한 배분규칙 가운데 균등배분하한, No-envy, 그리고 효율성을 모두 충족하는 배분규칙은 없다. 그러나 No-envy와 효율성을 동시에 만족하는 배분규칙은 ES와 UL가 있다.

다음은 공리적 접근법을 통해 비례배분규칙, UG, ES, 그리고 UL의 특성을 검토한다. 공리적 접근법이란 바람직한 해가 만족시켜야만 하는 해의 성질들을 공리로 열거해 놓고 어떤 해가 그러한 공리들을 만족하는 지를 살펴보는 것이다. 본 논문에서는 대칭성, 역진성(누진성), 그리고 하한(상한) 공리를 검토해 본다.

동일한 물량을 처리한 선사는 동일한 몫을 받아야 한다는 등량등처우원리(equal treatment of equals)은 대칭성(symmetry)이라고도 하는데, 비례배분규칙, ES, 그리고 UL의 바탕을 이루고 있다. 비례배분규칙은 배분비율의 평등성을 보장하고, ES와 UL은 배분결과의 평등성을 강조한다.

조세부담의 문제에서 보듯이 소득이 많은 자가 세금을 많이 내야 한다는 공리를 누진성(progressivity), 그 반대를 역진성(regressivity)이라고 한다. 세금 대신 본 논문처럼 화폐가치를 배분하는 경우 누진성과 역진성은 반대의 개념을 갖는다.

$$\text{누진성} : 0 < x_i \leq x_j \Rightarrow \frac{y_j}{x_j} \leq \frac{y_i}{x_i}; \text{역진성} : 0 < x_i \leq x_j \Rightarrow \frac{y_i}{x_i} \leq \frac{y_j}{x_j}$$

비례배분규칙은 항상 $\frac{y_i}{x_i} = \frac{y_j}{x_j}$ 이 성립함으로 중립적이며, UG가 가장 누진적이다. ES는 이익($t - x_N$)을 똑같이 배분하여 처리물량이 적은 선사가 비례배분규칙보다 인센티브를 많이 배분받음으로써 누진성을 만족한다. UL은 ES와 반대로 손실($x_N - t$)을 똑같이 배분하여 처리물량이 많은 선사가 인센티브를 많이 배분받음으로써 역진성을 만족한다.

또한 각 선사의 배분액은 다른 선사의 처리물량 크기와 무관하게 최소 혹은 최대한도 내에서 일정한 몫을 배분받아야 한다는 공리로 하한(Lower bound)공리와 상한(Upper bound)공리가 있다.

$$\text{하한공리} : y_i \geq \min\left\{x_i, \frac{t}{n}\right\}; \text{상한공리} : y_i \leq \max\left\{0, \frac{t}{n} + \left(x_i - \frac{x_N}{n}\right)\right\}$$

하한공리는 선사 i 가 공정한 몫을 배분받는 것을 의미한다. 즉, 선사 i 가 공정한 몫 $\frac{t}{n}$ 이상을 요구하지 않는다면, 그의 처리물량에 대한 배분은 완전히 충족된다. 상한공

리는 선사 i 의 처리물량이 평균손실보다 작을 경우에는 배분을 전혀 받지 못하기 때문에 선사 i 의 손실($x_i - y_i$)이 평균손실 $\frac{1}{n}(x_N - t)$ 보다 작지 않은 것을 나타낸다. 즉, $x_i - y_i = \frac{x_N - t}{n}$ 이다. 손실 배분시 UL은 상한공리, UG는 하한공리를 만족한다. 이상의 특성을 정리하면 다음과 같다.

<표 2> 배분규칙의 공리적 특성

구분	효율성	No-envy	대칭성	역진성	누진성	상한	하한
PRO	○	×	○	×	×	×	×
UG	이익	○	×	×	○	×	○
	손실						
ES	○	○	○	×	○	×	×
UL	○	○	○	○	×	○	×

비례배분규칙과 평등주의 배분규칙 가운데 공리를 가장 많이 만족하고 있는 규칙은 균등손실배분법(UL)로 나타났다. 특히 UL은 효율성과 No-envy를 만족함으로써 공정한 배분규칙일 뿐만 아니라 처리물량이 많은 선사에게 인센티브를 많이 배분하는 역진성을 갖고 있어 인센티브 배분규칙으로서 바람직한 특성을 갖고 있다.

IV. 사례분석

1. 2010년 광양항 선사 인센티브 지급실적

2010년 광양항 선사 인센티브제도에 의한 인센티브 지급액은 다음의 <표 3>과 같다. 2010년 광양항 선사 인센티브제도에 의한 배분은 No-envy의 공평성을 만족하지 못하였다. 연간 예산이 40억 원인데 비해 인센티브로 34억 26백만 원만 지급함에 따라 효율성도 만족하지 못하여 배분의 공정성이 부족했던 것으로 판단된다.

또한 동 제도는 동일한 물량을 처리한 선사는 동일한 인센티브를 받아야 한다는 대칭성 공리도 충족하지 못하고 있다. 2010년 인센티브 배분방법은 처리물량, 증가물량, 그리고 연안물량을 구분하여 인센티브를 지급함으로써 동일 물량을 처리했음에도 불구하고 인센티브 금액에 차이가 발생하였다. P사와 R사는 2010년에 각각 33천 TEU를 처리했는데 인센티브 금액은 P사 82백만 원, R사 38백만 원이었다. 증가물량은 처리물

량의 일부이면서도 별도로 인센티브를 부여하기 때문에 선사 간에 동일한 물량을 처리했어도 전년대비 물량 증가가 많은 선사가 더 많은 인센티브를 받게 된 것이다.

<표 3> 2010년 선사 인센티브 물량 및 지급액

선사	물량금액		인센티브		
	처리물량(천 TEU)		기존단가(원)	신규단가(원)	지급액(백만원)
	2009년	2010년			
합	1,045	1,188			3,426
A	316	408	1,950	10,000	1,116
B	137	117	1,401		164
C	83	109	1,299	10,000	368
D	37	40	1,161	10,000	73
E	8	7	1,071		7
F	4	10	4,062	10,000	76
G	13	17			204
H	88	85	1,305		111
I	23	39	1,119	10,000	186
J	25	21	1,113		23
K	24	21	1,113		23
L	19	22	1,107	10,000	51
M	9	10	1,077	10,000	10
N	6	6	1,068		6
O	30	29	1,137		33
P	28	33	1,134	10,000	82
Q	28	22	1,116		25
R	35	33	1,149		38
S	17	18	4,104		74
T	6	4	4,062		16
U	6	8	4,068	10,000	44
V	15	6	4,068		24
W	0	4		10,000	40
X	0	7		10,000	70
Y	0	4		10,000	40
Z1	39	40	4,167	10,000	167
Z2	12	17	1,086	10,000	63
CC	6	6	4,068		24
ST1	31	41	4,143	10,000	228
ST2	0	4	1,050	10,000	40

자료 : 한국컨테이너부두공단(2010).

주 : Z1과 Z2, ST1과 ST는 같은 회사임.

한편, 처리물량이 많은 선사에게 인센티브를 많이 지급하는 역진성 공리도 만족하지 못하였다. 40천 TEU를 처리한 D사의 인센티브는 73백만 원이었고, 39천 TEU를 처리

한 I사의 인센티브는 186백만 원으로 처리물량이 적은 선사에게 인센티브가 많이 지급되었다.

이와 같은 2010년 인센티브 배분의 여러 가지 문제점을 해결하기 위하여 다음 절에서는 앞 장에서 분석한 다양한 배분규칙을 적용하고 비교하여 가장 합리적인 배분방법을 제시해 본다.

2. 배분규칙의 적용

본 논문에서는 2010년 광양항에서 연간 3천 TEU 이상을 처리한 선사를 대상으로 비례배분규칙과 평등주의 배분규칙을 이용하여 인센티브를 배분하고 바람직한 배분방법을 확인하였다. TEU로 표기된 처리물량을 화폐적 가치로 전환시키기 위해 이익을 배분하는 경우 TEU당 3,066.92원, 손실을 배분하는 경우 TEU당 3,666.92원을 승수로 사용했다.³⁾

그러나 비례배분규칙과 평등주의 배분규칙을 이용해 2010년 광양항 선사 인센티브 제도의 배분기준이었던 처리물량, 증가물량, 그리고 연안물량에 대해 각각 인센티브를 배분했을 때 앞에서 검토한 것과 동일한 문제들이 나타났다. 이에 따라 본 논문에서는 처리물량을 기준으로 인센티브를 배분하였으며 그 결과는 <표 4>와 같다. 비례배분규칙과 평등주의 배분규칙 모두 동일한 물량을 처리하면, 인센티브도 동일하게 배분되어 처리물량, 증가물량, 그리고 연안물량으로 구분해서 배분하는 경우에 발생하는 문제들이 해결하였다.

다음에서는 인센티브 배분결과의 공리적 특성을 검토한다. 먼저 효율성 공리를 검토한다. 효율성은 모든 선사들에게 배분된 인센티브의 합은 항만당국이 지급한 인센티브 총액과 같아야 한다는 것이다. 2010년 광양항 선사 인센티브 실지급액은 34억 26백만 원으로 연간 예산 40억 원을 사용하지 못해 효율성을 만족시키지 못하고 있지만, 비례배분규칙과 평등주의 배분규칙은 모두 효율성을 만족시키고 있다. 효율성은 예산한도 내에서 자원의 이용을 극대화하는 특징을 갖고 있다. 따라서 인센티브 제도가 효율성

3) 비례배분규칙은 선사별 인센티브 배분액 t_i 이 x_N 을 화폐적 가치로 변환하는 승수의 영향을 받지 않지만, UG, ES, 그리고 UL은 승수의 영향을 받는다. 인센티브 총액 t 가 전체처리물량 x_N 의 화폐적 가치보다 클수록 물량이 적은 선사에게 유리하며, 반대로 t 가 x_N 의 화폐적 가치보다 작을수록 물량이 많은 선사에게 유리하므로 t 와 x_N 의 화폐적 가치가 비슷하도록 승수를 가정하였다. 2010년 처리물량을 기준으로 t 와 x_N 을 동일하게 하는 승수는 3,366.92원이기 때문에 배분할 이익액과 손실액을 동일하게 만들기 위한 승수는 이익배분의 경우 3,066.92원(=3366.92-300), 손실배분의 경우 3,666.92원(=3366.92+300)을 사용하였다.

조건을 만족시키지 못할 경우 인센티브 지급액의 과소 혹은 과다사용을 가져오게 되며, 이것은 인센티브 제도의 추진목표 설정이 잘못되었음을 의미하는 것일 수 있다.

No-envy는 모든 선사들이 자사의 배분 몫을 적어도 다른 선사의 배분 몫만큼 받아야 한다는 것으로 이 공리에 따르면 선사들은 모두 동일한 몫을 배분받아야 한다. 그러나 비례배분규칙은 처리물량에 비례하여 인센티브 배분하며, UG는 $\lambda = \frac{t}{n}$ 를 기준으로 이익의 경우 x_i 가 λ 보다 크면 x_i 를, 작으면 λ 를 배분하고, 손실의 경우 x_i 가 λ 보다 작으면 x_i 를, 크면 λ 를 배분하여 No-envy를 만족하지 못한다. ES와 UL은 각각 잉여($t - x_N > 0$)와 손실($x_N - t > 0$)을 똑같이 배분하므로 No-envy를 만족한다.

예를 들어 UG에 의해 이익을 배분하는 경우 $\lambda = 142,857$ 백만 원보다 처리물량 x_i 의 화폐가치가 큰 H, C, B, A 4개 선사에게 화폐가치만큼의 인센티브를 지급하며, 남은 금액을 4개 선사를 제외한 24개 선사들에게 동일하게 지급한다. 손실을 배분하는 경우에는 $\lambda = 142,857$ 백만 원보다 처리물량 x_i 의 화폐가치가 작은 T부터 I선사에게 화폐가치만큼의 인센티브를 지급하며, D부터 A사에게 남은 금액을 동일하게 지급한다. ES는 각 선사별 처리물량 x_i 의 화폐가치에 잉여($t - \omega x_N$)를 선사의 수로 나누어 구한 12,729백만 원⁴⁾을 더해서 구하며, UL은 그 반대이다.

대칭성은 동일한 물량을 처리한 선사는 동일한 몫을 배분받아야 한다는 공리이다. 2010년 광양항 선사 인센티브 실지급액을 보면, P사와 R사는 각각 33천 TEU씩 처리하고 인센티브로 P사 82백만 원, R사 38백만 원을 지급받아 대칭성을 만족하지 못하였지만, 비례배분규칙과 ES, UL은 대칭성을 만족하고 있다. 즉 동일한 물량을 처리한 P사와 R사는 동일한 금액을 배분받게 되어 비례배분규칙 112백만 원, ES 115백만 원, UL 109백만 원으로⁵⁾, 배분규칙에 따른 차이만 존재한다.

역진성은 처리물량이 많은 선사가 인센티브를 많이 배분받아야 한다는 공리이다. 비례배분규칙과 평등주의 배분규칙 가운데 가장 역진적인 규칙은 UL이며, 가장 누진적인 것은 UG이다. 비례배분규칙은 처리물량에 비례하여 인센티브를 지급하기 때문에 중립적이다. 비례배분규칙과 평등주의 배분규칙 가운데 UL은 처리물량이 적은 선사에게 가장 적은 금액을 배분한다. 반대로 UG는 이익을 배분하는 경우에 처리물량이 적은 선사에게 가장 많이 인센티브를 지급한다.

상한공리와 하한공리는 선사의 인센티브 배분액은 다른 선사의 처리물량 크기와 무

4) $\frac{t - \omega x_N}{n} = 12,729$

5) <표 4>에서 P사와 R사의 배분금액에 약간의 차이가 발생한 것은 두 회사의 처리물량을 천TEU로 반올림한 데 기인한다.

항만 인센티브 배분방법 설계 - 광양항을 중심으로

관하게 최소 혹은 최대한도 내에서 일정한 몫을 배분받아야 한다는 것이다. 즉 손실배분시 UG는 최소한 각 선사에게 자사 처리물량의 화폐가치에 상응하는 인센티브를 보장하며, UL은 각 선사에게 자사 처리물량의 화폐가치에서 평균손실액을 제외한 한도 내에서 인센티브를 지급한다.

<표 4> 처리물량 기준 2010년 선사 인센티브 배분

구분	x_i (처리물량, 천 TEU)	실지금액 (백만 원)	y_i (배분액, 백만 원)				
			pro_i	이익		손실	
				ug_i	es_i	ug_i	ul_i
T	3.6	16	12.1	70.6	23.8	13.2	0.5
Y	4.0	40	13.4	70.6	24.9	14.6	1.9
W	4.2	40	14.1	70.6	25.5	15.3	2.6
N	6.2	6	20.8	70.6	31.6	22.6	9.9
V	6.2	24	21.0	70.6	31.8	22.9	10.1
CC	6.3	24	21.1	70.6	31.9	23.0	10.2
X	6.6	70	22.2	70.6	32.9	24.2	11.4
E	7.2	7	24.3	70.6	34.9	26.5	13.8
U	8.1	44	27.4	70.6	37.7	29.9	17.1
F	10.0	76	33.5	70.6	43.3	36.5	23.8
M	10.1	10	34.0	70.6	43.7	37.0	24.3
G	17.1	204	57.5	70.6	65.1	62.6	49.9
S	17.6	74	59.2	70.6	66.6	64.4	51.7
J	21.3	23	71.7	70.6	78.0	78.1	65.4
K	21.5	23	72.3	70.6	78.6	78.8	66.1
Q	21.9	25	73.7	70.6	79.9	80.3	67.6
L	22.1	51	74.5	70.6	80.6	81.1	68.4
O	28.8	33	96.9	70.6	101.0	105.6	92.8
P	33.3	82	112.0	70.6	114.8	122.0	109.3
R	33.3	38	112.1	70.6	114.9	122.1	109.4
I	38.9	186	130.9	70.6	131.9	142.5	129.8
D	40.1	73	135.0	70.6	135.7	399.5	134.3
ST	45.1	268	151.7	70.6	150.9	399.5	152.5
Z	56.7	230	190.8	173.8	186.5	399.5	195.1
H	84.6	111	284.8	259.4	272.1	399.5	297.4
C	108.8	368	366.3	333.7	346.4	399.5	386.2
B	116.9	164	393.6	358.5	371.3	399.5	416.0
A	407.8	1,116	1,373.0	1,250.7	1,263.4	399.5	1,482.7
$\sum_{i=1}^n x_i, \sum_{i=1}^n y_i$	1,188.0	3,426	4,000.0	4,000.0	4,000.0	4,000.0	4,000.0

주 : Z=Z1+Z2, ST=ST1+ST2

비례배분규칙은 처리물량에 비례하여 인센티브를 배분하므로 선사에게 물량 증가 유인이 적은 단점이 있다. 그러나 비례배분규칙을 기준으로 ES는 물량이 적은 선사에게 더 많은 인센티브를 배분하고, 물량이 많은 선사에게는 더 적은 인센티브를 배분한다. UL은 물량이 적은 선사에게 더 적은 인센티브를 배분하고, 물량이 많은 선사에게는 더 많은 인센티브를 배분한다. 앞 장에서 언급한 대로 상후하박형(역진성) 배분을 만족한다. 따라서 물량 증가 유인이 큰 제도를 활용해야만 하는 선사 인센티브제도의 특성을 감안할 때 선사 인센티브제도를 설계하기에 가장 적당한 배분 규칙은 균등손실배분법(UL)임을 사례분석에서 다시 확인하였다. 균등손실배분법(UL)은 공정한 배분규칙의 특성으로 요구되는 공평성과 효율성도 만족하기 때문에 향후 선사의 인센티브 제도로 활용될 수 있을 것이다.

V. 결론

본 논문은 배분규칙이 갖추어야 할 바람직한 특성으로 공평성과 효율성 기준을 검토하고, 협조적 게임이론의 주요 배분규칙인 비례배분규칙과 평등주의 배분규칙을 이용하여 2010년 광양항 선사 인센티브 제도를 분석하였다. No-envy와 효율성을 모두 만족하는 배분규칙은 균등잉여배분법(ES)과 균등손실배분법(UL)으로 나타났다. 비례배분규칙과 균등이익배분법(UG)은 모두 효율성은 만족하지만 No-envy는 만족하지 못하였다. 그러나 공리적 접근법을 통해 판단해 볼 때 공정한 것으로 분석된 두 가지 배분방법 중 상후하박 또는 역진성이란 인센티브제도의 물량 유인 특성을 만족하는 것은 균등손실배분법(UL)인 것으로 규명되었다.

2010년 광양항 선사 인센티브제도는 효율성을 충족하지 못하였다. 인센티브 지급액이 34억 26백만 원으로 연간 예산 40억 원을 모두 사용하지 못해 효율성을 만족하지 못하였다. 또한 동일 물량을 처리한 선사는 동일한 인센티브를 받아야 한다는 등량등처우원리 또는 대칭성도 충족하지 못하였다. 처리물량과 증가물량을 구분하여 인센티브를 지급함으로써 동일한 물량을 처리함에도 인센티브 금액에 많은 차이가 발생한 것이다. 처리물량이 많은 선사에게 인센티브를 많이 지급해야 한다는 역진성도 만족하지 못하고 있다. 이러한 단점을 개선하기 위해 수정된 2012~2013년 인센티브 제도는 비례배분규칙을 채택하여 물량에 비례한 인센티브를 지급하였지만 다른 방법에 비해 적극적인 물동량 증가유인을 제공하지 못하는 한계가 있다.

이러한 상황을 감안할 때 광양항 선사 인센티브 배분방법으로는 공정하며 역진성을 만족하는 균등손실배분법(UL)의 활용이 바람직한 것으로 판단된다. 동 방법은 처리물량이 적은 선사에게 인센티브를 적게 주거나 주지 않고, 처리물량이 많은 선사에게 인

항만 인센티브 배분방법 설계 - 광양항을 중심으로

센티브를 많이 준다. 따라서 물량 증대를 장려하는 목적을 갖는 인센티브제도의 취지에 적합한 방법은 균등손실배분법이라고 할 수 있다.

현실적인 방안으로 선사들이 항만 간에 물량을 전략적으로 배분하는 것을 방지하기 위해 전국의 모든 항만이 TEU당 동일한 일정 금액을 지급하는 방법도 고려할 수 있지만, 이것은 항만 간 상황이 반영되지 않으면서 동시에 2010년 광양항 인센티브 제도와 같이 효율성 측면을 고려하지 않은 제도이다. 효율성은 항만당국의 인센티브 총액 내에서 선사의 처리물량을 기준으로 인센티브 배분을 극대화하는 특징을 갖고 있으므로, 동 조건을 만족시키지 못할 경우 인센티브 지급액의 과소 혹은 과다사용을 가져오게 된다. 따라서 효율성을 고려하면서 선사들로 하여금 항만 간 물량조정의 유인을 없게 하고, 인센티브 종류별 총액이 합리적으로 할당된 배분제도를 수립하는 것이 향후의 중요한 연구과제이다.

참고문헌

- 김호중·전영섭(2001), “게임이론적 접근법에 의한 비용배분문제”, 서울대학교 경제연구소, 『경제논집』, 40(1), 1-15.
- 박병인·성숙경(2011), “협조적 게임이론에 의한 선사의 시설사용료 우대방법”, 『물류학회지』, 21(2), 181-204.
- 박병인·성숙경(2012), “게임이론 비용배분규칙에 의한 항만서비스 가격산정”, 『한국항만경제학회지』, 28(4), 257-274.
- 성숙경(2008a), “게임이론 접근법에 의한 부산항 컨테이너부두의 비용배분에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』, 24(3), 27-39.
- 성숙경(2008b), “협조적 게임이론을 응용한 부두건설비용 배분”, 『해운물류연구』, 59, 154-174.
- 손상영·주병기(2008), “정보재와 공정배분”, 『경제학연구』, 56(1), 79-117.
- 한국컨테이너부두공단, 『광양항 인센티브제도 개선용역』, 2010.
- Aumann, R. J, and M. Maschler (1985), “Game theoretic analysis of a bankruptcy problem from the Talmud,” *Journal of Economic Theory*, 36, 195-213.
- Bergantino, A. S. & L. Coppejans (2000), “Shipowner Preferences and User Charges : Allocating Port Infrastructure Costs,” *Transportation Research*, Part E, 36, 97-113.
- Moulin, H. J. (2003), *Fair Division and Collective Welfare*, The MIT Press.
- Moulin, H. J. (2002), “Axiomatic cost and surplus sharing,” *Handbook of Social Choice and Welfare*, vol. 1, edited by K. J. Arrow, A. K. Sen and K. Suzunur, Elsevier Science B.V.
- Moulin, H. J. (1988), *Axioms of cooperative decision making*, Cambridge University Press.
- O’Neil, B. (1982), “A Problem of Rights Arbitration in the Talmud,” *Mathematical Social Sciences*, 2, 345-371.
- Talley, W. K. (1994), “Port Pricing: A Cost Axiomatic Approach,” *Journal of Maritime Policy and Management*, 21(1), 61-76.
- Thomson, W. (2003), “Axiomatic and game-theoretic analysis of bankruptcy and taxation problem : a survey,” *Mathematical Social Sciences*, 45, 249-297.
- Varian. H. R. (1974), “Equity, Envy, and Efficiency,” *Journal of Economic Theory*, 9, 63-91.

국문 요약

항만 인센티브 배분방법 설계 : 광양항을 중심으로

성숙경·박병인

본 논문은 2010년 광양항 선사 인센티브제도의 공정성을 검토하기 위해 공평성과 효율성 기준을 제시하고, 협조적게임이론의 주요 배분규칙인 비례배분규칙과 평등주의 배분규칙을 활용해 바람직한 인센티브 배분방법을 제시하는데 목적이 있다. 2010년 광양항 선사 인센티브제도는 공평성의 기준인 No-envy와 효율성을 만족하지 못하였으며, 동일한 물량을 처리한 선사에게 동일한 인센티브를 지급하는 대칭성도 만족하지 못하였다. 비례배분규칙과 평등주의 배분규칙 가운데 공평성과 효율성, 대칭성, 그리고 누진성 공리를 만족하는 규칙은 균등잉여배분법이며, 공평성과 효율성, 대칭성, 그리고 역진성 공리를 만족하는 규칙은 균등손실배분법인 것으로 분석되었다. 본 논문은 전체처리물량, 증가물량, 그리고 연안물량과 같은 복수의 기준을 사용해 금액을 배분하는 대신 인센티브제도의 특성대로 역진성과 대칭성을 적용하기 위해 단일기준으로 전체처리물량을 사용하였다. 균등손실배분법은 전체처리물량을 기준으로 인센티브금액을 배분할 때 제도의 취지에 맞게 배분할 수 있었다. 향후에는 효율성을 고려하면서 선사들로 하여금 항만간 물량조정의 유인을 없게 하고, 인센티브 종류별 총액을 합리적으로 할당하는 배분제도를 수립해야 할 것이다.

핵심 주제어 : 광양항, 인센티브, 배분규칙, 공평성, 효율성, 역진성, 대칭성