한국항해항만학회지 제27권 제2호, pp. 185~191, 2003 (ISSN-1598-5725)
Journal of Korean Navigation and Port Research

FCM법과 AHP법을 융합한 아시아 주요항만의 경쟁력에 관한 종합적 분석에 관한 연구

이 홍 걸*

* 한국해양대학교 물류시스템공학과 강사

Overall Analysis of Competitiveness of Asian Major Ports Using the Hybrid Mechanism of FCM and AHP

*Hong-Girl Lee**

* *Department of Logistics Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea*

요 약 : 본 연구의 목적은 아시아 주요항만의 특성을 종합적으로 분석/분류하는 것이다. 특히, 본 연구에서는 기존연구가 지닌 연구대상 선정과 관련한 문제점을 극복하기 위해, 객관적인 지표에 의거하여 부산항이 속한 아시아 주요 대상 항만을 선정했다. 그리고, 연구 방법론의 측면에서 기존연구의 계층평가 알고리즘을 이용한 항만평가와 군집분석법을 이용한 연구의 경우 상호보완적인 장/단점을 지니고 있어, 두 가지 알고리즘을 연계하여 아시아 항만의 전체적인 판도와 항만의 경쟁력 순위 등을 종합적으로 고찰했다. 또한, 본 연구에서는 일반군집분석법에 퍼지 알고리즘을 적용한 FCM(Fuzzy C-Means)법을 이용하여, 기존 방법보다 다양한 고찰이 가능케 하였다. 분석결과, 아시아 16개 주요 항만들 중 10개 항만이 독자적인 위상을 가지고 6가지 항만군을 형성하고 있었으며, 순위 면에서 싱가폴항, 홍콩항, 부산항 카오슝항이 높은 경쟁력을 가지고 있었다. 특히, 부산항과 카오슝은 여러 가지 특성에서 유사하여 동일 항만군으로 분류되었고, 싱가폴항에 이어 2번째로 높은 경쟁력을 보유한 항만군을 형성하고 있는 것으로 파악되었으나, 경쟁력 면에서 싱가폴항과의 격차는 큰 것으로 파악되었다.

핵심용어 : FCM(Fuzzy C-Means), AHP(Analytic Hierarchy Process), 아시아 항만

Abstract : *The aim of this research is to overall analyze/classify characteristics of Asian major ports. To achieve this aim, we firstly pointed out critical problems on research methodology and research scope which most of previous research have, from related literature review. In order to overcome those problems, major ports in Asia were selected by the objective indicators, and both algorithms of AHP(Analytic Hierarchical Process) and FCM(Fuzzy C-Means) that revise weakness in previous clustering method were used. Through these hybrid approach, it were found that only 10 ports of 16 major Asian ports had their own phases in Asian major ports. Those 16 ports were classified into 6 port groups, and also membership degree of each port within the 4 port groups and ranking of each ports were analyzed. Finally, based on results of these analysis, present status and future direction of Busan port were discussed.*

Key words : *FCM(Fuzzy C-Means), AHP(Analytic Hierarchy Process), Asian ports*

1. 서 론

항만은 다양한 기능들이 유기적으로 결합된 시설이다. 이러한 특성을 가진 항만을 합리적으로 분석하고 분류하기 위해서는 다차원/다속성 알고리즘을 이용한 분석방법이 필요하다. 이와 관련된 기존 연구들은 크게, AHP(AHP: Analytic Hierarchy Process)법과 HFP (HFP: Hierarchical Fuzzy Process)법 등의 다속성 계층평가알고리즘을 사용하여 항만의 특성을 평가하거나(노홍승외3, 1996: 여기태 · 이철영, 1996: 이석태 · 이철영, 1993), 군집분석법 및 주성분 분석법을 이용하여, 항만을 군집화하여 특성별로 분류하여(정태원 · 곽규석, 2001: 문성혁 · 이준구, 1999: Tongzon and Jose, 1995: 양창호, 1997) 항만의 특성 및 경쟁력을 분석하고 있다.

그러나, AHP와 HFP법을 이용하여 다수의 항만을 평가/분석한 기존연구는 각 대상 항만을 독립적인 개체로 보고, 다속성 요소들간의 가중치를 구하여 평가순위를 정하고, 순위를 상승시킬 수 있는 요인을 분석하여 항만의 위상과 향후 전략적 방안을 제안하고 있으나, 이러한 연구에서는 항만들을 수준별 혹은 특성별로 군집화하지 않고, 단순히 순위만을 정하여 항만들의 특성 및 위상을 제시하고 있다. 즉, 이러한 연구결과를 토대로 항만의 위상을 파악한 후, 전략적 차원에서 향후 발전계획을 수립할 때, 목표로서 몇 위의 항만을 발전모델로 두어야 하며, 게다가 결과적으로 목표순위의 달성이 가져다주는 것이 단순한 순위상승이외에 전체적으로 어떤 의미를 가지는 것인지 알 수 없다. 다시 말해서, 대상항만의 순위만을 도출한 결과를 바탕으로 하면, 전체적인 판도와 양상을 알 수

* 정회원, hglee@hhu.ac.kr 051) 410-4911

없으므로 향후 목표를 1위의 항만으로 하지 않는 한, 그 외의 순위가 가지는 의의와 비중이 불명확해진다.

한편, 군집분석법 및 주성분 분석을 이용한 연구(정태원·곽규석, 2001 : 문성혁·이준구, 1999 : Tongzon, 1995 : 양창호, 1997)는 전자의 방법과 달리 각 구성요소들의 가중치를 고려할 수 없어, 대상의 순위를 평가할 수 없다. 그러나, 앞서 언급한 방법론과 달리 항만을 비슷한 수준의 군집별로 분류할 수 있고, 그것을 토대로 각 군집의 특성을 고찰하여 전체 항만들의 판도와 양상, 그리고 대상항만의 위상을 파악할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 이러한 방법론을 이용한 분석은 일반 군집분석법의 알고리즘의 특징상, 각 군집에 속한 항만들보다 군집자체의 특성에 비중을 두게 된다. 따라서, 항만의 속성값을 변화시키지 않고서, 각 군집내 항만의 소속정도 및 이탈가능성 등의 경향을 파악하기 불가능하다. 게다가, 여러 군집에 조금씩 속하여 있으면서 향후 발전가능성과 잠재력을 지닌 항만도 존재하므로, 그러한 것을 명확하고 쉽게 찾아낼 수 없는 문제점이 있다.

결과적으로, 항만의 평가와 분류에 관한 연구는 부산항의 입장에서 중요한 연구임에도 불구하고, 대상과 대상의 선정기준, 그리고 방법론적 측면에서 여전히 문제점을 지니고 있어, 이러한 문제점들을 보완한 실질적인 연구가 필요한 실정이다. 특히, 위에서 언급한 2가지 대표적인 방법론은 궁극적으로 상호보완적인 장단점을 포함하고 있으므로, 이러한 문제를 극복하기 위해서는 2가지 방법론을 적절히 융합하여, 분석결과를 종합적으로 고찰할 필요가 있다.

본 연구는 군집분석법과 계층평가알고리즘을 이용하여 아시아 주요 컨테이너 항만의 특성을 다각도로 분석하는 것을 목적으로 한다. 특히, 본 연구에서는 위에서 언급한 기존연구의 문제점을 극복하기 위해 객관적 기준에 입각하여 아시아내 주요 항만을 선정하고, 방법론적 측면에서 위에서 언급한 기존 군집분석법의 고유의 문제점을 극복하기 위해 기존의 군집분석법보다 다양하고 탄력적인 해석이 가능한 퍼지 클러스터링 기법(FCM: Fuzzy C-Means)과 AHP법을 이용하여 대상항만의 특성 및 경쟁력을 다각도로 분석하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 특성분석을 위한 중요요소 및 대상항만의 선정

컨테이너항만의 특성을 표현하는 핵심요소의 선정을 위해서는 우선적으로 관련 문헌의 고찰이 필수적이다. 특히, 항만의 구성요소를 다루는 연구들은 대부분 항만의 경쟁력 요소 및 항만 선택기준에 관한 연구와 깊은 유사성이 있다. 이와 관련하여, 본 연구에서는 항만의 특성 및 선택기준과 관련한 Murphy et al.(1992)을 비롯한 다수의 외국 연구문헌(Allen, 1982: French, 1979: Willingale,1981: UNCTAD, 1990)과 국내의 관련문헌 (김학소, 1993: 전일수외 2, 1993: 정태원·곽규석, 2001)들을 고찰하였다.

그러나, 문헌의 고찰결과, 위에서 언급한 선행연구들은 우선, 완결된 연구가 아니고 계속적으로 연구가 진행 중에 있는 연구가 다수 포함되어 있다. 그리고, 연구자의 연구의 시기에 큰 차이가 있고, 항만을 선택하는 대상의 선호도에 따라 구성요소들이 상이하다. 게다가, 기존문헌에서 제시된 다수의 요소들이 내용면에서 상호 유사성을 가지고 있다. 즉, 기존연구로부터 하나의 문헌을 선정하여 그 구성요소를 무조건적으로 사용하는 것은 문제점을 가지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 관련문헌에서 제시한 여러 요소들을 취합하여, 항만물류를 연구하는 전문가들을 대상으로 KJ법을 이용하여 요소를 그룹핑하였다. 그 결과, 항만의 특성과 관련한 요소는 항만이 위치한 지정학적 입지, 항만기반시설, 항만의 종합적인 능력을 상징하는 물동량, 항만비용, 항만서비스로 나눌 수 있었다. 그러나, 항만비용의 경우, 연구의 대상이 되는 아시아내의 항만들은 각기 다른 비용산정 방식을 가지고 있어, 어떤 기준에 입각하여 비교하기가 매우 곤란하며, 게다가 항만에 따라 관행이 틀리므로 항만비용은 현시점에서 객관화된 평가가 가능한 요소로 간주하기 어렵다. 따라서, 항만비용은 본 연구의 중요구성요소에서 제외하였다. 또한, 항만서비스의 경우, 매우 광범위하고 포괄적인 의미를 지닌 요소로, 한마디로 정의하기 어렵다. 게다가 항만 서비스는 정량적 특성 보다 정성적 특성이 강한 요소이며, 여러 가지 다양한 하부요소들이 복잡하게 얽혀있는 구조를 가지고 있다. 따라서, 각 항만의 서비스수준을 분석하기 위한 객관화된 비교 척도의 도입이 곤란하므로, 이 역시 본 연구의 중요 구성요소에서 제외하였다. 이상의 결과, 본 연구에서는 항만의 특성을 대표하는 핵심 요소로 크게 입지, 시설, 물동량을 선정하였다.

한편 위에서 언급한 3가지 요소들 중 물동량을 제외한 요소들은 다양한 속성 혹은 하부요소들을 가지고 있다. 예를 들어, 항만 시설의 경우 하역기기 대수, 보관공간, 항만면적, 접이안시설, 이송/수송 차량, 정보시스템 등 수많은 하부요소들로 구성된다. 따라서, 항만들의 특성을 분석하기 위해서는 선정된 각 요소들의 특성을 면밀히 파악하여, 요소내에서 요소의 속성을 대표할 수 있고 또한 객관적인 비교척도로 이용될 수 있는 대표인자를 추출하는 과정을 거칠 필요가 있다.

이와 관련하여 각 요소의 성격 및 대표속성을 살펴보면, 입지의 경우 그것의 좋고 나쁨을 가늠할 수 있는 대표적이고 객관적인 기준은 그 항만에 정기적으로 기항하는 정기선사 취항수로 파악할 수 있다(여기태, 2002). 항만의 시설은 매우 다양한 하부요소들이 존재하지만, 항만의 기본적인 기능을 보면, 선박의 항해 및 접/이안에 필요한 기반시설과 선박내의 화물을 신속히 처리하기위한 하역/수송시설, 그리고 화물을 보관할 수 있는 보관시설이 기본이 되는 것을 알 수 있다(이철영, 1998). 거기에 운영/관리체계와 정보시스템이 각 시설의 효율과 편리를 위한 수단으로 이용된다. 따라서, 항만의 시설적 측면에 있어서의 기본능력은 선박의 항해 및 접/이안과 관련한 능력, 하역 및 수송능력, 보관능력으로 압축할 수 있다. 그러므로, 선박의 항해 및 접/이안과 관련한 능력은 기본적으로 선

박의 접/이안에 충분한 안벽의 길이를 어느 정도 확보하고 있느냐가 매우 중요하며, 하역과 수송능력은 그것을 처리하기 위한 충분한 하역장비를 보유하는 문제와 직결된다. 마지막으로 보관능력은 보관과 관련된 자동화 기술의 수준 및 정보처리 기술의 수준 등 다수의 요소들이 영향을 미칠 수 있으나, 기본적으로 얼마나 충분한 보관공간(장치장 공간)을 가지고 있느냐가 중요한 관건이 된다. 즉, 이는 항만의 면적과 직결되는 문제이다. 이상의 결과로부터, 본 연구에서는 항만의 특성분석을 위한 요소의 선정을 위해 관련문헌의 고찰, 전문가의 의견수렴을 통한 그룹핑 과정, 선정된 요소의 구체성 및 객관성을 검토하는 3단계 과정을 거쳐 Table 1과 같이 항만의 특성분석을 위한 핵심요소와 대표인자를 선정하였다.

Table 1 Key factors for analysis

핵심요소	항만 입지	항만 시설	물동량
대표속성	정기선사 취항수	안벽길이, 하역장비수, 총면적	취급물동량

한편, 아시아 대상항만의 선정과 관련하여 기존의 관련연구에서는 엄정한 기준이 아닌 단순히 널리 알려져 있거나, 해당 시점에서 중요성이 거론되고 있는 항만들을 대상으로 한 점을 감안하여, 본 연구에서는 항만관련지표를 제공하는 대표적인 문헌으로 널리 통용되고있는 "Containerisation International Yearbook 2002"에 기초하여 2001년 기준 세계 30대 항만 중 아시아에 위치한 16개 컨테이너항만 (Hongkong, Singapore, Busan, Kaosung, Shanghai, Port Klang, Tokyo, Manila, Tanjung Priok, Yokohama, Kobe, Laem Chaabang, Yantian, Qingdao, Keelung, Nagoya)을 대상항만으로 선정하였다.

2.2 FCM법과 AHP법

본 연구에서는 기존연구의 방법론적 문제점을 보완하기위해, FCM법과 AHP법을 사용한다. 우선, 본 연구에서는 대상항만들을 FCM법으로 그룹핑하고, AHP법을 이용해 각 항만들의 경쟁력 순위를 분석하고자 한다. 그리고, 최종적으로, FCM법과 AHP법을 연계하여, FCM법을 통해 그룹핑된 각 항만군집의 중심값을 가지고, AHP법을 이용하여 항만군집의 경쟁력 순위를 파악하고자 한다. 여기서 적용되는 AHP 가중치는 앞서 항만별 경쟁력 순위를 분석하기 위해 도출한 가중치와 동일한 값이 사용된다.

FCM법에 관해 간략히 소개하면 다음과 같다. 어떤 대상 k가 군집 S_i에 속하는지 그렇지 않은지를 표현하는 나타내는 일반적인 군집분석법에 대해서 Bezdek (1981)이 제안한 FCM법은 각 개체가 복수개의 군집에 서로 다른 정도로 속한다는 퍼지 이론의 특성을 포함시킨 클러스터링 방법이다. Bezdek (1981)에 의하면, FCM 알고리즘은 주어진 입출력 공간상의 데이터(x_k)에 대하여 다음 식(1)과 같은 목적함수를 최적화시키는 클러스터 중심 및 소속도 함수 값을 구하는 알고리즘이다.

$$Minimize J(U, v) = \sum_{i=1}^{c} \sum_{k=1}^{n} (u_{ik})^m \ \|x_k - v_i\|^2 \qquad (1)$$

단,

$u_{ik} \in [0,1]$: $1 \le i \le c$, $1 \le k \le n$

$\sum_{i=1}^{c} u_{ik} = 1$: $1 \le k \le n$

$0 < \sum_{k=1}^{n} u_{ik} < n$: $1 \le i \le c$

이 때, 식(1)의 목적함수를 최적화시키기 위한 클러스터 중심(v_i)과 소속도 함수 값(u_{ik})은 다음 식(2) 및 식(3)으로부터 구할 수 있다.

$$v_i = \frac{1}{\sum_{k=1}^{n} (u_{ik})^m} \sum_{k=1}^{n} (u_{ik})^m x_k, \quad 1 \le i \le c \qquad (2)$$

$$u_{ik} = 1 / \sum_{j=1}^{c} (d_{ik}/d_{jk})^{2/(m-1)} \qquad (3)$$

단,

$d_{ik} = d(x_k, v_i) = \|x_k - v_i\|$

$= \sum_{j=1}^{p} (x_{kj} - v_i)^{2\,(1/2)}$

즉, 기존의 일반 군집분석법(하드 클러스터링법)은 집합론적 관점에서 소속도가 0 또는 1의 값을 취하게 되므로, 분명한 경계선을 가지고 개체를 몇 개의 군집으로 분류하지만, 경계부분에 있는 개체가 존재하는 경우 이를 하나의 군집으로 완전하게 분류하는 것이 곤란하게 된다. 그러나, FCM법은 내부적인 상황도 식별할 수 있도록 소속정도를 [0, 1]로 확장하여 각 대상개체들이 한개 이상의 군집에 소속될 수 있게 허용한다. 따라서, FCM법을 통해서 일반 군집분석법에서 파악할 수 없는 군집내 개체들의 소속경향을 알 수 있어, 분석결과를 토대로 여러 가지 다양한 고찰이 가능하게 된다. 한편, FCM법의 알고리즘은 기본적으로 통상의 C-Means법의 U(소속도 함수값)와 v(클러스터의 중심)를 갱신하기 위한 루틴을 추가한 것으로 Bezdek (1981)이 제시한 4단계 과정을 통해 계산되어진다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 방법론을 이용하여, Table 1에서 추출한 속성을 토대로 대상 항만을 그룹핑하여, 각 군집의 특성을 분석한다. 덧붙여, 각 항만의 군집내 소속경향을 파악하여, 복수의 군집에 조금씩 속하여 복합적인 특성을 지닌 항만들의 존재여부와 이를 토대로 항만들의 대략적인 향후 변화가능성 등을 살펴보고자 한다.

한편, 아시아 항만의 특성을 파악하여 경쟁력을 평가하기 위하여, 본 연구에서는 Satty(1997)에 의해 제창된 AHP법을 도입한다. AHP방법은 일반적으로 널리 활용되고 있는 다기준 의사결정기법의 일종이다. 이러한 AHP기법은 종합적 목표를

달성하기 위해 고려해야할 기준들의 상대적 가중치와 각 기준에 있어서 대안들의 상대적 가중치를 결정한 뒤, 이들을 곱한 평점의 합을 비교하여 대안들간의 종합적 우선순위를 평가하는 방법으로(김기석, 2000), 계산의 편리를 위한 여러 종류의 소프트웨어도 개발되어 있다. 따라서, 널리 활용되는 분석기법이므로, 구체적인 해법에 관한 소개는 생략해도 무방할 것으로 사료된다.

3. 아시아 항만의 특성 분석

3.1 대상항만의 현황

Table 2(자료: Containerisation International Yearbook 2002, 순위: 2001년도 취급물동량 기준)로 부터 대상항만 중 취급 물동량의 부분에서 홍콩이 1위이며, 싱가폴이 두 번째로 많은 것을 알 수 있다. 그러나 물동량을 제외한 모든 항목에서 싱가폴항이 홍콩항보다 뛰어나다. 한편, Table 2로부터 취급물동량 측면에서 부산항은 세계 3위의 위치에 있는 것을 알 수 있다. 그러나, 부산항은 물동량에서 4위인 카오슝과 큰 격차를 보이지 않고 있지만, 2위인 싱가폴과는 상당한 차이가 있다. 또한, 취항 선사수를 보면, 싱가폴이 59선사로 가장 많고, 다음이 홍콩이며, 부산항은 9번째이다. 그리고, 국가별로 보면 세계 30위내에 중국과 일본이 각각 4개 항만을 보유하고 있어, 대상 국가 중 가장 많은 항만을 보유하고 있는 것으로 나타났다.

Table 2 Current status of Asian ports

항만	물동량 (TEU)	안벽길이 (m)	정기선 취항수	하역장비수	총면적 (㎡)
Hongkong	18,100,000	5,319	50	285	2,186,700
Singapore	17,040,000	5,265	59	503	3,390,000
Busan	7,540,387	4,547	32	146	2,472,736
Kaosung	7,425,832	5,677	37	86	1,988,000
Shanghai	5,613,000	2,281	18	58	858,000
Port Klang	3,206,753	4,392	27	107	1,246,000
Tokyo	2,899,452	3,764	22	73	933,040
Manila	2,867,836	4,414	41	53	1,790,000
Tanjung Priok	2,476,152	1,410	25	66	635,351
Yokohama	2,317,489	5,100	38	81	1,779,601
Kobe	2,265,992	9,655	33	122	1,536,800
Leam Chaabang	2,195,024	2,350	10	17	184,000
Yantian	2,148,000	2,350	26	56	1,180,000
Qingdao	2,120,000	1,189	23	52	786,000
Keelung	1,954,573	3,192	49	25	339,000
Nagoya	1,911,920	3,755	41	24	1,219,200

3.2 FCM법을 이용한 분석

우선, 퍼지 클러스터링에 의한 최적의 군집 수를 추출하기 위해, 고려해야 할 파라메타인 군집의 수를 2~9개로 나누어 분석을 실시하였다. 지수가중치와 수렴 판정치는 통상적으로 이용되는 값으로 지수가중치를 2로, 수렴 판정치는 0.0001로 설정하였다. 그 결과, Table 3과 같이 16개 항만은 6군집으로 분류되었다. 각 군집의 특성은 Table 4와 같다. FCM법에 의해서 군집화된 항만의 경향을 살펴보면 소속도가 0.7이상으로 하나의 군집에 높은 소속도를 가진 항만은 싱가폴, 부산, 카오슝, 도쿄, 마닐라, Tanjung Priok, 요코하마, 고베, Qingdao, 나고야이고, 소속도가 0.5이하로 하나의 군집에 속한다고 간주하기 어려운 항만은 홍콩, 상하이, Port Klang, Keelung, Leam Chaabang, Yantian이다. 결과적으로 아시아 16개 항만 중 현시점에서 본 연구에서 고려한 요소로서 분류가 가능한 항만은 10개항에 불과한 것을 알 수 있다.

Table 3 Results of analysis : FCM

항만 \ 군집	A	B	C	D	E	F
Hongkong	0.206	0.089	0.102	0.069	0.084	0.451
Singapore	0.010	0.006	0.006	0.004	0.005	0.970
Busan	0.868	0.023	0.048	0.019	0.031	0.011
Kaosung	0.740	0.050	0.117	0.029	0.052	0.012
Shanghai	0.052	0.026	0.071	0.440	0.402	0.009
Port Klang	0.080	0.044	0.192	0.107	0.568	0.008
Tokyo	0.006	0.004	0.013	0.032	0.943	0.001
Manila	0.037	0.014	0.901	0.016	0.029	0.003
Tanjung Priok	0.005	0.003	0.011	0.936	0.044	0.001
Yokohama	0.089	0.046	0.752	0.035	0.071	0.007
Kobe	0.001	0.997	0.001	0.000	0.001	0.000
Leam Chaabang	0.054	0.045	0.086	0.500	0.301	0.014
Yantian	0.036	0.018	0.095	0.368	0.478	0.005
Qingdao	0.007	0.004	0.013	0.925	0.050	0.001
Keelung	0.101	0.083	0.320	0.232	0.238	0.025
Nagoya	0.053	0.033	0.698	0.080	0.130	0.007

Table 4 Centers of 6 Clusters

	물동량 (TEU)	안벽길이 (m)	정기선 취항수	하역장비수	총면적 (㎡)
A	7,691,070	4,999	35	124	2,233,447
B	2,405,532	9,516	33	122	1,531,654
C	2,563,255	4,376	40	55	1,562,567
D	2,578,695	1,627	23	54	693,425
E	3,095,719	3,480	24	72	969,717
F	17,212,268	5,273	57	464	3,173,441

즉, 아시아 16개 항만 중 10개 항은 독자적인 위상을 가지고 분류가 가능하나, 나머지 6개항은 명확히 하나의 군집에 소속되기에는 애매한 위치에 있는 항만인 것을 알 수 있다. 바꾸어 말하면 앞으로 많은 변화의 가능성을 가진 항만이 6개 정도 존재한다는 것을 의미하기도 한다. 예를 들어, 상하이항과 같은 경우, 항만 자체 처리능력에 비해 물동량이 매우 많고, 향후 대규모 개발계획을 가지고 있어, 위와 같은 분석 결과는 현실을 잘 반영하고 있다고 말할 수 있다. 각 군집의 소

속항만과 하나의 군집에 소속되기 어려운 항만들을 정리하면 다음 Table 5와 같다.

Table 5 Ports within 6 clusters and the rest ports

군집	소속항만
A	부산, 카오슝
B	고베
C	마날라, 요코하마, 나고야
D	Tanjung Priok, Qingdao
E	동경
F	싱가폴
소속되지 않은 항만	홍콩, 상하이, Port Klang,, Keelung Leam Chaabang, Yantian

3.3 AHP법을 이용한 아시아 항만의 평가

AHP법을 이용하여 항만을 평가하기 위해서는 구성요소의 가중치를 구해야 된다. AHP법에서의 가중치는 구성요소별 쌍별비교(Pairwise Comparison)에 의해 구해진다. 하지만, 구성요소를 비교하여 가중치를 부여하는 것은 항만 및 해운에 관한 지식이 부족한 일반인을 대상으로 실시하기에는 적절하지 못하므로, 관련분야에 전문적 지식을 보유한 전문가 집단에 의해 수행되는 것이 바람직하다.

Table 6 Pairwise comparison and consistency ratio

가중치 / 비교척도	취급물동량	안벽길이	정기선사취항수	하역장비수	총면적	Priority Vector
취급물동량	1	3.258	1.958	3.273	3.159	0.387
안벽길이	0.307	1	0.299	1.268	0.924	0.108
정기선사취항수	0.511	3.344	1	3.073	3.242	0.297
하역장비수	0.306	0.789	0.325	1	0.891	0.098
총면적	0.317	1.082	0.308	1.122	1	0.109
Lamda = 5.064, C.I.=0.064 , C.R. = 0.014						

따라서, 본 연구에서는 항만 및 해운과 관련된 연구소 연구원, 교수, 항만관련 실무자, 대학원 박사과정 학생들을 중심으로 총 25명의 설문 대상자를 구성하였다. 설문은 2002년 12월 2일에서 12월 20일 사이에 배포되었으며, 18명의 설문이 회수되었다. 비교 결과치는 1부터 가장 크게 영향을 미치는 9까지의 숫자로 표현된 9점 척도를 사용하였으며, 그 결과를 산술평균하여 Table 6과 같은 결과를 획득하였다. 계산결과, 설문에 응답한 전문가들은 취급물동량(0.387)을 1순위, 정기선사취항수(0.297) 2순위, 총면적(0.109) 3순위, 안벽길이(0.108) 4순위, 하역장비수(0.098) 5순위로 중요하게 생각하고 있다는 것을 알 수 있었다. 설문의 일관성 비율인 C.R. 값은 0.014로서 임계치인 0.1보다 작에 나타남으로서 설문의 결과가 유효하고 일관성 있는 답변임을 확인하였다. 분석결과를 정리하면, Table 7과 같다. 싱가폴항만(0.174)이 가장 우수하며, Leam Chaabang항만(0.022)이 16위로 대상항만 중에 가장 경쟁력이 낮은 것으로 분석되었다.

Table 7 Results of analysis : AHP

요소 / 항만	물동량 (0.387)	안벽길이 (0.108)	정기선사취항수 (0.297)	하역장비수 (0.098)	총면적 (0.109)	평가순위	
Hongkong	0.220	0.087	0.092	0.197	0.107	0.153	2
Singapore	0.208	0.086	0.109	0.347	0.166	0.174	1
Busan	0.092	0.074	0.059	0.101	0.121	0.084	3
Kaosung	0.090	0.093	0.068	0.059	0.097	0.082	4
Shanghai	0.068	0.037	0.033	0.040	0.042	0.049	9
Port Klang	0.039	0.072	0.050	0.074	0.061	0.052	8
Tokyo	0.035	0.061	0.041	0.050	0.046	0.042	12
Manila	0.035	0.072	0.076	0.037	0.088	0.057	6
Tanjung Priok	0.030	0.023	0.046	0.046	0.031	0.036	14
Yokohama	0.028	0.083	0.070	0.056	0.087	0.056	7
Kobe	0.028	0.157	0.061	0.084	0.075	0.062	5
Leam Chaabang	0.027	0.038	0.018	0.012	0.009	0.022	16
Yantian	0.026	0.046	0.049	0.043	0.059	0.040	13
Qingdao	0.026	0.019	0.043	0.036	0.035	0.032	15
Keelung	0.024	0.052	0.091	0.017	0.017	0.045	11
Nagoya	0.023	0.061	0.076	0.017	0.060	0.046	10

3.4 AHP법을 이용한 항만군집의 평가

FCM법으로 구한 항만군집에 대해 AHP법을 이용하여 항만군집의 경쟁력을 평가한다. 이를 위해서, Table 4에서 구한 각 군집의 중심값을 이용하여 여기에, 앞서 구한 Table 6의 AHP 가중치를 적용시키면 AHP법으로 항만군집의 순위를 도출할 수 있다. 분석결과는 Table 8과 같다.

Table 8 Results of analysis : ranking of 6 clusters by AHP

요소 / 군집	물동량 (0.387)	안벽길이 (0.108)	정기선사취항수 (0.297)	하역장비수 (0.098)	총면적 (0.109)	평가순위	
A	0.216	0.190	0.146	0.149	0.199	0.184	2
B	0.068	0.362	0.140	0.147	0.136	0.136	3
C	0.072	0.167	0.170	0.066	0.139	0.118	4
D	0.073	0.062	0.097	0.065	0.062	0.077	6
E	0.087	0.132	0.100	0.086	0.086	0.096	5
F	0.484	0.201	0.243	0.557	0.283	0.367	1

Table 8로부터, 아시아 항만은 싱가폴이 속한 F군집이 가장 경쟁력이 높고, 부산항과 카오슝항이 속한 A군집이 2위, 고베항이 속한 B군집이 3위, 요코하마항 등이 속한 C군집이 4위, 동경항이 속한 E군집이 5위, Qingdao항 등이 속한 D군집이 6위인 것을 알 수 있다.

4. 아시아 항만의 종합적 고찰

4.1 아시아 항만의 전체적인 판도와 경쟁력

3장에서 분석한 Table 8의 항만군집의 순위와 Table 7의 아시아 항만의 순위를 종합적으로 비교해 보면 다음과 같다. 우선, A군집에 속한 부산항, 카오슝의 경우 각각 3위와 4위의 위치에 있다. 그러나, 1위인 싱가폴과는 상당한 차이를 보이고 있고, 물동량을 제외하고는 B군집과 큰 차이를 보이고 있지 않다. B군집(고베)의 경우, 선박의 접이안과 관련한 안벽길이는 대상 항만들 중 가장 길다. 그러나, B군집의 경우, 취급 물동량이 2위인 부산, 카오슝이 속한 군집에 비해 상당히 적은 편이다. C군집(마닐라, 요코하마, 나고야)의 경우, 물동량을 제외한 대부분의 항목에서 A군집(부산, 카오슝), B군집(고베), F군집(싱가폴)에 비해 뒤쳐져 있다. 그러나, 시설적 측면에서의 능력은 B군집의 고베에 비해 매우 낮지만, 물동량 면에서는 B군집(고베)보다 많은 편이다. 특히, C군집의 경우, 정기선사 취항수는 기타 다른 군집에 비해 2번째로 많다. D군집(Tanjung Priok, Qingdao)은 물동량의 측면에서 다른 군집들 중 4번째이나, 그 외의 항목은 가장 낮은 것으로 나타나고 있다. 실제로 여기에 속한 Tanjung Priok와 Qingdao항은 14위, 15위로 대상 항만중에서 경쟁력이 매우 낮은 것으로 분석되었다. E군집(동경)의 경우, 물동량과 하역장비면에서 C군집에 비해 높은 편이지만, 안벽길이와 정기선사 취항수 측면은 상당히 취약한 편이다. 특히, 항만의 입지의 대표속성인 정기선사 취항수는 대상 군집중에서 매우 낮은 편에 속한다. 이 결과, E군집에 속한 동경은 16개 항만 중 12위로 경쟁력이 낮은 것으로 나타나게 되었다. 마지막으로, F군집(싱가폴)은 안벽길이를 제외한 모든 항목에서 다른 군집보다 우위에 있으며, 그 격차도 매우 큰 편이다.

이를 토대로, 대상항만의 전체적인 판도를 살펴보면 크게 아시아 주요항만은 4가지 양상으로 나타난다. 우선, F군집(싱가폴)이 아시아 주요항만 중에 가장 경쟁력이 있는 항만 군이며, 다음으로 A군집(부산, 카오슝)이 경쟁력이 높은 항만 군을 형성하고 있는 것으로 파악된다. 그러나, F군집과는 많은 측면에서 현격한 격차를 보이고 있다. 다음으로, 시설적인 측면에서 강세를 보이고 있으나, 물동량의 측면에서 크게 처지는 항만 군으로 B군집(고베)을 들 수 있다. 끝으로, 몇몇 두드러진 경쟁력 요소를 포함하고는 있으나, 대부분의 항목에서 위에서 언급한 항만 군에 비해 경쟁력이 떨어지는 것으로 보이는 항만 군은 C군집(마닐라, 요코하마, 나고야), D군집(Tanjung Priok, Qingdao), E군집(동경),이며, 이 군집을 AHP법의 평가결과를 토대로 보면, 대략 3 군집중 C군집(마닐라, 요코하마, 나고야)이 가장 경쟁력이 높으며, 다음으로 E군집(동경), D군집(Tanjung Priok, Qingdao)으로 파악된다.

한편 FCM법에 의한 분석결과, 어느 군집에도 소속된다고 볼 수 없어, 현시점에서 독자적인 위상을 가지고 있지 않고 향후 많은 변화가 일어날 가능성이 있는 항만들이 다수 존재하는 것으로 나타났다. 특히, 홍콩항의 경우 현시점에서 어디에도 소속되어 있다고 간주할 수 없는 상황이나, F군집에 소속도가 가장 높고, 또한 평가순위도 2위에 있는 점을 미루어 볼 때, A군집내의 항만보다 경쟁력이 뛰어나다. 따라서, 홍콩항은 향후 F군집의 싱가폴과 함께 아시아내 가장 높은 경쟁력을 지닌 항만 군을 형성할 가능성을 지니고 있는 것으로 사료된다. 다음으로, Port Klang과 상하이항은 현시점에서 독자적인 위상이 없는 항만으로 분류되었으나, AHP법에 의한 평가결과 각각 8위, 9위의 위치에 있다. 이 항만들은 E군집에 소속도가 비교적 높아 E군집의 특성을 일부 가지고 있으나, E군집의 동경항에 비해, 대부분의 항목에서 뛰어난 편이다. 특히, 상하이항은 대규모 확장공사를 추진하고 있으므로 가까운 장래에 아시아 항만의 판도변화의 주역이 될 가능성이 높을 것으로 사료된다.

5. 결 론

이상의 분석결과를 토대로, 부산항은 3위의 위치에 있으며, 카오슝항과 더불어 아시아내에서 두 번째로 높은 경쟁력을 보유한 항만군을 형성하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나, 아시아의 선두에 있는 항만은 싱가폴항이며, 홍콩항도 싱가폴항과 비슷한 수준의 대열에 있는 것으로 파악된다. 특히, 부산항의 경우 싱가폴의 물동량 면에서 44.3%, 정기 취항선사수 54.2%, 하역장비수 29.0%, 총 면적 72.9%, 안벽길이 86.4%로 많은 부분에서 상당히 뒤떨어진 것을 알 수 있다. 홍콩의 경우도 총 면적을 제외한 모든 항목에서 부산항에 비해 경쟁력이 높다. 게다가 항만면적의 경우도 홍콩의 경우 단적수를 높이는 방식으로 토지 이용률을 높이고 있으므로, 이 역시 낙관적인 수치인 것만은 아니다.

한편, 취급 물동량은 항만의 경쟁력에 기인한 결과적인 산물이므로, 기타 나머지 요소들과 다른 성격을 가지고 있다고 볼 수 있으나, 나머지 요소들은 항만의 입지 및 시설과 관련이 깊다. 따라서, 부산항이 이와 같은 항만들과 비슷한 수준의 항만군에 형성되기 위해서는 시설적 확충이 필수적이다. 그러나 시설의 확충은 막대한 비용과 시간이 필요하다. 특히, 현재 부산 신항만 건설에 거는 기대가 높으나, 싱가폴을 비롯한 주변 경쟁항만들도 이에 맞추어 상당한 규모의 개발을 추진하고 있고, 게다가 항만의 기반시설 확충은 단시간에 끝나는 성격의 것이 아니므로 부산항의 청사진은 결코 밝다고 볼 수 없다. 부산항이 속한 동북아의 일본 및 중국항만들이 대규모의 개발계획을 추진하고 있어, 부산항의 위상과 더불어 아시아 항만의 판도가 본 연구의 분석결과와 같은 양상으로 향후 10년간 지속된다고 단언하기 힘들다.

따라서, 현시점에서 부산항은 허브항이 되기 위한 측면의 전략과 현재의 위상을 유지하기 위한 측면의 전략을 동시에 구상하여야 할 것으로 사료된다. 즉, 장기적 관점에서 체계적인 발전계획을 지속적으로 추진하면서 상하이항 그리고 카오슝항의 개발계획과 전략에 주목하고 대처해 나가야 할 것으로

사료된다. 항만은 하나의 대규모 교통시설이므로, 지리적 입지와 시설적 측면의 효율이 항만의 전체적인 경쟁력에 매우 큰 비중을 차지하고 있다. 그러한 이유로, 항만의 전반적인 경쟁력을 다루는 거의 모든 연구에서 물동량과 항만 기반시설은 중요한 요소로 다루어지고 있는 것이 사실이다. 그러나, 본 연구에서 고려한 요소들이 항만의 특성을 나타내는 핵심적 요소임에는 틀림없으나, 포괄적 차원에서 항만의 특성 및 경쟁력을 다루기 위해서는 보다 다양한 요소의 추가가 필요하다. 따라서, 본 연구에서 제외했던 항만 서비스와 같은 정성적 요소 및 항만비용, 그리고 그 외의 간접적인 경쟁요소를 포함한 항만의 특성 및 경쟁력 분석이 추후과제로 남아있다.

참 고 문 헌

[1] 금종수 · 윤명오 · 양원재(2000), "FCM법에 의한 항만의 분류 및 그 특성 분석에 관한 연구", 한국항만학회지, 제14권, 제2호, pp.143~154.

[2] 김기석(2000), "엑셀활용 경영과학", 학현사

[3] 김학소(1993), "우리나라 수출입화주의 항만선택 결정요인에 관한 연구", 해운산업연구원.

[4] 노홍승 · 여기태 · 이철영 · 최재수(1996), "항만물류서비스의 평가에 관하여". 한국항만학회지, 제10권, 제2호, pp.17~30.

[5] 문성혁 · 이준구(1999), "주성분분석 및 군집분석을 이용한 컨테이너 항만의 분류". 한국항만학회지, 제13권, 제1호, pp.61~73.

[6] 전일수 · 김학소 · 김범중(1993), "우리나라 컨테이너 항만의 국제경쟁력 제고방안에 관한 연구". 해운산업연구원 정책자료 090.

[7] 정태원 · 곽규석(2001), "동종항만군 분류를 통한 컨테이너 항만의 운영효율화 방안에 관한 연구". 대한교통학회지, 제19권, 제1호, pp.7~16.

[8] 양창호(1997), "항만시설과 처리물동량을 비교한 유사 항만군 식별에 관한 연구". 교통정책연구 제4권, 제2호, pp.61~73.

[9] 여기태(2002), "중국 컨테이너 항만의 경쟁력 평가에 관한 연구". 한국해운학회지 제34호. pp.39~60.

[10] 여기태 · 이철영(1996), "퍼지적분을 도입한 계층구조의평가알고리즘". 해양안전학회지, 제2권 제1호.

[11] 이철영(1997), 항만물류시스템 , 효성출판사

[12] 이석태 · 이철영(1993), "극동아시아 컨테이너항만의 능력평가에 관한 연구". 한국항만학회지, 제7권, 제1호, pp.13~24.

[13] Allen W.B(1982), "Port Choice Model", Logistic & Transportation Review.

[14] Bezdek J.C(1981), "Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms", (New York : Plenum Press)

[15] French R.A.(1979), "Competition among Selected Eastern Canadian Ports for Foreign Cargo". Maritime Policy and Management.

[16] Murphy P.R., Daley J.M., Dalenberg D.R(1992), "Port Selection Criteria: An Application of Transportation Research Framework". Logistics & Transportation Review 28(3) : pp.237~254

[17] Saaty. T. L(1997), The Analytic Hierarchy Process (Mcgraw-Hill Book Co.)

[18] Tongzon and Jose L (1995), "Systematizing International Benchmarking for Ports". Maritime Policy and Management 22(2) : pp.171~177.

[19] Willingale M.C.(1981), "The Port Routing Behavior of Short Sea Ship Operator Theory and Practices" . Maritime Policy and Management.

원고접수일 : 2003년 3월 27일
원고채택일 : 2003년 6월 9일