

게임이론 접근법에 의한 부산항 컨테이너부두의 비용배분에 관한 연구

A Game Theoretic Approach to the Container Quay Construction in Busan

성숙경*

목 차

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| I. 서론 | IV. 컨테이너부두 건설비용 배분 |
| II. 선행연구 | V. 결론 |
| III. 게임이론을 응용한 비용배분방법 | |

Key Words: berth occupancy charge, cost allocation, cooperative game theory, quay construction cost, Shapley value

Abstract

The purpose of this paper is to suggest a rational cost allocation method that is efficient and fair. Cost allocation by taking cooperative game theory shows fair allocation considering marginal cost by ship type. Current berth occupancy charging method can not recover quay construction costs. Because it levies charges according to berthing time and tonnage of ships without considering the recovery of quay construction costs. And there are also cross subsidies among ships. This paper suggests the cost allocation method of cooperative game theory as a fair and efficient method.

I. 서론

“무역항의 항만시설사용 및 사용료에 관한 규정”에 따르면 부두건설비용은 접안료에 의해 회수되고 있다. 우리나라는 12시간을 기준으로 접안시간이 12시간 미만인 선박에 대해

▷ 논문접수: 2008.7.9 ▷ 심사완료: 2008.9.23 ▷ 게재확정: 2008.9.24

* 한국해양수산개발원 부연구위원, ssky6261@gmail.com, (02)2105-2828

선박 10톤당 외항선은 340원, 내항선은 114원의 접안료를 부과하고 있다. 접안시간이 12시간을 초과할 경우 선박 10톤·시간당 외항선은 28.4원, 내항선은 9.5원을 부과하고 있다.

그러나 동 방법은 발생비용과 무관하게 사용료를 부과하고 있기 때문에 부두건설비용¹⁾을 제대로 회수하지 못하고 있다. 연간 최대 징수가능한 접안료를 선박들에게 배분한다고 해도 부두를 이용하는 선박은 최대선형 이하의 선박들이기 때문에 실제 징수되는 금액은 이 금액에도 미치지 못한다. 예를 들어 부산항 2만톤 부두 1선석의 연건설비용은 20억 1400만원²⁾인데 비해, 연간 징수가능한 접안료는 4억 9600만원³⁾에 불과하다.

본 연구는 컨테이너선박에 대한 접안료 부과를 컨테이너부두를 공동으로 이용하는 선박간의 부두건설비용 배분문제로 보고, 협조적 게임의 한 해⁴⁾인 샤플리 밸류를 이용하여 부두건설비용을 회수하는 방법을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 컨테이너부두 이용선박간에 부두건설비용을 공정하게 배분할 수 있는 모형을 구축하고, 이를 부산항에 대해 적용해 보았다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제2장에서는 항만시설사용료 산정과 관련한 국내외 선행연구들을 분석하였으며, 제3장에서는 협조적 게임이론을 응용하여 부두건설비용 배분문제를 모형화하였다. 제4장에서는 비용배분모형을 이용하여 각각 부산항 컨테이너 전용부두에 접안한 선박과 일반부두에 접안한 선박을 포함한 전체 컨테이너선박을 대상으로 부두건설비용을 선박톤급별로 배분하고 이를 현행 접안료와 비교하였다. 마지막으로 제5장에서는 결론과 추후연구과제를 제시하였다.

II. 선행연구

1. 해외연구

항만요율산정(port pricing)에 대한 선행연구들은 사회적 후생을 극대화시킬 수 있는 가격설정방법의 선택에 중점을 두고 있다. 그 대표적인 예가 항만투자비를 회수하기 위해 한계비용을 택할 것인가 평균비용을 택할 것인가와 관련된 논의들이다.

Heggie(1974), Gilman(1978), Bromwich(1978), Button(1979), Bennathan and Walters(1979), Jansson and Shneerson(1982) 등은 한계비용을, Meyrick(1989), Robinson(1991) 등

-
- 1) 안벽법선에서 69m까지의 공사비용을 말한다.
 - 2) 이 비용은 부산항 2만톤 부두의 토목공사비를 연가로 환산한 것이다.
 - 3) 부산항의 평균선박안시간이 12.3시간이므로 매일 2만톤 선박이 2척 접안한다고 가정하면 연간 최대 접안료는 4억 9600만원(=20,000/10×340×2×365)이다.
 - 4) 협조적 게임의 해라는 것은 전체연합이 형성된 상태에서의 경기자의 보수벡터 $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 을 말한다.

은 평균비용을 주장했다. 그러나 한계비용 가격설정방법은 한계비용을 측정하기 어렵고, 평균비용 가격설정방법은 낮은 비용을 가진 선박이 높은 비용의 선박을 보조하는 상호보조의 문제를 야기할 수 있다.

이에 Tally(1994)는 한계비용 가격설정방법에 대한 대안으로 협조적 게임이론을 제안하였다. 협조적 게임이론을 이용한 부두건설비용 배분방법은 부두를 이용하는 모든 선박들에게 전체 부두건설비용을 배분하는 방법이다. 따라서 전체 부두건설비용을 회수할 수 있다는 장점이 있다.

Bergantino and Coppejans(1997, 2000)는 각각 협조적 게임이론의 순차적 배분규칙(serial cost sharing rule)과 비율균형(ratio equilibrium)을 이용하여 선박별 적정수심을 산정하고 항로준설비용을 선박간에 공평하게 배분하는 방법을 연구하였다. 그들의 연구는 입출항수로를 하나의 시설로 간주하고 벌크선과 일반화물선의 흘수(draught)를 이용하여 선종별로 준설비용을 배분하였다.

협조적 게임이론을 응용한 부두건설비용 배분에 관한 연구는 성숙경(2008)을 들 수 있다. 동연구는 부두건설비용 배분문제에 협조적 게임이론을 응용한 연구로 광양항과 부산항 컨테이너부두 입항선박을 대상으로 현행방법과 협조적 게임이론을 응용한 비용배분결과를 비교하고, 협조적 게임이론을 응용한 비용배분방법이 현행방법보다 공정한 비용배분임을 제시하였다.

본 논문에서는 부산항 컨테이너부두 건설비용을 회수하기 위해 컨테이너 전용부두에 접안한 컨테이너선박과 일반부두에 접안한 컨테이너선박을 포함한 전체 컨테이너선박을 대상으로 부두건설비용을 선박톤급별로 배분하고 이를 현행 접안료와 비교해 보고자 한다.

2. 국내연구

국내에서 부두건설비용 배분방법에 관한 연구는 찾아보기 어려우며, 비슷한 연구로는 한국해양수산개발원에서 여러 차례 수행한 부두사용료 산정연구를 들 수 있다. 「컨테이너 전용부두 전대사용료 산정체계 개선(1999)」, 「부산항 자성대부두 전대사용료 산정(2003)」 등과 같은 연구들은 현금흐름법을 사용하여 정부로부터 컨테이너부두를 임대한 부두운영회사가 정부에게 연간 부두임대료로 지불할 적정금액을 분석하였다.

부두건설비용을 접안료만으로 회수한다고 하면 이는 현행 접안료 부과방법 또는 항만시설사용료 체계의 변경을 의미한다. 항만시설사용료 체계의 개선에 대한 연구로는 한국해양수산개발원의 「항만시설사용료 정책방향(1994)」, 「항만시설사용료 요율체계 개편방안 연구(1996)」, 「전국 항만의 시설사용료 산정에 관한 연구(1997)」 그리고 「항만시설사용료 체계개편 방안에 관한 연구(2004)」 등이 있다.

상기 연구들은 실무적 활용목적으로 수행되어 연구내용이 매우 실질적이며, 항만시설에 대한 사용료 부과항목, 원가의 범위, 원가산정방법, 사용료 산정절차, 외국항만과 대비한

국내항만의 사용료 수준 등에 대해 자세히 기술하고 있다. 그러나 개별요율이 아닌 사용료 전체를 연구대상으로 하고 있어 연구결과가 구체적이지 못한 단점이 있다.

III. 협조적 게임이론을 응용한 비용배분방법

1. 협조적 게임의 특성

$N = \{1, \dots, n\}$ 을 부두를 이용하는 선박들의 집합이라고 하자. N 의 임의의 부분집합 S 를 연합(coalition)이라 하며, N 은 대연합(grand coalition)이라 한다. 게임에 참여하는 경기자가 2명이면 4개의 연합, $\{\emptyset, \{1\}, \{2\}, N\}$ 이 형성된다. 경기자가 3명이면 $\{\emptyset, \{1\}, \{2\}, \{3\}, \{1,2\}, \{1,3\}, \{2,3\}, N\}$ 의 8개의 연합이 형성된다.

협조적 게임은 경기자의 집합 N 과 그 부분집합인 연합 S 의 특성함수(characteristic function)인 c 의 쌍 (N, c) 으로 구성된다.⁵⁾ 특성함수인 연합의 값 c 는 모든 연합에 대해 정의되는 함수로 연합 S 의 비용 $c(S)$ 는 가장 효율적인 방법으로 연합 S 에 속한 선박들을 위한 부두를 건설하는 데 소요되는 연공사비용을 나타낸다. 어떤 선박도 연합을 형성하지 않을 때의 비용은 0으로, 즉 $c(\emptyset) = 0$ 으로 가정한다.

게임에서 비용배분방법 ϕ 은 모든 비용함수 c 에 대하여 각 선박에게 전체비용 $c(N)$ 을 배분시키는 함수 $\phi(c) = (\phi_i(c))_{i \in N}$ 이며, $\sum_{i=1}^n x_i = c(N)$ 이 된다. x_i 는 선박 i 에게 예상되는 비용부담액이며, 비용배분벡터 $x = (x_1, \dots, x_n)$ 은 모든 선박들의 비용배분액을 벡터로 표현한 것이다. 배분벡터 x 는 어떤 비용배분규칙을 사용하여 부두건설비용을 배분하였는가에 의해 결정된다. 본 연구에서는 비용배분규칙으로 샤플리밸류를 이용한다.

선박들이 연합에 참여하여 공동으로 부두를 건설하는 경우 각 선박이 부담해야 하는 비용은 독자적으로 부두를 건설하는 경우의 비용합보다 커서는 안된다. 이를 만족하지 않을 경우 공동으로 부두를 건설하는 것이 독자적으로 건설하는 것보다 불리하다. 이것은 게임이론에서 하위가산성(subadditivity)으로 정의되며 임의의 연합 S, T 에 대해 특성함수가 다음을 만족함을 의미한다.

$$c(S \cup T) \leq c(S) + c(T), S \cap T = \emptyset, \forall S, T \subset N \quad (1)$$

5) 폰 노이만과 모겐스텐(1944)은 협조적 게임을 경기자의 집합 N 과 그 모든 부분집합에 대해 정의되는 實價의 특성함수 v 로 정의되는 특성함수형(혹은 연합형) 게임으로 나타냈다. 특성함수 $v(S)$ 는 연합의 값(worth)이다. 보통 v 는 이윤배분문제에 쓰이므로 비용배분문제를 다루는 본 연구에서는 v 를 c 로 대신하였다

예를 들어, 2만톤 선박을 1, 5만톤 선박을 2, 10만톤 선박을 3이라 하자. 부두시설은 최대선형의 선박을 기준으로 건설되기 때문에 2만톤 선박과 5만톤 선박 연합의 부두건설비용은 $c(1,2)=c(2)$ 이다. 그러나 현재 2만톤 선박과 5만톤 선박의 연합으로 5만톤 부두가 건설되어 있는데 입항선형의 확대로 10만톤 부두를 건설해야 한다고 가정하자. 연합에 참여한 선박들이 부담해야 할 부두건설비용은 소형선부두와 대형선부두 건설비용의 합인 $c(1,2)+c(3) < c(1)+c(2)+c(3)$ 이다. 따라서 부두건설비용 배분문제는 하위가산성을 만족한다.

2. 샤플리 밸류(Shapley value)

Shapley(1953)는 각 경기자가 어떤 연합에 가입할 경우 각 연합이 추가적으로 부담하게 되는 한계비용에 근거하여 비용을 배분하는 방법을 제안하였으며 이를 샤플리밸류라고 부른다. 모든 비용함수 c 와 모든 경기자 i 에 대해 샤플리밸류는 다음과 같이 정의된다.

$$x_i = \sum_{S \subseteq N, i \in S} \frac{(|S|-1)!(|M|-|S|)!}{|M|!} [c(S) - c(S-i)] \quad (2)$$

$|S|$: 연합 S 를 구성하는 경기자의 수, $|M|$: 대연합을 구성하는 경기자의 수

샤플리 밸류에서 각 선박에게 배분되는 비용은 각 연합에 대하여 그 선박에 의해 추가적으로 발생하는 한계비용의 가중평균치로 계산되며, 연합에 부여되는 가중치는 임의의 배열에서 선박 i 보다 앞서서 연합이 형성되고 그 이후에 $|M|-|S|$ 가 올 확률, $\frac{(|S|-1)!(|M|-|S|)!}{n!}$ 이 된다.

3. 비용배분모형

부두건설비용 배분문제는 대형부두가 소형부두보다 많지만 대형선보다는 중소형선박이 더 많은 비대칭상황에서 선박간에 부두건설비용을 어떻게 공정하게 배분하는가 하는 문제이다.

부산항에 입항하는 컨테이너선박들의 톤수는 150톤⁶⁾에서 10만톤까지 다양한 반면, 부두의 규모는 4개에 불과하다. 따라서 부두규모별로 접안가능한 선박들을 구분하고, 이 선박들을 기준으로 다시 비용을 배분하는 것이 바람직한 방법으로 판단되었다. 이에 본 연구에서는 부두건설비용 배분문제를 2단계로 나누어 분석하였다.

6) 총톤수 150톤 미만선박의 선박에 대한 접안료는 당해 선박이 등록된 지방청장의 관할 항만에서만 부과·징수하기 때문에 분석에서 제외하였다.

1) 1단계 : 선박톤급별 비용배분

선박의 연합이 형성된다는 것은 소형선박이 자신보다 큰 규모의 부두를 이용하기 위해 대형선박과 함께 부두를 건설한다는 것이다. 각 선박은 이용하는 모든 부두에 대해 건설비용을 부담하기로 한다.

기존부두에 신조대형선을 위한 부두를 추가로 건설하는 부두건설문제의 경우 선박별 비용배분문제는 최대선형의 선박에 서비스를 제공하기 위하여 필요한 부두건설비용을 최대선형 이하의 선박들에게 어떻게 공정하게 배분하는가 하는 문제이다.

선박의 크기가 $i < j$ 이면 부두건설비용이 $c_i < c_j$ 이고, 선박의 연합 $S = \{s_1, \dots, s_m\}$ 에 대해 $s_j < s_k$ 이면 $c_{s_j} < c_{s_k}$ 이라고 가정하자. 선박들의 연합의 값은 연합에 참여하는 선박들이 접안가능한 모든 부두의 건설비용의 합으로 정의한다.

$$c(S) = \sum_{j=1, s_j \in S}^m \eta_{s_j} (c_{s_j} - c_{s_{j-1}}), \quad c_{i_0} = 0 \tag{3}$$

η_{s_j} : 선박 s_j 의 접안가능한 부두의 수

최대선형을 위한 부두는 맨 나중에 건설되었지만 모든 선형의 선박들이 동 부두를 이용하므로 최대선형에 필요한 부두를 건설하는데 필요한 비용을 우선적으로 부담하고, 순차적으로 그 다음 선형에 필요한 부두의 건설비용을 부담하는 것이다.

선박톤급별 비용배분규칙은 샤플리 밸류를 사용한다. 샤플리 밸류는 전체연합의 값을 배분하는 방법으로 각 선박의 보수를 그 선박이 각각의 연합에 대하여 기여하는 한계공헌의 가중평균으로 설정한다. 가중치는 연합의 크기에 따라 결정된다.

2) 2단계 : 선박별 비용배분

선박톤급별로 배분된 비용을 다시 각 선박들에게 배분하기 위해서는 각 선박별로 부두 이용량을 결정하는 기준이 필요하다. 부두는 건설시점에서 선박길이가 가장 길고, 가장 깊은 수심을 필요로 하는 최대선형을 기준으로 건설된다. 따라서 최대선형 이하 선박들의 부두건설비용 공헌도를 알아야 한다.

선박별 부두건설비용 공헌지수를 I_i 라 하자. I_i 는 최대선형을 1로 표준화한 후 각 선박의 만재홀수와 길이에 의해 결정된다. 단일한 공헌지수를 산출하기 위해서는 두 요인간에 가중치를 설정할 필요가 있는데 부두건설문제의 경우 선박의 만재홀수와 길이가 건설비에 미치는 영향은 동일하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 두 요인간의 가중치를 1:1로 설정하여 분석하기로 한다. 단, 선박의 만재홀수가 관리되지 않기 때문에 대체변수로 총톤을 이용하기로 한다.

선박별 부두건설비용은 다음과 같이 산출된다. 우선 선박의 총톤과 길이에 대하여 각각의 가중치를 구하고 이를 평균한 다음 가중치가 작은 선박부터 가중치가 큰 선박의 순으

로 번호를 매기고 이를 아래첨자로 표시하도록 한다. 여기에 최대선형의 부두건설비용을 공급하면 각 선박이 부담해야 하는 부두건설비용이 산출된다.

예를 들어, 2005년에 부산항 2만톤 부두에 접안한 선박 141척⁷⁾ 가운데 최대선형의 선박을 아래첨자 141로 나타내면, 2만톤 부두의 건설비용은 c_{141} 이며, 선박 i 의 부두건설비용 c_i 는 $c_i = I_i c_{141}$ 이다. 선박별 비용배분은 1단계와 마찬가지로 샤플리 밸류를 이용한다.

선박들의 집합을 N , 선박들의 유형을 $i = 1, \dots, m$ 으로 두고, i 유형 선박들의 집합을 N_i , 그리고 그 수를 n_i 로 나타내면, $\cup_{i=1}^m N_i = N$ 및 $\sum_{i=1}^m n_i = n$ 이 된다. 먼저 $k = 1, \dots, m$ 에 대

해 $R_k = \cup_{i=k}^m N_i$ 그리고 $r_k = \sum_{i=k}^m n_i$ 로 정의하면⁸⁾, 샤플리 밸류 ϕ 는 모든 유형의 선박 $i = 1, \dots, m$ 과 모든 선박 $j \in N_i$ 에 대해 다음과 같다.⁹⁾

$$\phi_j(c) = \sum_{k=1}^i \frac{c_k - c_{k-1}}{r_k} \quad (4)$$

부두건설비용 배분문제의 샤플리 밸류는 가장 작은 유형의 선박에 필요한 부두건설비용은 모든 유형의 선박이 접안하는데 공통으로 필요한 부분이므로 모든 선박들에게 동일하게 부담시키며, 그 다음부터 각 유형의 선박에 추가적으로 들어가는 비용은 추가적인 규모의 시설을 필요로 하는 해당 선박들 사이에 동등하게 배분한다.

IV. 컨테이너부두 건설비용 배분

1. 비용배분에 필요한 자료의 구축

1) 부산항 컨테이너부두 건설비용

부산북항에는 2005년말 기준 5천톤 1선석, 1만톤 1선석, 2만톤 2선석, 5만톤 14선석 등 총 18선석의 컨테이너부두가 있다. 그러나 부산북항 컨테이너부두의 운영현황을 고려하여 건설비용을 회수할 부두의 규모와 수를 5천톤 1선석, 1만톤 1선석, 2만톤 2선석, 10만톤 7선석 등 총 11선석으로 조정하였다. 5만톤 부두를 이어서 사용하여 5만톤 이상의 대형선이 접안하고 있기 때문에 5만톤 부두 2선석을 10만톤 부두 1선석으로 가정한 것이다. 부

7) 선박의 접안횟수가 아니라 접안한 선박의 선형이 141종류였다는 것을 말한다.

8) 이 계산에서 $R_1 = N$ 이며, $r_1 = n$ 이 된다.

9) Littlechild and Owen(1973)은 동 배분규칙이 샤플리 밸류가 단순화된 것임을 증명하였다.

두건설비용은 각 부두의 안벽건설비를 구하기 어려워 토목공사비용을 사용하였다(<표 1> 참조).

<표 1> 부산북항 컨테이너부두 토목공사비

구분	부두규모(DWT)	안벽길이(m)	안벽수심(m)	토목공사비(백만원)	
신선대	5만×4	1,200	14	167,881	
감만	5만×4	1,400	15	342,514	
신감만	5만×2	700	15	166,196	153,596
	5천×1	126	7~12		12,600
우암	2만×2	500	10	49,983	
자성대	5만×4	1,262	15	108,400	89,900
	1만×1	185	15		18,500
합계	18	5,373		834,974	

주: 1만톤 이하 부두의 공사비용은 안벽 1m당 1억원으로 가정
 자료: 부산항만공사, 『부산항 항만시설 임대료 산정체계 개선연구』, 2005, pp.125-126.

전술한대로 컨테이너부두의 건설비용을 접안료를 통해 회수하도록 되어 있으나, 연간 접안료 징수금액이 부두건설비용의 약 15.3%에 불과한 상황에서 접안료 인상을 통한 부두 건설비용의 100% 회수는 불가능할 것으로 판단되었다. 이에 본 연구의 분석대상비용이 컨테이너부두 건설비용이지만 실제 선박들로부터 회수할 비용으로 2005년도에 징수된 접안료를 사용하였다. 또한 접안료 수입을 기준으로 배분한 금액을 0.153으로 나누면 부두건설비용을 배분한 것과 같은 결과를 얻는다. 따라서 비용배분모형에 의한 배분결과와 현행 효율수준을 비교하기 위해 2005년도 접안료 수입을 기준으로 분석하였다.

2) 부산항 컨테이너선 접안실적

부산항 컨테이너선 접안실적은 (주)KLNET에서 집계한 2005년 자료를 이용하였다. 150톤 미만 선박을 제외한 부산북항의 컨테이너 전용부두 접안선박은 9,129척, 접안료 수입은 102억 8600만원으로 추정되었다. 일반부두를 포함할 경우 컨테이너선 접안척수는 13,743척, 접안료 수입은 117억 600만원으로 추정되었다(<표 2> 참조).

<표 2> 2005년 부산북항 컨테이너선 접안료 산정

구분	전용부두 접안선박		일반부두 접안선박 포함시	
	접안선박(척)	접안료(백만원)	접안선박(척)	접안료(백만원)
5천톤 미만	2,340	66	5,116	450
5천~1만톤	1,081	351	2,730	1,202
1만~2만톤	1,625	1,037	1,814	1,223
2만톤 초과	4,083	8,832	4,083	8,832
합계	9,129	10,286	13,743	11,706

주: 접안료는 본 연구에서 계산한 것으로, 실제 징수금액과 다를 수 있음.

자료: (주)KLNET

2. 비용배분결과

1) 컨테이너 전용부두 접안선박

샤플리 밸류를 이용하여 선박톤급별 비용을 배분한 결과, 5천톤 미만 선박은 39억 7500만원, 5천~1만톤 선박은 50억 2300만원, 1만~2만톤 선박은 69억 1600만원, 2만톤 초과 선박은 513억 7200만원을 부담해야 하는 것으로 나타났다(<표 3> 참조).

선박톤급별 비용부담액을 2005년 접안료로 환산하면, 5천톤 미만 선박은 6억 800만원, 5천~1만톤 선박은 7억 6800만원, 1만~2만톤 선박은 10억 5700만원, 2만톤 초과 선박은 78억 5300만원을 부담해야 한다.

<표 3> 부산항 컨테이너 전용부두 선박톤급별 건설비용배분

단위 : 백만원

부두(DWT)	연건설비용	비용부담			
		선형(DWT)	샤플리밸류	현행방법	비율(%)
5천	1,015	5천 미만	3,975	608	5.91
1만	1,491	5천~1만	5,023	768	7.47
2만	4,028	1만~2만	6,916	1,057	10.28
10만	60,753	2만 초과	51,372	7,853	76.35
합계	67,289	-	67,289	10,286	100.0

주 : 연건설비용은 사회적 할인율 7%와 부두내용년수 30년을 가정하고 산출.

선박톤급별 배분금액을 선박별로 배분하고 현행방법과 비교한 결과 현행방법에서는 선박간에 상호보조가 발생하고 있었다(<표 4> 참조).

<표 4> 부산북항 컨테이너부두 선박톤급별 및 척당평균 접안료

선형(DWT)	접안선박 (척)	선박톤급별 접안료(백만원)		척당평균 접안료(천원)	
		현행방법	샤플리밸류	현행방법	샤플리밸류
5천 미만	2,340	66	608	28	260
5천~1만	1,081	351	768	324	710
1만~2만	1,625	1,037	1,058	638	651
2만 초과	4,083	8,832	7,856	2,163	1,923
합계	9,129	10,286		1,127	

2만톤 미만 선박의 척당평균 접안료는 현행방법이 샤플리 밸류에 의한 배분결과보다 유리한 반면, 2만톤 초과 선박은 샤플리 밸류에 의한 비용부담이 유리하였다.

소형선과 대형선이 현행방법에 의해 이득을 얻고 있는 것은 현행효율이 낮기 때문이다. 샤플리 밸류는 최대선형을 기준으로 부두건설비용을 배분하므로 최대선형에 가까울수록 비용부담이 많아진다. 그러나 전체적으로 선박별 비용부담액은 현행방법과 비슷한 추세를 나타냈다.

한편 5천~1만톤 선박의 비용부담액은 1만~2만톤 선박보다 많은 것으로 나타났다. 이것은 5천~1만톤 선박과 1만~2만톤 선박이 부담해야 할 비용은 각각 7억 6800만원과 10억 5800만원으로 차이가 별로 없는데 비해 입항척수는 차이가 많은데 기인한다.

2005년에 부산북항에 입항한 컨테이너선은 모두 13,743척이었다. 이 가운데 약 3,000척에 해당하는 2만톤 미만 선박들이 부산북항의 일반부두를 이용하여 본 연구의 비용배분에 왜곡이 발생하고 있는 것이다.

2) 일반부두 접안선박 포함

부산북항의 일반부두에 접안한 컨테이너선을 포함할 경우 현행방법과 비용배분모형에 의한 비용배분결과는 다음과 같다(<표 5> 참조).

5천톤 미만 선박과 2만톤 초과 선박은 현행방법이 샤플리 밸류에 의한 배분결과보다 유리한 반면, 5천~1만, 1만~2만톤 선박은 샤플리 밸류에 의한 비용배분이 유리한 것으로 나타났다.

컨테이너 전용부두에 접안한 선박만을 대상으로 비용을 배분한 경우와 비교해 보면 전체적으로 선박간 비용배분이 매우 합리적임을 알 수 있다. <표 4>의 배분결과를 보면 척당평균 접안료가 5천~1만톤은 71만원으로 1만~2만톤 선박의 65만원보다 많게 나왔지만, <표 5>의 배분결과를 보면 5천~1만톤은 32만원, 1만~2만톤 선박은 66만원으로 선박이 클수록 부담해야 할 비용이 많아지고 있다. 즉 선박톤수 증가에 따른 선박별 비용부담액이 완만하게 증가하고 있다.

<표 5> 부산북항 컨테이너선 선박톤급별 및 적당평균 접안료

선형(DWT)	접안선박(척)	선박톤급별 접안료(백만원)		적당평균 접안료(천원)	
		현행방법	샤플리밸류	현행방법	샤플리밸류
5천 미만	5,116	450	692	88	135
5천~1만	2,730	1,202	874	440	320
1만~2만	1,814	1,223	1,203	674	663
2만 초과	4,083	8,832	8,937	2,163	2,189
합계	13,743	11,706		852	

V. 결 론

항만시설투자비는 그동안 정부의 일반회계와 교통시설특별회계에 의해 충당되어 왔다. 그러나 교통시설특별회계는 한시적으로 운영되는 것으로써 항만시설의 지속적인 확충을 위해서는 부두건설비용의 회수가 절대적으로 중요하다.

현행 접안료 부과방법은 발생비용과 무관하게 사용료를 부과하고 있으므로 부두건설비용을 제대로 회수하지 못하는 문제점이 있다. 협조적 게임이론을 응용한 비용배분은 게임에 참여하는 경기자들에게 총비용을 배분하는 방법이다. 따라서 동 방법을 이용할 경우 선박들이 부담하는 금액의 합은 총비용으로 부두건설비용의 100% 회수가 가능하다.

본 연구에서는 협조적 게임이론의 대표적인 해(solution)인 샤플리밸류를 이용하여 부두를 공동으로 이용하는 선박간에 공정한 비용배분방법을 제시하였다. 그러나 본 연구에서는 부두건설비용을 100% 회수할 수 있는 비용부담수준을 제시하지는 않았다. 부두건설비용의 회수율이 투자비의 15.3%에 불과한 상황에서 100%의 비용회수는 불가능하다고 판단했기 때문이다.

그 대신 본 연구에서는 2005년도에 징수된 접안료를 기준으로 현행방법과 협조적 게임이론을 응용한 비용배분결과를 비교하였다. 그 결과 현행방법에는 선박간에 상호보조가 존재하고 있음을 알 수 있었다. 현행방법은 소형선과 초대형선에 유리한 것으로 나타났다.

따라서 부두건설비용을 회수하기 위한 사용료 인상뿐만 아니라 각 선박별로 상호보조를 완화시킬 수 있도록 접안료 부과방법을 개선할 필요가 있다는 시사점을 얻었다. 현행방법을 그대로 유지하는 상태에서 일괄적으로 사용료를 인상하는 방법은 비용보전의 문제는 해결할 수 있지만, 상호보조의 문제는 여전히 남게 된다. 본 연구는 공정하고 효율적인 접안료 부과방법으로서 협조적 게임이론을 응용한 비용배분방법을 제안한다.

본 연구는 컨테이너부두의 건설비용 회수를 위해 게임이론을 적용한 연구로 추후 연구되어야 할 과제들이 많을 것이다. 우선 물리적으로 부두를 접안가능한 선박규모에 의해 분류한 후, 2단계에 걸쳐 비용을 배분하고 있어 경계점에서 비용이 왜곡되는 문제가 발생하는 점이다. 선박의 총톤과 길이의 합리적인 조정에 의해 이러한 비용왜곡은 많이 개선

될 수 있을 것이라 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김형태·한광석, 『전국 항만의 시설사용료율 산정에 관한 연구』, 한국해양수산개발원, 1997.
2. 이상원·이종철·전영섭, “게임이론적 접근법에 의한 공항이착륙시설의 비용배분”, 『경제논집』, 36. 1, 서울대학교 경제연구소, 1997, pp.79-105.
3. 전영섭, “샤플리 밸류를 응용한 비용배분의 공평성”, 『경제논집』, 30. 2, 서울대학교 경제연구소, 1991, pp.231-244.
4. 정봉민, 『항만시설사용료 정책방향』, 해운산업연구원, 1994.
5. 한국해양수산개발원, 『항만시설사용료 체계개편 방안에 관한 연구』, 2004.
6. Bergantino, A. S. and Coppejans, L., A game theoretic approach to the allocation of joint costs in a maritime environment: a case study, Occasional Papers, 44, Department of Maritime Studies and International Transport, University of Wales, Cardiff.
7. Bergantino, A. S. and Coppejans, L., "Shipowner preferences and user charges: allocating port infrastructure costs", Transportation Research Part E, *Logistics and Transportation Review*, 36(2), 2000, pp.97-113.
8. Bennathan, E. and Walters, A. A., *Port Pricing and Investment Policy for Developing Countries*, New York: Oxford University Press, 1979.
9. Button, K., "The economics of port pricing", *Maritime Policy and Management*, 6(3), 1979, pp.201-207.
10. Gilman, S., "Pricing policy and operational controls in container terminals", *Maritime Policy and Management*, 5(1), 1978, pp.89-96.
11. Heggie, I., "Charging for port facilities", *Journal of Transport Economics and Policy*, 8(1), 1974, pp.3-25.
12. Littlechild, S. C. and Owen, G., "A simple expression for the Shapley value in a special case", *Management Science*, 20(3), 1973, pp.370-372.
13. Littlechild, S. C. and Thompson, G. F., "Aircraft landing fee: a game theory approach", *The Bell Journal of Economics*, 8, 1977, pp.186-204.
14. Meyrick, S., "Port pricing: some observations on pricing principles and practice", ASRRF Working Paper 5, Center for Transport Policy Analysis, University of Wollongong, Australia, 1989.
15. Moulin H., *Cooperative Microeconomics: A game-theoretic introduction*, Princeton University Press, 1985.
16. Sharkey, W. W., "Suggestions for a game-theoretic approach to public utility pricing and cost allocation", *The Bell Journal of Economics*, 13(1), 1982, pp.57-69.
17. Tally, W. K., "Port pricing: a cost axiomatic approach", *Maritime Policy and Management*, 21(1), 1994, pp.61-76.

< 요약 >

게임이론적 접근법에 의한 부산항 컨테이너부두의 비용배분에 관한 연구

성숙경

현행 접안료 부과방법은 부두건설비용과 무관하게 사용료를 부과하고 있으므로 부두건설비용을 제대로 회수하지 못하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 부두건설비용 배분문제에 협조적 게임이론을 응용함으로써 컨테이너부두의 건설비용 보전을 위한 접안료 부과방법을 제시하였다.

연구결과 부산항 컨테이너부두의 경우 선박간에 상호보조(cross subsidy)가 발생하는 것으로 분석되었다. 2만톤 미만 선박은 현행방법이 유리한 반면 2만톤 초과선박은 샤플리밸류에 의한 비용배분이 유리한 것으로 나타났다.

따라서 부두건설비용을 회수하기 위한 사용료 인상뿐만 아니라 각 선박별로 상호보조를 완화시킬 수 있도록 접안료 부과방법을 개선할 필요가 있다는 시사점을 얻었다. 현행방법을 그대로 유지하는 상태에서 일괄적으로 사용료를 인상하는 방법은 비용보전의 문제는 해결할 수 있지만, 그 경우에도 상호보조의 문제는 여전히 남게 된다. 본 연구는 공정하고 효율적인 접안료 부과방법으로서 협조적 게임이론을 응용한 비용배분방법을 제안한다.

□ 주제어 : 접안료, 비용배분, 협조적 게임이론, 부두건설비용, 샤플리 밸류