

## 주성분분석 및 군집분석을 이용한 컨테이너항만의 분류

문 성 혁\* · 이 준 구\*\*

### Classification of International Container Ports by Using Principal Component Analysis and Cluster Analysis

*S. H. Moon · J. G. Lee*

**Key Words** : 컨테이너항만(container ports), 주성분분석(principal component analysis), 군집분석(cluster analysis), 중심성(centrality), 중계성(intermediacy), 지역항만(regional port), 지역중심항만(regional hub port), 지역거대항만(regional mega port), 거대중심항만(mega hub port), 초거대중심항만(super mega hub port)

#### Abstract

The subject of port efficiency is one of the important issues facing port authorities and policy makers today. A number of studies have been undertaken which compare ports in terms of their efficiency. But any port comparison can only be valid and meaningful if a port's efficiency is compared with a similar port.

The main objective of this paper is to introduce a systematic approach to identifying similar ports based on the technique of principal component analysis and cluster analysis. And it seeks to identify the most important factors underlying the port classification. Lack of awareness of which factors differentiate ports has resulted in an unnecessary collection of data which are of limited use in port classification.

This paper has identified five groupings of similar ports within which port comparison can be justifiably made. This approach can be used for any future port comparison.

\* 정회원, 한국해양대학교 해사대학 해사수송과학부 교수

\*\* 정회원, 인천해사고등학교 교사

## 1. 서론

운송혁명의 기폭제가 된 해운의 급속한 컨테이너화로 인해 전세계의 우수한 항만들은 급변하는 해운환경에 적응하면서 경쟁력을 제고하기 위해, 운영 및 관리 면에서 효율성을 극대화하기 위한 많은 노력을 기울여왔다. 이와 관련한 대부분 연구의 공통점은 항만운영의 효율성을 알아보기 위한 변수로서 접안시간, 하역장비생산성, 노동생산성, 컨테이너의 장치시간, 항만요율 등의 정량적인 지표화가 가능한 요소를 이용하여 왔다는 사실이다.

그러나 항만간의 유사성이 없는 상황 아래에서는 이와 같이 일방적인 정량적 지수들만을 가지고 비교·분석하는 것이 의미가 없을 수도 있다.<sup>1)</sup> 즉 연간처리물동량, 항만기반시설, 항만운영방법 등의 관점에서 서로 비슷한 동종항만을 대상으로 그 운영의 효율성을 비교하는 것이 바람직하다는 것이다. 왜냐하면 때때로 항만운영의 효율성을 분석하는 데에 있어서 중심항만과 지선항만을 구별함이 없이 연구자에 따라 매우 주관적인 방법에 의해 항만들이 선택되어 분석이 이루어져 왔기 때문이다. 예를 들어, 물동량도 미미하고 중계성도 떨어지는 어느 군소항만과 싱가포르항 또는 홍콩항을 함께 비교한다는 것은 그 자체가 분석의 모순이라는 것이다. 이는 항만분석 결과가 의미를 갖기 위해서는 비슷한 항만들끼리 비교되어야 하지만, 서로 다른 여러 가지 조건과 특성을 지니고 있는 항만들을 물동량이나 환적량 등 한두 가지 지표를 이용한 기존의 단순한 분류방법을 이용하여 동종항만을 찾기에에는 문제점이 있다는 것을 의미한다.

이와 관련하여 Tongzon(1995)<sup>2)</sup>은 컨테이너항만의 분류를 위한 벤치마킹적인 시도로서 항만의 겐트리 크레인수 등 6가지 변수를 이용한 주성분분석법을 행하여 항만의 분류를 시도하였으며, 양(1997)<sup>3)</sup>은 이를 바탕으로 분석자료인 변수 갯수를 보다 세분화하여 주성분분석법 및 군집분석을 행하여 동종항만의 분류를 시도하였다. 그러나 Tongzon은 분석시 주성분만을 비교한 후 군집분

석을 행하지 않아 방법론적인 면에서 동종항만의 분류에 약간의 여운을 남겼으며, 양(1997)은 이러한 면을 보완하기는 하였으나 비슷한 성격의 변수를 너무 세분화함으로써 결과를 해석하는 데에 중복되는 면이 있었다.

이에 이 논문에서는, 기본적으로 변수의 분류법은 Tongzon과 같은 방법을 택하여 단순화한 후, 항만의 여러 가지 특성과 조건들을 한두 가지 변수로 나타낼 수 있는 주성분분석법에 의해 주성분을 구하고, 다시 이를 변수로 하여 군집분석을 행하여 항만을 분류함으로써 비교 가능한 동종항만을 밝히고자 한다. 또한 이러한 분류법에 의한 항만군을 일반적인 항만분류에 의한 항만군과 연관 지워 비교해 봄과 동시에 이에 따른 부산향의 위상을 확인하고자 한다.

## 2. 단순한 항만분류

전통적으로 항만은 당해 항만을 이용하는 독점적인 배후지역(captive hinterland)을 끼고 발전해 왔는데, 이러한 경우 항만은 그 배후지역으로부터 출발하거나 배후지역에 도착하는 화물량에 의해 항만의 처리능력 및 규모가 결정되었다고 할 수 있다. 이와 같이 항만과 독점적 배후지역과의 관계를 항만의 중심성(centrality)이라고 하는데, 이는 거대한 배후지역을 갖는 항만일수록 항만의 규모가 커진다는 것을 의미한다.

그러나 지리적으로 인접한 배후지에 대해 독점적인 우위를 누렸던 항만들이 오늘날에는 컨테이너혁명으로부터 기인한 복합일관운송체제(inter-modalism)의 확립과 제3세대항만(the third generation port) 개념의 도입으로 인해 항만의 독점적인 지위가 점차 약해지고 있는 추세이다. 즉 항만의 독점적인 배후권 확보에 있어서 항만의 인접성과 같은 지리적인 특성은 더 이상 항만선택의 유일한 요소가 아니며, 비용이나 서비스 등과 같은 항만이용자의 입장에서 볼 때의 요소가 점점 더

중요시되고 있다.

특히 해상운송의 형태가 거점항만(pivot port) 사이만을 서비스하고 나머지 항만은 피더망을 구축하여 서비스하는 이른바 중심항-지선항 체제(hub-and-spoke service system) 형태를 취하게 됨에 따라 항만의 형태도 크게 컨테이너 모선이 기항하는 중심항만(hub port)과 피더서비스를 받는 지선항만(feeder port)으로 대별되어 항만의 '부익부 빈익빈' 현상이 일어나게 되었다.<sup>4)</sup>

이러한 경우, 중심항만이 되면 자체의 배후지역 화물(local cargo)뿐만 아니라 다른 지역으로 향하는 화물(transshipment cargo)을 해상운송을 통해 환적하거나 육상으로 연계운송하기도 한다. 이때 항만은 자체의 배후지역뿐만 아니라 인근의 다른 지역으로까지 배후관계를 확장할 수 있는데, 이를 항만의 중계성(intermediacy)이라는 개념으로 설명할 수 있다. 이와 같이, 어느 항만을 통과하거나 그 항만에서 환적되는 화물은 다른 항만을 통해서도 처리될 수 있기 때문에 기존의 항만이 배후지역에 대해 누려왔던 독점적인 지위도 잃을 수 있다는 것을 의미한다.

이상의 내용은 Fleming과 Hayuth<sup>5)</sup>가 주장하는 바로서, 오늘날 항만의 발전과 그 위상은 당해 항만 배후지역의 물동량을 바탕으로 한 중심성과 당해 항만을 통과하거나 환적될 수 있는 인근의 다른 지역의 화물을 처리하기 위한 중계성에 의해서 결정된다는 것이다.

이와 같은 논리에 입각하여 항만의 화물처리량 규모에 따라 중소형항만과 거대항만으로 나누는데, 화물처리실적이 일정규모(예를 들어 연간 200만TEU)를 초과하는 항만을 거대항만으로 간주하고 있다. 또한 환적 및 통과화물의 처리 정도에 따라 지역항만과 중심항만으로 구분할 수 있는데, 전체 처리물동량 중 환적화물이 차지하는 상대적 비율, 즉 환적비율이 일정수준(예를 들면, 35%)을 넘어서는 항만을 중심항만으로 분류할 수 있다.<sup>6)</sup>

일반적으로 항만의 위상은 다음과 같이 몇 가지 유형으로 나눌 수 있다.<sup>7)</sup>

### 1) 지역항만(regional port)

항만발전의 초기단계 항만으로서 그 기능이 주로 당해 항만 인근의 배후지역 화물만을 처리하는 범위에서 크게 벗어나지 못하는 좁은 개념이다. 따라서 항만의 규모나 시설도 별로 크지 않은 항만을 말한다. 이와 같은 항만은 배후지역의 물동량이 많지 않기 때문에 중심성이 약할 뿐만 아니라 다른 배후지역과의 연계성도 떨어져 통과 및 환적화물도 적기 때문에 중계성도 취약한 편이다.

### 2) 지역중심항만(regional hub port)

당해 항만을 이용하는 고정적인 배후지역이 넓지 않을 경우에는 항만으로서의 중심성이 약함으로 인해 처리물동량이 크게 증가되기 어렵다. 그러나 항만의 지리적인 입지조건이 좋아서 기간항로(trunk route) 상에 놓이게 될 때, 인근의 다른 지역으로의 연계운송력 즉 중계성이 뛰어난 경우에는 통과화물 또는 환적화물을 취급할 수 있기 때문에 이러한 항만의 경우 항만의 규모에 비해 환적화물의 취급 비중이 커지게 되는 데, 이를 지역중심항만이라고 할 수 있다.

콜롬보항의 경우, 그 규모는 작지만 환적물동량의 비율이 70% 이상을 차지하고 있어 대표적인 지역중심항만이라고 할 수 있다.

### 3) 지역거대항만(regional mega port)

거대한 소비지나 생산지를 배후에 둔 항만으로서 화물처리량 면에서는 크게 성장하였으나 기능 면에서는 여전히 인근의 가까운 배후지역만을 주고객으로 하는 항만을 지역거대항만이라고 한다. 이러한 항만의 경우, 배후권의 막대한 화물처리수요를 바탕으로 하여 항만의 중심성은 매우 강하지만, 인근 국가의 화물까지도 환적할 수 있을만큼 항만시설이 충분하지 못하거나 또는 입지적인 조건 면에서 항만으로서의 중계성이 부족하여 환적화물의 비율이 낮은 편이다. 우리 나라의 부산항이 대표적인 경우라고 할 수 있다.

Table 2.1 Classification of Containerports by Characteristics

항만의 유형	중심성	중계성	배후지 물동량	환적비율	기간항로 기항지	비고
지역항만 (지선항)	약함	약함	적음	낮음	제외	대부분의 중소규모의 항만
지역중심항만 (환적위주항)	약함	강함	적음	높음	포함	말타, 콜롬보 등
지역거대항만 (직기항항)	강함	약함	많음	낮음	포함	부산, 고베 등
거대중심항만 (물류거점항)	상당히 강함	상당히 강함	많음	상당히 높음	포함	카오슝, 로테르담 등
초거대중심항만 (초대형 물류거점항)	아주 강함	아주 강함	많음	아주 높음	포함	싱가포르, 홍콩 등

자료: 임정관, 동북아시아 Hub-Port 경쟁여건에 관한 연구-부산·광양/고베/상해항을 중심으로, 서강대학교 대학원 석사 학위논문, 1995; 하동우, 동북아 주요 컨테이너항만간 경쟁여건 분석, 해운산업연구원, 정책자료 136; Douglas K. Fleming and Yehuda Hayuth, "Spatial characteristics of transportation hubs: centrality and intermediacy", Journal of Transport Geography, Vol.2, No.1, 1994; UNCTAD, Development and Improvement of Ports: The establishment of transshipment facilities in developing countries, 1990.

#### 4) 거대중심항만(mega hub port)

당해 항만을 이용하는 배후권이 넓은 뿐만 아니라 뛰어난 지리적인 입지조건을 바탕으로 하여 자국의 수출입화물뿐만 아니라 인근의 여러 지역 및 국가로 향하는 환적화물을 중계할 수 있는 항만을 말한다. 이러한 항만의 경우, 대부분 충분한 항만 시설을 갖추어 다양한 물류서비스를 제공하기 때문에 컨테이너모선이 기항을 선호하는 항만이기도 하다.

이러한 거대중심항만은 항만 전체의 처리물동량 면에서 환적화물의 비중이 자국의 수출입화물 비중 못지 않게 큰 것이 특징인데, 홍콩, 싱가포르, 카오슝, 로테르담 등을 예로 들 수 있다.

#### 5) 초거대중심항만(super mega hub port)

거대중심항만 중에서도 연간 컨테이너화물의 처리실적이 1,000만 TEU가 넘는 항만을 말하며, 홍콩이나 싱가포르 등이 여기에 해당한다. 이와 같은 초거대중심항만의 특징은 연간 총처리물동량 중에서 환적화물이 차지하는 비중이 수출입화물보다 훨씬 더 크다는 점이다. 싱가포르항의 경우, 컨테

이너 총물동량에 대해 환적비율이 최근 5년간 약 70% 전후 수준으로서 국내의 수출입물동량보다 훨씬 높음을 알 수 있다.<sup>8)</sup>

또한 컨테이너해운과 관련하여 항만의 유형을 나눌 때, 기간항로(trunk route), 모선의 기항여부, 환적물동량의 비율 등을 기준으로 하여 기간항로에서 모선(mother vessel)이 기항하는 항만인 중심항만(hub port)과 기간항로의 기항지에서 제외되어 자선(feeder vessel)에 의해 연계운송서비스를 받는 지선항만(feeder port)으로 분류한다. 그리고 중심항만은 다시 환적위주항(dedicated hub port), 직기항항(direct-call port), 물류거점항(hub and load-centre port)으로 분류하기도 한다.<sup>9)</sup>

이를 앞서 살펴본 항만의 중심성과 중계성 면에서 다시 보면, 지역항만은 기간항로를 취항하는 정기선사들의 기항지 선택에서 제외되어 자선에 의해 서비스되는 반면, 지역중심항만, 지역거대항만, 거대중심항만 및 초거대중심항만은 모두 기간항로의 기항지에 포함된다.

지역중심항만은 서비스할 배후권의 물동량은 미

Table 2.2 Throughputs and Transshipments of Major Containerports(1996)

	부산	고베	홍콩	싱가포르	안트워프	요코하마	콜롬보	펠릭스토우	함부르크	카오슝	로테르담	포트켈랑	말타
총물동량 (1000 TEU)	4,725	2,229	13,460	12,944	2,654	3,912	1,356	2,042	3,054	5,063	4,936	1,410	600
환적비율 (%)	20	24	30	70	10	15*	70*	25*	50*	45	63	5	95

주: \*, 1995년 자료임 자료: 각 항만 website, Containerisation International 각호, Containerisation International Yearbook, 각 항만에 대한 E-mail을 통한 설문조사.

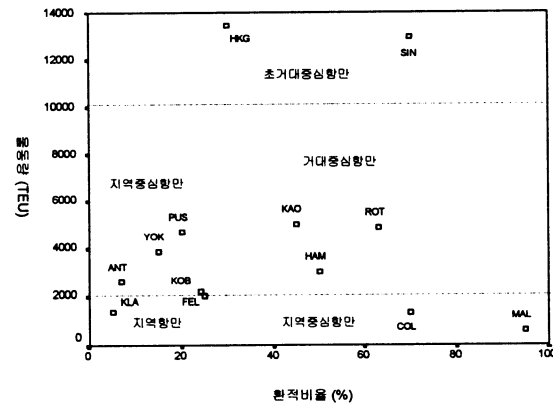
미하지만 뛰어난 중계성으로 인해 정기선사들의 기간항로 기항지에 포함되어 주로 환적화물을 취급하는 항만으로서 콜롬보항과 지중해의 말타항 등을 예로 들 수 있다. 반면에 지역거대항만의 경우, 환적화물은 미미하지만 자체 배후지역의 물동량이 많기 때문에 기간항로의 기항지에 대부분 포함되고 있다. 한편 거대중심항만 및 초거대중심항만은 항만으로서의 중심성과 중계성이 모두 뛰어나기 때문에 배후지역의 물동량도 많을 뿐만 아니라 환적비율도 좋아서 거의 모든 기간항로 취항선사들이 기항한다.

Table 2.2는 주요 컨테이너처리항만의 연간 물동량과 환적비율을 보이고 있는데, 총물동량은 중심성을 나타내며, 환적비율은 중계성을 뜻한다고 할 수 있다. 연간 총처리물동량 면에서는 싱가포르 및 홍콩이 1,000만TEU를 넘는 초거대중심항만으로서 특히 싱가포르항의 경우 환적비율도 70%에 이르러 중계성도 뛰어난을 알 수 있다. 반면에 말타항이나 콜롬보항의 경우, 연간 처리물동량은 다른 항만에 비해 미미하지만 대부분의 물동량이 환적화물이므로 중계성이 뛰어난 환적위주의 지역중심항만을 알 수 있다.

또한, 카오슝, 함부르크, 로테르담 등은 연간처리물동량이 300만TEU를 넘는 대형항만인 동시에 환적화물이 차지하는 비중도 40% 이상이어서 항만의 중심성 및 중계성이 모두 뛰어난 거대중심항만이라고 할 수 있다. 한편, 안트워프, 요코하마, 펠릭스토우, 고베, 부산 등은 인근의 넓은 배후권을 바

탕으로 수출입물동량이 많은 항만으로서 중심성은 뛰어나지만, 환적화물은 그다지 많지 않은 지역거대항만이라고 할 수 있다. 이상을 요약하여 Fig. 2.1 에 보인다.

지금까지는 주요 컨테이너항만을 분류하는 데 있어서 각 항만의 연간처리물동량과 환적비율만을 고려하여 살펴보았다. 이러한 방법은 주요 컨테이너항만을 주로 그 규모와 기능적인 관점에서 분류한 것이라고 할 수 있는데, 그러나 실제로는 이와 같은 변수 이외에도 항만을 분류하는 데에는 다양한 요소 즉 항만의 갠트리크레인 수, 총입항선박척수, 적당 처리한 화물량, 선석수 등이 이용



자료: 조정제, "21세기를 향한 항만개발 및 운영전략", 제8차 환태평양 친선항만회의, 1996.

Fig. 2.1 Classification of Containerports by throughputs and transshipment cargoes

될 수 있을 것이다. 따라서 다음 장에서는 이들의 복합적인 요소가 컨테이너항만을 분류하는 데에 있어서 어떻게 작용하고 어떠한 결과를 나타내는가를 알아보기 위해 주성분분석법을 이용하고자 한다.

### 3. 주성분분석법에 의한 컨테이너항만의 분류

주성분분석법이란 여러 개의 양적변수(quantitative variable)들 사이의 분산-공분산관계를 이용하여 이 변수들의 선형결합(linear combination)으로 표시되는 주성분(principal component)을 찾고, 이 중에서 중요한 몇 개(보통 2-3개)의 주성분으로 가능한 한 전체 변동(variance)의 대부분을 설명하고자 하는 다변량분석법이다.

첫 번째의 주성분은 표본의 분산을 가장 많이 설명해주는 선형결합이며, 다음은 첫 번째의 주성분과 무관한 분산을 가장 많이 설명해주는 선형결합이다. 이러한 방식으로 차례로 주성분을 구하는데, 주성분의 수가 변수의 수만큼 많다고 하면 이는 단순화를 목적으로 하는 분석의 목적과는 거리가 먼 것이다.

이러한 주성분 개수의 선택기준으로서의 전체변동에 대한 공헌도, 고유값의 크기 그리고 도형을 이용하는 방법이 있다. 이 논문에서는 요약된 자료나 선형관계식을 통하여 차원(dimension)을 감소 시킴으로써 해석을 쉽게 하기 위해, 전체변동에 대한 공헌도의 크기 순서를 선택기준으로 취하고자 한다.

이러한 분석을 통해 구한 주성분은 회귀분석에서 설명변수의 수를 결정하는 데 사용하기도 하며, 군집분석(cluster analysis) 등과 같은 분석법의 입력변수로서 이용할 수도 있다. 특히 인자분석(factor analysis)에서는 인자를 구하는 방법 중의 하나로도 활용할 수 있다.

일반적으로 주성분분석법을 이용하여 변수들 사이의 관계를 분석하기 위해서는 주로 공분산행렬 또는 상관행렬(correlation matrix)을 사용할 수 있다. 그러나, 이 연구에서는 변수들의 측정단위가 다르기 때문에 상관행렬만을 이용하여 분석하고자 한다.

#### 3.1 항만분류를 위한 기준 선정

이 논문에서는 우선 비슷한 조건들을 가지고 있는 각 항만들을 몇몇 부류로 분류하기 위하여, 어떠한 기준들을 적용하여야 할 것인가를 파악하여야 한다. 실제로 각 항만의 여러 조건들은 항만의 기능 및 역할, 항만관리정책, 항만운영방법, 항만기간시설 등에 따라 서로 크게 다르지만, 일반적으로 항만조건을 나타내는 몇몇 기준들을 항만비교를 위한 변수로 선택하여 이들 변수들을 정량화될 수 치들로 나타낼 수만 있다면 실질적인 비교분석이 가능하다고 할 수 있다. 구체적으로 계량화할 수 있는 항만조건 변수들로는 ① 총 화물 처리량, ② 입항선박 척수, ③ 선박의 크기와 그 선박의 화물 적양하량, ④ 항만의 역할과 종류, ⑤ 항만의 기능, ⑥ 항만 기반시설 등이 있다.

이러한 여러 조건들 중 ①, ②, ③의 세 조건은 '범위와 규모의 경제'의 효과를 반영한다고 할 수 있다. 홍콩, 싱가포르 등 초거대중심항만과 인천, 방콕 등 지역항만 사이의 이러한 '범위와 규모의 경제'를 비교하면, 그 항만규모의 차이로 인하여 운송, 유통망, 해운, 하역, 터미널 운영 등 모든 면에서 차이가 매우 큼을 알 수 있다.

④, ⑤는 항만의 종류와 역할 그리고 기능의 차이를 나타내기 위한 것으로서, 싱가포르, 로테르담 등의 환적항만<sup>10)</sup>들은 동남아의 여타 다른 항만들과는 그 기능과 역할이 다르다. 즉 이들 환적항만들은 그들의 무역활동의 근원을 중계무역에 의존하는 비율이 큼을 알 수 있다. 게다가 이러한 중계 무역행위를 통해 다른 지선항만에서는 얻을 수 없는 여러 수수료와 창고사용료 등의 수입을 올림으

주성분분석 및 군집분석을 이용한 컨테이너항만의 분류

로써 지선항만들과는 확실히 구분되고 있다. 예를 들어, 싱가포르항의 경우 연간 취급화물의 약 70%는 환적화물로서 이러한 환적화물의 적양하를 통한 직접적인 하역서비스는 물론이러니와 보관창고에서의 부가가치활동을 통해 막대한 수입을 올리고 있다.

⑥은 항만이 제공할 수 있는 항만기간시설로서 항만을 몇몇 부류로 나누는 데에는 이들 항만 기초시설의 규모 및 질적 수준과도 밀접한 관계가 있다. 여기서 말하는 항만기간시설이란 부두와 여러 시설들의 숫자뿐만 아니라 장비의 수준, 항만의 정보시스템의 구비 여부, 수로접근시설의 효율성과 운영 수준 그리고 항만운영의 상태 등도 포함하고 있다.

이와 같은 항만비교를 위한 여러 조건 중에서 비교적 정량화하기 어려운 항만운영 문제 등을 제외하고는 분석에 이용할 계량적인 정보를 쉽게 얻을 수 있다.

3.2 항만의 선정과 자료 수집

만약 각국 항만이 취급하는 화물의 종류가 다양하다면, 분석을 위해 화물의 종류와 항만의 수를 어느 정도 제한하는 것이 필요하다. 이 논문에서는 장비와 부두의 운영형태가 서로 비슷한 컨테이너 화물을 취급하는 항만에 대해서만 분석하고자 한다. 비교를 위한 항만의 선정은 각 항만의 처리 물동량과 지리적인 입지적 조건을 고려하였다.

앞에서도 언급한 바와 같이, 각 항만의 특성을 나타내는 여러 조건들의 측정치가 반영된 항만생산성(port performance)을 알아내고, 항만분류의 기본이 되는 명백한 지표들을 찾기 위해 주성분분석법을 사용하였다.

Table 3.1에 보이는 바와 같이, 각 항만들과 관련하여 다음과 같은 6개의 변수를 취했다. 즉,

- X1 - 항만의 갠트리 크레인 수
- X2 - 항만에서 처리한 연간 컨테이너 총물동량
- X3 - 항만의 기능 역할을 기초로 위치에 따른

Table 3.1 Data for Analysis

주요 항만	X1	X2	X3	X4	X5	X6
1 Antwerp	29	2,329,135	0	15,618	149	8
2 Bangkok	12	1,432,844	0	2,549	562	8
3 Barcelona	8	689,324	0	6,494	106	4
4 Busan	21	4,502,596	0	6,859	267	7
5 Colombo	10	1,049,044	0	3,251	323	9
6 Felixstowe	61	1,898,201	1	6,244	304	8
7 Hamburg	39	2,890,181	0	12,027	240	28
8 Hong Kong	54	12,549,746	1	36,896	340	16
9 Incheon	3	236,641	0	4,965	48	4
10 Kaohsiung	21	5,232,000	1	13,127	399	23
11 Keelung	12	2,169,893	0	8,026	270	7
12 Le Havre	12	970,426	0	7,396	131	12
13 Long Beach	38	2,843,502	0	5,036	565	27
14 Los Angeles	25	2,555,204	0	2,870	890	22
15 Marseilles	10	498,041	0	7,978	62	12
16 Nagoya	14	1,477,359	0	43,983	34	11
17 Oakland	4	1,549,800	0	1,597	970	2
18 Port Kelang	10	1,133,811	0	7,286	156	12
19 Rotterdam	32	4,786,897	1	26,602	180	21
20 Singapore	59	10,800,300	1	101,107	107	19
21 Tokyo	16	2,177,407	0	50,213	43	12
22 Yokohama	34	2,756,811	0	56,943	48	20

자료: Shipping Statistics Yearbook(1995), Ports of The World(1997), Containerisation International Yearbook(1997)

주: 1. 컨테이너부두의 수는 전용부두만을 나타내며, Containerisation International Yearbook의 화물처리량 통계자료는 95년 기준임. 크레인과 선석의 경우 몇몇 항만에서 자료와 실제와의 차이가 있었으나 이럴 경우 실제값을 취했음.

입지적 조건을 나타내는 이진변수<sup>11)</sup>

- X4 - 연간 총입항 선박 척수
- X5 - 척당 처리한 화물량(TEU) (선박의 크기와 척당 처리한 화물량을 나타냄)
- X6 - 선석수(항만기반시설의 규모를 나타냄)

이러한 자료를 통한 분석의 목적은 우선 변수

X1, . . . ., X6의 결합관계(상관관계)를 찾아내는 데에 있으며, 서로 독립적인 항만활동의 지표를 나타내는 주성분인 PRIN1, . . . ., PRIN5를 도출하는 데에 있다. 이러한 항만활동지표를 나타내는 주성분 중 PRIN1이 가장 큰 변수량을 보여 주도록 하였고, PRIN2는 두번째 큰 변수량, PRIN3은 그 다음 순으로 하였다. 이렇게 구한 주성분 중 전체변수에 대한 기여도를 검토하고 1보다 작은 고유값을 가진 주성분들을 배제함으로써, 각 자료의 변수들은 몇 개의 주성분으로서 충분히 설명할 수 있다.<sup>12)</sup>

### 3.3 자료의 분석

관련 자료를 이용한 주성분분석을 위해서, 이 논문에서는 통계처리전용 프로그램인 윈도우즈용 "SPSS 8.0" 프로그램을 이용하였다. 여기에서 X3은 이진변수를 나타내는 데, 분석의 객관성을 높이기 위해 입력시 제외시켰다.

모두 선정된 항만의 수는 22개이며, 각 변수들의 평균과 표준편차는 Table 3.2와 같다.

Table 3.2 Descriptive statistics(Mean & SD)

변수	평균	표준 편차
X1	23.8	17.5
X2	3,024,052.9	3,111,470.7
X4	19,866.7	24,443.2
X5	281.5	260.7
X6	13.3	7.6

표본수 = 22

Table 3.3은 상관행렬(correlation matrix)로서 각 변수들 사이의 상관관계를 보이고 있는데, 분포가 다양함을 알 수 있다. 값의 범위는 -1에서 1사이이며, 그 값이 0으로 접근할수록 상관관계는 작아지고 절대값이 커질수록 상관관계는 커진다. 변수 X1과 X2, X2와 X4는 상관관계가 각각 0.701, 0.609로서 강한 정(+)의 상관관계를 보이고 있는

Table 3.3 Correlation matrix

		X1	X2	X4	X5	X6
상관 계수	X1	1.0000				
	X2	.701	1.0000			
	X4	.494	.609	1.0000		
	X5	-.026	.016	-.419	1.0000	
	X6	.521	.392	.284	.076	1.0000
유의 확률	X1					
	X2	.000				
	X4	.010	.001			
	X5	.453	.472	.026		
	X6	.006	.035	.100	.369	

행렬식 = 0.160

반면에, X2와 X5의 상관관계는 0.016으로서 대단히 약한 상관관계를 가지고 있음을 보이고 있다.

그러나 유의하여 할 사항은 주성분분석에 사용된 변수들의 상관관계가 모두 높게 나오거나 또는 모두 낮은 경우에는 주성분분석이 부적합하다는 것이다. 왜냐하면 일부 변수들 사이에 적절히 높고 낮은 상관관계가 있어야만 몇 개의 공통성분을 추출할 수 있기 때문이다. Table 3.3에서 상관관계행렬의 행렬식(determinant)은 0.160임을 보여주고 있다. 또한 Table 3.3은 제시된 변수간의 상관관계수에 대한 단측검정의 유의수준을 보이고 있다. 보통 5%를 기준으로 하는데, 이 경우 유의수준이 0.05보다 크면 상관계수를 받아들일 수 없다는 뜻이 된다. 즉, 상관관계가 0이라는 귀무가설을 기각할 수 없다는 뜻이 된다. 예를 들면, Table 3.3에서 X2와 X5의 상관계수는 0.016인데, 여기에서는 유의수준이 0.472이므로 5%보다 크기 때문에 귀무가설이 기각될 수 없다. 따라서 상관관계가 없다고 할 수 있다. 각 행렬의 대각선 요소는 자신의 상관계수의 유의성에 해당되어 의미가 없으므로 빈공간으로 남아 있다.

Table 3.4에 나타난 KMO (Kaiser - Meyer - Olkin) 측도는 변수쌍들 간의 상관관계가 다른 변수에 의해 잘 설명되는 정도를 나타내 보이는 것



Table 3.4 Inverse of correlation matrix

변수	X1	X2	X4	X5	X6
X1	2.31706				
X2	-1.30212	2.77343			
X4	-.12098	-1.35810	2.37223		
X5	.08169	-.65263	1.02968	1.46074	
X6	-.65554	-.00189	-.12274	-.17444	1.38450

- KMO 측도 = 0.625
- 바틀레트(Bartlett)의 구형성검정치 = 33.945
- 유의수준 = 0.000

으로서, 이 측도의 값이 작으면 요인분석을 위한 변수들의 선정이 좋지 못함을 나타낸다.

일반적으로 KMO 값이 0.9 이상이면 상당히 좋은 것이며, 0.6 이상이면 보통이고, 0.5 이상이면 바람직하지 못한 것으로, 그리고 0.5 미만이면 받아들일 수 없는 것으로 판정한다. 이 논문에서 분석한 KMO의 값은 0.625 이므로 수용가능한 값으로서 보통 수준임을 알 수 있다.

한편, 주성분분석 모형의 적합성 여부를 나타내는 바틀레트(Bartlett)의 구형성검정치(sphericity)는 상관관계행렬이 단위행렬이란 귀무가설을 검정하기 위한 것으로서, 귀무가설이 기각되지 않으면 주성분분석모형을 사용할 수 없다. 여기서 5개의 변수에 대한 분석결과의 검정치가 33.945 이고 이 값의 유의수준이 0.000 이므로 귀무가설은 기각된다. 따라서 주성분분석을 사용하는 것이 적합하며, 공통성분이 존재함을 알 수 있다.

Table 3.5는 공통성(communality)에 대한 내용으로 각 변수의 초기값과 주성분분석에 의한 각 변수의 커뮤날리티를 보이고 있는데, 이러한 커뮤날리티는 추출된 요인에 의해 설명되는 비율을 나타낸다. 예를 들면, X1의 커뮤날리티가 .777 이므로 이들 두 개의 요인으로 약 78%가 설명가능하며, 나머지 22%는 설명되지 않는다. 따라서, 커뮤날리티가 낮은 변수는 분석에서 제외하여야 하는데, 일반적으로 0.4 이하이면 낮다고 판정한다.

추출한 두가지 주성분의 고유치(eigen value)는 각각 2.545, 1.233 이므로 이것은 주성분추출 기준

Table 3.5 Communality

	초기	추출
X1	1.00	.777
X2	1.00	.756
X4	1.00	.811
X5	1.00	.868
X6	1.00	.565

으로 지정한 고유치 1 이상인 주성분만 추출된 것임을 알 수 있다. 고유치는 그 주성분이 설명하는 분산의 양을 나타내므로 이 값이 큰 주성분이 중요한 주성분이 된다. Table 3.6에 이와 같이 설명된 총분산을 보인다.

이들 두 개의 요인은 각각 항만분류와 관련하여 주성분 1은 50.9%, 주성분 2는 24.7%를 설명함으로써 전체(누적) 75.6%를 설명하고 있다. 물론 주성분 1이 가장 높은 설명을 하고 있으며, 주성분을 더 많이 추출하였다면 그 설명력은 75.6%보다 높아질 것이지만 주성분의 수가 많아져 이를 해석하는 데에 문제가 생긴다는 단점도 있다.

Table 3.6 Total Variance Explained

주성분	초기 고유값			추출 제곱합 적재값			회전 제곱합 적재값		
	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적	합계	% 분산	% 누적
1	2.545	50.9	50.9	2.545	50.9	50.9	2.405	48.1	48.1
2	1.233	24.7	75.6	1.233	24.7	75.6	1.372	27.5	75.6
3	.642	12.8	88.4						
4	.360	7.2	95.6						
5	.220	4.4	100.0						

Table 3.7은 변수와 주성분간의 행렬을 보이고 있는데, 이 분석에서는 두개의 주성분이 추출되었다. 이러한 분석결과가 의미하는 바는 X1의 입력치가 주성분 1, 2에 대해 각각 0.861, 0.190 만큼 영향을 미친다는 것이다. 즉, 변수 X1은 주성분2

Table 3.7 PRIN matrix

변수	주성분1(PRIN1)	주성분2(PRIN2)
X1	.861	.190
X2	.861	.123
X4	.783	-.445
X5	-.187	.913
X6	.644	.387

보다 주성분1과 훨씬 더 밀접한 관련성이 있다는 것을 나타낸다.

이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$X1 = 0.861(\text{PRIN1}) + 0.190(\text{PRIN2})$$

$$X2 = 0.861(\text{PRIN1}) + 0.123(\text{PRIN2})$$

$$X4 = 0.783(\text{PRIN1}) - 0.445(\text{PRIN2})$$

$$X5 = -0.187(\text{PRIN1}) + 0.913(\text{PRIN2})$$

$$X6 = 0.644(\text{PRIN1}) + 0.387(\text{PRIN2})$$

Table 3.8은 회전된 주성분 행렬 (rotated component matrix)을 보이는데, 베리맥스법에 의한 3차례의 반복 계산 후에 얻어진 회전 결과가 제시되어 있다. 이 방법에 의하면 5개의 변수는 주성분1의 경우 3개의 요인 X1, X2, X6, 그리고 주성분2는 1개의 요인 X5로 묶여졌음을 알 수 있다.

Table 3.8 Rotated Component Matrix

변수	주성분1(PRIN1)	주성분2(PRIN2)
X1	<b>.876</b>	-.101
X2	<b>.854</b>	-.164
X6	<b>.735</b>	.156
X5	.121	<b>.924</b>
X4	.595	-.676

- 주: 1. 회전방법 - Kaiser 정규화가 있는 베리맥스  
2. 3회 반복계산을 통해 요인회전이 수렴됨

### 3.4 분석의 의미

이상의 분석을 종합해 보면, 총 변수의 75.6%를 나타내는 2개의 주성분이 밝혀졌다. 주성분은 가장

값이 더해진 5가지 변수의 평균값으로서, 가장 중요한 주성분인 PRIN1은 항만활동을 종합적으로 나타낼 수 있는 항만생산성(port performance) 지수로 이용할 수 있다. 이러한 주성분 PRIN1은 다음의 계수를 갖는다.

$$\text{PRIN1} = 0.861X1 + 0.861X2 + 0.783X4 - 0.187X5 + 0.644X6$$

즉 PRIN1은 선박 1척당 화물처리량을 나타내는 X5를 제외하고는 높은 수치의 계수값을 고루 갖고 있기 때문에 항만생산성에 대한 전반적인 지수로 볼 수 있다.

또한 두 번째 주성분인 PRIN2는 다음의 계수를 가지고 있다.

$$\text{PRIN2} = 0.190X1 + 0.123X2 - 0.445X4 + 0.913X5 + 0.387X6$$

여기에서 PRIN2 주성분의 특성을 알기 위해 각 계수를 살펴보면, 음의 값을 가지고 있는 X4와 나머지 양의 값의 비교, 특히 계수가 큰 X5와 비교해 볼 수 있다. 즉 X4는 입항척수, X5는 선박 1척당 화물처리량을 나타내므로 만일 PRIN2의 값이 크다면 입항척수에 비해 척당 화물처리량이 많다는 것을 의미하는 반면에 PRIN2의 값이 작다면 그 반대이므로, 이러한 PRIN2의 값은 항만유동성 지수(mobility index)로 이해할 수 있다.

Fig. 3.1은 PRIN1과 PRIN2를 기본 축으로 한 여러 표본항만들의 분포를 나타내 보이고 있는데, 이는 주성분분석을 통하여 구한 각 주성분에 대한 점수를 도표화한 것이다. 이 그림에서 PRIN1이 앞에서 설명한 항만의 중심성과 중계성을 대변하고 있다고 할 수 있는데, PRIN1 축을 따라서 일단의 항만들이 모여있음(clustering)을 볼 수 있다. 이러한 분포를 항만의 중심성과 중계성을 기준으로 한 기존의 항만분류법과 비교하기 위해서는 좀더 명확한 그룹화작업이 필요하다. 이를 위해 여기에서

주성분분석 및 군집분석을 이용한 컨테이너항만의 분류

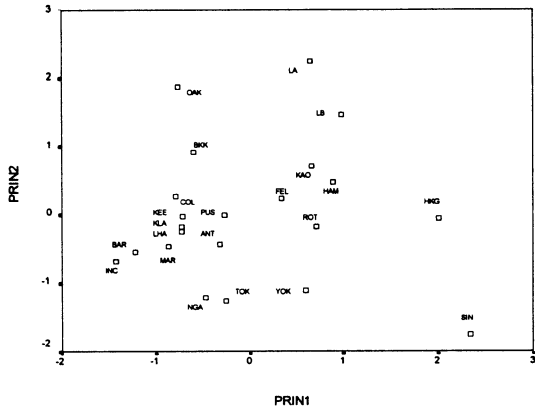


Fig. 3.1 Distribution of Containerports by Principal Components

는 주성분분석으로부터 구한 주성분점수들을 이용하여 군집분석을 행한다.

3.5 군집분석을 이용한 컨테이너항만의 분류

군집분석은 분류할 집단에 특정한 대상물을 배정하여 동일 집단의 대상물이 유사성을 갖게 함으로써 집단간의 차이를 명확히 하는 데에 있으며, 이러한 분석의 목적은 동질적인 집단이나 군집을 분류하는 데 있다.

군집분석의 기본적인 원리는 거리(distance)와 같은 유사한 개념을 이용하여 유사성을 측정하는 데에 있다. 거리는 두 대상이 얼마나 멀리 떨어져 있는가에 대한 척도이고, 유사성은 근접성의 척도라고 할 수 있다. 군집분석에서는 이들 개념들을 이용하여 여러 케이스들(이 논문에서는 표본항만)을 집단화할 수 있다. 거리 측정에서 일반적으로 사용하는 지수는 제곱한 유클리디안 거리(squared Euclidean distance)로서, 이는 모든 변수의 차이를 제곱하여 합산한 것이다.

여기에서는 이러한 군집분석을 위해, 앞서 행한 주성분분석을 통해 구한 주성분을 입력변수로 이용한다. 즉 주성분점수를 바탕으로 군집분석을 행하면 Fig. 3.1에 보이는 바와 같이 표본항만들이

어떻게 군집되어 있는 가를 보다 명확히 알 수 있게 된다. 앞서의 주성분분석과 마찬가지로 최신의 윈도우즈용 SPSS 8.0 프로그램을 이용하여 모두 22개의 표본항만자료를 분석하였다. 즉 각 표본항만들 간의 유클리디안 제곱거리 매트릭스인 근접성 행렬을 계산한 후, 이를 이용하여 각 항만과 항만간의 거리가 가장 가까운 경우와 가장 먼 경우를 확인하여 이렇게 표본항만들간의 거리가 가까운 요소들끼리 모으면 몇 개의 군집으로 나눌 수 있게 된다.

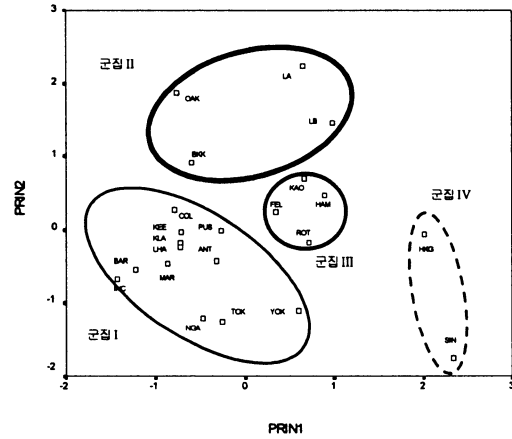
Table 3.9는 군집화 일정표를 보이는 것으로서, 각 표본항만들이 군집화되어 가는 과정을 나타내

Table 3.9 Agglomeration Schedule

단계	조합된 군집		계 수	단계 군집이 처음으로 나타남		다음 단계
	군집 1	군집 2		군집 1	군집 2	
1	12	18	0.002	0	0	3
2	16	21	0.027	0	0	14
3	11	12	0.053	0	1	6
4	3	9	0.084	0	0	15
5	7	10	0.137	0	0	12
6	11	15	0.219	3	0	9
7	1	4	0.312	0	0	10
8	6	19	0.463	0	0	12
9	5	11	0.661	0	6	10
10	1	5	0.988	7	9	15
11	13	14	1.344	0	0	17
12	6	7	1.718	8	5	19
13	2	17	2.196	0	0	17
14	16	22	2.827	2	0	18
15	1	3	3.897	10	4	18
16	8	20	5.393	0	0	20
17	2	13	7.845	13	11	19
18	1	16	11.052	15	14	21
19	2	6	15.231	17	12	20
20	2	8	26.115	19	16	21
21	1	2	42.000	18	20	0

는 거리값을 보이고 있다. 단계 18과 단계 19사이에서 계수값이 증가하기 시작하여, 단계 19와 단계 20 사이의 계수값 그리고 단계 20과 단계 21 사이의 계수값이 크게 증가하므로 이 논문에서는 네 개의 군집으로 나누는 것이 바람직함을 알 수 있다. 그러나 기존 분류법과의 단순비교를 위해 5군집의 경우도 분석하였다.

Table 3.10은 소속군집을 나타내는 표로서, 각 표본항만이 4 군집 중의 어느 하나에 속해있음을 보이고 있다. 이 표에 의하면 홍콩, 싱가포르가 하나의 군집을 이루어 '군집 IV'에 속하며, 펠릭스 토우, 함부르크, 로테르담, 카오슝 등이 '군집 III', 방콕, 롱비치, 로스앤젤레스, 오클랜드 등이 '군집 II', 그리고 요코하마, 도쿄, 포트켈랑, 나고야, 마르세이유, 트아브르, 기룽, 인천, 부산, 콜롬보, 안트워프, 바르셀로나 등이 '군집 I'에 속함을 알 수 있



(4 군집의 경우)

Fig. 3.2 Classification of Containerports by Clustering Analysis(4 Cases of Clustering)

Table 3.10 Cluster Membership

	표본 항만	4군집일 경우	5군집일 경우
1	Antwerp	1	1
2	Bangkok	2	3
3	Barcelona	1	1
4	Busan	1	1
5	Colombo	1	1
6	Felixstowe	3	4
7	Hamburg	3	4
8	Hong Kong	4	5
9	Inchon	1	1
10	Kaohsiung	3	4
11	Keelung	1	1
12	Le Havre	1	1
13	Long Beach	2	3
14	Los Angeles	2	3
15	Marseilles	1	1
16	Nagoya	1	2
17	Oakland	2	3
18	Port Kelang	1	1
19	Rotterdam	3	4
20	Singapore	4	5
21	Tokyo	1	2
22	Yokohama	1	2

다. Table 3.10의 표본항만에 대한 소속군집에 따라 항만을 분류하면 Fig. 3.2와 같다.

이와 같은 결과를 기존의 항만분류법과 같은 관점에서 단순비교하여 살펴보면, '군집 IV'에 속하는 홍콩 및 싱가포르 등이 초거대중심항만에 해당하며, '군집 III'에 속하는 로테르담 등의 항만이 거대중심항만, '군집 II'의 롱비치 및 오클랜드 등의 항만이 지역거대항만, 그리고 '군집 I'에 포함되는 요코하마, 부산, 트아브르 등이 지역중심항만 및 지역항만에 속함을 알 수 있다.

특히 기존의 항만분류법과 대응시키기 위해 5군집으로 군집분석을 행하면 '군집 I'은 다시 '군집 I'과 '군집 II'의 2개 군집으로 나뉠을 알 수 있다. 즉 '군집 I'에 속하는 항만은 부산, 콜롬보, 인천, 트아브르, 마르세이유, 바르셀로나, 안트워프 등을 하나의 군집으로 한 지역항만이라고 할 수 있는 반면에, 나머지 항만들인 나고야, 도쿄, 요코하마 등은 지역중심항만을 뜻하는 군집이라고 할 수 있다.

그러나 Fig. 3.3에서 보이는 바와 같이, 군집분석을 통해 얻은 항만군은 기존의 단순분류법에 따른 항만군과는 차이가 있음을 알 수 있다. 항만생산성

주성분분석 및 군집분석을 이용한 컨테이너항만의 분류

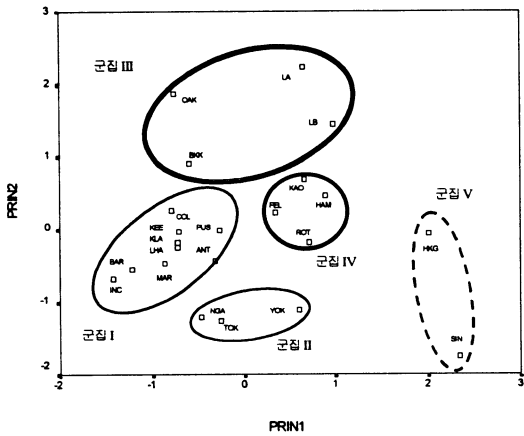


Fig. 3.3 Classification of Containerports by Clustering Analysis(5 Cases of Clustering)

을 주 내용으로 하는 주성분 PRIN1에 따라서도 항만군이 형성되지만, 척당화물처리량을 의미하는 항만유동성지수인 주성분 PRIN2에 의해서도 항만군이 형성되고 있음을 알 수 있다. 즉 항만생산성이 월등히 뛰어난 항만군, 항만생산성 및 항만유동성이 비슷하게 뛰어난 항만군, 항만생산성보다 항만유동성이 더 나은 항만군, 항만유동성보다 항만생산성이 더 나은 항만군, 항만생산성 및 항만유동성 모두 안좋은 항만군 등이다.

이중 항만생산성이 월등히 뛰어난 항만군이 기존 분류법에서 볼 때 초거대중심항만, 그리고 항만생산성 및 항만유동성이 비슷하게 뛰어난 항만군이 거대중심항만에 속한다고 할 수 있다. 그러나 나머지 항만군은 기존의 분류법을 기준으로 하면 해석이 어렵다.

따라서, Table 3.11에서는 군집분석 결과를 바탕으로 행한 새로운 항만의 유형별 특성을 보인다.

Table 3.11에서 주목하여야 할 사항은 기존의 분류법에서 지역거대항만인 직기항항으로 분류되었던 부산항이 생산성지수, 유동성지수, 그리고 환적성 면에서 가장 낮은 등급의 지역항만으로 분류되었다는 점이다.

Table 3.11 Classification of Containerports by Kind

	생산성	유동성	환적성*	비 고
초거대중심항 (초대형물류 거점항)	높음	낮음	높음	홍콩, 싱가포르
거대중심항 (환적위주항)	보통	보통	높음	로테르담, 카오슝, 함부르크 등
지역거점항 (직기항항)	보통	높음	낮음	롱비치, 오클랜드 등
지역중심항 (직기항항)	보통	낮음	낮음	요코하마, 도쿄 등
지역항만 (지선항)	낮음	낮음	낮음	인천, 기륭, 부산 등

\* : Table 2.2 참조

Table 3.12 World Major Containerports

항 만	1997		1998		증감 (%)
	순위	처리물동량 (TEU)	순위	처리물동량 (TEU)	
싱가포르	2	14,135,200	1	15,100,000	6.8
홍 콩	1	14,386,000	2	14,700,000	2.2
카 오 슝	3	5,893,339	3	6,270,000	6.4
로테르담	4	5,445,424	4	6,032,000	10.8
부 산	5	5,233,880	5	5,735,000	9.6
롱 비 치	6	3,504,603	6	4,098,000	16.9
함부르크	7	3,337,477	7	3,546,940	6.3
로스앤젤레스	9	2,959,715	8	3,400,000	14.9
안트워프	8	2,969,189	9	3,265,750	10.0
상 하 이	11	2,520,000	10	3,050,000	21.0
두 바 이	10	2,600,102	11	2,800,000	7.7
뉴 욕	12	2,456,866	12	2,520,000	2.6
펠릭스토우	15	2,251,379	13	2,500,000	11.0
도 교	13	2,382,625	14	2,390,000	0.3
지오이아 타우로	20	1,448,492	15	2,121,000	46.4
요코하마	14	2,327,932	16	2,120,000	-8.9
탄중 프리옥	18	1,670,744	17	1,940,000	16.1
고 베	16	1,944,208	18	1,858,000	-4.7
알헤시라스	19	1,537,627	19	1,825,614	18.7
브레멘-브레머하펜	17	1,703,219	20	1,812,441	6.4

자료 : Containerisation International Yearbook, Port of Hamburg website

Table 3.12에 보이는 바와 같이, 최근 수년간 컨테이너처리물동량면에서 전세계에서 5위를 고수하고 있는 대형항만인 부산항이 비슷한 물동량을 처리하는 카오슝, 로테르담과 생산성, 유동성, 환적성의 모든 면에서 뒤처져 있음을 알 수 있다. 이는 앞서 언급한 항만의 연간처리물동량 및 환적비율을 바탕으로 한 항만의 중심성, 중계성 면에서의 항만분류는 단순 측면에서의 분류에 지나지 않음을 뜻한다고 할 수 있으며, 여기에서 행한 분류에서는 변수로서 연간처리물동량과 환적비율 이외에도 항만의 갠트릭크레인 수, 총입항 선박척수, 적당 처리한 화물량, 선석수 등을 고려하였기 때문에 보다 현실적이라고 할 수 있다.

특히 물동량처리면에서 부산항보다 훨씬 뒤처지는 펠릭스토우, 요코하마 등의 항만이 지역중심항 또는 거대중심항으로 분류되었다는 사실은 항만기반시설의 확보 여부와 밀접한 관계를 맺고 있는 것으로 보인다. 즉 갠트릭크레인의 수, 선석수 등에서 이들 항만의 여건이 보다 나음으로 인해 항만의 생산성 및 유동성이 부산항에 비해 높았기 때문으로 분석된다.

#### 4. 요약 및 결론

이 연구에서는 항만운영의 효율성 분석·비교시 문제가 되는 유사항만의 군별(Grouping) 분류를 보다 명확히 하기 위한 시도로서, Tongzong의 항만 분류를 위한 5개의 변수를 도입하여 주성분분석을 행해 주성분을 구하고 다시 이를 변수로 하여 군집분석을 행함으로써 항만별 군집을 산출하였다.

이러한 군집분석 결과를 우선 중심성과 중계성이라는 두 가지 요소에 입각한 기존의 항만분류법에 의한 결과와 비교하여 보았으나, 물류거점항인 거대중심항만과 초거대중심항만의 경우에만 비슷한 결과를 얻었을 뿐 나머지 항만은 비슷한 점

을 찾을 수가 없었다. 이에 대한 이유로는 기존의 분류법이 배후물동량과 환적화물의 비율이라는 제한적인 두 가지 요소만을 가지기 때문이라고 할 수 있다.

반면에, 이 연구에서 행한 주성분분석법에서는 선석수, 갠트릭크레인의 수 등과 같은 항만기반시설이라든가 입출항통계자료 등을 이용하였기 때문으로서 비슷한 동종항만 군을 이끌어내는 것이 훨씬 더 현실적이라고 할 수 있다.

주성분분석법에 의하면 가장 커다란 영향을 미치는 주성분인 PRIN1은 기존 분류법에서 제시하고 있는 중심성을 나타낸다고 할 수 있으며 종합적으로는 항만의 연간처리능력을 보이는 항만생산성지수임을 알 수 있었다. 이와 같은 항만생산성지수와 적당 화물처리량을 나타내는 항만유동성지수(주성분 PRIN2), 기존의 환적비율을 이용하여 항만유형의 분류를 시도하였다. 이러한 분류법에 의하면 초거대중심항만(군집 V), 거대중심항만(군집 IV), 지역거점항(군집 III), 지역중심항(군집 II), 지역항만(군집 I) 등의 5가지 유형으로 나눌 수 있었다.

또한 이와 같은 주성분분석법 및 군집분석에 의하면 부산항은 기존의 분류법에 의한 분류와는 달리 지역항만으로 분류되고 있는 데, 이는 컨테이너선의 고속화·대형화로 특징지워지는 해운환경의 급변화 속에서 부산항이 동북아의 거점항만으로서 지속적인 중추적 역할을 하려면 항만의 환적 기능의 제고뿐만 아니라 항만기반시설을 더욱 더 확충하여야 한다는 것을 의미한다고 할 수 있다.

특히 항만관련 문제가 제기될 때마다 항상 홍콩, 싱가포르 등의 초거대중심항만을 거론하며 우리나라 항만현실과 비교하는 것은 지역거점항 및 거대중심항만의 과정을 뛰어넘는 것이 되기 때문에 현실적이지 못하므로, 장기적으로는 그러한 초거대중심항만을 지향할 수 있다고 하더라도 단·중기적으로는 요코하마, 롱비치 등과 같은 지역거점 및 지역중심항만을 우리 나라 항만의 나아갈 방향으로 제시하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

참고문헌 및 주석

- 1) Australian Bureau of Industry Economics, *International Performance Indicators in the Waterfront*, Australian Government Publishing Service, Canberra, 1993.
- 2) Jose L. Tongzon, Systematizing International Benchmarking for Ports, *Maritime Policy & Management*, Vol. 22, No. 2, 1995, pp. 171-177.
- 3) 양창호, 항만시설과 처리물동량을 비교한 유사항만군 식별에 관한 연구, *교통정책연구*, 제 4권, 제2호, 1997, pp. 61-73.
- 4) 문성혁, 해운환경의 변화에 따른 부산항의 위상제고 방안 - 가덕도 동안의 대대적인 개발, *도시연구*, 제6권, 제3호 (통권 21호), 1994. 6, pp. 25-34.  
문성혁, 항만계획 및 개발의 세계적인 추세와 대책: 컨테이너부두를 중심으로, *해양한국*, 제 7월호, 1994. 7, pp. 123-137.
- 5) Douglas K. Fleming and Yehuda Hayuth, Spatial characteristics of transportation hubs: centrality and intermediacy, *Journal of Transport Geography*, Vol. 2, No. 1, 1994.
- 6) 하동우, 동북아 주요 컨테이너항만간 경쟁여건 분석, 해운산업연구원, 정책자료 137, 1996. 12.
- 7) 조정제, 21세기를 향한 항만개발 및 운영전략, 제8차 관태평양 친선항만회의, 1996.
- 8) 70.1%(1993), 70.7%(1994), 71.1%(1995), 70.2%(1996), 69.2%(1997). 상세한 내용은 [하동우·김수엽, 컨테이너항만의 물류경쟁력 국제비교, 한국해양수산개발원, 정책자료 98-13, pp. 38-39] 참조.
- 9) UNCTAD, *Development and Improvement of Ports: The establishment of trans-shipment facilities in developing countries*, 1990.
- 10) 중심항만을 일컬음. 즉 모선이 기항하는 중심항만이 되어야만 환적화물을 취급할 수 있는 환적항만이 될 수 있음. 상세한 내용은 [문성혁, 세계적 해운·항만환경의 변화와 우리나라 항만개발의 발전방향, *해양한국*, 1996.6., pp. 81-85.] 참조.
- 11) Tongzon이 행한 변수 선정법으로서, 중심항만의 기능을 할 경우에는 1, 그렇지 않을 경우에는 0으로 놓음. 실제 분석에서는 적용하지 않음.
- 12) 정충영·최이규, *SPSS WIN을 이용한 통계분석*, 무역경영사, 1998, pp. 154-157.

