

工學博士學位論文

컨테이너 항만의 효율성 분석에
관한 연구

A Study on the Efficiency Analysis
of Container Ports

指導教授 辛 昌 勳

2004年 8月

韓國海洋大學校 大學院

物流시스템工學科

宋 在 永

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경	1
1.2 기존 연구의 한계점	2
1.3 연구의 목적 및 구성	4
제 2 장 컨테이너항만의 주요 환경 변화	7
2.1 세계 컨테이너 물동량 증가	7
2.2 컨테이너선의 대형화	11
2.3 대형선사와 글로벌 터미널 운영사의 시장지배력 강화	13
2.4 동북아시아 컨테이너물동량 증가 및 중국의 성장	19
2.5 동북아시아 주요 컨테이너항만 개발 집중화	22
제 3 장 DEA 모형 및 Malmquist Index	24
3.1 효율성의 개념 및 측정방법	24
3.2 DEA모형	29
3.2.1 DEA 모형의 개념	29
3.2.2 DEA 모형의 전개	32
3.3 Malmquist Index	37
제 4 장 DEA모형을 이용한 항만 및 터미널 효율성 분석	43
4.1 변수 선정	43
4.2 분석 대상	46
4.3 DEA-CCR모형에 의한 컨테이너 항만 효율성 분석	58

4.4 DEA-CCR모형에 의한 컨테이너 터미널 효율성 분석	64
4.5 DEA-BCC모형에 의한 컨테이너 항만 효율성 분석	66
4.6 DEA-BCC모형에 의한 컨테이너 터미널 효율성 분석	71
제 5 장 세계 주요 컨테이너 항만 효율성 변화 분석	74
5.1 컨테이너 항만의 효율성 변화 분석	74
5.2 부산항 효율성 변화 분석	81
제 6 장 항만 특성에 따른 효율성 및 효율성 변화 비교	83
6.1 DEA-CCR모형 vs DEA-BCC모형 효율성 분석	83
6.2 세계 지역별 효율성 분석	84
6.3 군집별 효율성 분석	88
6.4 안벽길이 그룹별 효율성 분석	91
6.5 경제규모 그룹별 효율성 분석	95
제 7 장 결론 및 향후 연구방향	99
7.1 결 론	99
7.2 연구의 한계 및 향후 연구방향	103
참고문헌	106
부 록	111

표 목 차

<표 2-1> 아시아 및 세계 컨테이너 물동량 실적	8
<표 2-2> 세계 주요항만 실적	9
<표 2-3> 지역별 컨테이너 수요 전망	10
<표 2-4> 세계 컨테이너선대 운항 선복량 추이 및 전망	11
<표 2-5> 8,000TEU급 이상 초대형 컨테이너선 발주 현황	12
<표 2-6> 터미널 운영권 및 터미널 운영사 인수 사례(2002년 이후)	14
<표 2-7> 터미널운영회사별 시장점유율 현황(2002년)	15
<표 2-8> 정기선사의 컨테이너 전용터미널 운영현황 및 확충계획	16
<표 2-9> 세계 주요 컨테이너터미널 운영업체의 지역별 운영현황	17
<표 2-10> 해외 운영사의 국내 진출 사례	18
<표 2-11> 세계 및 동북아 컨테이너 항만물동량 전망	20
<표 2-12> 중국 7대 항만의 컨테이너 처리실적 및 전망(2003년)	21
<표 2-13> 양산 컨테이너 터미널 공사 개요	22
<표 2-14> Ningbo항 컨테이너 터미널 개발계획	23
<표 2-15> 동북아 주요 항만의 개발 계획	23
<표 4-1> 기존 항만 효율성 분석의 투입·산출변수	44
<표 4-2> 분석에 사용된 컨테이너 항만	47
<표 4-3> 분석에 사용된 컨테이너 터미널	48
<표 4-4> 2001년도 컨테이너 항만 투입·산출 자료	49
<표 4-5> 2001년도 컨테이너 터미널 투입·산출 자료	50
<표 4-6> 컨테이너 항만 1995년 자료 기초 통계	51
<표 4-7> 컨테이너 항만 1996년 자료 기초 통계	51
<표 4-8> 컨테이너 항만 1997년 자료 기초 통계	52
<표 4-9> 컨테이너 항만 1998년 자료 기초 통계	52
<표 4-10> 컨테이너 항만 1999년 자료 기초 통계	53
<표 4-11> 컨테이너 항만 2000년 자료 기초 통계	53
<표 4-12> 컨테이너 항만 2001년 자료 기초 통계	54

<표 4-13> 컨테이너 터미널 1999년 자료 기초 통계	55
<표 4-14> 컨테이너 터미널 2000년 자료 기초 통계	56
<표 4-15> 컨테이너 터미널 2001년 자료 기초 통계	56
<표 4-16> 컨테이너 항만 DEA-CCR모형 효율성 분석 결과	59
<표 4-17> 컨테이너 터미널 DEA-CCR모형 효율성 분석 결과(1999년~ 2001년)	65
<표 4-18> 컨테이너 항만 DEA-BCC모형 효율성 분석 결과(1995~2001년) ..	67
<표 4-19> 컨테이너 터미널 DEA-BCC모형 효율성 분석 결과(1999~2001년)	73
<표 5-1> 1995/1996년 Malmquist Productivity Index	75
<표 5-2> 1995/1996년 Malmquist Productivity Index 요약	76
<표 5-3> 1996/1997년 Malmquist Productivity Index 요약	76
<표 5-4> 1997/1998년 Malmquist Productivity Index 요약	77
<표 5-5> 1998/1999년 Malmquist Productivity Index 요약	77
<표 5-6> 1999/2000년 Malmquist Productivity Index 요약	77
<표 5-7> 2000/2001년 Malmquist Productivity Index 요약	78
<표 5-8> 연도별 Malmquist Index	80
<표 5-9> 부산항 효율성 변화	82
<표 6-1> 연도별 DEA-CCR모형 vs DEA-BCC모형 항만 효율성 분석 ·	84
<표 6-2> 연도별 DEA-CCR모형 vs DEA-BCC모형 터미널 효율성 분석	84
<표 6-3> 세계 지역별 구분 및 구성 컨테이너 항만	85
<표 6-4> 세계 지역별 구분 및 구성 컨테이너 터미널	86
<표 6-5> 세계 지역별 컨테이너 항만 효율성 분석 결과	87
<표 6-6> 세계 지역별 컨테이너 터미널 효율성 분석 결과	88
<표 6-7> 군집분석을 이용한 항만 그룹별 특성 비교	89
<표 6-8> 군집분석 터미널 그룹별 특성 비교	90
<표 6-9> 군집분석 그룹별 컨테이너 항만 효율성 분석	91
<표 6-10> 군집분석 그룹별 컨테이너 터미널 효율성 분석	91
<표 6-11> 안벽길이 그룹별 컨테이너 항만 구성	92
<표 6-12> 안벽길이 그룹별 컨테이너 터미널 구성	93
<표 6-13> 안벽길이 그룹별 컨테이너 항만 효율성 분석	94

<표 6-14> 안벽길이 그룹별 컨테이너 터미널 효율성 분석	95
<표 6-15> 경제규모(GDP) 그룹별 컨테이너 항만 구성	96
<표 6-16> 경제규모(GDP) 그룹별 컨테이너 터미널 구성	97
<표 6-17> 경제규모 그룹별 컨테이너 항만 효율성 분석	98
<표 6-18> 경제규모 그룹별 컨테이너 터미널 효율성 분석	98

그 립 목 차

<그림 2-1> 세계 지역별 컨테이너 물동량	19
<그림 3-1> 투입물1개, 산출물 2개의 DEA모형	35
<그림 3-2> Malmquist Productivity Index	40
<그림 4-1> 컨테이너 항만 총처리량 및 평균 처리량의 변화	55
<그림 4-2> 컨테이너 터미널 총처리량 및 평균처리량의 변화	57
<그림 4-3> 세계 10대 항만의 DEA-CCR모형 효율성 분석 결과	60
<그림 4-4> 동북아 주요 항만의 DEA-CCR모형 효율성 분석 결과	61
<그림 4-5> DEA-CCR모형: 효율성 지수가 증가하고 있는 항만	62
<그림 4-6> DEA-CCR모형: 효율성 지수가 감소하고 있는 항만	63
<그림 4-7> 세계 10대 항만의 DEA-BCC모형 효율성 분석 결과	68
<그림 4-8> 동북아 주요 항만의 DEA-BCC모형 효율성 분석 결과	69
<그림 4-9> DEA-BCC모형: 효율성 지수가 증가하고 있는 항만	70
<그림 4-10> DEA-BCC모형: 효율성 지수가 감소하고 있는 항만	71
<그림 5-1> Malmquist Index 평균 변화(1996~2001)	79
<그림 5-2> 부산항 Malmquist Index 변화	82

A Study on the Efficiency Analysis of Container Ports

Song, Jae young

*Department of Logistics Engineering
Graduate School of Korea Maritime University*

Abstract

This paper presents a approach to the measurement of efficiency. Data envelopment analysis(DEA), as it is called, has particular applicability in the service sector. Applying mathematical programming techniques, DEA enables relative efficiency ratings to be derived within a set of analysed units. Thus it does not require the development of 'standard' against which efficiency is measured. although such standards can be incorporated in the DEA analysis. The efficiency of units is compared with an 'efficiency envelope' that contains the most efficient units in the group. The DEA efficient ratings can be a useful tool for port managers and for researchers, providing a deeper insight into port

performance.

Malmquist analysis is efficiency measurement techniques for the measurement of productivity change. The DEA-based Malmquist productivity index has several advantages when compared with other methodologies. Some of them refer to the problems mentioned previously. The DEA-based Malmquist index is non-parametric, and thus it does not suffer the problem of an inappropriate functional form, and it easily tackles multiple outputs and multiple inputs. It allows a decomposition of the cause of change in productivity: both measurable technical change and efficiency change.

This paper investigates the efficiency employing DEA-CCR Model and DEA-BCC Model on data for 53 container ports and 53 container terminals covering 1995~2001 in the world. also, investigates the change in productivity employing Malmquist Indices as changing years for 7 years.

Efficiency of ports and terminals can be affected by characteristics such as region, size of ports, economic conditions of a country, length of berths and so on. In this paper, 53 ports and 53 termials divide according to its characteristics. and compare to differences of efficiency and the change of efficiency between each group. This paper presents a clear characterization of areas with greater technical progress and the region with technical regress.

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경

최근 세계 컨테이너 물동량의 동북아시아 중심화 현상은 전세계 컨테이너 항만들이 가장 주목하여야 할 주요한 컨테이너 운송시장의 환경변화이며, 이는 컨테이너 항만들뿐만 아니라, 해운업체를 비롯한 수출입 관련 물류업체의 가장 중요한 이슈로 등장하고 있다. 이러한 환경변화를 인식한 상해항, 부산항, 청도항, 카오슝항 등 동북아시아의 주요 컨테이너 항만들은 대규모 항만 확장 건설을 계획 중이며, 항만시설의 대형화 및 합리화에 역량을 집중하고 있다. 특히 동북아시아지역의 컨테이너 물동량은 1980년 7백만TEU에서 2002년 말에는 8천 5백만TEU로 연평균 14%대로 증가하고 있으며, 세계 물동량의 31.4%를 차지하고 있다. 또한 세계 5대 컨테이너 항만들은 모두 동북아시아의 항만들이며, 20대 컨테이너 항만들 중 11개가 동북아시아 지역에 위치하고 있다. 우리나라의 부산항은 최근 세계 컨테이너항만 중 물동량 처리순위가 3~5위 수준의 대형 항만으로서, 동북아시아의 성장과 더불어 지속적인 성장을 보이고 있는 항만이다. 또한 동북아시아에 위치한 경쟁항만들과 컨테이너 물동량을 유치하기 위한 치열한 경쟁 상황에 처해 있다.

부산항의 경우, 이미 부산항에 속해 있는 모든 컨테이너 터미널들이 민영화가 실현되었으며, 기타 세계 항만들도 글로벌 터미널 운영사 및 자국의 민영회사가 터미널을 운영하고 있는 실정이다. 이로써, 항만의 비영리적, 공영적 운영이라는 기존의 항만 운영 패러다임을 벗어나 전세계 모든 국가의 컨테이너항만은 영리적, 효율적 운영이라는 새로운 패러다임으로 변화하고 있다. 이에 항만의 효율성 측정에 대한 중요성이 증대되었고, 자국의 항만에 대한 내부적인 효율성 평가 방법과 더불어 세계 항만들 간의

상대적 효율성을 분석함으로써, 항만의 현재 효율성 수준을 정확히 파악하여 이를 개선시킬 수 있는 방안을 제시하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

기존의 항만 효율성 평가 방법에 관한 연구들은 다양한 방법론을 이용하여 항만의 효율성 분석을 실시하여 왔다. 그러나 상대적 효율성을 측정하기 위한 대상선정에 있어서 협소한 지역 내의 소수의 항만들을 대상으로 하거나, 항만에 포함된 각각의 컨테이너 터미널 운영사들을 대상으로 한 연구들이 제한적으로 이루어져 왔다. 따라서, 항만의 효율성을 정확히 파악하기 위해 전세계 항만을 대상으로 한 포괄적인 연구의 필요성이 대두되고 있다. 또한 효율성은 시간의 변화에 따른 생산기술의 발전 및 기술적 효율성 변화의 복합효과를 의미하는 것이나 기존의 연구는 시간의 흐름에 따른 단순한 기술적 효율성의 변화 비율만을 대상으로 분석하여 왔다. 복합적인 효율성 변화 분석을 통해, 시간이 흐름에 따른 효율성의 증대 및 감소의 원인 규명과 더불어 진정한 의미에서의 효율성의 증대 및 감소가 일어나고 있는 항만을 파악할 수 있는 연구가 필요하다.

1.2 기존 연구의 한계점

최근 컨테이너항만의 급격한 환경변화는 항만간 경쟁심화와 더불어 항만의 주요 고객인 화주와 선사들을 유치하기 위한 항만의 노력을 가중시켰다. 이에 따라 항만은 국제시장에 있어서 경쟁우위를 달성·유지하기 위해 노력하고 있으며, 항만관리자 및 정책 입안자들은 항만의 경쟁력을 결정하는 요인들을 정확히 이해하고 여타 경쟁 항만들과 비교해 항만의 성과(port performance)를 지속적으로 평가함으로써 적절한 항만전략을 수립·추진해 나가고 있다(한철환, 2002). 이러한 관점에서 항만의 성과 및 효율성에 관한 기존 연구들은 특정지역의 일부 항만을 대상으로 적용·분석해 왔다.

그러나 최근 들어 항만의 효율성에 대한 새로운 접근방식을 시도하는 연구들이 등장하고 있다. 항만의 효율성을 측정하는 연구흐름은 크게 두 가지 방향으로 진행되고 있다.

첫 번째 연구방향은 Notteboom, Coeck and Van den Broeck(2000)과 Cullinane, Song and Gray(2002) 등이 수행한 연구로서 확률프론티어모형(Stochastic Frontier Model)에 기초하여 컨테이너터미널의 효율성을 측정하는 것이다. Notteboom, Coeck and Van den Broeck(2000)의 연구에서는 유럽항만에 위치한 36개의 터미널에 대한 효율성을 확률프론티어모형을 이용하여 측정하고, 벤치마킹을 위해 아시아 주요 터미널을 함께 분석하였다. 이 연구에서는 다음과 같은 결론을 제시하였다. 첫째, 일반적으로 유럽북부의 컨테이너터미널이 남부지역의 터미널보다 효율성이 높다. 둘째, 대형터미널의 효율성이 소형터미널보다 높다고 제시하면서, 소형터미널일지라도 학습효과(learning by doing)에 의해 대형항만에 근접하여 위치한 터미널은 효율성이 높다고 제시하였다. 셋째, 허브항만에 위치하고 있는 터미널의 효율성이 피더항만에 위치하고 있는 터미널보다 높다고 주장하였다. 넷째, 터미널의 소유형태는 효율성과 무관하다는 것을 제시하였다. Cullinane, Song and Gray(2002)는 횡단면 자료와 패널자료를 이용하여 관리형태와 규제완화에 따른 효율성의 변화를 분석하였다. 분석결과에서는 횡단면 자료보다는 패널자료를 이용한 분석에서 정책의 변화에 따른 관리형태와 규제완화에 대한 효율성의 변화가 잘 반영될 수 있다고 주장하였고, 공영에서 민영으로의 소유구조 변경은 경제적인 효율성과 어느 정도 상관관계를 가진다고 주장하였다.

두 번째 연구방향은 선형계획법에 근거한 자료포락분석(DEA)방법으로 동일 항만의 생산성 변화 추이뿐만 아니라 상이한 항만간 생산성 비교가 가능함을 제시하였다. DEA방식을 이용한 선행연구로는 이스라엘의 20개 항만을 대상으로 항만성과에 영향을 미치는 다양한 요인들을 분석한

Hayuth and Roll(1993)의 연구가 있으며, 보다 최근 연구로는 1993~1997년의 기간 동안 26개 스페인 항만에 DEA분석방법을 적용한 Martinez, Diez, Navavro and Ravelo(1999)의 연구와 오스트리아 항만과 기타 세계항만의 효율성을 측정한 Tongzon(2001)등의 연구가 있다.

특히, Tongzon(2001)은 규모에 대한 보수 불변(Constant returns to scale)을 가정하여 규모에 따른 항만의 효율성을 분석하였다. 분석결과에서 가장 효율적인 항만 군으로 6개 항만이 선택되었으며, 그 중 4개 항만은 비교적 소규모 항만으로 구성된 결과를 제시하면서 항만운영의 효율성은 그 항만의 크기와 기능(허브항만 또는 피더항만)에 의해 좌우되지 않는다고 주장하였다. 또한 항만의 비효율성을 초래하는 원인으로 인력의 활용부족(under utilization)을 언급하였다. 그 외 항만효율성에 대한 연구로는 DEA/AHP를 이용하여 우리나라 부산항에 위치한 8개 컨테이너터미널의 효율성을 연구한 송재영(2000)과 스페인 27개 항만의 자본비용에 대한 효율성을 추정한 Pino and Alvarez(2000) 등이 있다.

이상과 같이, 기존 연구들은 다음과 같은 몇 가지의 한계점을 가지고 있다. 첫째, 효율성 분석을 평가하기 위한 대상 선정에 있어서 일부 터미널 또는 일부 항만을 대상으로 분석하거나, 지역적으로 특정 지역에 편중된 대상들을 선정함으로써 전세계 주요 항만에 대한 포괄적인 분석을 실시하지 못하였다. 둘째, 일정 시점 또는 특정 시기의 자료만을 기준으로 효율성을 분석함으로써, 시간의 흐름에 따른 효율성의 변화를 분석하지 못하였다. 셋째, 일부 연구에서 시간의 흐름에 따른 횡단적인 효율성 분석을 실시하였으나, 효율성의 변화를 단순히 전년도에 대한 증감률로 평가함으로써 효율성에 대한 종합적인 이해를 도출하지 못하였다. 넷째, 기존 연구에서는 효율성 분석 대상을 특정 지역에 속한 터미널 또는 항만들로 구성함으로써, 항만이 속한 지역 또는 항만의 시설 규모 등과 같은 항만 특성 구분에 따른 효율성의 차이를 제시하지 못하고 있다.

1.3 연구의 목적 및 구성

본 논문에서는 분석 대상 항만들을 효율적인 항만과 비효율적인 항만들로 구분하고 비효율적인 항만들이 효율적인 항만에 비해 상대적으로 얼마나 비효율적인지에 대한 구체적인 정보와 효율적이 되기 위한 방안에 대한 정보를 제시하여 줄 수 있는 DEA(Data Envelopment Analysis) 방법론을 통해 전세계 각 지역에 위치한 53개 항만들을 대상으로 상대적 효율성을 분석하고, 이 항만들에 포함된 터미널 운영사들 중 53개의 컨테이너 터미널을 대상으로 터미널 간의 효율성을 분석하고자 한다.

또한, 시간의 흐름에 따른 효율성 변화를 생산성 기술의 발전 및 기술적 효율성 변화의 복합효과를 측정할 수 있는 Malmquist Index를 이용하여 효율성 변화에 대한 보다 면밀한 분석을 실시하고자 한다. 이러한 분석을 실시하고자 하는 본 논문의 주요한 목적은 다음과 같다.

첫째, 기존의 비용함수나 비율분석을 통한 컨테이너항만의 효율성 분석과는 다른 평가기법인 DEA방법을 통해 세계 53개 항만을 대상으로 7개년(1995년~2001년)에 대한 효율성 분석을 실시한다. 이를 위한 DEA방법론은 크게 두 가지로 구분되어지는데, 규모의 수익불변을 가정한 CCR¹⁾모형과 규모의 수익이 변하는 것을 가정으로 한 BCC²⁾모형이다. 두 가지 모형을 통해 효율성을 분석하고 각 효율성 분석 결과 및 결과의 차이를 살펴보고자 한다. 둘째, 1995~2001년까지의 효율성 변화를 Malmquist Index를 이용하여 시간의 흐름에 따른 효율성 증감을 분석하여 세계 항만들의 효율성 변화를 살펴보고자 한다. 이를 통해 시간의 흐름에 따라 효율성이 증대되고 있는 항만들과 그렇지 않은 항만들을 구분하여 살펴 볼 수 있을 것이

1) Charnes, Cooper and Rodes(1978)가 제시한 DEA모형

2) Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper(1984)가 제시한 DEA모형

다. 셋째, 우리나라의 부산항 및 부산항에 속한 터미널의 각 연도별 효율성과 시간의 흐름에 따른 효율성의 변화를 살펴보고자 한다. 이를 통해서 부산항의 효율성 수준과 부산항에 속한 각 터미널의 효율성 수준 및 효율성 변화 경향을 분석하고자 한다. 넷째, 항만의 효율성은 항만이 가지고 있는 시설적 특성, 지리적 특성, 경제적 특성 등에 따라 상이한 결과를 나타낼 수 있기 때문에 세계 53개 항만을 각 특성별로 구분하고 특성에 따른 그룹간 효율성 및 효율성 변화 경향의 차이를 분석하고자 한다. 마지막으로, 실증분석을 통한 결과를 종합하여 항만 개발자, 항만 운영사, 대형선사 및 글로벌 터미널 운영사 등에 시사점을 제시하고자 한다.

본 논문에서는 상대적 효율성 분석을 실시하고자 2001년 기준 컨테이너 총 처리량 순위 60위권 항만 중 53개 항만을 대상으로 하였으며, 이중 53개의 터미널을 선정하여 이에 대한 효율성 분석을 실시하였다. 각 항만 및 터미널의 자료는 1995년~2001년까지의 연차별로 구성되어 있으며, 각 연도별로 효율성 분석을 실시하고, 시간의 흐름에 따른 효율성 변화의 증감을 보다 면밀한 방법으로 살펴보고자 한다.

본 논문은 총 7개 장으로 구성되어 있다. 제 1장에서 본 논문의 연구목적과 의의를 서술하였으며, 제 2장에서는 세계 컨테이너항만의 주요한 환경변화 및 최근 전세계 컨테이너 시장의 특성들에 대해 살펴보았다. 제 3장에서는 효율성의 개념과 기존 이론을 바탕으로 지금까지 연구되어진 효율성 측정방법을 고찰해 보고, 본 연구에 사용된 DEA모형 및 Malmquist Index 이론에 대하여 고찰하였다. 제 4장에서는 본 연구에서 효율성 분석에 사용된 투입 변수 및 산출변수를 정의하고 분석대상이 된 항만 및 터미널에 대한 기초 통계를 제시한 후 DEA-CCR모형 및 DEA-BCC모형을 이용하여 7개년 동안의 항만 효율성 분석과 3개년 동안의 터미널 효율성 분석을 실시하였다. 제 5장에서는 Malmquist 효율성 지수를 이용하여 시간의 흐름에 따른 효율성 변화를 복합적으로 분석하였다. 제 6장에서는 지리

적 특성, 시설규모 특성 등과 같은 주요 특성에 따라 항만 및 터미널을 구분하고 각 그룹간 효율성 및 Malmquist Index의 차이를 분석 하였다. 마지막으로 제 7장에서는 실증분석을 통해 얻어진 결과들을 종합적으로 검토, 분석하고 그 결과를 통한 시사점을 도출하였다. 이와 더불어 본 연구의 한계점 및 향후 연구방향에 대한 시사점을 언급하였다.

제 2 장 컨테이너항만의 주요 환경 변화

본 장에서는 컨테이너항만을 둘러싼 주요한 환경변화에 대하여 살펴보고자 한다. 컨테이너항만의 효율성에 영향을 미칠 수 있는 환경 변화들의 주요 내용들은 다음과 같다. 우선, 전세계 컨테이너 물동량 흐름에 대해서 알아보고, 선사 및 대형선사와 관련된 환경변화로서, 컨테이너선의 대형화, 대형선사와 글로벌 터미널 운영사의 시장지배력 강화에 대해 고찰할 것이다. 또한 동북아시아의 주요 환경변화에 대해서 동북아시아 컨테이너물동량 증가 및 중국의 성장, 그리고 동북아시아 주요 컨테이너항만의 개발 및 집중 투자에 관련된 내용들을 고찰해 보고자 한다.

2.1 세계 컨테이너 물동량 증가

지난 20여 년간 세계 컨테이너처리량은 GDP증가율 대비 3배 수준의 증가율을 기록하면서 1980년 3천8백만TEU에서 2002년 2억7천백만TEU로 연평균 9.2% 증가율을 나타내고 있다. 특히 아시아권은 1980년 9백8십만 TEU에서 2002년 1억3천2백만TEU를 처리하여 세계물동량 증가율보다 높은 연평균 12.6% 증가율을 기록하였다.

특히 우리나라를 비롯하여 중국이 포함된 동북아지역의 컨테이너 물동량은 1980년 7백7십만TEU에서 2002년에는 8천5백만TEU로 연평균 11.6%가 증가하였으며, 아시아권에서는 그 점유비가 점차 감소하였으나, 세계물동량에서 차지하는 점유율은 1980년 19.8%, 2000년 30.3%, 2002년 31.3%로 점유비율이 점차 증가하고 있다.

또한 2002년 세계 컨테이너터미널 실적치를 기준으로 세계 5대 항만 중 5개 항만, 20대 항만 중 11개 항만이 동북아 지역에 위치하고 있다 (Containerization International Yearbook, 2003). 이와 같은 동북아 지역으

<표 2-1> 아시아 및 세계 컨테이너 물동량 실적

단위 : 천TEU, %

지역	1980	1990	2000	2002	연평균증가율 (1980-2002)	
전세계(A)	38,772	87,783	235,930	271,100	9.2%	
아시아 전체(B)	9,782	34,472	112,751	132,297	12.6%	
기타 지역	극동(C)	7,662	23,015	71,421	84,920	11.6%
	동남아	1,871	9,677	35,901	41,466	15.1%
	남아시아	249	1,780	5,429	5,912	15.5%
C/B	78.3	66.8	63.3	64.2	-	
C/A	19.8	26.2	30.3	31.3	-	

자료 : Drewry Shipping Consultants Ltd.(2002), Global Container Terminals, p.122., Michael Chia(2003), GTOs & The Global port industry, 23rd IAPH World ports conference.

로의 컨테이너물동량 집중현상은 세계무역의 주간선행로(Main Trunk Route)상의 입지와 중국을 중심으로 한 거대한 배후시장이 형성되고 있기 때문이다.

지역별 컨테이너 수요를 전망한 <표 2-3>을 살펴보면, 2003~2007년의 세계 컨테이너물동량은 연평균 6.8%의 증가율을 나타낼 것으로 전망되었다. 특히, 아시아권 및 동유럽의 컨테이너물동량 증가율이 9%대로 상대적으로 높게 나타나고 있다. 이 같은 현상은 아시아권의 경제성장과 동유럽의 개방화 경제정책이 지속될 것으로 전망되기 때문이다. 그러나 대부분의 선진지역에서는 경제성장률이 둔화되고 있으며, 컨테이너화의 진전이 성숙기에 이르러 화물증가율이 소폭에 그칠 것으로 전망되고 있다.

2003년, 세계 컨테이너 시장이 중국의 물동량 급증에 따라 호황세를 이어나가면서, 세계 주요 정기선사와 선주들의 신조선 주문도 크게 증가하였다.

<표 2-2> 세계 주요항만 실적

단위 : 천TEU

순위	항만명	2002년	2001년	증가율(%)	국가명
1	Hong Kong	19,144	17,826	7.4	China
2	Singapore	16,940	15,571	8.8	Singapore
3	Busan	9,453	8,073	17.1	South Korea
4	Shanghai	8,610	6,340	35.8	China
5	Kaohsiung	8,493	7,540	12.6	Taiwan
6	Shenzhen	7,610	5,076	49.9	China
7	Rotterdam	6,520	6,096	7.0	Netherlands
8	Los Angeles	6,106	5,184	17.8	USA
9	Hamburg	5,373	4,689	14.6	Germany
10	Antwerp	4,777	4,218	13.3	Belgium
11	Port Klang	4,530	3,759	20.5	Malaysia
12	Long Beach	4,526	4,463	1.4	USA
13	Dubai	4,194	3,502	19.8	UAE
14	N.Y./N.J.	3,700	3,316	11.6	USA
15	Qingdao	3,410	2,640	29.2	China
16	Bremen/Bermer.	2,999	2,915	2.9	Germany
17	Gioia Tauro	2,955	2,488	18.7	Italy
18	Tokyo	2,900	2,536	14.4	Japan
19	Felixstowe	2,750	2,800	-1.8	UK
20	Laem Chabang	2,749	2,367	16.1	Thailand

자료 : Containerization International Yearbook, 2003.

2003년 컨테이너 신조선 발주는 큰 폭의 증가세를 보였는데 이는 2003년에 이어 2004년에도 높은 증가세를 유지할 것으로 예측되는 중국/미국항 및 중국/유럽항 컨테이너 물동량에 대응할 대형선박의 수요가 크게 증가하였기 때문이다.

<표 2-3> 지역별 컨테이너 수요 전망

단위 : 천TEU

지역	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	증가율
극동아시아	83,460	90,660	99,030	106,004	113,422	8.0%
동남아시아	44,383	49,217	54,263	59,212	64,573	9.8%
중 동	13,037	13,810	14,660	15,421	16,219	5.6%
남아시아	7,904	8,701	9,570	10,492	11,501	9.8%
북미지역	33,670	35,062	36,495	37,895	39,147	3.8%
라틴아메리카	21,689	23,344	25,093	26,765	28,544	7.1%
오세아니아	5,593	5,830	6,112	6,355	6,565	4.1%
아프리카	8,465	8,965	9,461	9,908	10,372	5.2%
동 유럽	1,429	1,575	1,684	1,858	2,046	9.4%
서 유럽	56,962	59,520	62,396	65,114	67,916	4.5%
전세계	276,591	296,684	318,764	339,024	360,305	6.8%

자료 : Drewry shipping consultants Ltd.(2002), Global Container Terminals, p.138.

2003년 9월 말까지 발주된 8,000TEU급 이상의 컨테이너선박은 총 83척이며, 적재능력은 68만TEU에 달하고 있다. 이들 신조선 대형선박은 2004년에서 2006년 말까지 투입될 예정이다. 따라서 2004년부터는 8,000TEU급 이상의 메가 컨테이너선이 대거 취항하게 될 예정이다. 이에 따라 2004년, 세계 컨테이너 선대 운항선박량은 전년대비 9.2% 증가해 713만 5,000TEU 규모가 될 것으로 전망되고 있다.

이상과 같이 전세계 컨테이너 물동량의 증가 및 컨테이너 선대의 증대는 일부 지역으로의 편중된 증가가 예상되고 있다. 즉, 동북아시아로 전세계 컨테이너 흐름이 집중될 것으로 여겨지며, 이에 따른 동북아내의 항만 간 경쟁 및 경쟁우위 확보를 위한 항만의 효율성 증대방안들이 지속적으로 수행될 것이다.

<표 2-4> 세계 컨테이너선대 운항 선박량 추이 및 전망

단위 : 천TEU, %

구분	1999년	'00	'01	'02	'03	'04
선박량	4,393	4,812	5,404	5,968	6,536	7,135
증가율		9.5	12.3	10.4	9.5	9.2

주 : 운항선박량은 연말 기준이며, 2003년 및 2004년은 전망임

자료 : 1) Drewry, Annual Container Market Review and Forecast 2003/2004

2) Clarkson, Container Intelligence Monthly 각호

3) Containerization International 각호

4) 한국해양수산개발원(KMI)

2.2 컨테이너선의 대형화

2003년 Maersk-Sealand사의 'Axel Maesk'호와 OOCL사의 'OOCL Shenzhen'호라는 2척의 신조선이 운항을 개시함으로써 8,000TEU급 메가 컨테이너선 시대가 개막된 해라 해도 과언이 아니다. 그 동안 컨테이너선 대형화 있어서 8,000TEU가 심리적 한계 수준으로 인식되어 왔으나 이 2척의 선박이 취항함으로써 8,000TEU 장벽이 무너지게 되었다. 2003년 5월에 건조된 OOCL Shenzhen호는 8,063TEU를 선적할 수 있는 100,000톤(DWT)급 초대형 선박으로 기네스북에 등재되었다. OOCL사는 삼성중공업에 8,000TEU급 선박 10척을 발주하였는데 현재 취항하고 있는 2척 이외의 나머지 8척은 2005년 말 또는 2006년 초까지 모두 인도될 예정이다. 한편 Maersk-Sealand사도 5월에 Axel Maersk호와 Anna Maersk호를 인도 받아 운항하고 있는데, 이 2척의 적재능력은 OOCL Shenzhen호 보다 약간 큰 것으로 알려지고 있다. 2003년 10월 중순까지 발주된 8,000TEU급 이상의 컨테이너선박은 총 83척이며 적재능력은 68만TEU에 달하고 있다. 이러한 대형선박은 대부분이 2006년말 까지 투입될 예정이며 그 규모와 수량은 다음의 <표 2-5>와 같다.

<표 2-5> 8,000TEU급 이상 초대형 컨테이너선 발주 현황

운항선사	선형(TEU)	척수	선복량(TEU)	투입시기
China Shipping	9500	8	76,000	2006
Hapag Lloyd	8400	2	16,800	2005
미정	8400	3	25,200	2006-2008
미정	8200	9	73,800	2006
Yangming	8200	4	32,800	2006-2007
K Line	8120	4	32,480	2006-2007
Evergreen	8100	8	64,800	2005-2006
MSC	8100	9	72,900	2004-2005
미정	8100	4	32,400	2006
China Shipping	8100	5	40,500	2004-2005
CMA-CGM	8100	11	89,100	2004-2006
OOCL	8000	8	64,000	2004-2006
미정	8000	5	40,000	2005
Hapag Lloyd	8000	3	24,000	2006
합계	8250	83	684,780	

자료 : PR News Service Ltd., October 14, 2003.

특히 중국의 China Shipping사는 8,100TEU급 5척 이외에 사상 최대선형인 9,500TEU급 8척을 2006년에 투입할 예정이며, 2004년부터는 8,000TEU급 이상의 메가 컨테이너선이 대거 취항하게 될 예정이다. 이러한 초대형 컨테이너선의 취항은 선사간 운임경쟁뿐만 아니라 항만간 경쟁도 더욱 가열시키게 될 것으로 예상되고 있다.

8,000TEU급 대형선은 운항경제성을 확보하기 위해 기항지를 축소할 수밖에 없기 때문에 이 모선에 화물을 공급해주는 피더선의 대형화도 가속화 될 것으로 예상되고 있으며, 지금까지 각 지역에서 피더선의 적재능력은 1,000TEU급을 넘지 못하였다. 그러나 8,000TEU급 모선이 보편화되면서

피더선의 적재능력도 1,500TEU급 이상으로 대형화될 전망이다. 특히 대만의 Wan Hai사는 2005년에 2,600TEU급 4척을 아시아 역내항로에 투입할 예정이고 해운업계의 일부 전문가와 브로커들은 1,500TEU급 피더선을 'superfeeder' 또는 'handy class'라고 부르고 있다. 한편, Clarkson Research Studies(CRS)사에 의하면, 2003년 6월 현재 발주된 컨테이너선 3,099척 중 898척의 선형이 1,000~1,999TEU급에 해당되고 있다. 이러한 피더선의 대형화 추세는 항만이 갖추어야 할 경쟁요소가 모선에 한정되는 것이 아니라 피더선에 적합한 시설 및 서비스를 제공할 수 있는 경쟁력 확보방안을 모색하게 하고 있다.

2.3 대형선사와 글로벌 터미널 운영사의 시장지배력 강화

대형 컨테이너 선사들의 시장지배력이 강화되고 있는 가운데 대형 터미널운영사들도 시장에 대한 통제력을 강화하고 있다. 런던 소재 Drewry Shipping Consultants사의 조사에 의하면 글로벌 20대 터미널 운영사들이 전 세계 항만처리량의 56.7%를 차지하고 있다고 발표하였다. 한편, American Shipper지가 조사한 내용을 보면 세계 20대 선사가 세계 컨테이너 선대의 75%를 장악하고 있는 것으로 보고된다. 20대 터미널 운영사들 중 미국 기업은 SSA Marine사와 CSX World Terminal사 뿐이고, 나머지 18개 운영사는 아시아 및 유럽 기업들로 구성되어 있다. 한편 Evergreen, COSCO, Hanjin, APL사 등 선사들도 자회사 형태로 터미널을 운영하고 있다. 이러한 형태의 터미널운영사는 10개 사나 되며, 선사 계열사형태의 터미널 운영사도 1개 사로 파악되고 있다.

대형 터미널운영사들의 인수·확장작업이 지속됨으로써 향후 5년 동안에 Hutchison Port Holding(홍콩), PSA Cor.(싱가포르), APM Terminal(덴마크), P&O Ports(영국) 등 4대 운영사와 기타 운영사들 간의 시장지배력 격

차는 더욱 벌어질 것으로 예상되고 있다. 4대 운영사들의 2002년 화물처리량은 9,300만TEU로써 시장점유율이 33.6%에 달하고, HPH사는 3,670만TEU를 처리하여 13.3%를 차지하였고, PSA사는 2,620만TEU(9.5%), APM Terminal사는 1,720만TEU(6.2%), P&O Ports사는 1,280만TEU(4.6%)를 처리하였다. 따라서 터미널운영 메이저들의 인수 및 확장이 지속되면 이들 4대 운영사의 시장 지배력이 더욱 강화될 것이다. 최근 수년간 확장사업을 적극적으로 추진해온 터미널운영사는 HPH사와 P&O Ports사이고, 미국의 선사인 Sea-Land Service사를 인수한 APM Terminal사는 단숨에 3위로 올라오는 성과를 이룩하고 있다. Drewry사가 조사한 2002년 이후 기존 터미널의 운영권이나 터미널운영사를 인수한 사례는 다음의 <표 2-6>과 같다.

<표 2-6> 터미널 운영권 및 터미널 운영사 인수 사례(2002년 이후)

운영사	인수사례
미국 SSA Marine	멕시코 TMM Ports and Terminals 인수
P&O Ports	CMA CGM사의 프랑스 Egis Ports(운영권 포함) 인수
	Casco and Canadian Stevedoring사 인수
HPH	Hyundai Merchant Marine사 한국터미널 인수
	멕시코 Lazaro Cardenas사 지분 51% 인수
NYK Line	미국 Ceres Terminals Inc.사 인수
PSA	벨기에 Hesse Nord-Natie사 인수

항만 운영이나 항만 개발자금 조달에 있어서 민간기업의 역할이 커지고 있으며, Drewry사가 2002년 화물처리량이 100만TEU를 초과하는 세계 대형항만의 통제권을 조사한 결과에 의하면 공공부문이 관리하고 있는 비중은 총 처리 능력의 10% 미만인 것으로 조사되었다.

Drewry Shipping Consultants사의 조사에 의하면 북유럽 항만의 2002년 컨테이너화물 중 45% 이상이 글로벌 4대운영사들에 의해 처리되었으며, 극동지역의 2002년 터미널운영시장에서는 HPH사가 총물동량의 25% 이상

을 처리함으로써 2위인 China Merchants Holdings사의 처리량보다 3배나 많은 것으로 조사되었다. 한편 중국에 진출한 터미널운영사로는 HPH, China Merchants Holdings, COSCO Pacific, PSA, APM Terminals, CSX World Terminals, P&O Ports, Dragados사 이며, 모두 20대 글로벌 터미널 운영사이다. 2002년 기준, 터미널 운영사별 시장점유율 현황은 다음의 <표 2-7>과 같다.

<표 2-7> 터미널운영회사별 시장점유율 현황(2002년)

단위 : 백만TEU

순위	운영회사	처리량	점유율
1	Hutchison Port Holdings (Hong Kong)	36.7	13.3%
2	PSA (Singapore)	26.2	9.5%
3	APM Terminals (Denmark)	17.2	6.2%
4	P&O Ports (United Kingdom)	12.8	4.6%
5	Eurogate (Germany)	9.5	3.5%
6	Evergreen (Taiwan)	5.7	2.1%
7	Dubai Ports Authority (U.A.E.)	5.3	1.9%
8	COSCO (China)	4.7	1.7%
9	Hanjin (Korea)	4.7	1.7%
10	SSA Marine (United States)	4.4	1.6%
11	APL (Singapore)	4.3	1.6%
12	Hamburger Hafen und Lagerhaus AG (Germany)	4.0	1.4%
13	NYK Line (Ceres 포함), (Japan)	3.5	1.3%
14	OOCL (Hong Kong)	3.0	1.1%
15	CSX World Terminals (United States)	2.7	1.0%
16	MOL (Japan)	2.7	1.0%
17	Dragados (Spain)	2.3	0.8%
18	K Line (Japan)	2.2	0.8%
19	Terminal de Contenidors de Barcelona (Spain)	2.2	0.8%
20	Mediterranean Shipping Co. (Switzerland)	2.2	0.8%
20대 운영사 합계		154.1	56.7%

자료 : Drewry Shipping Consultants.

정기 선사들은 컨테이너 수송원가의 약 30%의 비중을 차지하는 컨테이너 터미널 비용을 자사의 문전에서 문전까지(door to door)의 컨테이너 수송비용에 편입시켜 비용을 절감시키기 위해 전용터미널을 확보·운영하는 한편, 자사 터미널간 네트워크를 통해 연계 운영하고 있다.

전용터미널의 확보는 입·출항 및 하역작업 시 자사 선박에 우선권을 부여하고 화주에게 안정적인 서비스를 제공하며, 물량집하 경쟁에서 우위를 확보하는 수단으로 부각되고 있다. 이와 함께 1990년대 들어와 Hutchison Port Holdings, PSA, P&O Ports 등으로 대표되는 전문 컨테이너부두 운영업체에 의한 범세계적 터미널 경영이 급속히 확산되고 있다(<표 2-8> 참조).

<표 2-8> 정기선사의 컨테이너 전용터미널 운영현황 및 확충계획

선사	항만	운영현황 및 확충계획
Maersk-Sealand	Oakland, Long Beach, New York/New Jersey 등 28개항	A.P. Moller 그룹의 항만전담회사이면서 Maersk-Sealand 자매회사인 APM Terminals이 전담 운영
Evergreen	Los Angeles, Tacoma 등 7개항	이탈리아 Taranto항 환적센터 건설
Cosco	Hong Kong, Shekou 등 7개항	Long Beach 및 Taicang항 개발
OOCL	Kaohsiung, Vancouver BC	시드니의 Port Botany 터미널시설의 개발예정
NOL/APL	Karachi, Los Angeles, Oakland 등 8개항	
현대상선	Long Beach, Kaohsiung, 타코마 3개항	2002년 중 한국내 컨부두 매각
한진해운	Long Beach, 부산감만, 감천, 광양, Hamburg, Kaohsiung, Seattle, Chicago, Toyko, Osaka 10개항	중국과 태국에 전용터미널 건설계획

자료 : Containerization International Year Book, 각호.

컨테이너부두 운영의 글로벌화를 주도하는 세계 유수의 운영업체는 홍콩의 Hutchison Whampoa 그룹의 자회사인 Hutchison Port Holdings(HPH), 싱가포르항만 운영업체인 PSA Corp., 덴마크 A.P. Moller 그룹의 항만전담 회사이면서 Maersk Sealand의 자매회사인 APM Terminals, 영국 P&O 그룹의 항만전담 회사이면서 P&O Nedlloyd Container Line의 그룹계열사인 P&O Ports, 독일 항만그룹인 Eurogate, 미국 시애틀에 본사를 둔 Stevedoring Services of America(SSA), 미국 운송복합기업집단 CSX의 항만전담회사인 CSX World Terminals 등 7대 기업이다.

<표 2-9> 세계 주요 컨테이너터미널 운영업체의 지역별 운영현황

(2000년 기준)

운영업체	처리 물량 (만TEU)	터미널 수	지역별 터미널 수						
			북미	중미	남미	아시아/ 중동	유럽	아프리카	오세아니아
합 계	8,400	127	26	10	7	49	27	3	5
HPH	2,530	29	-	6	1	17	4	1	-
PSA	1,980	11	-	-	-	7	4	-	-
APM	1,300	28	11	-	2	9	5	1	-
P&O Ports	830	27	6	-	1	11	4	1	4
Eurogate	770	9	-	-	-	-	9	-	-
SSA	600	14	9	3	2	-	-	-	-
CSXWT	350	9	-	1	1	5	1	-	1

자료 : American Shipper, February 2002.

이들 7대 운영업체들은 2000년에 세계 컨테이너 항만물동량 2억 3천만 TEU의 37%에 달하는 8,400만TEU를 처리하였다. HPH의 경우 전세계적

으로 29개(아시아·중동 17개소) 지역에서 항만/터미널을 운영중이며, 전 세계 컨테이너 항만물동량의 11%에 달하는 2,530만TEU를 처리하고 있다. 싱가포르의 PSA는 11개(아시아·중동지역 7개) 지역에서 1,980만TEU를 처리하여 8.6%의 점유율을 기록하였다. 이밖에 APM Terminals는 28개(아시아·중동 9개) 지역에서 1,300만TEU를 처리하여 5.7%를 차지하고 있다.

우리나라의 경우 컨테이너 전용터미널의 개발 및 운영과 관련하여 국제 입찰을 통한 글로벌 터미널 운영업체의 자본과 기술을 유치하려는 움직임이 활발해지고 있다. 이러한 결과로 홍콩 HPH(Hutchison Port Holdings)가 현대 상선으로부터 HBCT 및 Gamman과 Gwangyang 1단계 터미널 각 1선석을 인수하였고, 인천 남항에 싱가포르 PSA의 진출과 Gwangyang 2단계에 홍콩의 HPH가 현대 상선, 한진 해운과 컨소시엄 형태로 운영에 참여하였다. 또한 부산 신항만에는 예전의 Sea-Land Terminal이었던 CSXWT가 참여하고 있다. 그러므로, 부산, 광양항은 국내 터미널 운영사와 글로벌 터미널 운영사간의 경쟁이 불가피할 것으로 여겨진다.

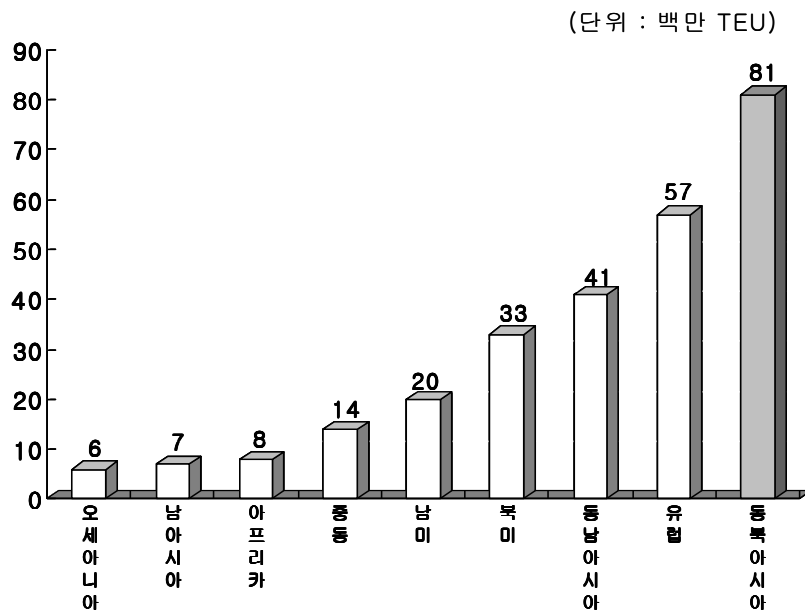
<표 2-10> 해외 운영사의 국내 진출 사례

구분	부두	회사명	기타
부산항	자성대	HPH(HKT)	지분 100%(운영)
	감만부두(HPH)	HPH(HKT)	지분 100%(운영)
	감만부두(KEC)	OOCL·ZIM	지분 20%
	신감만(동부건설)	Evergreen	지분 30%
	신항만	CSXWT	지분 24.5%(운영)
광양항	1단계(HPH)	HPH(HKT)	지분 100%(운영)
	1단계(KEC)	OOCL·ZIM	지분 20%
	2단계	HPH(KIT)	지분 80%(운영)
인천남항	인천남항	PSA	지분 60%(운영)

자료 : 해양수산부(2002), 해양수산백서, pp.307-309. 재정리

2.4 동북아시아 컨테이너물동량 증가 및 중국의 성장

아래의 <그림 2-1>은 2002년 기준 전세계 지역별 컨테이너 물동량을 나타낸 것이다. 동북아시아는 약 8천백만TEU를 처리함으로써, 기타 지역보다 월등한 물동량을 처리한 것으로 나타났으며, 중국의 OECD가입 이후 지속적으로 증가할 것으로 전망되고 있다.



자료: Drewery Shipping Consultants, 2002
2002년 기준

<그림 2-1> 세계 지역별 컨테이너 물동량

1999년부터 향후 10년간 세계경제의 성장률은 2~3% 수준으로 전망되나, 경제의 글로벌화와 개방화, 국제 분업체제의 확산 및 생산·물류거점의 재배치, 전자상거래의 발달에 따른 상품의 거래범위와 대상 확대, 동북아 경제권의 경제력 증대 등으로 국가간 교역량이 증가하면서 컨테이너 항만

물동량은 1999~2011년 기간 중 연평균 6.7% 증가할 것으로 전망된다.

동북아는 EU, 북미(NAFTA)와 함께 세계 3대 교역권의 하나로 부상하면서 동북아의 컨테이너 항만물동량은 1999~2011년 기간 중 연평균 8.1% 증가할 것으로 예상된다. 이에 따라 동북아의 컨테이너 항만물동량은 1999년의 5,400만TEU에서 1억 3,700만TEU로 증가하고, 동북아의 컨테이너화물 처리비중도 1999년의 25.7%에서 2011년에는 31.9%로 크게 증가할 전망이다(<표 2-11> 참조).

<표 2-11> 세계 및 동북아 컨테이너 항만물동량 전망

단위 : 백만TEU

구 분	1999	2000	2006	2011	연평균 증가율
전세계(A)	201	210	322	430	6.7%
동북아(B)	54	59	97	137	8.1%
(B/A, %)	(25.7)	(28.1)	(30.1)	(31.9)	-

자료 : Ocean Shipping Consultant, 1999.

2001년 9·11 테러 이후 세계 해운경기는 하강추세에 빠졌으나, 2002년 하반기 이후 '중국 붐'에 의해 해운경기가 되살아나고 있다. 이 같은 '중국 붐'은 물동량 증가, 운임 인상, 선박 수요 폭증, 용선료 및 선가 상승 등 연쇄적인 효과를 연출하고 있다. 이제 중국은 세계 해운경기의 호불황 결정요인으로 평가받게 되었으며, 전문가들은 이를 "중국효과(China Effect 또는 China Boom)"라고 하고 있으며, 중국의 물동량이 증가하는 것은 중국이 글로벌 생산 공장(the manufacturing capital of globe)으로 발전하고 있기 때문이며, 각국의 생산 공장이 중국으로 이전하는 것은 중국의 인건비가 서방 선진국의 1/10에 불과하기 때문인데, 이 같은 생산시설 재배치(relocation)는 향후 5~10년 동안 글로벌 공급사슬(global supply chain)에

가장 중요한 구조적 변수로 작용할 것으로 예상된다. 이와 같이 선진국 제조업체의 중국 이전이 지속되는 데다 중국의 내수시장 개방도 확대될 것이므로 중국의 수출입 해상물동량 증가추세는 당분간 지속될 것으로 예상되고 있다. 상해항, 심천항 등 중국 7대 항만의 2003년 컨테이너화물 처리실적은 전년 대비 39.8% 증가한 3,527만TEU에 달할 것으로 예상되고 있으며, 상해항은 2003년 총 처리 물동량이 1,098만TEU에 달하여 홍콩, 싱가포르에 이어 세계 3위 항만으로 부상할 것이다. 심천항도 2003년 총 처리 실적이 1,047만TEU로써 부산항과 세계 4위 자리를 다투게 되었다. 이밖에 청도항은 400만TEU를 초과하고, 천진항은 300만TEU를, 그리고 대련항은 250만TEU를 초과할 것으로 예상된다. 중국 7대 항만의 2003년 컨테이너 처리실적은 다음의 <표 2-12>와 같다.

<표 2-12> 중국 7대 항만의 컨테이너 처리실적 및 전망(2003년)

단위 : 만TEU

구분	상반기 합계	하반기							총 합계
		7월	8월	9월	10월	11월	7~11월 소계	하반기 합계	
대련	72.71	13.20	14.10	14.90	16.10	17.50	75.80	89.30	162.01
천진	144.56	25.77	26.81	26.20	26.70	27.66	133.14	158.39	302.95
청도	208.78	34.01	34.96	34.36	36.26	36.88	176.47	211.49	420.27
상해	505.00	97.00	100.00	100.00	102.00	103.00	502.00	593.55	1,098.55
하문	110.57	19.69	20.09	20.67	19.37	20.85	100.67	119.87	230.44
심천	452.09	86.40	105.66	107.23	110.69	97.92	507.90	595.17	1,047.26
광주	123.70	22.83	22.39	22.02	21.92	30.51	119.67	141.79	265.49
소계	1,617.41	298.9	324.01	325.38	333.04	334.32	1,615.65	1,909.56	3,526.97

주 : 하반기 합계는 예상치임

자료 : 중국교통부자료를 기준으로 KMI 제작성

2.5 동북아시아 주요 컨테이너항만 개발 집중화

전세계 항만의 개발계획과 항만 대형화 및 고도화 계획이 경쟁적으로 수립되고 있는 가운데, 그 중에서 동북아시아의 중국, 대만, 한국의 항만개발 계획을 살펴보고자 한다.

중국의 경우, 상하이 양산심수항 개발 계획과 동해 해상대교 건설, 배후 기지이자 자유항인 노조항 신도시 개발로 구성되어 있으며, 양산 수심항 건설의 총투자 예산은 500억 RMB(약 60억불)이며, 전체 개발 면적은 18km²이다. 양산심수항의 개발 규모는 2020년까지 선석 52개(수심 15~18m), 컨테이너 처리능력 2,200만TEU로 제1기 공사는 2005년도 완공 정이며 10,000TEU급 컨테이너 선박 하역에 이용될 20대의 슈퍼 C/C도 설치할 예정이다. 양산심수항 개발 계획의 자세한 내용은 <표 2-13>과 같다.

<표 2-13> 양산 컨테이너 터미널 공사 개요

구분	제1기	제2기	제3기	제4기	합계
완공시기	2005년	2006년	2008년	2010년	2020년
투자규모	143억위엔 (17.5억불)	TBA	TBA	TBA	TBA
면적	23km ²	TBA	TBA	TBA	TBA
선석	5	14	20	23	52
하역능력	220만TEU	TBA	TBA	TBA	2,200만TEU

TBA : To Be Announced

자료 : 상하이 항무국 자료, 동북아 물류동향 제 6호, 부산발전연구원(2004. 2)

중국의 상해 인근의 닝보항은 2003년 말 기준 250만TEU를 처리하였고, 현재까지 선석 7개(수심 13.5~15m), 부두길이 2,138m에 불과하지만 2004년까지 5개 선석을 갖춘 베이룬(BEILUN) 4개 컨테이너 터미널을 완공할 예정이다(<표 2-14>참조).

<표 2-14> 닝보항 컨테이너 터미널 개발계획

사업목적 및 사업명칭	BEILUN CONTAINER TERMINAL 4기
사업기간	2002년-2004년 건설, 2005년 운영개시
관련세부내용	총연장 3,000m(1기 공정은 1,700m, 선석 5개), 수심 17m 터미널 건설 계획, 2004년 1-2개 선석 완공예정, CY 면적 260,000m ² , CFS면적 8,000m ² , 파나막스 접안 가능, 철도 없음
개발계획 및 운영주체	영과 항무국(기타 합작 회사 협의중)
총사업비	1기 공정 총 사업비 33억 RMB

자료 : 동북아 물류동향 제 6호, 부산발전연구원(2004. 2)

동북아 주요 항만의 2011년까지의 항만 개발 계획의 주된 내용은 다음의 <표 2-15>와 같다. 중국의 청도, 톈진, 대련항은 각각 2011년까지 각각 4개 선석, 14개 선석, 6개 선석을 개발할 예정이며, 대만의 카오슝항은 기존 26개 컨테이너 전용선석 이외에 2010년까지 총 16개 선석을 추가로 개발할 계획을 가지고 있으며, 이 중에서 2개 선석은 15,000TEU급의 초대형 선박이 접안 가능하도록 설계되었다. 한국의 경우는 부산신항이 2011년 까지 30개의 선석을 완공할 예정으로 개발 중이며, 광양항은 26개의 선석을 개발할 예정이다.

<표 2-15> 동북아 주요 항만의 개발 계획

구 분	2003년		2011년	
	선석수	선석길이(m)	선석수	선석길이(m)
부산	22	11,066	52	17,566
광양	7	2,550	33	11,700
상하이	18	4,681	74	27,081
청도	8	1,898	12	3,298
톈진	8	2,360	23	7,610
대련	5	1,500	11	3,600
카오슝	26	8,101	42	-

자료 : 해양수산동향 제 1070호, KMI(2002. 8), Containerization International Yearbook 각 년호.

제 3 장 DEA 모형 및 Malmquist Index

3.1 효율성의 개념 및 측정방법

효율성의 정의는 다양하지만, 기업의 생산과정에서의 효율성이란 다분히 기술적인 의미를 내포하고 있어서 투입물에 대한 산출량의 비율을 의미하며 이런 맥락에서 여러 가지 투입요소를 이용하여 산출물을 생산하는 다수 투입-다수산출 하는 항만의 효율성은 대개 투입 요소간의 적절한 결합과 사용에 의해 결정된다. 다시 말해 투입물간의 산출물이나 투입물의 효과적인 사용에 관한 문제는 생산과정에서 일정한 산출물을 생산하기 위해서 필요한 수준과 투입물간의 관계에서 발생한다.

일반적으로 효율성(생산성)의 개념은 투입물에 대한 산출물의 비율로 정의된다. DEA에 있어서 효율성에 대한 정의는 Charnes and Cooper(1985)에 의하면 다음과 같다.

- DMU의 산출물은 투입요소의 일부를 증가시키거나 또는 산출물의 다른 일부를 감소시키지 않고서는 증가될 수 없다.
- DMU의 투입물은 산출물의 일부를 감소시키거나 또는 투입요소의 다른 일부를 감소시키지 않고서는 감소될 수 없다.

일반적으로 비효율성은 투입물을 이용하여 산출물을 생산하는 과정에서 비효율적인 투입물간의 결합이나 사용 때문에 발생하는 것으로서, 투입물의 비효율성(input inefficiency)과 산출물의 비효율성(output inefficiency)으로 나눌 수 있다.

효율성 측정이론은 비율분석법, 생산성 지수법, 함수적 접근법, 모수적 접근법 등으로 구분할 수 있으며, 그 중에서 비율분석법 중 재무비율분석

법, 생산성 지수법, 함수적 접근법 중 비용함수 접근법, 모수적 접근법 중 계량경제학의 프론티어 접근법을 중심으로 살펴보고 그 한계점을 알아보고자 한다.

① 비율분석법(ratio analysis approach)

비율분석은 기업의 경영업적을 평가하는 데 널리 이용되는 분석방법으로 재무제표를 이용하여 기업의 경제적 실태를 설명해 줄 수 있는 재무비율을 계산한 다음, 이를 산업표준비율과 비교하거나 특정기업의 재무비율 추이를 관찰하여 기업의 수익성, 유동성, 안정성, 성장성 등을 분석하는 방식으로 이루어진다. 이러한 비율분석을 통한 효율성 평가는 실무분야에서 널리 사용된다.

이러한 재무비율은 기업의 경영성과를 용이하게 개관할 수 있는 장점이 있으나 각종 비율 지표들 간의 가중치가 평가자의 자의적 판단에 따라 결정되거나 경영성과에 대한 부분적인 비율 분석치만을 가지고 전체적인 투입-산출에 대한 효율성을 규명하기 어렵다는 점, 단기적 성과에 치중하여 장기적 성장에 기여하는 경영자의 활동이나 투자의사결정의 가치를 평가할 수 없다는 단점이 있다.

② 총생산성지수법(productivity index approach)

총생산성을 측정하는 지수법에는 투입요소와 산출물의 구성요소와 측정 방법, 산출의 산정기준(판매액 또는 생산액)에 따라 여러 가지 형태의 모형이 있으나 일반적인 형태는 다음과 같다.

$$\text{총생산성 지수(TP)} = \text{TO} / (\text{L} + \text{K} + \text{R} + \text{OC}) \quad (3.1)$$

단, TO : 총생산량

L : 노동투입량

K : 자본투입량

R : 원재료투입량

OC : 기타경비투입량

이러한 총생산성 지수법은 항만 경영자의 관점에서 볼 때 변환 과정의 효율성을 나타내는 척도가 되며 전략적 차원에서의 합리적 의사결정에 기여한다. 그러나 지수에 의한 총생산성의 개념은 규모에 대한 보수가 불변인 상태를 가정하고 있어 다품목생산체제의 경우 규모의 경제나 범위의 경제를 측정할 수 없다. 또 다수의 산출물과 다수의 투입물을 동시에 고려할 수 없다는 등의 단점이 있다.

③ 비용함수 접근법(function approach)

다품목의 서비스를 생산하는 은행의 비용함수는, 규모 및 범위의 경제를 규명하기 위해 여러 가지 유형의 다품목비용함수(multi-product cost function) 즉 콥-더글라스 생산함수나 CES생산함수, 트랜스로그 생산함수 등이 제시되고 있다. 다품목 비용함수를 통한 실증분석이 기업에 적용되기 위한 중요 논점은 생산과정을 어떻게 모형화 하느냐 하는 것과 기업에 있어서 규모 및 범위의 경제의 원천을 규명하는 데 있다.

신축적인 함수형태를 갖되 실증적 분석에 유용하도록 비교적 간단한 형태를 취하는 트랜스로그함수의 형태는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln C^* = & \alpha_0 + \sum_{r=1}^s \alpha_r \ln y_r + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln w_i + \frac{1}{2} \sum_{r=1}^s \sum_{t=1}^s \delta_{rt} \ln y_r \ln y_t \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m r_{ik} \ln w_i \ln w_k + \sum_{r=1}^s \sum_{i=1}^m \rho_{ri} \ln y_r \ln w_i + \varepsilon \end{aligned} \quad (3.2)$$

또한 위 식이 비용함수이기 위해서는 다음의 대칭성 제약과 일차동차성 제약이 충족되어야 한다.

$$\text{대칭성 제약 : } \delta_{rt} = \delta_{tr} ; r_{ik} = r_{ki} ; \rho_{ri} = \rho_{ir} \quad (3.3)$$

요소가격에 대한 일차동차성 제약 :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m \beta_i = 1, \quad \sum_{i=1}^m r_{ik} = 0, \quad (k=1, \dots, m) \\ \sum_{i=1}^m \rho_{ri} = 1 \quad (r=1, \dots, s) \end{aligned} \quad (3.4)$$

비용함수 접근법에 의한 연구는 통계적 회귀분석법을 사용함에 따른 일반적인 문제뿐만 아니라 모델에 사용된 함수형태에 따라 연구결과에 상당한 차이를 가져오고 있다. 또, 이러한 연구는 거시적이고 통계적인 분석방법을 통하여 해당 업종의 규모 및 범위의 경제성을 개관할 수 있는 장점은 있으나 사전적인 비용함수의 형태를 가정하고 있다는 문제 외에도 분석대상의 표본수가 한정되어 있는 경우 신뢰성 있는 비용함수를 추정하기가 어렵고 최소자승법에 따른 평균값을 사용하여 효율성 차이를 측정하기 때문에 특정한 값의 영향을 크게 받게 된다는 단점이 있다.

④ 모수적 접근법

이상에서 비율분석법, 총생산성 지수법, 회귀분석법 등의 효율성 측정방법을 살펴보았다. 이 외에 또 다른 효율성 측정방법의 분류를 살펴보고자 한다. 경제학에서 효율성을 측정함에 있어서 관찰된 자료(observed data)를 토대로 경험적 생산함수 혹은 프론티어를 추정하는 방법에 따라 두 가지의 접근방법으로 분류할 수 있다. 흔히 이들은 모두 모수적 접근법(parametric approach)과 비모수적 접근법(non-parametric approach)으로 불린다.

또한, 이들은 확률적 접근방법(stochastic approach), 비확률적 접근방법(non-stochastic approach)이라고도 하는데, 모수적 접근방법은 주로 계량경제학적인 기법으로서 프론티어를 추정하며 비 모수적 접근방법은 주로 수리계획법에 의해 프론티어를 추정한다.³⁾

먼저 모수의 접근방법 중 대표적으로 계량경제학적 프론티어 접근방법(EFA)을 살펴보면, 비용함수와 share equation으로 구성된 EFA모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln CA &= \ln CF + \ln A + u \\ SA_i &= SF_i + b + u \quad (\text{단, } i=1,2,\dots,m) \end{aligned} \quad (3.5)$$

이 방법은 전통적인 비용함수를 변형시켜 그 변형된 함수의 예측치가 비용프론티어를 형성하게 되고 비효율성은 잔차항에 포함된다. 따라서 비효율성을 측정하기 위해서는 잔차항에 포함되어 있는 비효율성과 잔차변동(random fluctuation)을 구분하여 비용함수의 프론티어로부터 각 기업의 이탈(deviation) 정도로써 기술적 비효율성이 측정될 수 있고 배분적 비효율

3) Ferrier and Lovell(1990)은 모수적 접근방법을 계량경제학적인 접근방법(econometric approach), 비모수적 접근방법을 선형계획법에 의한 접근방법(linear programming approach)으로 분류하였다.

성도 자료의 평균으로부터 구할 수 있다. 그러나 이 방법에서는 비효율성의 구성 원소들이 일반적으로 비대칭적인 반정규분포(half normal distribution)를 따르고 잔차 변동은 대칭적인 정규분포를 따른다는 가정이 필요하다. 이러한 가정 하에서 잔차항을 비효율성과 잔차변동으로 구분하기 때문에 비효율성의 결과는 결정적으로 자료의 왜곡도에 의존하게 된다. 즉, 다소 대칭적인 비효율성은 잔차변동으로 간주되고 다소 비대칭적인 잔차변동은 비효율성으로 간주됨으로써 비효율성을 정확하게 측정할 수 없게 된다.

3.2 DEA모형

3.2.1 DEA 모형의 개념

Charnes, Cooper, Rhodes(1978)가 제시한 DEA모형은 다수의 산출요소와 투입 요소간의 관계를 객관적인 방법으로 동시에 고려하여 그 효율성 값을 도출하는 방법으로서, 기존의 생산성 측정방법이 가지고 있는 문제점들을 극복한 비모수적 방법이다. 평가 대상인 DMU들의 효율성 값을 측정하는 과정에서 각각의 산출물 또는 투입요소에 대해 미리 결정된 가중치를 필요로 하지 않을 뿐만 아니라, 비효율성이 어느 부문에서 얼마 정도가 발생하는지에 대한 정보를 제공해 주는 상대적인 평가 방법이다.

비모수적 효율성 측정방법 중에서 DEA는 통계학적으로 회귀분석법과는 달리 사전적으로 구체적인 함수형태를 가정하고 모수(parameter)를 추정하는 것이 아니고, 선형계획법에 근거하여 일반적으로 생산 가능집합에 적용되는 몇 가지의 공준을 가지고 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출물간의 자료를 이용하여 경험적 효율적으로 프론티어를 도출한 후 평가대상들이 효율성 프론티어상에서 얼마나 떨어져 있는지의 여부로써 비효율성을 측정한다. 이 방법은 다양한 산출물과 여러 가지 투입요소를 동시에 고려

하여 상대적 효율성 값을 도출하며 그 과정에서 각각의 산출물 또는 투입 요소에 대해 미리 결정된 가중치를 필요로 하지 않는다. 뿐만 아니라 비효율성이 어느 부문에서 발생하며 그 크기가 얼마 정도인지에 대한 수치적 정보를 제공해줌으로써 경영자가 효율성을 제고하는데 실제적인 도움을 줄 수 있다는 장점이 있다.

DEA는 투입과 산출의 명확한 인과관계를 밝히기 어려운 비영리적이거나 공적인 의사결정단위(Decision Making Unit: DMU)들의 상대적 효율성을 평가하기 위하여 개발된 기법으로서, 여러 종류의 산출을 생산하기 위하여 여러 종류의 투입요소를 사용하는 조직들의 생산성을 평가하기 위한 선형 계획 기법(Linear Programming Technique)이다. 이 방법은 DMU들로부터 산출과 투입을 상호 비교함으로써 생산성을 측정하고, 측정대상이 되는 DMU를 다른 DMU들과 비교하여 상대적 개념에서의 비효율성을 나타내준다. 앞에서 살펴본 것처럼 모수적 접근방법이 자료들을 평균에 회귀시키려는 목적을 가지고 있는데 반해 DEA는 자료들을 모두 포락하는 선형평면을 구하는 것이 목적이므로 자료들의 점을 찍었을 때 평균에 가까운 자료보다는 변위에 위치하는 자료들이 더 중요하다. 또 모수적 분석방법은 정태적 분석 및 산업전체의 분석에 주로 이용하였는데 이와 다르게 DEA는 한 시기의 특정산업의 생산단위 개개에 대한 생산경계를 추정하는데 주로 이용한다. 여기서 평가대상이 되는 단위를 의사결정단위(DMU)라고 부르는데 각 DMU는 여러 가지 투입요소를 사용하여 다양한 산출물을 생산하는 책임중심점으로서 병원, 학교, 법원, 군부대, 은행을 비롯한 금융기관 등 여러 가지가 있을 수 있다.

DMU의 선정 시 지켜야 할 원칙으로는 각 DMU간에는 그 성격이 유사하여야하고, 투입요소와 산출요소를 통제할 수 있는 경제주체이어야 하며, 평가 대상이 되는 DMU의 수는 추정된 효율성 값이 신뢰도를 확보할 수 있도록 충분히 커야한다.

DEA 방법은 투입과 산출의 명확한 관계를 밝히기 어려운 비영리적이고 공적인 DMU들 간의 상대적 효율성을 평가하기 위해 개발된 이래 은행지점의 영업성과 평가(Schaffnit, Rosen, & Paradi, 1997), R&D 프로젝트 평가(Oral, Ossama & Lang, 1991), 생산기술의 선택(Shang & Sueyoshi, 1995), 소프트웨어 개발팀의 평가(Parkan, Lam & Hang, 1997), 소매점의 효율성 평가(Rhonda, Richard & William & John, 1998) 등 수많은 분야에 걸쳐 평가방법으로서 응용되어 왔다.

비율분석법이나 지수법은 보통 여러 가지 비율 혹은 지수 중 몇 가지는 유리하게 나타나고 몇 가지는 불리하게 나타날 경우 종합적으로 평가하는 어떤 체계적인 방법이 존재하지 않는다. 따라서 비율분석법에서 선택되는 비율들, 지수화 시키는데 사용되는 가중치의 선택 등이 상당히 주관적이다.

또 종래 특정한 비용함수를 가정하고 회귀분석법에 의해 구체적 비용함수를 추정하는 비용함수를 이용한 효율성분석과 달리 함수형태를 사전에 가정하지 않고 단순히 정규조건에 의해 규정되어지는 생산 가능집합(production possibility set)만을 가정하여 직접 분석하는 것이 특징이다.

DEA기법 특성은 다음과 같다.

첫째, DEA기법은 다수의 투입과 산출이 존재하나 이들을 적절한 방법으로 하나의 지수로 종합화하기 힘든 경우에 유용하게 사용될 수 있다. 특히, 투입 및 산출요소들의 측정단위가 각각 다른 경우에도 적용 가능하고 화폐단위로 표시 불가능하거나 매매의 대상이 될 수 없는 자원의 경우에도 적용이 가능하다.

둘째, DEA에서는 평가대상 조직과 투입과 산출관계가 유사한 다른 효율적인 조직들이 먼저 선정되고 이를 준거집단으로 하여 상대평가를 한다. 이에 따라, 비효율적인 조직의 경우에는 실현가능한 목표치의 설정이 가능하게 되고 비효율성의 원인이 순수 기술적인 것인지, 아니면 규모에 의한 것인지를 밝힐 수 있으며 각 DMU의 규모 수익에 대한 특성을 알 수 있

다.

셋째, DEA에서는 평가 대상조직의 효율성을 최대화 하는 투입과 산출에 대한 가중치를 직접 추정하기 때문에, 비율분석 등과 같이 경영평가를 위한 항목별 가중치를 사전에 주관적으로 결정할 필요가 없다. 그리고 측정 단위가 상이한 여러 가지의 투입요소와 산출물을 동시에 고려할 수 있다. 이와 같이 이들 측정단위가 상이한 여러 산출물 및 투입요소가 동시에 사용되는 경우는 다른 측정방법에서는 거의 찾아볼 수가 없다.

넷째, 구체적 생산함수에 관한 정의를 필요로 하지 않는다. 즉 효율적인 투입, 산출 관계를 알 필요가 없다. 따라서 DEA는 비영리적이며 공적인 부문을 평가하는데 유용한데, 이들 조직의 산출은 시장경제에 의해 가격결정이 이루어지지 않고 산출에 필요한 투입량의 관계를 명확히 정의하기 어렵기 때문이다. 종래 특정한 비용함수를 가정하고 회귀분석법에 의해 구체적인 비용함수를 추정하는 효율성 분석과는 달리, 특정한 함수형태를 사전에 가정하지 않고 단순한 정규분포에 의해 규정되는 생산 가능집합만을 가정하여 직접 분석하는 것이 특징이다.

3.2.2 DEA 모형의 전개

일반적으로 효율성이라 함은 다음과 같이 하나의 투입요소와 산출요소를 이용하여 표현할 수 있다.

$$\text{효율성 (Efficiency)} = \frac{\text{산출 (output)}}{\text{투입 (Input)}} \quad (3.6)$$

이러한 표현 식은 각기 다른 다수의 투입요소와 산출요소에 대한 효율성을 설명하기엔 부적합하다.

그러므로 다음과 같은 식으로 상대적인 효율성을 표현할 수 있다.

$$\text{효율성 (Efficiency)} = \frac{\text{weighted sum of outputs}}{\text{weighted sum of inputs}} \quad (3.7)$$

즉, 각 평가대상의 효율성은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\text{평가대상 } j \text{의 효율성} = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots} \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned} u_r &= \text{산출요소 } r \text{에 주어진 가중치} \\ y_{rj} &= \text{평가대상 } j \text{의 산출요소 } r \text{의 양} \\ v_i &= \text{투입요소 } i \text{에 주어진 가중치} \\ x_{ij} &= \text{평가대상 } j \text{의 투입요소 } i \text{의 양} \end{aligned}$$

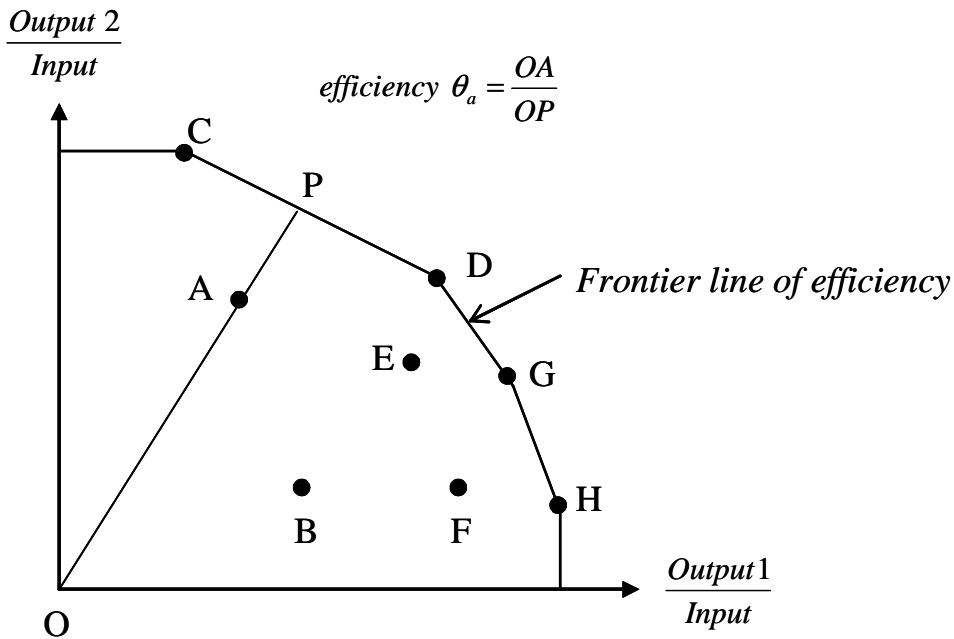
이러한 정의의 초기 가정은 모든 평가대상에 적용되는 가중치가 요구된다는 것이고 이는 평가 대상 모두에게 적용 가능한 공통의 가중치를 구해야 한다는 문제를 야기 시킨다. 그러나 각각의 요소에 대한 가중치를 조직마다 그 특성에 따라 달리하고 있으므로 하나의 공통된 가중치로는 모든 평가대상의 효율성 측정에 대하여 만족시킬 수 없다는 문제점이 있다.

Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)는 이러한 문제점을 인식하고 각각의 DMU가 각기 다른 가중치를 가질 수 있는 선형계획식에 기반을 둔 식(3.9)와 같은 CCR모형을 개발하였다. 식(3.9)를 선형계획모형(Linear Programming)의 형태로 변환하면 식(3.10)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\left.
\begin{aligned}
\text{Max } h_o &= \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj_o}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_o}} \\
&\text{subject to} \\
\frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} &\leq 1, \quad j = 1, \dots, n, \\
u_r, v_i &\geq \varepsilon, \quad \forall r \text{ and } i,
\end{aligned}
\right\} \tag{3.9}$$

$$\left.
\begin{aligned}
\text{Max } h_0 &= \sum_{r=1}^t u_r y_{rj_0} \\
&\text{subject to} \\
\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} &= 1 \\
\sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0, \quad j=1, \dots, n, \\
-u_r &\leq -\varepsilon, \quad r=1, \dots, t, \\
-v_i &\leq -\varepsilon, \quad i=1, \dots, m.
\end{aligned}
\right\} \tag{3.10}$$

DEA모형의 기본 개념은 <그림3-1>과 같이 투입요소 1개, 산출요소 2개인 경우의 DEA 모형으로 설명할 수 있는데, 최적의 활동을 하고 있는 효율적인 DMU들(C, D, G, H)을 이은 선을 Frontier Line이라 하고, 이 선에서 떨어져 있는 DMU들(A, B, E, F)은 비효율적 집단으로 구분할 수 있다. 예로서, 비효율적인 A지점의 DMU가 효율적이 되기 위해서는 가장 가까운 곳에 이웃한 C, D지점(이를 참조집합이라함)을 이용해서 P지점으로 이동하기 위한 Productivity Indices를 구할 수 있다.



<그림 3-1> 투입물1개, 산출물 2개의 DEA모형

이러한 모형의 기본이 된 CCR모형은 각 DMU의 규모수익이 불변이라는 가정 하에 효율성을 평가한다. 그러므로 이 모형은 규모의 효율성과 순수한 기술적 효율성을 구분하지 못한다는 단점을 지니고 있다. 이에 Banker,

Charnes and Cooper(1984)는 규모의 효율성 정도를 파악할 수 있는 BCC 모형을 제시하였다. BCC모형은 효율성을 평가함에 있어, 규모의 수익 효과를 파악하고 이를 전반적 효율성에서 분리시켜 규모의 효율성을 제외한 순수한 기술적 효율성에 의해 효율적인 DMU들을 구분할 수 있도록 해준다. 식(3.11)의 BCC모형이 CCR모형 식(3.10)과 차별화 되어지는 이유는 규모의 수익효과를 측정하는 변수 u_0 의 존재 때문이다. BCC모형에서는 식(3.11)에서와 같이 u_0 변수의 값을 이용하여 규모의 수익효과를 측정한다. 즉, u_0 의 최적해를 u_0^* 로 정의할 때 $u_0^* < 0$ 이면 규모의 수익체증, $u_0^* = 0$ 이면 규모의 수익불변, $u_0^* > 0$ 이면 규모의 수익체감 효과를 나타낸다.

DEA모형은 연구목적에 따라 다양한 형태로 표현되고 있으며, 위에서 언급한 CCR, BCC모형이 가장 기본적인 모형으로 사용되고 있다.

$$\left. \begin{aligned}
 & \text{Max } h_0 = \sum_{r=1}^t u_r y_{rj_0} - u_0 \\
 & \text{subject to} \\
 & \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} = 1 \\
 & \sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n, \\
 & -u_r \leq -\varepsilon, \quad r=1, \dots, t, \\
 & -v_i \leq -\varepsilon, \quad i=1, \dots, m.. \\
 & u_0 \text{ urs (free) variable}
 \end{aligned} \right\} \quad (3.11)$$

3.3 Malmquist Index

생산성을 측정할 수 있는 방법은 Solow(1957)에 의해 제시되었으며 이는 총소요생산성 측정에 있어서 기반 개념이 되었다. 그 이후에 실증분석을 위하여 Tornqvist 지수가 만들어졌으며, Solow방법의 이산적(discrete)형태인 이 지수는 실증분석에서 널리 응용되어 왔다. 대표적인 형태의 총소요생산성은 식(3.12)와 같이 표현될 수 있다.

$$\frac{A(t+1)-A(t)}{A(t)} = \frac{Q(t+1)-Q(t)}{Q(t)} - \bar{\omega}_L \frac{L(t+1)-L(t)}{L(t)} - (1-\bar{\omega}_L) \frac{K(t+1)-K(t)}{K(t)} \quad (3.12)$$

위 식에서 A , Q , L , K 는 기술, 산출, 노동 그리고 자본을 나타낸다. $\bar{\omega}_L$ 는 두 기간동안 노동소득배분율의 평균을 나타내고, $[w_L(t)+W_L(t+1)]^{1/2}$ 로 표현된다. 또한 위식에서는 노동과 자본에 가중치를 주기 위하여 규모의 보수 불변상태(constant returns to scale)와 완전경쟁(competitive market)을 가정하고 있다. 그러나 위의 지수는 기본적으로 비효율적으로 생산하는 경제주체는 없다는 가정 하에서 만들어지기 때문에, 효율성 변화를 고려하지 못하고 있다. 이러한 한계점을 보완하기 위하여 생산 프론티어(product frontier)의 개념이 도입되게 되었다.

프론티어의 개념을 이용할 경우, 가장 중요한 것은 프론티어를 어떠한 방법으로 구성할 것인가이다. 이에 대한 접근방법에는 크게 확률적 프론티어 분석(Bauer, 1990)과 DEA분석(Seiford, Thrall, 1990)이 있으나 본 연구에서는 비모수적 기법인 DEA분석에 기반을 둔 Malmquist Index(Caves

et al., 1982; Färe et al., 1994)를 이용하였다.

DEA 효율성 분석은 선형계획모형(piecewise linear programming)기법과 Farrell의 거리 함수의 개념을 이용하여 효율성의 정도를 측정하는 방법(panel data)에 적용될 경우 Malmquist Index가 도출된다. 이 지수의 특징은 효율성 변화를 기술 변화와 기술적 효율성 변화로 구분을 할 수 있다는 것이며, 또한 비모수적이기 때문에 명시적인 생산함수를 가정하지 않아도 된다는 장점을 가지고 있다. 이 접근방법은 기본적으로 자료포괄분석에 기초하고 있기 때문에 통계적 추론이 어렵다는 단점을 가지고 있지만, 위에 기술한 장점 때문에 많은 분야에서 효율성(생산성) 지수로 사용되고 있다.

복수의 투입물과 산출물이 있다고 가정할 때, Färe et al.(1994)을 따르면 생산프론티어는 다음의 식(3.13)과 같이 나타낼 수 있다.

$$S' = \left\{ \begin{array}{l} (x', y') : y'_m \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y_m^{k,t}, m=1, \dots, M \\ \sum_{k=1}^K z^{k,t} x_m^{k,t} \leq x'_n, n=1, \dots, N \\ z^{k,t} \geq 0 \quad k=1, \dots, K \end{array} \right\} \quad (3.13)$$

x 와 y 는 투입물과 산출물을 나타내며 z 는 투입물과 산출물의 볼록 결합(convex combination)을 형성할 때 이용되는 변수이다. 이러한 선형계획 문제에서 구해진 생산 프론티어를 이용하면 거리함수 D 를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$D^t(x^t, y^t) = \inf \left\{ \theta : (x', y'/\theta) \in S^t \right\} \quad (3.14)$$

위의 식에서 θ 값은 효율성 정도를 가리킨다. D 의 값은 0과 1사이의 값을 가지며, 1인 경우는 경제주체가 효율적인 생산을 하고 있다는 것을, 그리고 1보다 작은 값은 생산 프론티어 안에 존재하여 비효율적인 생산을 하고 있다는 것을 나타낸다. 이러한 거리함수의 개념을 패널자료 관점으로 확장시키면 최종적인 Malmquist Index를 얻을 수 있다.

Malmquist Index는 시간 t 에서 $t+1$ 기간동안의 기업 효율성(생산성) 증가 정도를 측정할 수 있는 방법이다(Caves et al., 1982; Berg et al., 1992). 각 기간의 Input과 Output이 다음과 같을 때, $t(y^t, x^t)$, $t+1(y^{t+1}, x^{t+1})$ Malmquist Index는 식(3.15)와 같이 나타낼 수 있다.

$$M = \frac{TE^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{TE^t(y^t, x^t)} \quad (3.15)$$

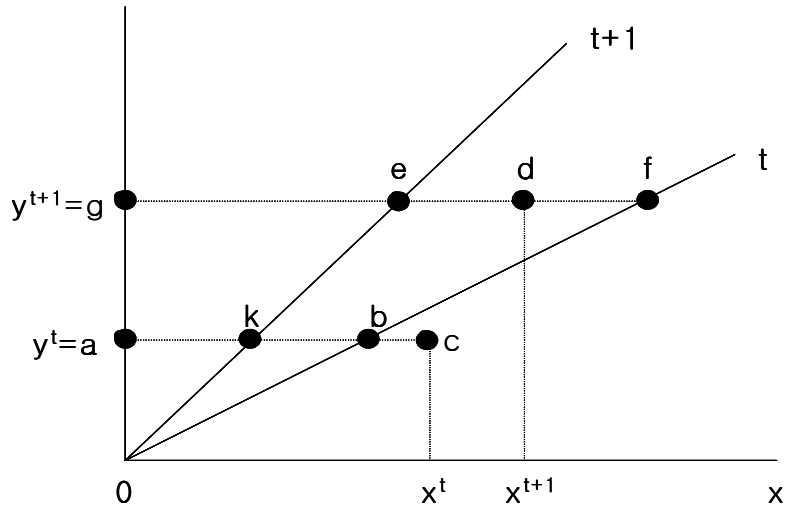
$TE^t(y^{t+1}, x^{t+1})$: t 기간에 대한 $t+1$ 기간의 상대적 technical efficiency

$TE^t(y^t, x^t)$: t 기간의 상대적 technical efficiency

M 의 값이 1보다 크면(작으면), Productivity는 증가(감소)하는 것이다. (식 4-13)을 변환하면 식(3.16)과 같이 나타낼 수 있다.

$$M = \frac{TE^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{TE^t(y^t, x^t)} \times \frac{TE^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{TE^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} = TEI \times TPI \quad (3.16)$$

TEI (Technical Efficiency Index)는 두 기간동안의 기술적 효율성(technical efficiency)의 변화정도의 증감을 알 수 있으며, TPI (Technological Progress Index)이 1보다 클 경우에는 두 기간동안에 기술변화(technological progress)가 발생한 것이다.



<그림 3-2> Malmquist Productivity Index

이러한 개념을 <그림 3-2>로 살펴보면,

$TE^t(y^t, x^t)$, $TE^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})$, $TE^t(y^{t+1}, x^{t+1})$ 는 다음과 같이 정의할 수 있으며,

$TE^t(y^t, x^t) = ab/ac$; t기간의 상대적인 효율성.

$TE^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}) = ge/gd$; t+1 기간의 상대적인 효율성.

$TE^t(y^{t+1}, x^{t+1}) = gf/gd$; t기의 technology에 근거한 t+1기의 효율성

효율성의 변화(TEI)는 식(3.17)과 같이 표현할 수 있다.

$$TEI = \frac{TE^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{TE^t(y^t, x^t)} = \frac{ge/gd}{ab/ac} \quad (3.17)$$

Technology의 변화(TPI)는 식(3.18)과 같이 표현된다.

$$TPI = \frac{TE^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{TE^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} = \frac{gf/gd}{ge/gd} = gf/ge \quad (3.18)$$

그러므로 M은

$$M = TEI \times TPI = \frac{ge/gd}{ab/ac} \times \frac{gf}{ge} = \frac{ac}{ab} \times \frac{gf}{gd} \quad (3.19)$$

와 같이 표현할 수 있다.

Färe et al.(1994)은 위의 식(3.19)형태의 Malmquist Productivity Index를 거리개념을 도입하여 다음 식(3.20)과 같이 확장 개발하였다.

$$\begin{aligned} M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) &= \left[\frac{TE^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{TE^t(x^t, y^t)} \frac{TE^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{TE^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \\ &= \frac{TE^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{TE^t(x^t, y^t)} \times \left[\frac{TE^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{TE^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{TE^t(x^t, y^t)}{TE^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (3.20)$$

식(3.20)의 우변의 첫째, 괄호는 기술적 효율성 변화(Efficiency Change 또는 Catchup Effect)라 하며 각 기간($t, t+1$) 내에서의 투입간격함수의 상대적인 비율, 즉 투입기술효율성(Input Technical Efficiency)으로서, 각 기간의 생산 프론티어에 각 평가대상이 어느 정도 근접되어 있는가 하는 정

도를 측정하는 것이라고 할 수 있다. 만일 $t+1$ 기간의 기술효율성이 t 기간에 비해 높다면 이 비율은 1보다 크게 되며, 효율성이 감소된다면 이 비율은 1보다 작게 나타나게 된다. 기하평균으로 표시된 식(3.20)의 우변의 두 번째 괄호는 프론티어의 변화(Frontier Change) 또는 기술 변화(Technical Change)라고 하며, t 기간과 $t+1$ 기간 사이에 프론티어 기업군의 생산기술의 변화정도를 측정한 값이다. 만일 이 기간 사이에 기술상의 진보가 일어나면 프론티어가 상승하여 기하평균을 구성하고 있는 양 비율은 모두 1을 상회하게 된다. 따라서 이 기하평균의 값이 1보다 크다는 것은 k 기술상의 진보를 나타내며, 1보다 작은 경우는 시간의 흐름에 따른 기술상의 퇴보를 의미하게 된다.

제 4 장 DEA모형을 이용한 항만 및 터미널 효율성 분석

본 장에서는 항만 및 터미널 효율성 분석을 위해서 우선 효율성 분석에 사용된 변수 및 효율성 평가 대상 항만 및 터미널의 간략한 소개와 투입·산출 요소에 대한 기초 통계를 제시하였다. 그 후 DEA-CCR모형 및 DEA-BCC모형을 이용하여 평가 대상이 된 항만 및 터미널에 대해서 효율성 분석을 실시하였다.

4.1 변수 선정

Dowd and Leschine(1990)는 컨테이너 터미널의 생산성은 노동, 장비 및 토지의 효율적인 이용에 달려 있으며, 따라서 생산성은 이 세 가지 요소의 효율적 이용을 계량화함으로써 측정할 수 있다고 하였다. 일반적으로, 컨테이너터미널의 경쟁력을 결정하는 요인으로는 항만시설 및 장비의 보유현황, 컨테이너부두의 생산성, 가격경쟁력 및 서비스 측면 등을 주요 요인으로 제시하고 있다(한국컨테이너부두공단, 2002).

계량적으로 항만의 효율성 분석을 실시한 기존 연구에서 선택한 투입요소와 산출요소는 다음의 <표 4-1>과 같다. 투입요소는 G/C(Gantry Crane)수, T/C(Transfer Crane)수 등의 장비대수(K. Cullinane et al, 2002 ; Notteboom et al., 2000 ; J. Tongzon, 2001 ; 송재영, 2000), 터미널충면적(Liu, 1995 ; Tongzon, 2001 ; Notteboom et al., 2000 ; K. Cullinane et al, 2002), 안벽길이(K. Cullinane et al, 2002 ; Notteboom et al., 2000), 야드면적(Tongzon, 2001 ; 송재영, 2000), CFS면적(오성동, 박노경, 2001)등을 주로 사용하였다. 일부 연구에서 노동비(Hayuth and Roll, 1993 ; Martinez-Budria et al., 1999), 예인선 수(J. Tongzon, 2001) 등을 투입요소로 선정하여 효율성 분석을 실시하였다.

<표 4-1> 기존 항만 효율성 분석의 투입·산출변수

연구자	연구방법	변 수		평가대상
		투입요소	산출요소	
Hayuth and Roll (1993)	DEA 분석방법	· 노동비 · 자본비 · 화물특성	· 총물동량 · 서비스 수준 · 이용자 만족도 · 선박 기항 수	이스라엘의 20개 항만
Martinez-Budria et al. (1999)	DEA 분석방법	· 노동비 · 감가상각비 · 기타 비용	· 총물동량 · 임대료에 따른 수익	스페인 26개 터미널
Notteboom et al. (2000)	Baysian Stochastic Frontier Model	· 안벽길이 · 터미널 면적 · G/C의 수	· 컨테이너처리량 (TEU)	유럽항만의 36개 터미널
송재영 (2000)	DEA/AHP	· CY면적 · 하역장비 수 · 전산화 · 야드계획	· 컨테이너처리량 · 선석점유율	국내 8개 터미널
J. Tongzon (2001)	DEA	· 선석수 · 크레인 수 · 예인선 수 · CY면적 · 대기시간 · 인원 수	· 컨테이너처리량 (TEU) · 선박 작업률	오스트리아 및 세 계 주요 항만 (16개 항만)
K. Cullinane et al. (2002)	Stochastic Frontier Model	· 안벽길이 · 터미널 면적 · 하역장비 수	· 컨테이너처리량 (TEU)	아시아 지역항만 및 터미널(15개)
김운수(2004)	Stochastic Frontier Model	· 터미널 총 면적 · 안벽길이 · G/C의 수 · T/C의 수 · TGS · 매출규모 · Dummy 변수 ⁴⁾	· 컨테이너처리량 (TEU)	전세계 주요 32개 터미널

산출요소는 컨테이너 처리량(TEU)을 거의 모든 연구에서 선정하였으며, 그 외 서비스 수준(Hayuth and Roll, 1993), 임대료에 따른 수익

4) Dummy는 물동량 수준 및 글로벌운영업체가 터미널운영 여부

(Martinez-Budria et al., 1999), 선석 점유율(송재영, 2000) 등을 선정하였다. DEA 모형을 이용한 효율성 평가에는 다수의 투입, 산출변수를 동시에 고려하여 상대적인 효율성 분석을 할 수 있다. 그러나 다수의 항만을 대상으로 공통적으로 자료를 수집할 수 있는 변수들이어야 한다는 제약이 있다. 본 연구에서는 기존 연구를 바탕으로 투입변수 6개, 산출변수 1개를 선정하여 컨테이너 터미널에 대한 자세한 소개가 되어있는 서적인 Containerization International Year Book(CI 연감 : 1996~2003)으로부터 7년 동안의 53개 항만 자료를 수집하였다. 투입요소는 항만 시설 중 필수요소인 선석길이, 부두 총면적, G/C장비와 야드장비, CFS면적, 평균 작업 시간을 고려하였고, 산출요소는 기존 연구에서 공통적으로 사용되어진 총 처리물동량(TEU)을 선정하였다. G/C장비와 야드 장비는 각 항만에서 상이한 종류의 Crane을 사용하고 있으므로, 아래와 같이 여러 종류의 Crane을 통합하여 사용하였다.

DEA 분석에 사용된 변수 및 변수정의

Input data

V1 : Berth Length(m) - 선석길이

V2 : Total Area(m²) - 총면적

V3 : Container Gantries, Quay Cranes,
Floating Cranes, Mobile Cranes - G/C장비

V4 : Straddle Carriers,
Fork lifts, Reach stackers, Top lifter - 야드장비

V5 : Container Freight Stations Area(m²)

V6 : 평균 작업시간

Output data

U1 : 총 처리물량(TEU)

4.2 분석 대상

DEA 모형을 이용한 효율성 평가는 다수의 투입, 산출변수를 모두 사용하여 객관적으로 상대적 효율성을 구할 수 있다. 본 연구에서는 부산항을 포함한 세계 주요항만을 평가 대상으로 하였으며, 각 항만의 주요 변수들 중 공통된 Input 변수 및 Output변수를 조사하여 분석에 사용하였다. 본 연구에서는 처리물동량 기준 세계 60위(2001년 기준)안의 컨테이너항만을 평가 대상으로 선정하였으며, 이 중 data를 구할 수 없는 7개의 항만을 제외하고 <표 4-2>와 같이 총 53개의 컨테이너 항만이 분석에 사용되었다. 분석에 사용된 자료는 2차 자료, 각 항만의 홍보자료 및 인터넷 사이트를 통해 수집되었으며, 2차 자료 중 주로 Containerization International Year Book(1996~2003)을 이용하여 7개년 동안의 자료를 수집하였다.

항만의 효율성과 그 항만을 구성하고 있는 터미널의 효율성의 차이를 살펴보기 위해서 분석 대상이 된 53개 항만을 구성하고 있는 터미널 중 53개 터미널을 대상으로 효율성을 분석하였다. 효율성 분석에 포함된 터미널은 <표 4-3>과 같다. 컨테이너 터미널의 경우는 자료 수집의 제약 때문에 1999년~2001년의 3개년 자료를 이용하여 효율성을 분석하였다. 항만 효율성 분석에 사용된 총 7개년의 자료 중 2001년의 투입 및 산출 자료⁵⁾와 터미널 효율성 분석에 사용된 3개년의 자료 중 2001년의 자료는 <표 4-4>, <표 4-5>와 같다.

5) 1995~2000년의 투입·산출자료는 부록 참조

<표 4-2> 분석에 사용된 컨테이너 항만

항 만	처리물량 순위(2001)	국 가	지 역
Hongkong	1	중 국	동북아시아
Singapore	2	싱가폴	동남아시아
Kaohsiung	4	대 만	동북아시아
Rotterdam	5	네덜란드	유 럽
Busan	3	대한민국	동북아시아
Long Beach	8	미 국	북아메리카
Hamburg	9	독 일	유 럽
Yokohama	21	일 본	동북아시아
Los Angeles	7	미 국	북아메리카
Antwerp	10	벨기에	유 럽
Tokyo	14	일 본	동북아시아
New York/New Jersey	13	미 국	북아메리카
Dubai	12	아랍에미리트	중양아시아
Keelung	27	대 만	동북아시아
Kobe	22	일 본	동북아시아
Shanghai	6	중 국	동북아시아
Manila	15	필리핀	동남아시아
San Juan	20	푸에르토리코	중양아메리카
Oakland	29	미 국	북아메리카
Seattle	34	미 국	북아메리카
Nagoya	28	일 본	동북아시아
Tanjung Priok	19	인도네시아	동남아시아
Port Klang	11	말레이시아	동남아시아
Colombo	30	스리랑카	동남아시아
Bangkok	51	태 국	동남아시아
Osaka	35	일 본	동북아시아
Virginia(Hampton Roads)	40	미 국	북아메리카
Charleston	32	미 국	북아메리카
Tacoma	39	미 국	북아메리카
Jacksonville	72	미 국	북아메리카
Le Havre	36	프랑스	유 럽
Durban	42	남아프리카공화국	아프리카
Melbourne	43	호 주	오세아니아
La Spezia	64	이탈리아	유 럽
Montreal	58	캐나다	북아메리카
Genoa	33	이탈리아	유 럽
Tianjin	31	중 국	동북아시아
Laem Chabang	23	태 국	동남아시아
Qingdao	25	중 국	동북아시아
Southampton	52	영 국	유 럽
Houston	50	미 국	북아메리카
Santos	68	브라질	남아메리카
Barcelona	38	스페인	유 럽
Khor Fakkan	59	아랍에미리트	중양아시아
Valencia	41	스페인	유 럽
Felixstowe	16	영 국	유 럽
Gioia Tauro	18	이탈리아	유 럽
Yantian	24	중 국	동북아시아
Taichung	47	대 만	동북아시아
Xiamen	49	중 국	동북아시아
Marsaxlokk	54	말 타	유 럽
Puerto Manzanillo	57	파나마	중양아메리카
Dalian	60	중 국	동북아시아

<표 4-3> 분석에 사용된 컨테이너 터미널

항만	터미널	운영사	국가	지역
Hongkong	Term 3	Sea-Land Orient Terminal Ltd	중 국	동북아시아
	Term 8(East)	Cosco-HIT Terminals Ltd		
	Term 1/2/5/8(West)	Modern Terminals Ltd		
	Term 4/6/7	Hongkong International Terminals Ltd		
Rotterdam	Handico Term	Handico Terminals BV	네덜란드	유 럽
Busan	Gamman Global Con-Term	Global Gamman Container Terminal Co Ltd	대한민국	동북아시아
	Gamman Hanjin Con-Term	Hanjin Shipping Co Ltd		
	Gamman Hyundai Con-Term	Hyundai Gamman Container Terminal		
	Gamman Korea Express Con-Term	KEC Gamman Container Terminal (KPCT)		
	Jasungdae Con-Term	Hutchison Busan Container Terminal		
	Shinsundae Con-Term	Busan East Container Terminal Co Ltd		
Hamburg	Uam Con-Term	Uam Terminal Co Ltd	독 일	유 럽
	Eurogate Con-Term	Eurogate Container Terminal GmbH		
	TCT Tollerort Term	Tollerort Container Terminal GmbH		
Keelung	Keelung Harbor Bureau	-	대 만	동북아시아
Manila	South Harbor	Asian Terminals Inc	필리핀	동남아시아
Oakland	APL Term	Eagle Marine Services Ltd	미 국	북아메리카
	Ben E Nutter Con-Term	Marine Terminals Corp		
	Charles P Howard Term	Stevedoring Services of America		
	Trapac Term	TransPacific Container Service Corp		
Nagoya	Kinjo Pier	-	일 본	동북아시아
	NCB Term	Nagoya Terminal Service Center		
	Tobishima North Pier	-		
Port Klang	Klang Port Con-Term	Klang Port Management Sdn Bhd	말레이시아	동남아시아
Colombo	Jaye Con-Term	-	스리랑카	동남아시아
Bangkok	Bangkok	Port Authority of Thailand	태 국	동남아시아
Osaka	Term OC-1	-	일 본	동북아시아
	Term OC-2	-		
	Term OC-3	-		
	Term OC-4	-		
	Term OC-8	-		
Le Havre	Term de l'Atlantique	Compagnie Nouvelle de Manutentions Portuaire	프랑스	유 럽
Melbourne	West Swanson dock	-	호 주	오세아니아
Genoa	Southern European Con-Hub-Term	Terminal Contenitori Porto di Genova SpA	이탈리아	유 럽
	Voltri Term	Voltri Terminal Europa SpA		
Tianjin	Con-Term	Tianjin Harbour Container Co	중 국	동북아시아
Laem Chabang	Laem Chabang	Port Authority of Thailand	태 국	동남아시아
Qingdao	Qingdao	Qingdao Harbour Container Corp	중 국	동북아시아
Southampton	Southampton Con-Term	Southampton Container Terminals Ltd	영 국	유 럽
Houston	Barbours Cut Term	Port of Houston Authority	미 국	북아메리카
Barcelona	TCB Term	Terminal Contenedores de Barcelona SA	스페인	유 럽
	Term Port-Nou	Terminal Port-Nou SA		
Sydney(Harbour)	Darling Harbour	Patrick Stevedores	호 주	오세아니아
Khor Fakkan	Khor Fakkan Con-Term	Gulftainer Co Ltd	아랍에미리트	중양아시아
Valencia	Con-Term(Maritima valenciana SA)	Maritime Valenciana SA	스페인	유 럽
	Valencia Con-Term(Terport SA)	Terport SA		
Gioia Tauro	Medcenter Container Terminal	-	이탈리아	유 럽
Vancouver BC	Centerm	Casco Terminals Ltd/BCR Marine	캐나다	북아메리카
	Vanterm	TSI Terminal System Inc		
Taichung	Taichung Harbor Bureau	-	대 만	동북아시아
Buenos Aires	Exolgan	Exolgan SA	아르헨티나	남아메리카
Puerto Manzanillo	Manzanillo Int'l Terminal	-	파나마	중양아메리카

<표 4-4> 2001년도 컨테이너 항만 투입·산출 자료

항만	총처리물량 U1	선석길이 V1	총면적 V2	G/C장비 V3	야드장비 V4	CFS면적 V5	평균작업 시간 V6
Hongkong	17,900,000	6,059	2,193,714	68	575	87,249	24.0
Singapore	15,520,000	10,925	2,979,211	88	450	973,723	24.0
Kaohsiung	7,540,524	5,232	2,074,000	41	57	67,603	24.0
Rotterdam	6,250,000	11,890	4,160,268	170	319	157,500	19.3
Busan	8,072,814	4,547	2,472,726	39	162	347,605	24.0
Long Beach	4,462,971	7,235	2,943,000	40	54	21,459	23.9
Hamburg	4,688,669	7,873	3,315,000	60	280	423,000	24.0
Yokohama	2,303,780	4,550	1,407,601	35	113	733,562	15.9
Los Angeles	5,183,520	6,076	2,926,000	61	86	88,576	20.3
Antwerp	4,218,176	14,215	7,156,000	114	444	231,400	22.0
Tokyo	2,535,841	3,404	1,022,800	29	100	115,454	17.0
New York/New Jersey	3,316,275	7,563	5,249,612	49	385	920,000	24.0
Dubai	3,501,820	3,786	1,898,860	30	203	100,400	24.0
Keelung	1,815,854	3,192	339,000	25	32	29,000	24.0
Kobe	2,010,343	4,400	1,320,416	26	191	48,050	17.4
Shanghai	6,340,000	2,281	858,000	15	99	24,108	24.0
Manila	2,296,151	7,411	2,061,530	72	297	400,617	22.6
San Juan	1,830,125	1,688	294,200	6	2	21,800	24.0
Oakland	1,643,585	4,770	2,077,100	32	135	42,958	24.0
Seattle	1,315,109	4,422	1,741,814	26	78	80,000	23.0
Nagoya	1,872,272	3,370	1,035,000	38	81	347,400	24.0
Tanjung Priok	868,000	1,450	635,351	14	37	4,500	24.0
Port Klang	3,759,512	4,792	1,406,000	56	223	95,594	24.0
Colombo	1,726,605	1,899	262,000	53	71	17,430	22.0
Bangkok	1,069,180	3,217	480,000	22	344	217,000	24.0
Osaka	1,502,989	3,365	895,967	21	109	82,587	19.0
Virginia(Hamptonoads)	1,303,797	3,056	3,954,800	18	76	53,000	9.0
Charleston	1,528,034	3,103	2,138,000	27	120	1,535,000	24.0
Tacoma	1,320,274	2,174	862,000	23	205	30,336	9.0
Jacksonville	698,903	3,661	628,000	12	15	61,000	9.0
Le Havre	1,525,000	5,250	1,900,000	25	156	47,000	24.0
Durban	1,545,496	2,128	1,055,000	15	52	142,300	24.0
Melbourne	1,276,476	2,914	1,440,453	17	148	68,365	18.6
La Spezia	974,646	1,297	270,000	11	48	19,000	24.0
Montreal	989,427	3,570	754,000	26	61	44,215	24.0
Genoa	1,526,526	2,926	1,374,000	19	101	56,000	24.0
Tianjin	2,010,000	1,300	575,000	23	82	600,000	24.0
Laem Chabang	2,312,439	1,600	105,000	14	6	12,000	24.0
Qingdao	2,640,000	1,189	470,000	5	33	7,260	24.0
Southampton	728,936	1,357	675,840	12	63	32,375	24.0
Houston	983,451	1,525	779,000	13	17	5,110	24.0
Santos	1,050,000	1,020	419,000	17	46	58,000	24.0
Barcelona	1,411,054	4,066	1,238,199	59	135	104,000	24.0
Khor Fakkan	1,089,866	1,060	300,000	10	23	5,000	24.0
Valencia	1,400,000	2,940	1,719,000	20	84	16,000	24.0
Felixstowe	2,800,000	2,523	1,368,000	17	89	17,320	24.0
Gioia Tauro	2,488,332	3,011	950,000	17	63	20,000	24.0
Yantian	2,700,000	700	600,000	10	79	20,000	24.0
Taichung	1,100,000	1,560	740,000	7	50	214,000	24.0
Xiamen	1,290,000	970	635,000	13	19	3,200	24.0
Marsaxlokk	1,165,070	2,140	484,000	16	39	20,000	24.0
Puerto Manzanillo	959,674	950	370,000	8	43	3,000	24.0
Dalian	1,210,000	1,173	507,243	5	54	43,000	24.0

<표 4-5> 2001년도 컨테이너 터미널 투입·산출 자료

터미널	총처리물량 U1	선석길이 V1	총면적 V2	G/C장비 V3	야드장비 V4	CFS면적 V5	평균작업시간 V6
Term 3	150000	305	167000	3	110	20000	24
Term 8(East)	1600000	640	300000	10	49	12000	24
Term 1/2/5/8(West)	3400000	1822	796000	19	214	5249	24
Term 4/6/7	5500000	3292	930714	36	202	50000	24
Handico Term	144000	100	43000	2	4	20000	13
Gamman Global Con-Term	563675	350	148104	3	10	1573	24
Gamman Hanjin Con-Term	471383	350	148749	3	10	3992	24
Gamman Hyundai Con-Term	504765	350	148750	3	11	1705	24
Gamman Korea EXpress Con-Term	384711	350	156803	3	11	1535	24
Jasungdae Con-Term	1272203	1447	647556	12	57	74150	24
Shinsundae Con-Term	1331296	1200	1038534	11	52	229200	24
Uam Con-Term	404971	500	184230	4	11	35450	24
Eurogate Con-Term	950000	1950	880000	10	67	113000	24
TCT Tollerort Term	496950	920	320000	6	38	60000	24
Unikai Con-Term	140000	613	165000	5	47	7000	24
Keelung Harbor Bureau	1815854	3192	339000	25	32	29000	24
South Harbor	440000	3820	850000	7	29	22000	9
APL Term	275275	830	328000	6	5	4182	24
Ben E Nutter Con-Term	254431	931	327900	5	24	8680	24
Charles P Howard Term	126772	593	203600	4	9	10776	24
Trapac Term	97504	335	134000	3	1	4620	24
Kinjo Pier	214949	800	176000	5	14	88900	24
NCB Term	624841	900	289000	12	67	16800	24
Tobishima North Pier	209984	620	170000	8	3	87500	24
Klang Port Con-Term	1260000	1313	400000	26	50	24870	24
Jaye Con-Term	1515000	1474	207000	14	52	10000	24
Bangkok	1069180	3217	480000	22	344	217000	24
Term OC-1	162024	350	104152	2	9	30000	14
Term OC-2	117335	350	105044	2	23	7000	18
Term OC-3	227529	350	104610	2	7	587	18
Term OC-4	107235	350	119999	3	35	32000	18
Term OC-8	218547	350	126062	3	16	13000	18
Term de l'Atlantique	224440	800	250000	4	49	10000	24
West Swanson dock	490423	980	320000	5	30	22365	24
Southern European Con-Hub-Term	260249	526	174000	5	35	47000	24
Voltri Term	903210	1200	750000	8	42	9000	24
Con-Term	2010000	1300	575000	23	82	600000	24
Laem Chabang	2312439	1600	105000	14	6	12000	24
Qingdao	2640000	1189	470000	5	33	7260	24
Southampton Con-Term	728936	1357	675840	12	63	32375	24
Barbours Cut Term	945788	1525	779000	13	17	5110	24
TCB Term	900000	1390	550000	9	61	15000	24
Term Port-Nou	72300	350	120000	11	25	22500	24
Darling Harbour	34614	949	162000	8	3	33100	24
Khor Fakkan Con-Term	1089866	1060	300000	10	23	5000	24
Con-Term(Maritima valenciana SA)	254893	1170	200000	6	43	6000	24
Valencia Con-Term(Terport SA)	1069798	1500	1500000	8	32	10000	24
Medcenter Container Terminal	2488332	3011	950000	17	63	20000	24
Centerm	158000	644	200000	4	176	30000	24
Vanterm	480000	800	310000	5	58	12000	24
Taichung Harbor Bureau	1100000	1560	740000	7	50	214000	24
Exolgan	336262	445	450000	3	29	13000	24
Manzanillo Int'l Terminal	959674	950	370000	8	43	3000	24

분석에 사용된 컨테이너 항만의 1995년부터 2001년까지의 투입·산출 요소 특성에 대한 요약은 다음의 <표 4-6>~<표 4-12>와 같다. 세계 주요 컨테이너 항만의 1995년 자료에서 총 처리량 평균은 약 175만TEU이며, 가장 적게 처리한 항만은 Gioia Tauro항으로서 1만5천TEU, 가장 많이 처리한 항만은 Hongkong항이 약 1천2백5십만TEU를 처리한 것으로 나타났다. 안벽길이의 평균값은 약 3천6백m이며 가장 짧은 안벽길이를 가지고 있는 항만은 142m로 안벽길이 규모에 있어 평균과 큰 차이를 보이고 있다.

<표 4-6> 컨테이너 항만 1995년 자료 기초 통계

구 분	N	최소값	최대값	합계	평균	표준편차
총처리량(TEU)	53	15,830.0	12,549,746.0	92,775,369.0	1,750,478.7	2,368,204.3
안벽길이(m)	53	142.0	15,585.0	188,665.0	3,559.7	3,022.3
총면적(m ²)	53	40,000.0	7,156,000.0	72,930,117.0	1,376,039.9	1,346,687.0
GC장비(기)	53	4.0	171.0	1,594.0	30.1	29.7
야드장비(기)	53	2.0	568.0	6,276.0	118.4	122.1
CFS면적(m ²)	53	2,880.0	1,535,000.0	9,254,891.0	174,620.6	298,642.1
작업시간(hours)	53	7.0	24.0	1,152.0	21.7	4.7

<표 4-7> 컨테이너 항만 1996년 자료 기초 통계

구 분	N	최소값	최대값	합계	평균	표준편차
총처리량(TEU)	53	352,361	13,460,343	104,405,443	1,969,914	2,516,652.7
안벽길이(m)	53	142.0	15,585.0	188,665.0	3,559.7	3,022.3
총면적(m ²)	53	40,000.0	7,156,000.0	72,930,117.0	1,376,039.9	1,346,687.0
GC장비(기)	53	4.0	171.0	1,594.0	30.1	29.7
야드장비(기)	53	2.0	568.0	6,276.0	118.4	122.1
CFS면적(m ²)	53	2,880.0	1,535,000.0	9,270,891.0	174,922.5	299,018.4
작업시간(hours)	53	7.0	24.0	1,152.0	21.7	4.7

1997년의 컨테이너 항만의 평균 안벽길이는 약 3천7백m로 1995년 약 3천5백m에 비해 약 200m가 증가하였고, 총 처리량의 평균도 1995년 175만 TEU에서 약 40만TEU가 증가한 약 215만TEU로 점차 증가하고 있는 것으로 나타났다.

<표 4-8> 컨테이너 항만 1997년 자료 기초 통계

구 분	N	최소값	최대값	합계	평균	표준편차
총처리량(TEU)	53	427,590	14,700,000	114,118,501	2,153,179.3	2,689,002.2
안벽길이(m)	53	142.0	15,585.0	195,702.0	3,692.5	2,946.2
총면적(m ²)	53	40,000.0	7,156,000.0	75,523,159.0	1,424,965.3	1,349,471.9
GC장비(기)	53	5.0	166.0	1,623.0	30.6	29.1
야드장비(기)	53	2.0	570.0	6,573.0	124.0	124.4
CFS면적(m ²)	53	2,880.0	1,535,000.0	9,479,383.0	178,856.3	296,524.8
작업시간(hours)	53	7.0	24.0	1,153.0	21.8	4.7

<표 4-9> 컨테이너 항만 1998년 자료 기초 통계

구 분	N	최소값	최대값	합계	평균	표준편차
총처리량(TEU)	53	475,102	15,135,557	122,153,965	2,304,791.8	2,839,650.1
안벽길이(m)	53	142.0	15,585.0	195,902.0	3,696.3	2,958.4
총면적(m ²)	53	40,000.0	7,156,000.0	75,675,565.0	1,427,840.8	1,357,416.1
GC장비(기)	53	5.0	166.0	1,629.0	30.7	29.2
야드장비(기)	53	2.0	570.0	6,591.0	124.4	124.7
CFS면적(m ²)	53	2,880.0	1,535,000.0	9,488,188.0	179,022.4	296,590.6
작업시간(hours)	53	7.0	24.0	1,166.0	22.0	4.4

<표 4-10> 컨테이너 항만 1999년 자료 기초 통계

구 분	N	최소값	최대값	합계	평균	표준편차
총처리량(TEU)	53	613,919	16,210,792	135,628,016	2,559,019.2	3,069,095.5
안벽길이(m)	53	142.0	15,585.0	198,907.0	3,753.0	2,950.0
총면적(m ²)	53	40,000.0	7,156,000.0	77,659,872.0	1,465,280.6	1,349,413.6
GC장비(기)	53	5.0	170.0	1,667.0	31.5	29.5
야드장비(기)	53	2.0	572.0	6,754.0	127.4	126.0
CFS면적(m ²)	53	2,880.0	1,535,000.0	9,558,202.0	180,343.4	296,712.6
작업시간(hours)	53	9.0	24.0	1,184.0	22.3	3.8

<표 4-11> 컨테이너 항만 2000년 자료 기초 통계

구 분	N	최소값	최대값	합계	평균	표준편차
총처리량(TEU)	53	708,028	18,100,000	151,076,082	2,850,492.1	3,357,093.4
안벽길이(m)	53	700.0	13,405.0	198,293.0	3,741.4	2,769.2
총면적(m ²)	53	105,000.0	7,156,000.0	78,364,862.0	1,478,582.3	1,343,818.1
GC장비(기)	53	5.0	170.0	1,677.0	31.6	29.5
야드장비(기)	53	2.0	573.0	6,775.0	127.8	125.8
CFS면적(m ²)	53	3,000.0	1,535,000.0	9,429,176.0	177,909.0	297,455.5
작업시간(hours)	53	9.0	24.0	1,181.0	22.3	3.8

2001년 기준 컨테이너 항만의 투입·산출 변수에 대한 기초 통계자료는 다음의 <표 4-12>와 같다. 총처리량의 평균은 약 290만TEU, 안벽길이의 평균은 약 3천1백m, 작업시간의 평균은 22.3시간인 것으로 나타났다. 총처리량의 경우 1995년 이후 지속적으로 증가한 것으로 나타나고 있다. CFS 면적 평균은 1995년에 174,621m²에서 2001년 168,209m²으로 7개년 동안 약 6,000m²이 감소한 것으로 나타나고 있다.

<표 4-12> 컨테이너 항만 2001년 자료 기초 통계

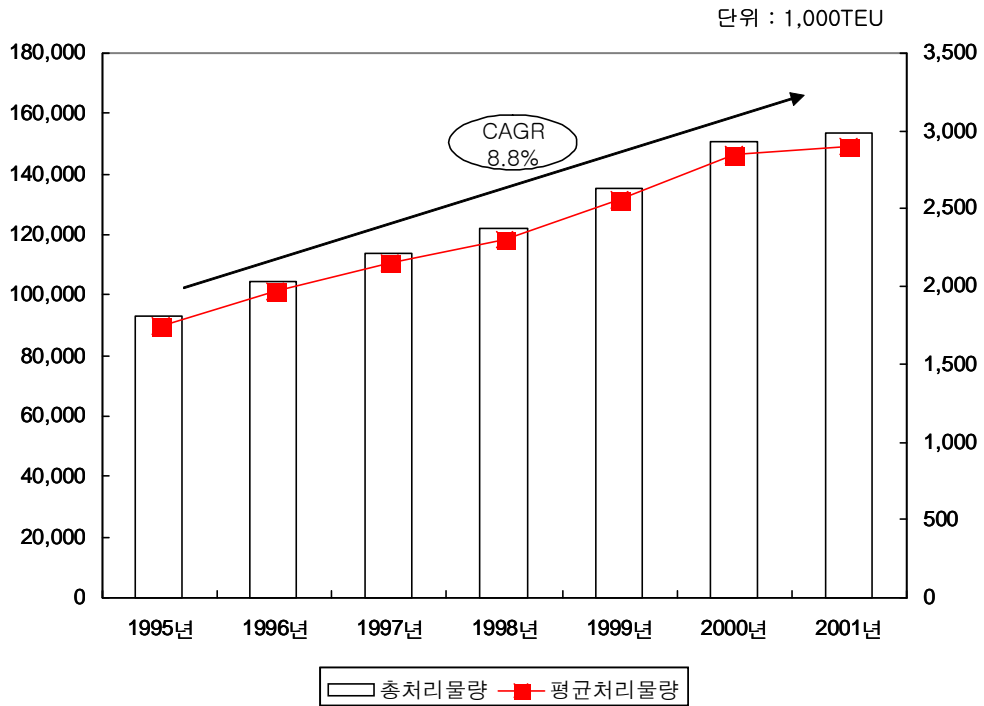
구 분	N	최소값	최대값	합계	평균	표준편차
총처리량(TEU)	53	698,903	17,900,000	153,571,516	2,897,575.8	3,261,715.6
안벽길이(m)	53	700.0	14,215.0	198,775.0	3,750.5	2,834.0
총면적(m ²)	53	105,000.0	7,156,000.0	79,516,705.0	1,500,315.2	1,361,033.7
GC장비(기)	53	5.0	170.0	1,689.0	31.9	29.6
야드장비(기)	53	2.0	575.0	6,834.0	128.9	126.3
CFS면적(m ²)	53	3,000.0	1,535,000.0	8,915,056.0	168,208.6	291,983.6
작업시간(hours)	53	9.0	24.0	1,180.0	22.3	3.9

컨테이너 항만(53개)의 투입요소의 연도별 평균값의 변화는 안벽길이(CAGR⁶⁾:0.9%), 총면적(CAGR:1.5%), G/C장비(CAGR:1.0%), 야드장비(CAGR:1.4%), 작업시간(CAGR:0.5%)은 증가율을 보이고 있으며, CFS면적(CAGR:-0.6%)은 다소 감소되는 경향을 나타내고 있다. 산출요소로 사용되어진 총처리량 및 평균처리량의 7개년 동안 연도별 변화는 아래의 <그림 4-1>과 같다. 총처리량은 연평균 8.8%의 증가를 보이고 있다.

분석에 사용된 컨테이너 터미널의 1999년부터 2001년까지 3개년 동안의 투입·산출 요소 특성에 대한 요약은 다음의 <표 4-13>~<표 4-15>과 같다.

분석대상이 된 터미널들의 1999년 총처리량의 평균은 약 74만TEU이며, 2001년의 총처리량 평균은 약 88만TEU로 항만의 경우와 마찬가지로 시간의 흐름에 따라 다소 증가하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 기타 변수의 평균은 단기의 분석기간으로 인해 변동이 거의 나타나지 않았다.

6) CAGR : Compound Annual Growth Rates의 약자로 t기간 동안의 연평균 증가율을 나타냄



<그림 4-1> 컨테이너 항만 총처리량 및 평균 처리량의 변화

<표 4-13> 컨테이너 터미널 1999년 자료 기초 통계

구 분	N	최소값	최대값	합계	평균	표준편차
총처리량(TEU)	53	32,422.0	5,236,594.0	39,363,844.0	742,714.0	839,487.2
안벽길이(m)	53	100.0	3,820.0	57,313.0	1,081.4	844.5
총면적(m ²)	53	43,000.0	1,500,000.0	20,229,631.0	381,691.2	306,325.9
GC장비(기)	53	2.0	38.0	459.0	8.7	7.2
야드장비(기)	53	1	344.0	2,547.0	48.1	61.0
CFS면적(m ²)	53	587.0	600,000.0	2,944,483.0	55,556.3	116,360.2
작업시간(hours)	53	9.0	24.0	1,207.0	22.8	3.2

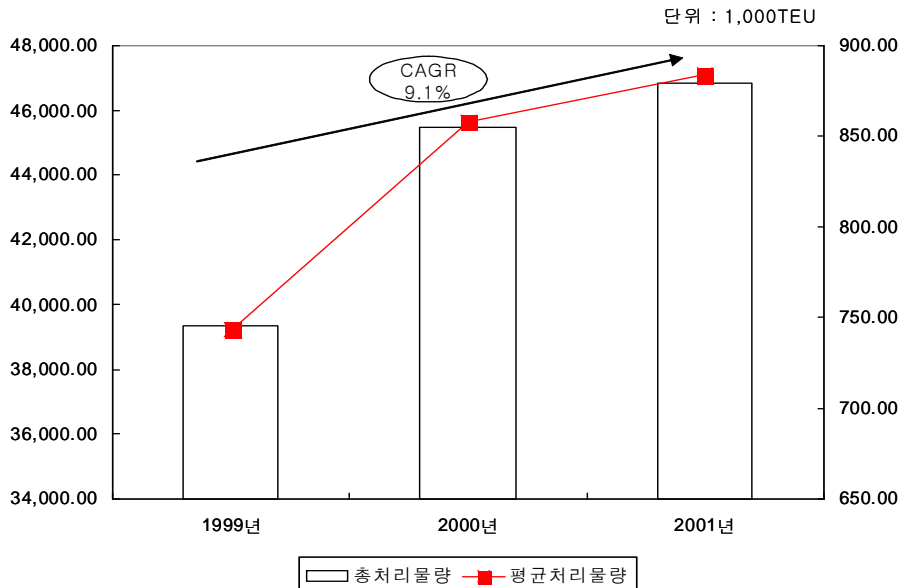
<표 4-14> 컨테이너 터미널 2000년 자료 기초 통계

구 분	N	최소값	최대값	합계	평균	표준편차
총처리량(TEU)	53	68,200.0	5,400,000.0	45,480,455.0	858,121.8	939,711.4
안벽길이(m)	53	100.0	3,820.0	57,703.0	1,088.7	850.0
총면적(m ²)	53	43,000.0	1,500,000.0	20,229,621.0	381,691.0	306,325.7
GC장비(기)	53	2.0	38.0	463.0	8.7	7.3
야드장비(기)	53	1	344.0	2,549.0	48.1	61.1
CFS면적(m ²)	53	587.0	600,000.0	2,944,483.0	55,556.3	116,360.2
작업시간(hours)	53	9.0	24.0	1,207.0	22.8	3.2

<표 4-15> 컨테이너 터미널 2001년 자료 기초 통계

구 분	N	최소값	최대값	합계	평균	표준편차
총처리량(TEU)	53	34,614.0	5,500,000.0	46,859,638.0	884,144.1	990,858.9
안벽길이(m)	53	100.0	3,820.0	58,270.0	1,099.4	853.7
총면적(m ²)	53	43,000.0	1,500,000.0	20,489,647.0	386,597.1	310,373.0
GC장비(기)	53	2.0	36.0	464.0	8.8	7.2
야드장비(기)	53	1	344.0	2,569.0	48.5	61.0
CFS면적(m ²)	53	587.0	600,000.0	2,370,479.0	44,726.0	93,448.1
작업시간(hours)	53	9.0	24.0	1,212.0	22.9	3.2

분석 대상이 된 컨테이너 터미널(53개)의 산출요소로 사용되어진 총처리량 및 평균처리량의 연도별 변화는 아래의 <그림 4-2>와 같다. 총처리량은 연평균 9.1%의 증가를 보이고 있는 것으로 나타났다.



<그림 4-2> 컨테이너 터미널 총처리량 및 평균처리량의 변화

Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)에 의해 CCR 모형이 제시되었고, DEA 모형에 사용할 수 있는 투입, 산출변수의 수에 대해 Boussofiane et al.(1991)은 DEA 모형을 이용하여 의사결정단위들을 효율적인 단위와 비효율적인 단위로 구분할 수 있는 최소한의 지표(평가 대상 DMU 수)는 투입 변수의 수와 산출변수의 수를 곱한 값보다 많아야 한다고 하였고, Banker et al(1984)은 비교대상 수가 투입요소와 산출요소의 합보다 최소한 세배 이상이 되어야 적절한 판별이 가능하다고 하였다.

기존 연구를 기준으로 했을때, 본 연구에서 요구되는 최소한의 평가 대상수는 $6(\text{투입변수}(6) * \text{산출변수}(1)) = 6$ 또는 $21((\text{투입변수}(6) + \text{산출변수}(1)) * 3 = 21)$ 이다. 본 연구에 사용된 평가 대상인 항만 및 터미널은 각각 53개로서 기존 이론에 비추어 무리가 없는 것으로 판단된다.

4.3 DEA-CCR모형에 의한 컨테이너 항만 효율성 분석

앞에서 선정된 각 투입, 산출변수에 대한 항만별 Data를 이용하여 DEA-CCR모형에 의한 효율성 평가를 실시하였다. DEA-CCR모형을 이용한 컨테이너 항만에 대한 효율성평가 분석결과는 <표 4-16>과 같다.

분석결과, 1995년에 효율적으로 측정된 항만은 Hongkong항을 비롯한 10개 항이며, 1996년은 10개항만, 1997년 10개항만, 1998년 10개항만, 1999년 10개항만, 2000년 11개항만, 2001년 9개 항만인 것으로 나타났다. 각 년도의 효율성지수 평균은 1995년 0.557, 1996년 0.576, 1997년 0.556, 1998년 0.554 이고 1999년 0.567, 2000년 0.599, 2001년 0.495로서, 2001년에 가장 낮은 효율성지수 평균을 나타냈다. 7년 동안 효율성지수 1을 유지하고 있는 항만은 Hongkong항, Singapore항, Kaohsiung항, San Juan항, Laem Chabang항, Xiamen항 등 6개 항만인 것으로 분석되었다. 중국의 경제구조 및 산업 발달로 인한 세계 컨테이너 화물의 흐름이 동북아로 이동됨에 따라 Shanghai항, Yantian항, Dalian항, Qingdao항, Busan항 등 동북아에 위치한 항만들의 효율성은 Yokohama항, Tokyo항, Kobe항, Osaka항, Nagoya항 등 일본 지역 항만을 제외하고, 시간이 지남에 따라 증가되고 있는 것으로 파악되었다.

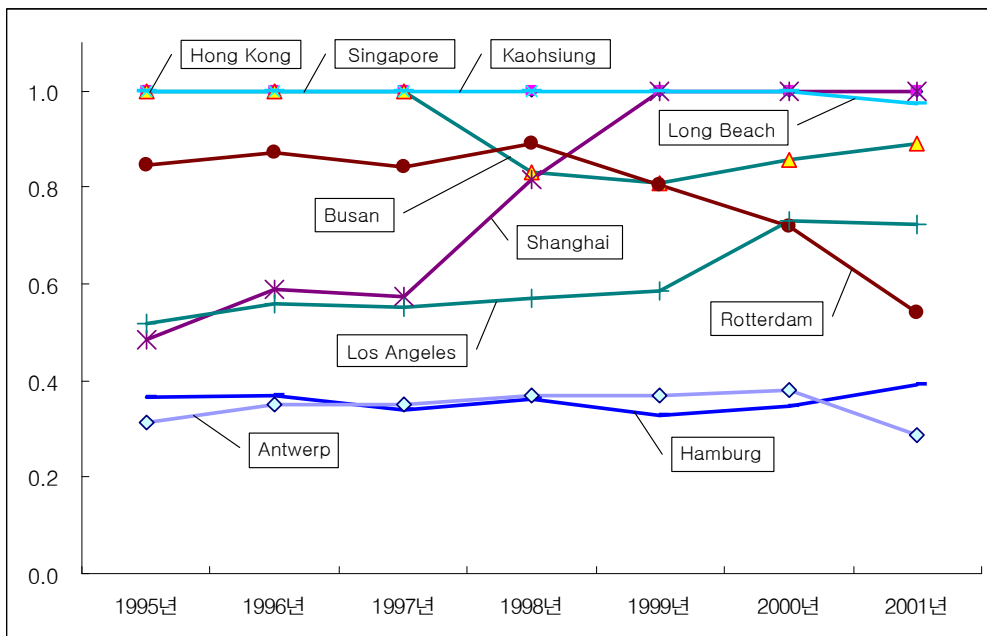
부산항은 1995년, 1996년, 1997년에 효율성 지수가 1로서 효율적인 항만으로 구분되었으며, 이 기간을 제외한 나머지 년도 1998년 0.832, 1999년 0.810, 2000년 0.857, 2001년 0.891로서 비효율적인 항만으로 구분되었으며, 1999년 이후로 효율성 지수가 증가하고 있는 것으로 나타났다.

<표 4-16> 컨테이너 항만 DEA-CCR모형 효율성 분석 결과

구분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
Hongkong	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Singapore	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Kaohsiung	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Rotterdam	0.845	0.871	0.841	0.893	0.804	0.719	0.542
Busan	1.000	1.000	1.000	0.832	0.810	0.857	0.891
Long Beach	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.973
Hamburg	0.365	0.371	0.341	0.363	0.328	0.345	0.390
Yokohama	0.614	0.854	0.464	0.378	0.363	0.360	0.355
Los Angeles	0.520	0.558	0.551	0.571	0.584	0.730	0.725
Antwerp	0.312	0.349	0.349	0.368	0.370	0.382	0.286
Tokyo	0.575	0.596	0.540	0.482	0.543	0.526	0.440
New York/New Jersey	0.253	0.237	0.242	0.237	0.249	0.232	0.247
Dubai	0.628	0.643	0.539	0.326	0.475	0.396	0.384
Keelung	0.848	0.810	0.735	0.718	0.631	0.608	0.521
Kobe	0.414	0.639	0.480	0.482	0.449	0.433	0.264
Shanghai	0.486	0.588	0.575	0.817	1.000	1.000	1.000
Manila	0.227	0.259	0.231	0.181	0.194	0.189	0.192
San Juan	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Oakland	0.464	0.416	0.325	0.335	0.325	0.278	0.209
Seattle	0.597	0.531	0.420	0.406	0.372	0.271	0.198
Nagoya	0.439	0.425	0.343	0.314	0.304	0.336	0.303
Tanjung Priok	0.841	1.000	1.000	1.000	0.766	0.670	0.509
Port Klang	0.271	0.338	0.383	0.343	0.435	0.441	0.388
Colombo	0.777	0.949	1.000	0.966	0.764	0.623	0.515
Bangkok	0.519	0.416	0.335	0.326	0.250	0.224	0.215
Osaka	0.380	0.379	0.316	0.289	0.288	0.266	0.251
Virginia(Hamptonoads)	0.450	0.479	0.462	0.455	0.417	0.394	0.334
Charleston	0.141	0.259	0.248	0.250	0.260	0.242	0.210
Tacoma	0.536	0.541	0.512	0.474	0.468	0.475	0.214
Jacksonville	0.260	0.410	0.402	0.409	0.376	0.331	0.321
Le Havre	0.270	0.291	0.302	0.276	0.277	0.228	0.191
Durban	0.333	0.345	0.257	0.252	0.278	0.319	0.349
Melbourne	0.111	0.321	0.291	0.287	0.298	0.227	0.210
La Spezia	0.657	0.448	0.392	0.421	0.433	0.367	0.359
Montreal	0.273	0.315	0.290	0.263	0.264	0.218	0.195
Genoa	0.280	0.349	0.350	0.466	0.309	0.262	0.229
Tianjin	0.305	0.323	0.328	0.352	0.391	0.493	0.521
Laem Chabang	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Qingdao	1.000	1.000	0.959	1.000	1.000	1.000	1.000
Southampton	0.510	0.467	0.403	0.414	0.386	0.314	0.190
Houston	1.000	0.745	0.746	0.414	0.783	0.797	0.617
Santos	0.510	0.451	0.421	0.277	0.251	0.317	0.367
Barcelona	0.156	0.172	0.195	0.192	0.207	0.193	0.184
Khor Fakkan	1.000	0.764	0.620	0.639	0.814	0.717	0.619
Valencia	0.425	0.318	0.296	0.303	0.434	0.333	0.307
Felixstowe	0.831	0.658	0.820	0.851	0.986	0.678	0.576
Gioia Tauro	0.026	0.791	1.000	1.000	0.791	0.607	0.517
Yantian	0.106	0.296	0.454	0.698	0.964	1.000	1.000
Taichung	0.266	0.405	0.444	0.414	0.498	0.401	0.325
Xiamen	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Marsaxlokk	0.377	0.414	0.421	0.559	0.406	0.284	0.296
Puerto Manzanillo	0.416	0.407	0.544	0.758	1.000	1.000	0.822
Dalian	0.302	0.320	0.310	0.327	0.458	0.479	0.462
효율적인 DMU 수	11	10	11	10	10	11	9
효율성 지수 평균	0.557	0.576	0.556	0.554	0.567	0.539	0.495

① 세계 10대항만⁷⁾의 DEA-CCR 효율성 변화 분석

부산항을 포함한 세계10대 항만의 효율성 변화는 다음의 <그림 4-3>과 같다. Hongkong항, Singapore항, Kaohsiung항의 경우, 7년 동안 효율성 지수가 1로서 가장 효율적인 항만으로 분석되었으며, Shanghai항은 99년 이후로 급격한 효율성 증가를 보이고 있다. 기타 항만들은 일정 수준의 효율성을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 부산항의 경우는 1995년, 1996년, 1997년에 효율적인 항만으로 평가되었으며, 1998년~1999년 사이에 약간의 감소를 보이다가 99년 이후 점차 효율성이 높아지고 있는 것으로 파악되었다.

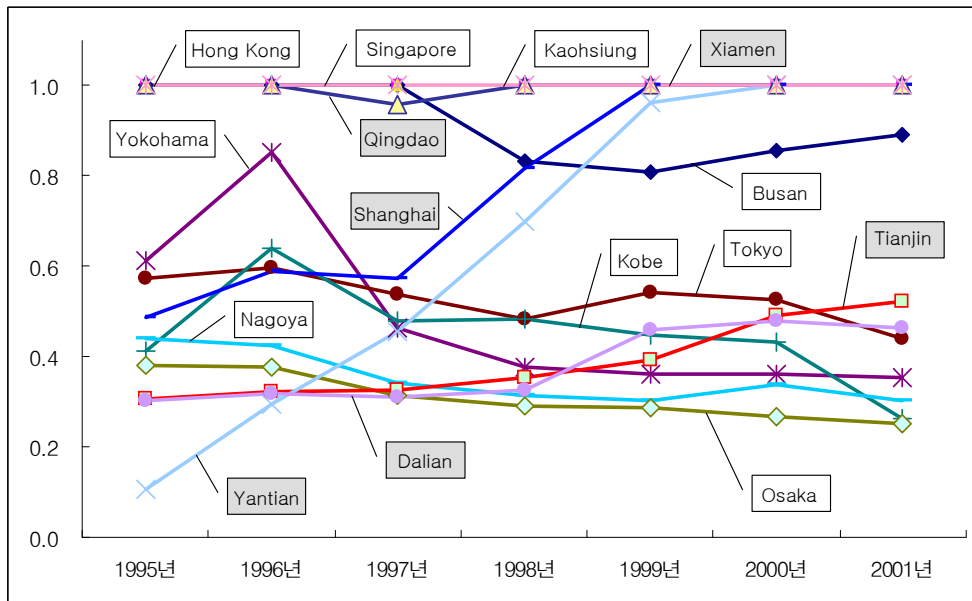


<그림 4-3> 세계 10대 항만의 DEA-CCR모형 효율성 분석 결과

7) Containerization yearbook international 2001년 컨테이너 처리 물동량 순위 기준

② 동북아 주요 항만의 DEA-CCR 효율성 변화

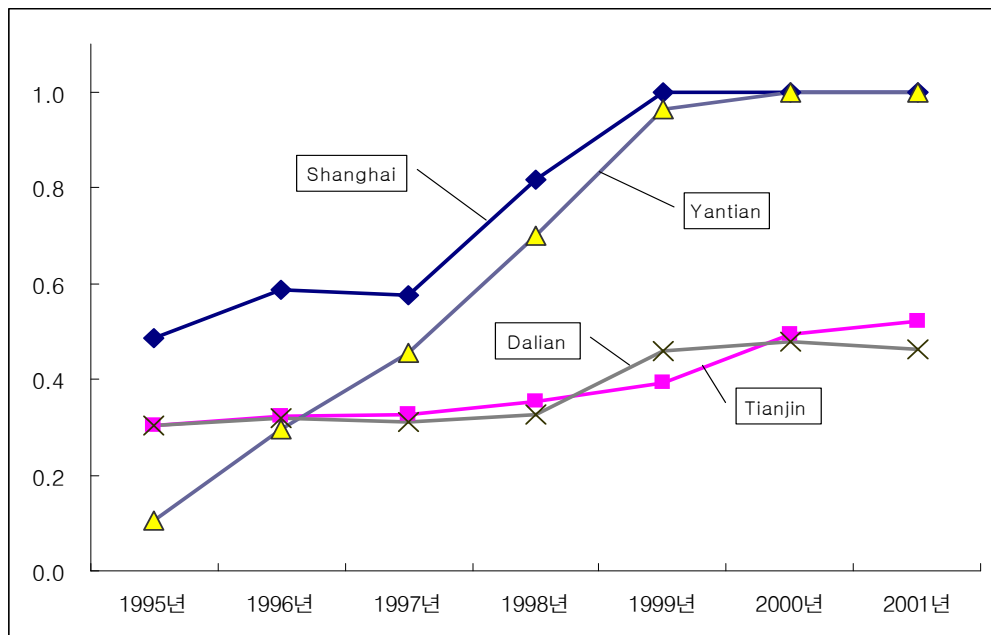
동북아시아에 위치한 부산항의 주요 경쟁항만의 효율성변화는 다음의 <그림 4-4>와 같다. Tianjin항, shanghai항, Yantian항, Dalian항 등 중국의 주요 항만은 자국의 경제성장과 더불어, 효율성 지수가 증가 또는 1의 값을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 중국항만 중 Qingdao항, Xiamen항은 비교적 소형 항만임에도 1995년부터 처리능력 이상의 물량을 처리하고 있었으며, 이를 통해 중국의 타 항만과는 달리 7개년 동안 효율적인 항만으로 평가되었다. 중국항만의 경우와는 다르게 일본의 주요항만인 Yokohama항, Tokyo항, Kobe항, Osaka항 등은 점차 효율성 지수가 감소되고 있는 것으로 나타났다. 우리나라와 경쟁관계에 있는 Kaohsiung항은 7년간 효율성 지수를 1로 유지하고 있는 매우 효율적인 항만으로 분석되었다.



<그림 4-4> 동북아 주요 항만의 DEA-CCR모형 효율성 분석 결과

③ DEA-CCR 효율성이 증가하고 있는 항만

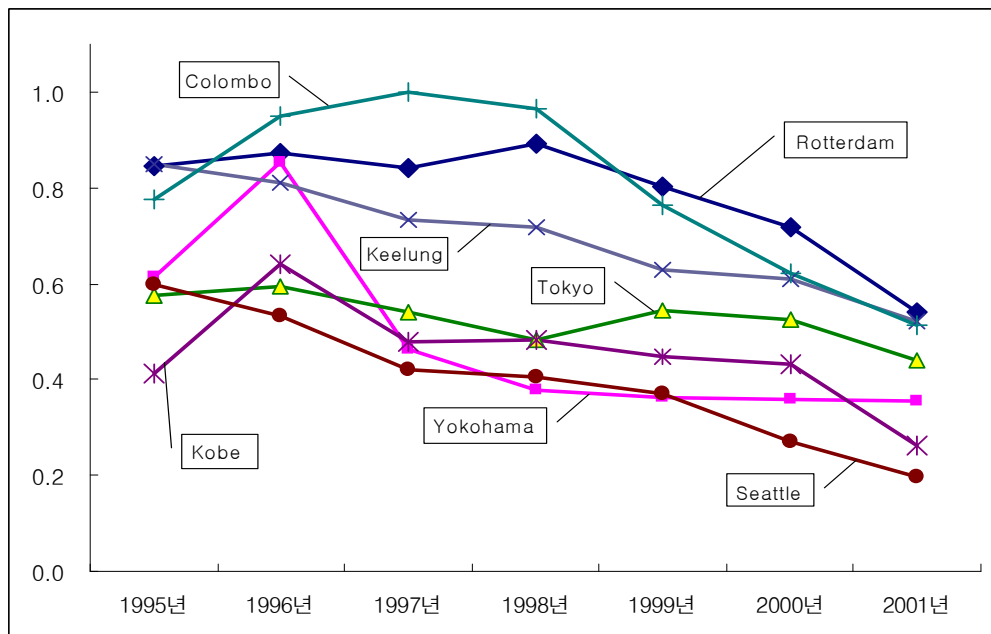
분석에 사용된 항만들 중 효율성 지수가 급격히 성장하고 있는 항만은 다음의 <그림 4-5>와 같다. 분석에 사용된 53개의 항만들 중 효율성 지수가 급격하게 증가하고 있는 항만은 Shanghai항, Yantian항, Tianjin항, 등으로 모두 중국 항만인 것으로 나타났다. 이는 동북아시아에서의 중국 경제의 급격한 성장과 일치하는 것으로 중국으로의 화물량이 급격히 증가함에 따른 현상으로 해석된다. 중국의 WTO가입이 가시화되기 시작한 1998년을 기점으로 효율성 지수의 급격한 성장이 시작되었으며, 현재까지도 그 추세는 지속되고 있다.



<그림 4-5> DEA-CCR모형: 효율성 지수가 증가하고 있는 항만

④ DEA-CCR 효율성 지수가 감소하고 있는 항만

53개 항만 중 효율성 지수가 다소 감소하고 있는 항만들은 다음의 <그림 4-6>과 같다. 효율성 지수가 감소하고 있는 항만은 Rotterdam항, Colombo항, Yokohama항, Tokyo항, Seattle항 등 주로 일본의 주요항만, 유럽의 대형항만, 미주지역의 대형항만인 것으로 나타났다. 이는 세계 컨테이너 물동량이 중국을 중심으로 이동되고 있는데 기인한 결과로 보인다. 해당 항만들의 처리 물동량은 기존 수준을 유지하거나 소폭 증가하였지만, 기타 동북아시아 항만들의 처리물동량이 급격히 성장함에 따라 상대적인 효율성 지수가 감소하는 형태를 띠는 것으로 파악된다.



<그림 4-6> DEA-CCR모형: 효율성 지수가 감소하고 있는 항만

4.4 DEA-CCR모형에 의한 컨테이너 터미널 효율성 분석

DEA-CCR 모형을 이용한 터미널에 대한 효율성평가 분석결과는 <표 4-17>과 같다.

분석결과는 1999년~2001년 동안의 3개년에 대한 효율성 분석 결과가 제시되어 있으며, 주요 내용은 다음과 같다. 3개년 동안의 터미널 효율성의 평균은 1999년 0.585, 2000년 0.504, 2001년 0.481로서 시간의 흐름에 따라 점차 감소하고 있는 것으로 파악되었다. 효율적인 터미널 수도 1999년 10개 터미널, 2000년 9개 터미널, 2001년 7개 터미널로 그 수가 점차 감소하고 있다. 항만 전체 효율성 평가에서 7개년 동안 1로 평가받은 Hongkong항, Laem Chabang항에 속한 터미널들은 Hongkong항의 Term 8(East)을 제외하고 터미널간의 효율성 분석에서도 3개년 동안 모두 효율성이 1로 평가되었다. Hongkong항의 Term 8(East)은 1999년과 2000년에 효율성 지수가 1로 평가되었으나, 2001년은 효율성 지수가 0.956으로 비효율적인 터미널로 구분되었다. 그 외 Oakland항의 Trapac Term, Qingdao항의 Qingdao 터미널 등이 3개년 동안 효율성 지수 1로 평가되었다. 부산항에 포함된 7개 터미널들은 1999년에 1개 터미널(Gamman Hyundai Con-Term), 2000년에 1개 터미널(Gamman Global Con-Term)이 효율성 지수 1로 평가 받았으며, 그 외에는 모두 1이하의 효율성 지수로 평가되어 비효율적인 터미널로 구분되었다. 부산항에 속한 터미널들 중 1999년에 가장 낮은 효율성 지수를 나타내고 있는 터미널은 Jasingdae Con-Term(효율성 지수: 0.508)이고, 가장 높은 효율성 지수를 나타내고 있는 항만은 Gamman Hyundai Con-Term이었다. 2000년과 2001년에 가장 낮은 효율성 지수를 나타내고 있는 항만은 Uam Con-Term이었으며, 가장 높은 효율성 지수를 나타내고 있는 항만은 Gamman Global Con-Term인 것으로 분석되었다.

<표 4-17> 컨테이너 터미널 DEA-CCR모형 효율성 분석 결과(1999년~2001년)

항만	터미널	1999년	2000년	2001년
Hongkong	Term 3	1	1	1
	Term 8(East)	1	1	0.956
	Term 1/2/5/8(West)	1	1	1
	Term 4/6/7	1	1	1
Rotterdam	Handico Term	0.831	0.552	0.621
Busan	Gamman Global Con-Term	0.655	1	0.948
	Gamman Hanjin Con-Term	0.868	0.606	0.605
	Gamman Hyundai Con-Term	1	0.549	0.782
	Gamman Korea EXpress Con-Term	0.856	0.542	0.652
	Jasungdae Con-Term	0.508	0.540	0.425
	Shinsundae Con-Term	0.671	0.587	0.5
	Uam Con-Term	0.580	0.356	0.398
Hamburg	Eurogate Con-Term	0.345	0.336	0.306
	TCT Tollerort Term	0.253	0.234	0.242
	Unikai Con-Term	0.198	0.115	0.108
Keelung	Keelung Harbor Bureau	0.548	0.746	0.664
Manila	South Harbor	0.461	0.331	0.341
Oakland	APL Term	0.173	0.290	0.296
	Ben E Nutter Con-Term	0.290	0.246	0.129
	Charles P Howard Term	0.526	0.200	0.118
	Trapac Term	1	1	1
Nagoya	Kinjo Pier	0.223	0.235	0.152
	NCB Term	0.566	0.386	0.292
	Tobishima North Pier	1	1	1
Port Klang	Klang Port Con-Term	0.444	0.492	0.475
Colombo	Jaye Con-Term	0.838	0.669	0.658
Bangkok	Bangkok	0.341	0.313	0.293
Osaka	Term OC-1	0.431	0.307	0.228
	Term OC-2	0.242	0.174	0.152
	Term OC-3	1	0.752	0.920
	Term OC-4	0.258	0.188	0.116
	Term OC-8	0.191	0.203	0.273
Le Havre	Term de l'Atlantique	0.207	0.156	0.132
Melbourne	West Swanson dock	0.342	0.249	0.240
Genoa	Southern European Con-Hub-Term	0.405	0.256	0.208
	Voltri Term	0.765	0.347	0.340
Tianjin	Con-Term	0.590	0.699	0.716
Laem Chabang	Laem Chabang	1	1	1
Qingdao	Qingdao	1	1	1
Southampton	Southampton Con-Term	0.456	0.437	0.254
Houston	Barbours Cut Term	0.876	0.614	0.593
Barcelona	TCB Term	0.350	0.340	0.308
	Term Port-Nou	0.174	0.085	0.085
Sydney(Harbour)	Darling Harbour	0.174	0.471	0.254
Khor Fakkan	Khor Fakkan Con-Term	0.899	0.646	0.624
Valencia	Con-Term(Maritima valenciana SA)	0.286	0.168	0.159
	Valencia Con-Term(Terport SA)	0.515	0.396	0.403
Gioia Tauro	Medcenter Container Terminal	0.891	0.896	0.776
Vancouver BC	Centerm	0.163	0.132	0.093
	Vanterm	0.465	0.292	0.237
Taichung	Taichung Harbor Bureau	0.627	0.488	0.389
Buenos Aires	Exolgan	0.5151	0.3592	0.2994
Puerto Manzanillo	Manzanillo Int'l Terminal	0.9863	0.7324	0.7264
효율적인 DMU수		10	9	7
효율적인 지수평균		0.585	0.504	0.481

4.5 DEA-BCC모형에 의한 컨테이너 항만 효율성 분석

DEA-BCC모형을 이용하여 세계 주요 컨테이너 항만 효율성을 분석한 결과는 다음의 <표 4-18>에서 제시하고 있다. DEA-BCC모형은 DEA-CCR모형과 달리 각 평가대상의 규모의 수익에 대한 증가 상태 혹은 감소상태 혹은 불변상태 등의 정보를 추가적으로 제시하여 준다.

7개년 동안의 분석 결과를 살펴보면, 모든 평가대상에 대해서 규모의 수익에 대한 지표는 모두 DRS(Decrease Return to Scale) 즉, 규모의 수익 감소 상태를 나타내고 있는데 이는 수요에 앞선 대규모 시설확보라는 항만의 특성이 반영된 결과라고 해석된다.

DEA-BCC모형에 의한 효율성 분석 결과를 살펴보면, 연도별 효율성지수 평균은 1995년에 0.838을 기록하였고 1996년에 0.847, 1997년과 1998년에는 0.830, 1999년은 0.820, 그리고 2001년에는 0.828을 나타냄으로써, 연도별 큰 차이를 보이지 않고 있다. 효율적 DMU수에 있어서도 연도별 14개 항만에서 18개 항만이 평가됨으로 큰 차이를 보이지 않고 있다. 7개년 중 1999년이 가장 낮은 효율성지수 평균값과 효율적 DMU수를 기록하는 것으로 나타났다. 7개년 동안 모두 효율적으로 평가된 항만은 Hongkong항, Singapore항, Kaohsiung항, San Juan항, Virginia항, Jacksonville항 등 총 11개 항만인 것으로 분석되었다.

① 세계 10대 항만의 DEA-BCC모형 효율성 변화 분석

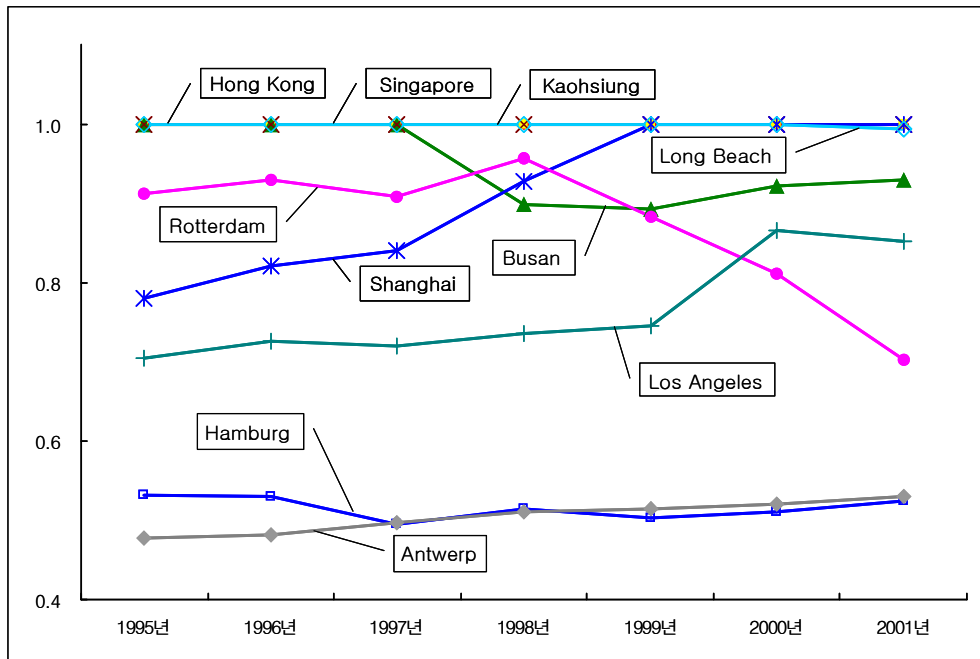
부산항을 포함한 10대 항만의 DEA-BCC 효율성 지수의 변화는 다음의 <그림 4-7>과 같다. Hongkong항, Singapore항, Kaohsiung항 등 3개 항만은 7년 동안 효율성이 1로 평가되었으며, Shanghai항은 1997년 이후로 급격한 효율성 지수 증가를 보이고 있다. Rotterdam항은 1999년부터 급격한 효율성 지수 감소를 나타내고 있다. Hamburg항, Antwerp항은 1997년 이

<표 4-18> 컨테이너 항만 DEA-BCC모형 효율성 분석 결과(1995~2001년)

항만명	1995년		1996년		1997년		1998년		1999년		2000년		2001년	
	효율성	RTS	효율성	RTS	효율성	RTS	효율성	RTS	효율성	RTS	효율성	RTS	효율성	RTS
Hongkong	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Singapore	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Kaohsiung	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Rotterdam	0.911	DRS	0.930	DRS	0.908	DRS	0.957	DRS	0.883	DRS	0.812	DRS	0.703	DRS
Busan	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	0.898	DRS	0.892	DRS	0.921	DRS	0.930	DRS
Long Beach	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	0.993	DRS
Hamburg	0.532	DRS	0.530	DRS	0.495	DRS	0.515	DRS	0.503	DRS	0.511	DRS	0.524	DRS
Yokohama	0.846	DRS	0.989	DRS	0.755	DRS	0.727	DRS	0.720	DRS	0.738	DRS	0.730	DRS
Los Angeles	0.705	DRS	0.726	DRS	0.720	DRS	0.735	DRS	0.746	DRS	0.866	DRS	0.851	DRS
Antwerp	0.477	DRS	0.722	DRS	0.497	DRS	0.510	DRS	0.515	DRS	0.520	DRS	0.529	DRS
Tokyo	0.881	DRS	0.878	DRS	0.847	DRS	0.826	DRS	0.855	DRS	0.849	DRS	0.823	DRS
New York/New Jersey	0.442	DRS	0.434	DRS	0.446	DRS	0.441	DRS	0.458	DRS	0.455	DRS	0.466	DRS
Dubai	0.763	DRS	0.770	DRS	0.704	DRS	0.616	DRS	0.670	DRS	0.639	DRS	0.647	DRS
Keelung	0.946	DRS	0.930	DRS	0.892	DRS	0.869	DRS	0.834	DRS	0.833	DRS	0.818	DRS
Kobe	0.757	DRS	0.903	DRS	0.772	DRS	0.771	DRS	0.755	DRS	0.727	DRS	0.709	DRS
Shanghai	0.780	DRS	0.820	DRS	0.841	DRS	0.927	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Manila	0.462	DRS	0.474	DRS	0.460	DRS	0.438	DRS	0.448	DRS	0.447	DRS	0.449	DRS
San Juan	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Oakland	0.704	DRS	0.674	DRS	0.646	DRS	0.650	DRS	0.648	DRS	0.648	DRS	0.640	DRS
Seattle	0.855	DRS	0.814	DRS	0.765	DRS	0.766	DRS	0.767	DRS	0.767	DRS	0.593	DRS
Nagoya	0.737	DRS	0.719	DRS	0.667	DRS	0.657	DRS	0.655	DRS	0.690	DRS	0.673	DRS
Tanjung Priok	0.980	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	0.968	DRS	0.971	DRS	0.973	DRS
Port Klang	0.562	DRS	0.586	DRS	0.581	DRS	0.568	DRS	0.615	DRS	0.612	DRS	0.613	DRS
Colombo	0.968	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	0.905	DRS	0.971	DRS	0.954	DRS
Bangkok	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	0.702	DRS	0.731	DRS	0.731	DRS
Osaka	0.792	DRS	0.786	DRS	0.717	DRS	0.705	DRS	0.705	DRS	0.728	DRS	0.722	DRS
Virginia (Hampton Roads)	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Charleston	0.584	DRS	0.620	DRS	0.618	DRS	0.617	DRS	0.633	DRS	0.658	DRS	0.650	DRS
Tacoma	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Jacksonville	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Le Havre	0.610	DRS	0.604	DRS	0.606	DRS	0.604	DRS	0.609	DRS	0.608	DRS	0.608	DRS
Durban	0.748	DRS	0.745	DRS	0.721	DRS	0.714	DRS	0.724	DRS	0.800	DRS	0.800	DRS
Melbourne	0.793	DRS	0.795	DRS	0.792	DRS	0.788	DRS	0.797	DRS	0.765	DRS	0.776	DRS
La Spezia	0.902	DRS	0.853	DRS	0.835	DRS	0.836	DRS	0.770	DRS	0.976	DRS	0.983	DRS
Montreal	0.678	DRS	0.672	DRS	0.668	DRS	0.667	DRS	0.667	DRS	0.680	DRS	0.679	DRS
Genoa	0.762	DRS	0.765	DRS	0.681	DRS	0.826	DRS	0.672	DRS	0.691	DRS	0.683	DRS
Tianjin	0.773	DRS	0.780	DRS	0.786	DRS	0.788	DRS	0.799	DRS	0.895	DRS	0.896	DRS
Laem Chabang	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Qingdao	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Southampton	0.841	DRS	0.841	DRS	0.841	DRS	0.837	DRS	0.809	DRS	0.897	DRS	0.898	DRS
Houston	1.000	DRS	0.978	DRS	0.975	DRS	0.958	DRS	0.968	DRS	0.996	DRS	0.997	DRS
Santos	0.871	DRS	0.854	DRS	0.847	DRS	0.828	DRS	0.830	DRS	0.978	DRS	0.978	DRS
Barcelona	0.551	DRS	0.554	DRS	0.564	DRS	0.563	DRS	0.571	DRS	0.582	DRS	0.578	DRS
Khor Fakkan	1.000	DRS	0.997	DRS	0.972	DRS	0.968	DRS	0.971	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Valencia	0.799	DRS	0.795	DRS	0.795	DRS	0.795	DRS	0.802	DRS	0.814	DRS	0.813	DRS
Felixstowe	0.927	DRS	0.834	DRS	0.908	DRS	0.928	DRS	0.993	DRS	0.891	DRS	0.861	DRS
Gioia Tauro	0.944	DRS	0.963	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	0.902	DRS	0.887	DRS	0.856	DRS
Yantian	0.882	DRS	0.882	DRS	0.888	DRS	0.925	DRS	0.988	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Taichung	0.849	DRS	0.849	DRS	0.906	DRS	0.905	DRS	0.905	DRS	0.919	DRS	0.919	DRS
Xiamen	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Marsaxlokk	0.867	DRS	0.868	DRS	0.869	DRS	0.894	DRS	0.822	DRS	0.845	DRS	0.848	DRS
Puerto Manzanillo	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
Dalian	0.944	DRS	0.944	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS	1.000	DRS
효율적인 DMU 수	16		16		18		17		14		16		15	
효율성지수 평균	0.838		0.847		0.830		0.830		0.820		0.836		0.828	

후로 비슷한 수준의 효율성을 유지하고 있으며, 부산항의 경우는 1995년, 1996년, 1997년은 효율성 지수가 1로 평가되었으나, 1998년 효율성 지수가 급격히 감소하였고 그 이후로 효율성 지수가 다소 증가하고 있다.

이는 1998년 부산항의 감만 항이 신규 사업을 시작하게 됨으로써, 투입 요소인 항만시설은 뚜렷이 증가하였으나, 그에 상응하는 산출요소인 컨테이너 처리물량의 증가가 상대적으로 작았던 것이 원인이 되었다.

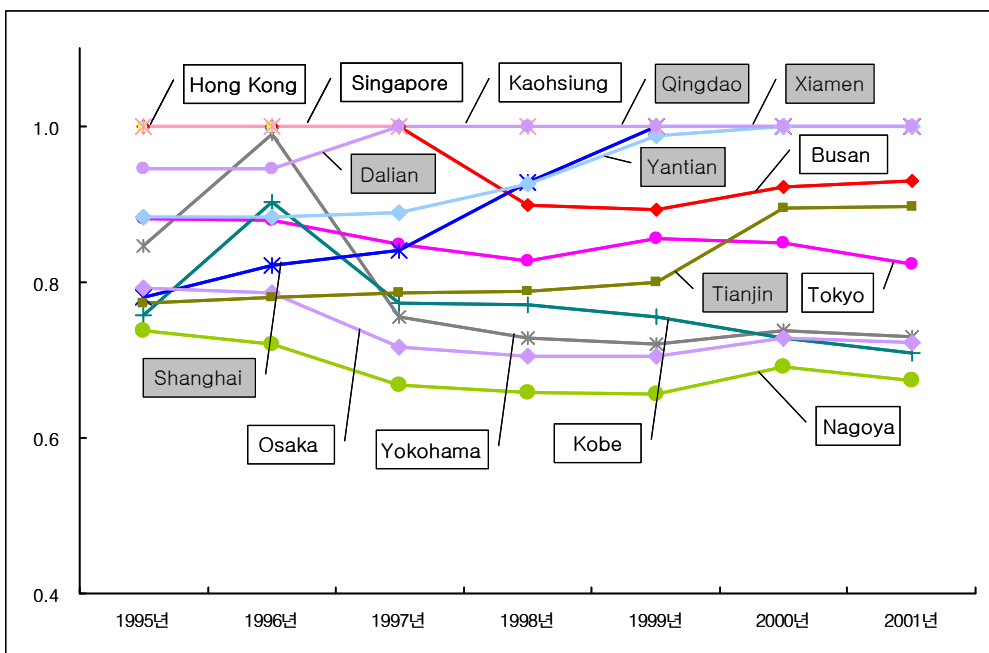


<그림 4-7> 세계 10대 항만의 DEA-BCC모형 효율성 분석 결과

② 동북아 주요 항만의 효율성 분석

다음의 <그림 4-8>은 동북아시아에 위치한 부산항의 주요 경쟁항만의 DEA-BCC모형 효율성 변화를 나타낸다. Tianjin항, Shanghai항, Yantian

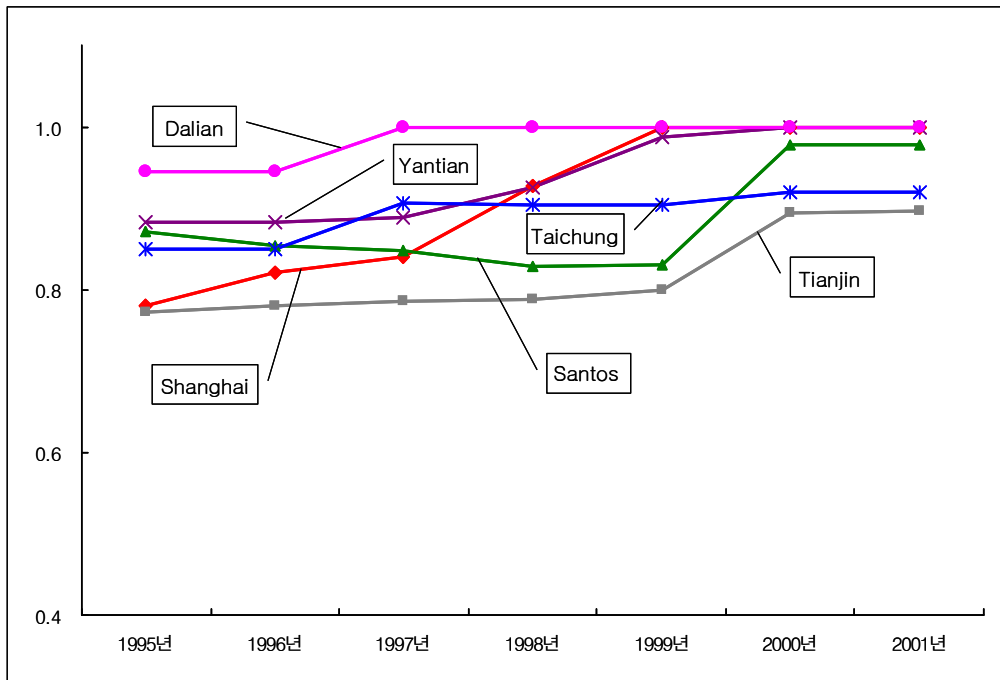
항, Dalian항 등 중국의 주요 항만은 DEA-CCR효율성 분석 결과와 같이 7개년 동안 지속적인 효율성 성장을 나타내고 있으며, 중국항만 중 Qingdao항, Xiamen항은 7개년 동안 효율적인 항만으로 평가되었다. 일본의 주요항만인 Yokohama항, Tokyo항, Kobe항, Osaka항 등은 점차 효율성 지수가 감소되고 있는 것으로 나타났다.



<그림 4-8> 동북아 주요 항만의 DEA-BCC모형 효율성 분석 결과

③ DEA-BCC 효율성이 증가하고 있는 항만

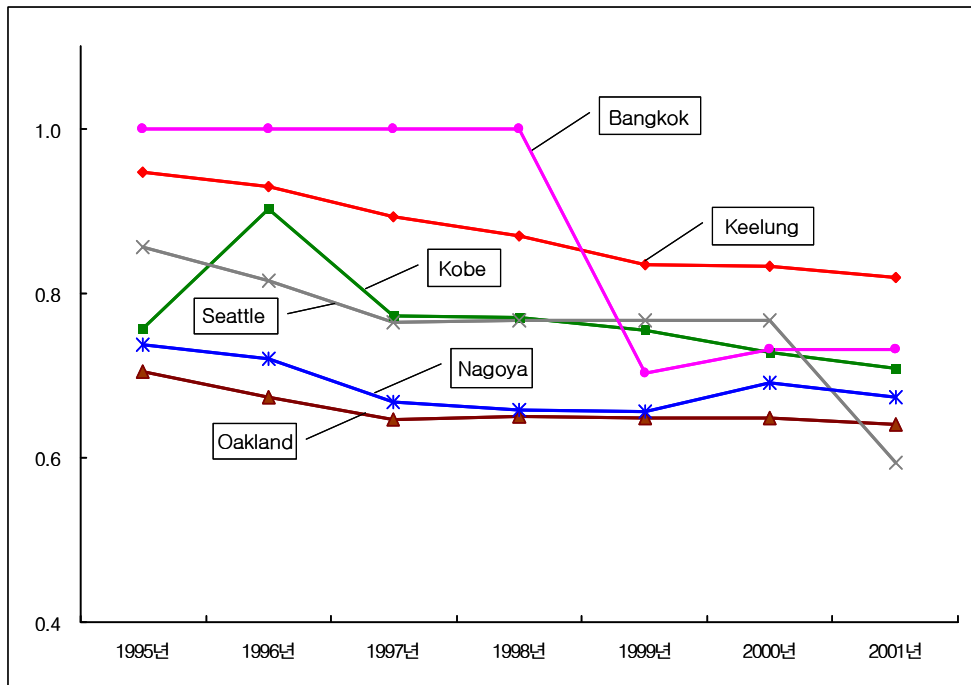
DEA-BCC모형 효율성 분석 결과, 7개년 동안 효율성의 뚜렷한 증가를 보이고 있는 항만들은 다음의 <그림 4-9>와 같이 중국의 주요 항만들인 Shanghai항, Yantian항, Dalian항, Tianjin항과 브라질의 Santos항, 대만의 Taichung항인 것으로 나타났다.



<그림 4-9> DEA-BCC모형: 효율성 지수가 증가하고 있는 항만

④ DEA-BCC 효율성 지수가 감소하고 있는 항만

DEA-BCC모형 효율성 분석결과, 7개년 동안 효율성 지수가 지속적으로 감소하고 있는 항만들은 일본의 주요 항만인 Kobe항, Nagoya항, 미국의 Seattle항, Oakland항 등으로 나타났다. 이들 항만은 시설규모에 있어 대형 항만에 속하는 항만들로서, 시설능력을 100%로 활용하고 있는 중국의 Shanghai항, Yantian항, Hongkong항 등에 비해 유휴 시설능력이 다수 존재하기 때문에 효율성 지수가 점차 낮게 평가된 것으로 해석된다. 그 외 태국의 Bangkok항과 대만의 Keelung항도 효율성 지수가 감소 추세인 것으로 나타났다(<그림 4-10>참조).



<그림 4-10> DEA-BCC모형: 효율성 지수가 감소하고 있는 항만

4.6 DEA-BCC모형에 의한 컨테이너 터미널 효율성 분석

컨테이너 터미널을 대상으로 한 1999년에서 2001년까지의 DEA-BCC모형 효율성 분석결과는 <표 4-19>와 같다. 1999년부터 2001년까지의 연도별 효율성 지수 평균은 각각 0.821, 0.809, 0.797로서 시간이 흐름에 따라 다소 낮아지는 것으로 나타났다. 효율적인 DMU수는 1999년 15개 터미널, 2000년 15개 터미널, 2001년 14개 터미널로서, 비슷한 수준을 유지하고 있다. 3개년 동안 효율성 지수가 1로 평가된 터미널은 Hongkong의 Term 3, Term 1/2/5/8(west), Term 4/6/7과 Manila의 속한 South Harbor, Oakland항의 Trapac Term 등 13개 터미널로 분석되었다.

항만간 효율성 평가 시 7개년 동안 효율성 1의 값을 유지한 Hongkong

항에 속한 터미널 중 Term8(East)은 2001년에 0.985로 터미널간 효율성 분석에서는 비효율적으로 분석되었다. 또한 항만간 효율성 분석에서 7개년 동안 비효율적으로 분석된 Manila항, Oakland항, Nagoya항, Osaka항 등에 속해 있는 터미널 중 South Harbor터미널(Manila), Trapac Term(Oakland), Tobishima North Pier(Nagoya)등은 3개년 동안 효율적인 것으로 분석되었다. 특히, Osaka항의 경우는 Term OC-1, Term OC-2, Term OC-3의 경우 3개년 동안 모두 효율적으로 분석됨으로써, 항만의 효율성은 비효율적이라도 그에 속해있는 다수의 터미널들이 효율적인 터미널로 평가 받을 수 있다는 것을 보여주고 있다.

부산항의 총 7개 터미널 중 Jasungdae Con-Term, Shinsundae Con-Term, Uam Con-Term의 경우는 3개년 동안 비효율적인 것으로 분석되었으나, 1998년 신규 개장한 감만에 속한 4개 터미널들은 비교적 효율성이 높은 것으로 분석되었다. 특히, Gamman Global Con-Term의 경우 1999년 효율성 지수가 0.977인 경우를 제외하고는 2000년과 2001년에 효율성 지수 1로서, 효율적인 터미널로 분석되었다.

<표 4-19> 컨테이너 터미널 DEA-BCC모형 효율성 분석 결과(1999~2001년)

항만	구분 터미널	효율성 지수		
		1999년	2000년	2001년
Hongkong	Term 3	1.000	1.000	1.000
	Term 8(East)	1.000	1.000	0.985
	Term 1/2/5/8(West)	1.000	1.000	1.000
	Term 4/6/7	1.000	1.000	1.000
Rotterdam	Handico Term	1.000	1.000	1.000
Busan	Gamman Global Con-Term	0.977	1.000	1.000
	Gamman Hanjin Con-Term	0.986	0.906	0.916
	Gamman Hyundai Con-Term	1.000	0.974	0.989
	Gamman Korea EXpress Con-Term	0.991	0.980	0.983
	Jasungdae Con-Term	0.640	0.697	0.660
	Shinsundae Con-Term	0.723	0.704	0.687
Hamburg	Uam Con-Term	0.735	0.696	0.609
	Eurogate Con-Term	0.592	0.616	0.606
	TCT Tollerort Term	0.555	0.569	0.577
Keelung	Unikai Con-Term	0.699	0.699	0.699
Manila	Keelung Harbor Bureau	0.735	0.847	0.803
Oakland	South Harbor	1.000	1.000	1.000
	APL Term	0.830	0.844	0.845
	Ben E Nutter Con-Term	0.696	0.694	0.682
	Charles P Howard Term	0.745	0.677	0.677
Nagoya	Trapac Term	1.000	1.000	1.000
	Kinjo Pier	0.539	0.559	0.538
	NCB Term	0.734	0.681	0.671
	Tobishima North Pier	1.000	1.000	1.000
Port Klang	Port Klang Con-Term	0.688	0.713	0.701
Colombo	Jaye Con-Term	0.949	0.896	0.738
Osaka	Bangkok	0.604	0.601	0.598
	Term OC-1	1.000	1.000	1.000
	Term OC-2	1.000	1.000	1.000
	Term OC-3	1.000	1.000	1.000
	Term OC-4	0.717	0.716	0.716
Le Havre	Term OC-8	0.846	0.847	0.851
	Term de l'Atlantique(quai de Atlantiques)	0.674	0.674	0.674
Melbourne	West Swanson dock	0.642	0.626	0.629
Genoa	Southern European Con-Hub-Term	0.603	0.572	0.547
	Voltri Term	0.736	0.747	0.749
Tianjin	Con-Term	0.647	0.758	0.802
Laem Chabang	Laem Chabang	1.000	1.000	1.000
Qingdao	Qingdao	1.000	1.000	1.000
Southampton	Southampton Con-Term	0.639	0.650	0.594
Houston	Barbours Cut Term	0.886	0.824	0.807
Barcelona	TCB Term	0.694	0.701	0.698
	Term Port-Nou	0.795	0.608	0.608
Sydney(Harbour)	Darling Harbour	1.000	1.000	1.000
Khor Fakkan	Khor Fakkan Con-Term	0.910	0.837	0.823
Valencia	Con-Term(Maritima valenciana SA)	0.720	0.703	0.706
	Valencia Con-Term(Terport SA)	0.786	0.755	0.759
Gioia Tauro	Medcenter Container Terminal	0.940	0.941	0.851
Vancouver BC	Centerm	0.566	0.566	0.566
	Vanterm	0.725	0.689	0.689
Taichung	Taichung Harbor Bureau	0.780	0.717	0.670
Buenos Aires	Exolgan	0.791	0.735	0.705
Puerto Manzanillo	Manzanillo Int'l Terminal	0.987	0.855	0.811
효율적인 DMU 수		15	15	14
효율성 지수 평균		0.821	0.809	0.797

제 5 장 세계 주요 컨테이너 항만 효율성 변화 분석

5.1 컨테이너 항만의 효율성 변화 분석

본 연구에서는 시간의 흐름에 따른 효율성을 보다 종합적으로 분석, 효율성 변화의 원인을 규명하고자 Malmquist 효율성 지수를 이용하여 효율성 변화를 살펴보았다. 이론 고찰에서 살펴보았듯이 Malmquist 효율성 지수는 시간의 흐름에 따른 효율성 변화를 기술적 효율성 변화와 기술변화(진보 또는 퇴보)로 나누어 살펴볼 수 있다. 본 연구에서는 1995년부터 2001년까지의 효율성 분석 결과를 토대로 1995/1996, 1996/1997, 1997/1998, 1998/1999, 1999/2000, 2000/2001기간에 대한 총 6기의 효율성 변화를 살펴보았다. 각 기간별 결과 요약은 <표 5-2>~<표 5-8>과 같다.

우선, 각 연도별 효율성 변화를 살펴보면, 1995/1996년의 경우 기술적 효율성 변화 지수의 평균은 1.132로 1995년도에 비해 1996년의 기술적 효율성이 평균적으로 증가하였음을 살펴볼 수 있고, 기술변화 지수의 평균은 1.163으로 평균적으로 기술이 진보하였음을 알 수 있다. 53개 항만 중 기술적 효율성 변화 지수가 증가한 항만의 수는 29개 항만이며, 기술적 진보가 발생한 항만은 21개의 항만으로 나타났다(<표 5-2> 참조).

1996/1997년의 효율성 변화 분석 결과는 <표 5-3>과 같다. 기술적 효율성 변화 지수의 평균은 0.969로 1996년도에 비해 1997년의 기술적 효율성이 평균적으로 감소하였음을 살펴볼 수 있고, 기술변화 지수의 평균은 1.005로 약간의 기술 진보가 있음을 알 수 있다. 기술적 효율성 변화 지수와 기술변화 지수를 종합적으로 고려한 Malmquist 효율성 지수의 평균은 1.163로서 1995/1996기간동안의 효율성은 증가한 것으로 분석된다. 53개 항만 중 기술적 효율성 변화가 증가한 항만의 수는 14개 항만이며, 기술적

<표 5-1> 1995/1996년 Malmquist Productivity Index

PORT	TEI	증감	TPI	증감	M
Hongkong	1.000	-	1.000	-	1.000
Singapore	1.000	-	1.009	▲	1.009
Kaohsiung	1.000	-	0.950	▼	0.950
Rotterdam	1.030	▲	0.933	▼	0.961
Busan	1.000	-	0.989	▼	0.989
Long Beach	1.000	-	1.083	▲	1.083
Hamburg	1.016	▲	0.970	▼	0.985
Yokohama	1.392	▲	0.951	▼	1.323
Los Angeles	1.074	▲	0.912	▼	0.979
Antwerp	1.119	▲	0.950	▼	1.062
Tokyo	1.037	▲	0.955	▼	0.990
New York/New Jersey	0.935	▼	0.995	▼	0.930
Dubai	1.024	▲	0.987	▼	1.011
Keelung	0.955	▼	0.951	▼	0.909
Kobe	1.542	▲	0.921	▼	1.420
Shanghai	1.211	▲	0.973	▼	1.178
Manila	1.138	▲	0.969	▼	1.102
San Juan	1.000	-	0.968	▼	0.968
Oakland	0.898	▼	1.004	▲	0.901
Seattle	0.889	▼	1.044	▲	0.929
Nagoya	0.968	▼	0.958	▼	0.927
Tanjung Priok	1.188	▲	1.557	▲	1.851
Port Klang	1.247	▲	0.929	▼	1.159
Colombo	1.221	▲	1.007	▲	1.229
Bangkok	0.801	▼	1.002	▲	0.802
Osaka	0.996	▼	0.951	▼	0.947
Virginia(Hampton Roads)	1.066	▲	0.926	▼	0.987
Charleston	1.834	▲	0.965	▼	1.770
Tacoma	1.009	▲	0.907	▼	0.916
Jacksonville	1.579	▲	0.787	▼	1.243
Le Havre	1.078	▲	0.909	▼	0.980
Durban	1.037	▲	0.962	▼	0.997
Melbourne	2.882	▲	0.944	▼	2.721
La Spezia	0.683	▼	1.019	▲	0.696
Montreal	1.154	▲	0.948	▼	1.094
Genoa	1.245	▲	1.005	▲	1.251
Tianjin	1.060	▲	1.002	▲	1.062
Laem Chabang	1.000	-	1.202	▲	1.202
Qingdao	1.000	-	1.122	▲	1.122
Southampton	0.915	▼	1.205	▲	1.103
Houston	0.745	▼	1.377	▲	1.026
Santos	0.884	▼	0.999	▼	0.884
Barcelona	1.098	▲	0.945	▼	1.038
Khor Fakkan	0.764	▼	1.342	▲	1.025
Valencia	0.749	▼	1.313	▲	0.983
Felixstowe	0.792	▼	1.262	▲	0.999
Gioia Tauro	1.289	▲	1.099	▲	1.416
Yantian	2.803	▲	1.112	▲	3.117
Taichung	1.525	▲	0.793	▼	1.210
Xiamen	1.000	-	1.065	▲	1.065
Marsaxlokk	1.097	▲	0.979	▼	1.074
Puerto Manzanillo	0.979	▼	2.085	▲	2.041
Dalian	1.060	▲	0.948	▼	1.005
평균	1.132	- : 9 ▲ : 29 ▼ : 15	1.040	- : 1 ▲ : 21 ▼ : 31	1.163

진보가 발생한 항만은 40개 항만으로 대부분의 항만들이 이 기간동안에 기술적 진보가 나타난 것으로 분석되었다.

<표 5-2> 1995/1996년 Malmquist Productivity Index 요약

1995/1996년	TEI	증감	TPI	증감	M
평균	1.132	- : 9 ▲ : 29 ▼ : 15	1.040	- : 1 ▲ : 21 ▼ : 31	1.163

TEI : Technical Efficiency Index(기술적 효율성 변화 지수)

TPI : Technological Progress Index(기술변화 지수)

M : Malmquist Index

<표 5-3> 1996/1997년 Malmquist Productivity Index 요약

1996/1997년	TEI	증감	TPI	증감	M
평균	0.969	- : 10 ▲ : 14 ▼ : 29	1.034	- : 5 ▲ : 40 ▼ : 8	1.005

1997/1998년의 경우 기술적 효율성 변화 지수의 평균은 1.031로 1996년도에 비해 1997년의 기술적 효율성이 평균적으로 다소 증가하였음을 살펴볼 수 있고, 기술변화 지수의 평균은 1.024로 기술적으로 약간 진보하였음을 알 수 있다. 53개 항만 중 기술적 효율성 변화가 증가한 항만의 수는 23개 항만이며, 기술적 진보가 발생한 항만은 29개의 항만으로 나타났다.

<표 5-4> 1997/1998년 Malmquist Productivity Index 요약

1997/1998년	TEI	증감	TPI	증감	M
평균	1.031	- : 9 ▲ : 23 ▼ : 21	0.995	- : 4 ▲ : 29 ▼ : 20	1.024

1998/1999년의 경우 전체적인 Malmquist 효율성 지수의 평균은 1.081로 분석대상 53개 항만은 평균적으로 효율성이 증가된 것으로 분석되었으며, 이중 기술적 효율성 변화가 증가한 항만은 24개 항만, 기술적 진보가 발생한 항만은 43개 항만으로 나타났다.

<표 5-5> 1998/1999년 Malmquist Productivity Index 요약

1998/1999년	TEI	증감	TPI	증감	M
평균	1.043	- : 8 ▲ : 24 ▼ : 20	1.043	- : 1 ▲ : 43 ▼ : 9	1.081

1999/2000년의 경우 전체적인 Malmquist 효율성 지수의 평균은 0.979로 평균적으로는 효율성 변화가 감소하였음을 나타내고 있으며, 효율성 변화가 증가한 항만은 13개 항만, 기술적 진보가 발생한 항만은 28개 항만인 것으로 분석되었다.

<표 5-6> 1999/2000년 Malmquist Productivity Index 요약

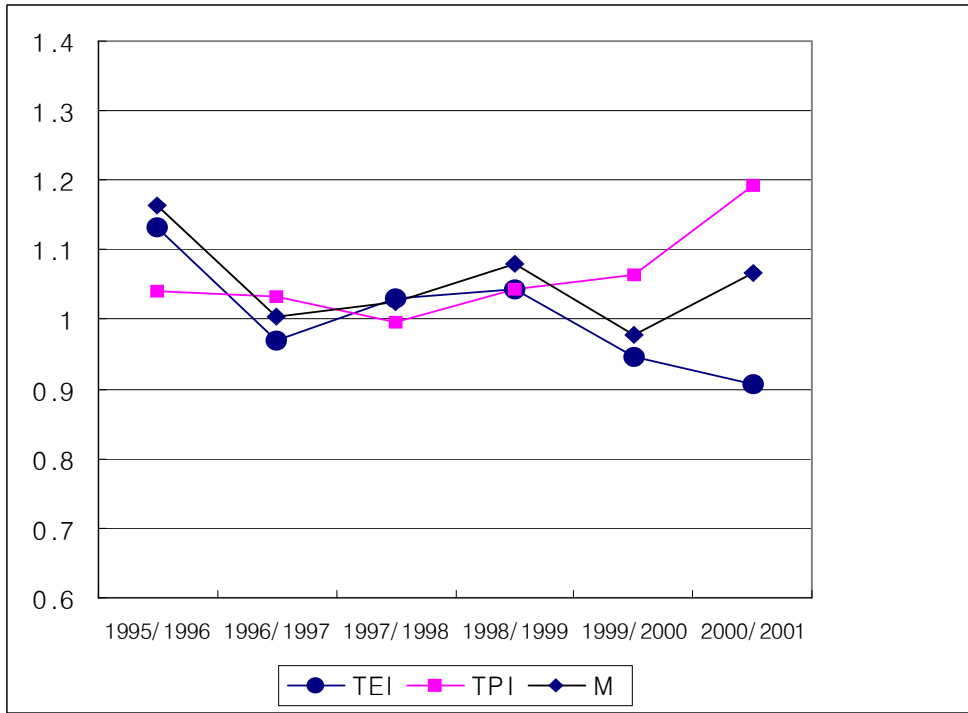
1999/2000년	TEI	증감	TPI	증감	M
평균	0.946	- : 10 ▲ : 13 ▼ : 30	1.046	- : 4 ▲ : 28 ▼ : 21	0.979

<표 5-7> 2000/2001년 Malmquist Productivity Index 요약

2000/2001년	TEI	증감	TPI	증감	M
평균	0.908	- : 9 ▲ : 8 ▼ : 36	1.192	- : 2 ▲ : 48 ▼ : 3	1.066

<그림 5-1>과 <표 5-8>에서 연도별 Malmquist 효율성 지수의 변화를 살펴보면 53개 항만의 평균 Malmquist 효율성 지수는 1999/2000년을 제외한 모든 기간동안 1보다 높은 값을 나타냄으로써, 효율성의 증가가 발생한 것으로 분석되었다. 단순한 기술적 효율성 변화를 나타내는 TEI(Technical Efficiency Index)의 평균은 1996/1997년 기간 동안과 1999/2000, 2000/2001년에 감소를 나타내고 있다. 그러나 생산 기술의 진보(또는 퇴보)를 측정하는 TPI(Technical Progress Index)는 1997/1998년 0.995로 약간 감소하였으나, 그 외 기간 동안은 지속적으로 증가를 나타내고 있다. 이는 각 항만이 효율성을 극대화시키기 위해 자체적으로 또는 벤치마킹을 통해 생산 기술을 개발 및 향상 시키고 있기 때문이라고 해석된다. 이러한 영향으로 기술적 효율성 변화 지수(TEI)의 감소에도 불구하고 Malmquist 효율성 지수는 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다.

1996~2001년간의 Malmquist Index 평균의 변화는 다음의 <표 5-8>과 같다.



<그림 5-1> Malmquist Index 평균 변화(1996~2001)

<표 5-8> 연도별 Malmquist Index

항 목 명	1995/1996년	1996/1997년	1997/1998년	1998/1999년	1999/2000년	2000/2001년
Hongkong	1.000	1.000	0.988	1.019	1.000	1.000
Singapore	1.009	0.987	1.000	1.000	0.940	1.000
Kaohsiung	0.950	1.004	1.000	1.020	0.991	1.013
Rotterdam	0.961	0.991	0.965	0.936	0.895	1.053
Busan	0.989	0.993	1.212	1.017	1.059	0.756
Long Beach	1.083	1.016	1.016	1.002	0.957	0.946
Hamburg	0.985	0.909	0.957	0.934	1.068	1.107
Yokohama	1.323	0.547	1.197	1.064	0.894	1.775
Los Angeles	0.979	1.011	0.994	1.097	1.181	1.018
Antwerp	1.062	1.025	0.951	1.044	1.034	1.046
Tokyo	0.990	0.916	1.060	1.261	0.852	0.967
New York/New Jersey	0.930	1.000	0.991	1.106	0.999	1.093
Dubai	1.011	0.884	1.400	1.512	1.024	1.160
Keelung	0.909	0.922	1.070	0.997	0.987	1.002
Kobe	1.420	0.756	0.992	1.026	0.924	0.917
Shanghai	1.178	0.958	0.700	1.272	1.000	1.069
Manila	1.102	0.893	1.213	1.177	0.917	1.069
San Juan	0.968	1.000	1.000	1.012	0.892	1.000
Oakland	0.901	0.824	1.018	0.997	0.925	0.935
Seattle	0.929	0.848	1.082	0.904	0.737	0.804
Nagoya	0.927	0.815	1.049	1.092	1.029	1.103
Tanjung Priok	1.851	1.000	0.995	0.608	0.918	0.936
Port Klang	1.159	1.159	1.054	1.474	1.177	1.224
Colombo	1.229	1.074	1.102	0.886	0.896	1.120
Bangkok	0.802	0.814	0.765	0.949	0.836	1.188
Osaka	0.947	0.845	1.066	1.087	1.005	1.100
Virginia(Hampton Roads)	0.987	0.989	1.050	0.953	0.904	0.979
Charleston	1.770	0.969	1.002	1.089	0.913	0.967
Tacoma	0.916	0.975	1.083	1.088	0.939	0.987
Jacksonville	1.243	1.010	0.980	1.023	0.790	1.038
Le Havre	0.980	1.047	1.162	1.055	1.020	1.053
Durban	0.997	0.755	1.042	1.151	1.234	1.236
Melbourne	2.721	0.919	1.033	1.076	0.990	1.035
La Spezia	0.696	0.867	0.907	1.148	0.899	1.264
Montreal	1.094	0.935	1.107	1.138	0.862	1.085
Genoa	1.251	1.015	0.763	0.689	1.076	0.985
Tianjin	1.062	1.042	0.942	1.201	1.192	1.279
Laem Chabang	1.202	1.000	1.058	1.047	1.000	1.033
Qingdao	1.122	0.977	0.977	1.095	1.042	1.122
Southampton	1.103	0.973	0.913	0.888	0.794	0.726
Houston	1.026	1.080	1.919	1.641	0.928	0.931
Santos	0.884	0.971	1.573	0.994	1.230	1.420
Barcelona	1.038	1.160	0.912	1.212	0.969	1.133
Khor Fakkan	1.025	0.867	0.851	1.210	0.900	1.171
Valencia	0.983	1.073	1.014	1.205	1.025	1.084
Felixstowe	0.999	1.413	0.984	1.030	0.944	0.991
Gioia Tauro	1.416	1.694	1.011	0.782	1.025	0.953
Yantian	3.117	1.644	0.668	1.436	1.023	1.144
Taichung	1.210	1.089	1.093	1.272	0.888	0.986
Xiamen	1.065	1.082	1.000	1.109	1.000	1.093
Marsaxlokk	1.074	1.079	0.751	0.782	0.911	1.186
Puerto Manzanillo	2.041	1.479	0.676	0.988	0.988	0.973
Dalian	1.005	0.964	0.969	1.475	1.284	1.252
평균	1.163	1.005	1.024	1.081	0.979	1.066

5.2 부산항 효율성 변화 분석

Malmquist Index를 이용한 부산항의 효율성 변화 분석 결과는 <표 5-9>, <그림 5-2>와 같다. 1995/1996년 부산항의 기술적 효율성 변화 지수는 증감 없이 일정수준을 유지한 것으로 나타났고, 기술변화 지수는 0.985로서 이 시기에 기술적 퇴보가 발생한 것으로 분석되었다. Malmquist 효율성 지수는 0.989로서 종합적으로 판단할 때, 이 시기에 부산항은 효율성 감소가 일어난 것으로 분석되었다.

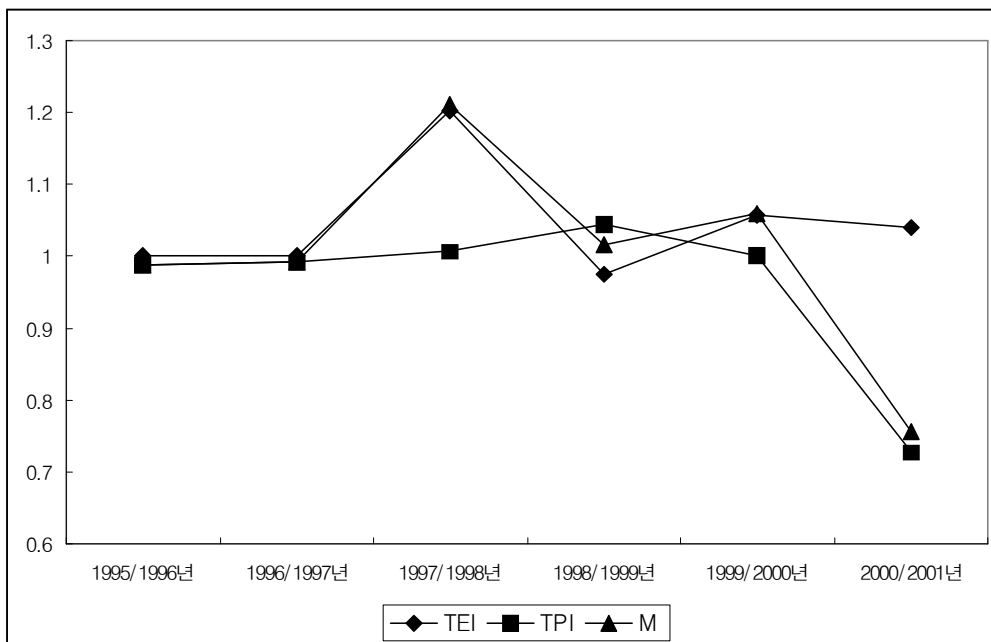
부산항의 DEA-CCR모형 분석결과는 1996년 효율성 지수 1, 1997년 효율성 1로 분석됨으로써, 1996/1997년에는 기술적 효율성 변화가 나타나지 않았고, 기술변화 지수는 0.985로서 1996/1997년에 기술적 퇴보가 발생한 것으로 분석되었다. 1997/1998년에는 기술적 효율성 변화 지수는 1.202로, 기술적 효율성 변화가 전년에 비해 다소 증가하였으며, 기술변화 지수는 1.008로서 1997/1998년에 기술적 진보가 발생한 것으로 분석되었으며, 최종적인 Malmquist 지수는 1.212로 이 기간에 효율성 증가가 발생한 것으로 분석되었다. 1998/1999년에는 기술적 효율성 변화는 다소 감소하였으나, 기술적 진보에 힘입어 종합적인 Malmquist 효율성 지수는 1.017로 효율성이 증가한 것을 나타내고 있다. 1999/2000년에는 기술적 효율성 변화 및 기술변화 지수가 모두 1 이상으로서 효율성이 증가한 것으로 분석되었다. 2000/2001년에는 부산항의 Malmquist 지수가 가장 큰 폭으로 감소한 기간으로 나타났으며, 기술적 효율성 변화는 증가하였으나, 기술적 퇴보가 심하게 발생하여 전체적인 효율성이 감소한 기간으로 분석되었다.

부산항의 효율성 변화 분석 결과를 종합하여 보면, 1995/1996, 1996/1997, 2000/2001년에는 Malmquist 지수가 감소하였으며, 그 외 1997~2000년 동안에는 Malmquist 지수가 1보다 높은 값으로 분석됨으로써 종합적인 효율성 변화가 증가의 형태를 나타내고 있는 것으로 분석되었다. Malmquist

지수가 낮은 주 원인은 이들 기간 중에 기술적 퇴보가 발생하였기 때문인 것으로 밝혀졌고 그 외 Malmquist 지수가 증가한 기간에는 기술적 효율성 변화 및 기술적 진보가 동시에 발생하였던 것으로 분석되었다.

<표 5-9> 부산항 효율성 변화

기 간	TEI	증감	TPI	증감	M	증감
1995/1996년	1.000	-	0.989	▼	0.989	▼
1996/1997년	1.000	-	0.993	▼	0.993	▼
1997/1998년	1.202	▲	1.008	▲	1.212	▲
1998/1999년	0.974	▼	1.045	▲	1.017	▲
1999/2000년	1.058	▲	1.001	▲	1.059	▲
2000/2001년	1.039	▲	0.727	▼	0.756	▼



<그림 5-2> 부산항 Malmquist Index 변화

제 6 장 항만 특성에 따른 효율성 및 효율성 변화 비교

본 장에서는 분석된 1995년~2001년 동안의 항만 및 터미널을 대상으로 한 효율성 분석결과 및 Malmquist 지수 평가를 토대로 확장분석을 실시하였다. 우선, DEA-CCR모형 효율성 분석 결과와 DEA-BCC모형 분석결과를 비교 검토하였으며, 항만별 특성을 토대로 항만들 그룹화 하고 각 그룹별로 효율성 변화의 특성을 살펴보고자 한다.

6.1 DEA-CCR모형 vs DEA-BCC모형 효율성 분석

전세계 주요 항만 및 터미널을 대상으로 한 DEA-CCR모형 분석 및 DEA-BCC모형 분석결과를 비교한 표는 다음의 <표 6-1>, <표 6-2>와 같다. DEA-CCR모형을 이용한 항만 효율성 평가에서는 1995년 효율적 DMU 수 11개 항만, 효율성 지수 평균 0.557, 1996년 효율적 DMU 수 10개 항만, 효율성 지수 평균 0.576, 2001년 효율적 DMU 수 9개 항만, 효율성 지수 평균 0.495로 분석되었다. DEA-BCC모형을 이용한 경우는 1995년에 효율적 DMU 수 16개 항만, 효율성 지수 평균 0.838, 1996년 효율적 DMU 수 16개 항만, 효율성 지수 평균 0.847, 2001년 효율적 DMU 수 15개 항만, 효율성 지수 평균 0.828로 분석되었다.

터미널을 대상으로 한 경우, DEA-CCR모형을 이용한 효율성 분석에서는 1999년 효율적 DMU 수 10개 터미널, 효율성 지수 평균 0.585, 2001년 효율적 DMU 수 7개 터미널, 효율성 지수 평균 0.481로 분석되었고, DEA-BCC모형을 이용한 결과는 1999년 효율적 DMU 수 15개 터미널, 효율성 지수 평균 0.821, 2001년 효율적 DMU 수 14개 터미널, 효율성 지수 평균 0.791을 나타냈다.

항만 및 터미널을 대상으로 한 분석결과에서 동일하게 DEA-BCC모형

효율성 분석 결과가 DEA-CCR모형의 결과에 비해 효율적인 DMU 수 및 효율성 지수 평균이 높게 평가된 것을 알 수 있다.

이는 앞서 이론고찰에서 살펴보았듯이 DEA-BCC모형의 경우는 비교적 Frontier Line이 DEA-CCR모형의 경우보다 분석대상이 되는 DMU들에게 유리하게 적용됨으로써 전체적인 효율성 평균이 높게 평가 되었다고 해석할 수 있다. 그러나 효율성 지수의 평균은 다소 차이를 보이더라도 연도별 효율성 평균의 증가 또는 감소 등의 변화 패턴은 동일한 것으로 분석되었다.

<표 6-1> 연도별 DEA-CCR모형 vs DEA-BCC모형 항만 효율성 분석

구 분		1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
DEA-CCR	효율적인 DMU 수	11	10	11	10	10	11	9
	효율성 지수 평균	0.557	0.576	0.556	0.554	0.567	0.539	0.495
DEA-BCC	효율적인 DMU 수	16	16	18	17	14	16	15
	효율성 지수 평균	0.838	0.847	0.830	0.830	0.820	0.836	0.828

<표 6-2> 연도별 DEA-CCR모형 vs DEA-BCC모형 터미널 효율성 분석

구 분		1999년	2000년	2001년
DEA-CCR	효율적인 DMU 수	10	9	7
	효율성 지수 평균	0.585	0.504	0.481
DEA-BCC	효율적인 DMU 수	15	15	14
	효율성 지수 평균	0.821	0.809	0.797

6.2 세계 지역별 효율성 분석

세계 각 지역별로 효율성의 특성을 분석하고자 53개 항만을 각 세계 지역별로 구분한 결과는 다음의 <표 6-3>과 같다. 세계 지역별 구분은 동북아시아, 유럽, 북아메리카, 동남아시아, 기타(중앙아시아, 중앙아프리카, 오세아니아, 남아메리카, 아프리카)로 구분하였으며, 동북아시아는 Hongkong항, Kaohsiung항, Busan항, Yokohama항 등 16개 항만으로 구성되었고, 유럽은 Rotterdam항, Hamburg항, Antwerp항등 12개 항만, 북아메리카 11개 항만, 기타 12개 항만으로 구성되었다.

<표 6-3> 세계 지역별 구분 및 구성 컨테이너 항만

지역별 구분	구성 항만
동북아시아 : 16개 항만	Hongkong, Kaohsiung, Busan, Yokohama, Tokyo, Keelung, Kobe, Shanghai, Nagoya, Osaka, Tianjin, Qingdao, Yantian, Taichung, Xiamen, Dalian
유럽 : 12개 항만	Rotterdam, Hamburg, Antwerp, Le Havre, Genoa, La spezia, Southampton, Barcelona, Valencia, Felixstowe, Gioia Tauro, Marsaxlokk
북아메리카 : 11개 항만	Long Beach, Los Angeles, New York/New Jersey, Oakland, Seattle, Virginia(Hamptonoads), Charleston, Tacoma, Jacksonville, Montreal, Houston
동남아시아 : 7개 항만	Singapore, Manila, Tanjung Priok, Port Klang, Colombo, Bangkok, Laem Chabang
기타(중앙아시아, 중앙아프리카, 오세아니아, 남아메리카, 아프리카) : 7개 항만	Dubai, Khor Fakkan, San Juan, Puerto Manzanillo, Melbourne, Santos, Durban

<표 6-4> 세계 지역별 구분 및 구성 컨테이너 터미널

세계 지역	항만	구성터미널
동북아시아 : 24개 터미널	Hongkong(4)	Term 3, Term 8(East), Term 1/2/5/8(West), Term 4/6/7
	Busan(7)	Gamman Global Con-Term, Gamman Hanjin Con-Term, Gamman Hyundai Con-Term, Gamman Korea EXpress Con-Term, Jasungdae Con-Term, Shinsundae Con-Term, Uam Con-Term
	Keelung(1)	Keelung Harbor Bureau
	Nagoya(3)	Kinjo Pier, NCB Term, Tobishima North Pier
	Osaka(5)	Term OC-1, Term OC-2 Term OC-3, Term OC-4, Term OC-8
	Tianjin(1)	Con-Term
	Laem Chabang(1)	Laem Chabang
	Qingdao(1)	Qingdao
	Taichung(1)	Taichung Harbor Bureau
	Rotterdam(1)	Handico Term
유럽 : 12개 터미널	Hamburg(3)	Eurogate Con-Term, TCT Tollerort Term, Unikai Con-Term
	Le Havre(1)	Term de l'Atlantique
	Genoa(2)	Southern European Con-Hub-Term, Voltri Term
	Barcelona(2)	TCB Term, Term Port-Nou
	Valencia(2)	Con-Term(Maritima valenciana SA), Valencia Con-Term(Terport SA)
	Gioia Tauro(1)	Medcenter Container Terminal
	Southampton(1)	Southampton Con-Term
	북아메리카 : 8개 터미널	Oakland(4)
Houston(1)		Barbours Cut Term
Vancouver BC(2)		Centerm, Vanterm
Manila(1)		South Harbor
기타(동남아시아, 오세아니아, 중앙아시아, 남아메리카, 중앙아메리카) : 9개 터미널	Port Klang(1)	Klang Port Con-Term
	Colombo(1)	Jaye Con-Term
	Bangkok(1)	Bangkok
	Melbourne(1)	West Swanson dock
	Sydney(Harbour)(1)	Darling Harbour
	Khor Fakkan(1)	Khor Fakkan Con-Term
	Buenos Aires(1)	Exolgan
	Puerto Manzanillo(1)	Manzanillo Int'l Terminal

세계 지역별 효율성 분석 결과, DEA-CCR모형을 이용한 분석결과는 동남아시아가 1995년~1998년까지는 가장 효율성이 높은 것으로 나타났고, 1999년 이후로는 동북아시아의 효율성 평균이 가장 높은 것으로 나타났다. DEA-BCC모형을 이용한 분석결과는 1995년부터 2001년까지 동북아시아 지역의 효율성 평균값이 가장 높은 것으로 나타났는데, 이는 최근 동북아시아의 컨테이너 시장의 급격한 발전을 반영한 결과로 볼 수 있다. Malmquist 효율성 지수 또한 동북아시아의 경우 1999년 이후 지속적으로 증가하고 있는 것을 살펴볼 수 있다(<표 6-5>참조).

세계 지역별 터미널의 분석결과는 항만 효율성의 경우와 동일하게 1999년 이후 동북아시아의 항만들의 효율성 평균이 가장 높은 것으로 나타나고 있다.

<표 6-5> 세계 지역별 컨테이너 항만 효율성 분석 결과

	구 분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
	DEA-CCR	동북아시아	0.608 ⁸⁾	0.665	0.622	0.631	0.669	0.672
유럽		0.421	0.458	0.476	0.509	0.478	0.393	0.339
북아메리카		0.499	0.499	0.473	0.438	0.463	0.452	0.386
동남아시아		0.662	0.709	0.707	0.688	0.630	0.592	0.546
기타		0.571	0.562	0.525	0.506	0.588	0.568	0.536
DEA-BCC	구 분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
	동북아시아	0.887	0.905	0.879	0.875	0.882	0.894	0.889
	유럽	0.760	0.772	0.750	0.772	0.738	0.753	0.740
	북아메리카	0.815	0.811	0.803	0.803	0.808	0.825	0.806
	동남아시아	0.853	0.866	0.863	0.858	0.805	0.819	0.817
기타	0.882	0.880	0.862	0.845	0.856	0.883	0.886	
Malmquist Index	구 분	-	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
	동북아시아	-	1.201	0.972	0.999	1.153	1.011	1.099
	유럽	-	1.046	1.104	0.941	0.975	0.972	1.048
	북아메리카	-	1.078	0.969	1.113	1.094	0.921	0.980
	동남아시아	-	1.193	0.990	1.027	1.020	0.955	1.081
기타	-	1.378	0.982	1.082	1.135	1.037	1.142	

<표 6-6> 세계 지역별 컨테이너 터미널 효율성 분석 결과

DEA-CCR	구 분	1999년	2000년	2001년
	동북아시아	0.877	0.878	0.870
	유럽	0.726	0.710	0.698
	북아메리카	0.778	0.756	0.752
	기타	0.841	0.807	0.778
DEA-BCC	구 분	1999년	2000년	2001년
	동북아시아	0.700	0.640	0.632
	유럽	0.437	0.332	0.303
	북아메리카	0.499	0.396	0.352
	기타	0.556	0.474	0.435

6.3 군집별 효율성 분석

53개의 항만을 대상으로 통계적 군집분석을 통해 구분된 그룹간 효율성 분석을 살펴보았다. 통계분석 Tool인 SPSS 10.0을 이용하여 투입요소 6가지를 기준으로 군집분석을 실시한 결과 다음과 같이 두 그룹으로 구분되었다.

첫 번째 그룹은 규모에 있어 비교적 소형항만인 것으로 구분되며 두 번째 그룹은 상대적으로 대형항만인 것으로 판단된다. 소형항만의 경우 안벽길이 평균 약 2,887m, 부두 총면적 평균 1,040,486m², G/C장비 평균 24개, T/C장비 평균 105개 등의 특성을 나타내고 있으며, 대형항만으로 구분된 그룹의 안벽길이 평균은 약 8,604m, 부두 총면적 평균은 4,085,486m² 등의 특성을 가진 그룹이다. 각 그룹별 투입요소의 자료 특성은 <표 6-7>과 같다.

8) 동북아시아 지역 16개 항만의 1995년 효율성 산술 평균임

<표 6-7> 군집분석을 이용한 항만 그룹별 특성 비교

구분		안벽길이 (m)	부두총면적 (m ²)	G/C장비 (개)	T/C장비 (개)	CFS면적 (m ²)	평균작업 시간 (hours)
소형항만	평균	2,887.6	1,040,729.2	24.2	105.3	134,364.4	22.5
	N	45	45	45	45	45	45
	표준편차	1561.9	641,068.4	16.2	102.9	263,605.4	3.6
	최소값	700.0	105,000.0	5.0	2.0	3,000.0	9.0
	최대값	7,411.0	2,472,726.0	72.00	575.0	1,535,000.0	24.0
대형항만	평균	8,604.1	4,085,486.3	75.0	261.7	358,582.2	20.8
	N	8	8	8	8	8	8
	표준편차	3,552.2	1,477,115.5	48.2	167.3	384,388.7	5.1
	최소값	3,056.0	2,926,000.0	18.0	54.0	21,459.0	9.0
	최대값	14,215.0	7,156,000.0	170.0	450.0	973,723.0	24.0
합계	평균	3,750.4	1,500,315.1	31.8	128.9	168,208.6	22.2
	N	53	53	53	53	53	53
	표준편차	2,834.0	1,361,033.7	29.5	126.2	291,983.5	3.8
	최소값	700.0	105,000.0	5.00	2.00	3,000.0	9.0
	최대값	14,215.0	7,156,000.0	170.0	575.0	1,535,000.0	24.0

분석 대상 터미널의 군집분석 결과는 규모면에서 소형 터미널 40개와 대형터미널 13개 터미널로 구분되었으며 각각의 특성은 <표 6-8>과 같다. 각 그룹의 안벽길이 평균은 약 832m, 1,921m로 구분되며, 부두 총면적의 평균은 234,425m², 854,818m² 등으로 큰 차이를 나타내고 있다.

군집분석 결과를 토대로 한 그룹별 효율성을 비교한 결과는 다음의 <표 6-9>와 같다. 각 그룹별 효율성 평균은 DEA-CCR모형과 DEA-BCC모형이 서로 상이한 결과를 나타내고 있다. DEA-CCR모형의 경우는 대형항만의 효율성 평균값이 소형항만보다 더 높게 평가되었으나, DEA-BCC모형의 경우는 그와는 반대로 소형항만의 효율성 평균이 7개년 동안 모두 높은 것으로 분석되었다.

<표 6-8> 군집분석 터미널 그룹별 특성 비교

군집구분		안벽길이 (m)	부두총면적 (m ²)	G/C장비 (개)	T/C장비 (개)	CFS면적 (m ²)	평균작업 시간 (hours)
소형 터미널	평균	832.1	234,425.0	7.0	39.9	24,659.8	22.8
	N	40	40	40	40	40	40
	표준편차	662.7	122,035.4	5.9	59.1	37,391.7	2.8
	최소값	100.0	43,000.0	2.0	1.0	587.0	13.0
	최대값	3217.0	550,000.0	26.0	344.0	217,000.0	24.0
대형 터미널	평균	1,921.8	854,818.7	14.0	74.6	106,468.0	22.8
	N	13	13	13	13	13	13
	표준편차	871.6	233,122.8	8.1	61.7	166,808.7	4.1
	최소값	1,200.0	575,000.0	7.0	17.0	5,110.0	9.0
	최대값	3,820.00	1,500,000.0	36.0	214.0	600,000.0	24.0
합계	평균	1,099.4	386,597.1	8.7	48.4	44,726.0	22.8
	N	53	53	53	53	53	53
	표준편차	853.7	310,372.9	7.1	61.0	93,448.1	3.1
	최소값	100.0	43,000.0	2.0	1.0	587.0	9.0
	최대값	3,820.0	1,500,000.0	36.0	344.0	600,000.0	24.0

이는 DEA-CCR 및 DEA-BCC모형의 이론적 기본 가정에서 생긴 차이로 해석되며, DEA-BCC의 경우는 가급적 평가대상인 DMU와 비교적 규모가 비슷한 항만을 기준으로 효율성이 비교되므로, 항만간 효율성 지수가 상당한 차이를 보이고 있는 대형항만의 경우, 비교적 효율성 값이 상대적으로 낮게 평가되었기 때문에 발생한 것으로 판단된다.

터미널을 대상으로 한 군집분석 그룹별 효율성 평균값의 비교는 <표 6-10>과 같으며, 그룹별 특성은 항만 그룹별 특성과 동일하게 나타나고 있다.

<표 6-9> 군집분석 그룹별 컨테이너 항만 효율성 분석

DEA-CCR	구 분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
	소형항만	0.537	0.570	0.549	0.544	0.562	0.528	0.483
	대형항만	0.593	0.608	0.598	0.611	0.594	0.600	0.562
DEA-BCC	구 분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
	소형항만	0.852	0.856	0.843	0.841	0.830	0.848	0.841
	대형항만	0.758	0.793	0.758	0.770	0.763	0.771	0.758
Malmquist Index	구 분	-	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
	소형항만	-	1.192	1.007	1.030	1.093	0.976	1.073
	대형항만	-	1.000	0.991	0.991	1.009	0.997	1.030

<표 6-10> 군집분석 그룹별 컨테이너 터미널 효율성 분석

DEA-CCR	구 분	1999년	2000년	2001년
	소형터미널	0.557	0.476	0.461
	대형터미널	0.670	0.590	0.542
DEA-BCC	구 분	1999년	2000년	2001년
	소형터미널	0.828	0.812	0.801
	대형터미널	0.798	0.801	0.783

6.4 안벽길이 그룹별 효율성 분석

위에서 항만의 투입 변수 6가지를 이용하여 규모별로 군집화하여 그룹별 효율성 특성을 살펴보았다. 항만의 투입변수 중 가장 중요한 안벽길이를 기준⁹⁾으로 다음과 같이 평가대상이 된 53개 항만을 구분하였다.

A그룹은 총 안벽길이가 2,000m 이하인 비교적 소형인 항만들로 구성되

9) 2001년 기준

었으며, 이 그룹에는 San Juan항, Tanjung Priok항, Colombo항 등 16개 항만이 포함되었다.

B그룹은 안벽 총 길이 2,000m~4,000m인 항만들로 구성되었다. 이 그룹에는 Tokyo항, Dubai항, Keelung항, Shanghai항, Nagoya항 등 19개 항만의 상대적으로 중형인 항만들로 구성되었다.

마지막으로 C그룹은 안벽 총 길이 4,000m이상인 항만들로 Busan항을 포함한 18개 항만이 포함되었다.

안벽길이를 기준으로 한 항만 및 터미널의 그룹 구분은 다음의 <표 6-11>, <표 6-12>와 같다.

<표 6-11> 안벽길이 그룹별 컨테이너 항만 구성

그룹	항만
A그룹: 안벽길이<2,000m (16개 항만)	San Juan, Tanjung Priok, Colombo, La Spezia, Tianjin, Laem Chabang, Qingdao, Southampton, Houston, Santos, Khor Fakkan, Yantian, Taichung, Xiamen, Puerto Manzanillo, Dalian
B그룹: 2,000m≤안벽길이 ≤4,000m (19개 항만)	Tokyo, Dubai, Keelung, Shanghai, Nagoya, Bangkok, Osaka, Virginia(Hamptonroads), Charleston, Tacoma, Jacksonville, Durban, Melbourne, Montreal, Genoa, Valencia, Felixstowe, Gioia Tauro, Marsaxlokk
C그룹: 안벽길이>4,000m (18개 항만)	Hongkong, Singapore, Kaohsiung, Rotterdam, Busan, Long Beach, Hamburg, Yokohama, Los Angeles, Antwerp, New York/New Jersey, Kobe, Manila, Oakland, Seattle, Port Klang, Le Havre, Barcelona

<표 6-12> 안벽길이 그룹별 컨테이너 터미널 구성

그룹	항만	터미널
A그룹: 안벽길이<700m (21개 터미널)	Hongkong	Term 3, Term 8(East)
	Rotterdam	Handico Term
	Busan	Gamman Global Con-Term, Gamman Hanjin Con-Term, Gamman Hyundai Con-Term, Gamman Korea EXpress Con-Term, Uam Con-Term, Unikai Con-Term Charles P Howard Term, Trapac Term, Tobishima North Pier
	Osaka	Term OC-1, Term OC-2,Term OC-3, Term OC-4, Term OC-8
	Genoa	Southern European Con-Hub-Term, Term Port-Nou
	Vancouver BC	Centerm
	Buenos Aires	Exolgan
B그룹: 700m≤안벽길이≤1,400m (19개 터미널)	Busan	Shinsundae Con-Term, TCT Tollerort Term
	Oakland	APL Term, Ben E Nutter Con-Term
	Nagoya	Kinjo Pier, NCB Term
	Port Klang	Klang Port Con-Term
	Le Havre	Term de l'Atlantique
	Melbourne	West Swanson dock, Voltri Term
	Tianjin	Con-Term
	Qingdao	Qingdao
	Southampton	Southampton Con-Term
	Barcelona	TCB Term
	Sydney (Harbour)	Darling Harbour
	Khor Fakkan	Khor Fakkan Con-Term
Valencia	Con-Term(Maritima valenciana SA), Vanterm	
Puerto Manzanillo	Manzanillo Int'l Terminal	
C그룹: 안벽길이 >1,400m (13개 터미널)	Busan	Term 1/2/5/8(West), Term 4/6/7, Jasungdae Con-Term
	Hamburg	Eurogate Con-Term
	Keelung	Keelung Harbor Bureau
	Manila	South Harbor
	Colombo	Jaye Con-Term
	Bangkok	Bangkok
	Laem Chabang	Laem Chabang
	Houston	Barbours Cut Term, Valencia Con-Term(Terport SA)
	Gioia Tauro	Medcenter Container Terminal
	Taichung	Taichung Harbor Bureau

총 안벽길이를 기준으로 한 항만 및 터미널 그룹간 효율성을 비교한 <표 6-13>, <표 6-14>를 살펴보면, 항만의 경우 DEA-CCR모형 및 DEA-BCC모형을 이용한 효율성 분석결과, 비교적 안벽길이가 소규모인 A그룹이 효율성 평균값이 타 그룹보다 높게 평가된 것으로 분석되었다. Malmquist 효율성 지수에 있어서도 A그룹은 2000년을 제외하고는 지속적인 증가를 보이고 있는 것으로 나타났다.

터미널을 대상으로 한 분석결과는 DEA-CCR을 이용한 효율성 분석결과는 상대적으로 안벽길이가 소형인 A그룹이 타 그룹보다 효율성 평균이 높게 나타났으며, DEA-BCC모형을 이용한 효율성 분석결과는 안벽길이가 상대적으로 대형인 C그룹이 타 그룹보다 효율성이 높게 평가됨으로 상이한 결과를 나타내고 있다.

<표 6-13> 안벽길이 그룹별 컨테이너 항만 효율성 분석

DEA-CCR	구 분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
	A그룹	0.668	0.661	0.664	0.668	0.719	0.699	0.644
	B그룹	0.417	0.477	0.460	0.465	0.462	0.407	0.362
	C그룹	0.573	0.605	0.562	0.548	0.543	0.537	0.502
DEA-BCC	구 분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
	A그룹	0.938	0.936	0.941	0.940	0.932	0.975	0.975
	B그룹	0.842	0.840	0.827	0.833	0.812	0.816	0.809
	C그룹	0.745	0.774	0.734	0.730	0.729	0.734	0.718
Malmquist Index	구 분	-	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
	A그룹	-	1.288	1.069	1.040	1.126	0.992	1.091
	B그룹	-	1.169	0.999	0.996	1.062	0.966	1.059
	C그룹		1.044	0.954	1.039	1.060	0.983	1.052

<표 6-14> 안벽길이 그룹별 컨테이너 터미널 효율성 분석

DEA-CCR	구 분	1999년	2000년	2001년
	A그룹	0.614	0.494	0.503
	B그룹	0.481	0.421	0.372
	C그룹	0.688	0.641	0.604
DEA-BCC	구 분	1999년	2000년	2001년
	A그룹	0.879	0.856	0.850
	B그룹	0.744	0.737	0.730
	C그룹	0.839	0.838	0.807

6.5 경제규모 그룹별 효율성 분석

앞서, 항만의 지역별 특성 및 투입요인을 기준으로 한 구분을 통한 각 그룹간 효율성 특성을 살펴보았다. 그러나 항만의 처리량은 Local 화물과 T/S화물로 구성되어 있으며 Local화물은 항만이 속한 지리적 특성과 연관되기도 하지만 외부적인 환경으로서, 그 항만이 속한 국가의 경제규모에 큰 영향을 받을 수 있을 것이라 사려된다. 따라서 항만이 속한 국가의 경제규모를 기준으로 한 각 그룹별 특성을 살펴보고자 한다. 경제규모를 나타내는 지표는 여러 가지가 존재하나, 각 항만이 속한 국가의 동일한 지표를 사용하기 위해 GDP를 기준으로 하였다.

A그룹은 GDP 5천억 불 이하인 20개 항만이 선정되었으며, 싱가포르, 한국, 네델란드, 대만 등이 포함되었다. B그룹은 GDP 5천억 불~2조 불 사이의 18개 항만이 선정되었으며, 홍콩, 중국, 프랑스 등의 국가에 속한 항만들로 구성되었다. C그룹은 GDP 2조불 이상의 선진국들에 포함된 15개 항만으로 구성되었으며, 미국, 일본 등에 속한 항만들이 포함되었다. 자세한 내용은 <표 6-15>와 같다.

<표 6-15> 경제규모(GDP) 그룹별 컨테이너 항만 구성

그 룹	항 만
A그룹: GDP<5천억 불 (20개 항만)	Singapore, Kaohsiung, Rotterdam, Busan, Antwerp, Dubai, Keelung Manila, San Juan, Tanjung Priok Port Klang, Colombo, Bangkok Durban, Laem Chabang, Santos Khor Fakkan, Taichung, Marsaxlokk Puerto Manzanillo
B그룹: 5천억 불 ≤ GDP ≤ 2조 불 (18개 항만)	Hongkong, Hamburg, Shanghai, Le Havre, Melbourne, La Spezia, Montreal Genoa, Tianjin, Qingdao, Southampton Barcelona, Valencia, Felixstowe, Gioia Tauro, Yantian, Xiamen, Dalian
C그룹: GDP > 2조 불 (15개 항만)	Long Beach, Yokohama, Los Angeles Tokyo, New York/New Jersey, Kobe Oakland, Seattle, Nagoya, Osaka, Virginia(Hamptonoads), Charleston Tacoma, Jacksonville, Houston

자료 : <http://www.nis.go.kr> (국가정보원 홈페이지, 세계 각국 소개)

분석대상이 된 터미널을 각 터미널이 속한 국가의 GDP를 기준으로 구분한 결과는 다음의 <표 6-16>과 같다. 구분 기준은 터미널의 비율을 고려하여 A그룹이 GDP 5천억 불 이하인 18개 터미널로 구성되었으며, B그룹은 GDP 5천억 불 ~ 1조 5천억 불 사이의 18개 터미널, C그룹은 GDP 1조 5천억 불 이상의 국가에 속한 17개 터미널로 구성되었다.

<표 6-16> 경제규모(GDP) 그룹별 컨테이너 터미널 구성

A그룹: GDP<5천억 불 (18개 터미널)	Rotterdam	Handico Term
	Busan	Gamman Global Con-Term, Gamman Hanjin Con-Term, Gamman Hyundai Con-Term, Gamman Korea EXpress Con-Term, Jasungdae Con-Term, Shinsundae Con-Term, Uam Con-Term
	Keelung	Keelung Harbor Bureau
	Manila	South Harbor
	Port Klang	Klang Port Con-Term
	Colombo	Jaye Con-Term
	Bangkok	Bangkok
	Laem Chabang	Laem Chabang
	Khor Fakkan	Khor Fakkan Con-Term
	Taichung	Taichung Harbor Bureau
	Buenos Aires	Exolgan
	Puerto Manzanillo	Manzanillo Int'l Terminal
B그룹: 5천억 불≤GDP ≤1조 5천억 불 (18개 터미널)	Hongkong	Term 3, Term 8(East), Term 1/2/5/8(West), Term 4/6/7
	Le Havre	Term de l'Atlantique
	Melbourne	West Swanson dock
	Genoa	Southern European Con-Hub-Term, Voltri Term
	Tianjin	Con-Term
	Qingdao	Qingdao
	Barcelona	TCB Term, Term Port-Nou
	Sydney (Harbour)	Darling Harbour
	Valencia	Con-Term(Maritima valenciana SA), Valencia Con-Term(Terport SA)
	Gioia Tauro	Medcenter Container Terminal
	Vancouver BC	Centerm, Vanterm
C그룹: GDP > 1조 5천억 불 (17개 터미널)	Hamburg	Eurogate Con-Term, TCT Tollerort Term, Unikai Con-Term
	Oakland	APL Term, Ben E Nutter Con-Term, Charles P Howard Term, Trapac Term
	Nagoya	Kinjo Pier, NCB Term, Tobishima North Pier
	Osaka	Term OC-1, Term OC-2, Term OC-3 Term OC-4, Term OC-8
	Southampton	Southampton Con-Term
	Houston	Barbours Cut Term

자료 : <http://www.nis.go.kr> (국가정보원 홈페이지, 세계 각국 소개)

경제규모별 그룹으로 구분하여 항만 및 터미널의 효율성 지수의 특성을 살펴본 결과는 다음의 <표 6-17>, <표 6-18>과 같다. 항만 및 터미널 그룹별 특성은 동일하게 GDP 5천억 불 이하의 국가에 속한 항만 및 터미널들이 그보다 GDP수준이 높은 B, C그룹보다 DEA-CCR모형 및 DEA-BCC모형을 이용한 모든 분석에서 효율성 평균이 높은 것으로 분석 되었다.

<표 6-17> 경제규모 그룹별 컨테이너 항만 효율성 분석

DEA-CCR	구 분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
	A그룹	0.659	0.671	0.656	0.643	0.637	0.607	0.561
	B그룹	0.450	0.502	0.517	0.557	0.585	0.541	0.518
	C그룹	0.510	0.538	0.470	0.433	0.452	0.445	0.377
DEA-BCC	구 분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
	A그룹	0.870	0.886	0.868	0.858	0.834	0.850	0.845
	B그룹	0.818	0.813	0.817	0.833	0.827	0.844	0.842
	C그룹	0.820	0.835	0.795	0.790	0.794	0.808	0.790
Malmquist Index	구 분	-	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
	A그룹	-	1.122	0.999	1.039	1.054	0.986	1.079
	B그룹	-	1.268	1.093	0.945	1.098	1.012	1.076
	C그룹		1.091	0.907	1.100	1.095	0.932	1.037

<표 6-18> 경제규모 그룹별 컨테이너 터미널 효율성 분석

DEA-CCR	구 분	1999년	2000년	2001년
	A그룹	0.702	0.584	0.578
	B그룹	0.574	0.527	0.495
	C그룹	0.472	0.395	0.363
DEA-BCC	구 분	1999년	2000년	2001년
	A그룹	0.861	0.842	0.816
	B그룹	0.807	0.797	0.792
	C그룹	0.793	0.787	0.780

제 7 장 결론 및 향후 연구방향

7.1 결 론

본 연구는 부산항을 포함한 53개 항만, 53개 터미널을 대상으로 DEA-CCR모형 및 DEA-BCC모형을 이용하여 효율성 분석을 실시하였다. 또한 1995년부터 2001년까지 7년 동안의 효율성 변화를 단순한 효율성의 증감이 아닌 기술적 효율성 변화와 기술변화로 구분하여 시간의 흐름에 따른 효율성 변화를 종합적인 평가 방법으로 분석하였다. 항만의 효율성은 그 항만이 속한 지역적 특성, 시설규모의 특성 및 경제규모에 따라 효율성의 차이를 나타낼 수 있다. 그러므로 항만을 특성별로 구분하고 각 특성 그룹간 효율성의 차이를 분석하였다.

연구의 결과는 향후 항만 및 터미널에 대한 효율성 분석 연구 및 특정 항만 및 터미널의 효율성 증대를 위한 벤치마킹 대상을 구하는데 있어서 중요한 정보를 제시하고 있다. 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 세계 주요 항만의 효율성을 분석한 결과, DEA-CCR모형 분석결과 Honkong항, Singapore항, Kaohsiung항 등의 6개 항만은 7년 동안 효율성 지수가 1로 평가됨으로써, 매우 효율적인 항만인 것으로 파악되었고, DEA-BCC모형의 경우 Honkong항, Singapore항, Kaohsiung항을 포함한 11개 항만이 7년 동안 효율적인 항만으로 분석되었다. 효율적인 항만으로 분석된 항만들은 대규모 항만시설을 통해 대량의 컨테이너 물량을 처리하는 항만과 소규모 항만시설을 통해 최대한의 컨테이너 물량을 처리하고 있는 항만들로 해석되었다. DEA-CCR모형, DEA-BCC모형을 통해 7년 동안 지속적인 효율성 증가를 나타내고 있는 중국 주요 항만들은 1997년 이후로 급격한 증가를 보이고 있으며, 일본의 경우는 고비용으로 인해 처리 물량이 기존의 수준을 유지하거나 소폭 성장으로 인해 항만 효율성이 점차 감

소하고 있는 것으로 분석되었다. 중국 주요항만의 효율성 증가는 자국내의 수출입 물량 증가와 더불어 세계 주요 글로벌 기업 유치에 따른 시너지 효과로 발생한 컨테이너 화물의 증대에서 그 원인을 찾아 볼 수 있다. 일반적으로, DEA-CCR모형과 DEA-BCC모형의 차이는 규모의 수익을 불변으로 가정하는가 아닌가에 대한 이론적 차이이다. 1995년~2001년의 실증분석 결과를 살펴보면 DEA-CCR모형보다 DEA-BCC모형이 효율적 DMU수와 효율성 지수 평균이 모두 높게 평가되는 것으로 파악 되었다. 예를 들어, 1995년 항만 효율성 평가의 경우 DEA-CCR모형의 평가 결과는 효율적 DMU수 10개 항만, 효율성 지수 평균 0.557로 나타났으며, DEA-BCC모형의 평가결과는 효율적 DMU수 16개 항만, 효율성 지수 평균 0.838로 나타나고 있다.

이러한 결과는 기존의 DEA 효율성 평가 연구들과 같은 결과로서, 기존 연구에서 밝혀졌듯이 DEA-BCC모형의 경우 DEA-CCR모형의 경우보다 평가대상에게 유리한 Frontier Line이 형성되기 때문이라고 해석된다.

둘째, 시간의 흐름에 따른 효율성 변화를 기술적 효율성 변화와 기술변화를 종합적으로 고려하여 평가하였다. 분석된 기간은 1995/1996, 1996/1997, 1997/1998, 1998/1999, 1999/2000, 2000/2001년의 총 6기간으로 구분하여 분석하였다. 53개 항만의 평균 Malmquist 지수는 1999/2000년을 제외한 모든 기간동안 1보다 높은 값을 나타냄으로써, 효율성의 증가가 발생한 것으로 분석되었다. 기술적 효율성 변화를 나타내는 TEI(Technical Efficiency Index)의 평균은 1996/1997년 기간 동안과 1999/2000, 2000/2001년에 감소를 나타내고 있다. 그러나 기술변화(진보 또는 퇴보)를 측정하는 TPI(Technical Progress Index)는 1997/1998년 0.995로 약간 감소하였으며 그 외 기간 동안은 지속적으로 증가를 나타내고 있다. 이는 각 항만이 효율성을 극대화시키기 위해 자체적으로 또는 벤치마킹을 통해 생산 기술을 개발 및 향상시키고 있기 때문이라고 해석된다. 이러한 영향으로 기술적

효율성 변화지수(TEI)의 감소에도 불구하고 Malmquist 효율성 지수는 모든 기간에 걸쳐 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다.

셋째, 부산항을 기준으로 실증 분석결과를 종합하면, 부산항은 DEA-CCR모형 효율성 분석 결과와 DEA-BCC모형 효율성 분석결과 모두 동일하게 95년, 96년, 97년을 제외한 나머지 년도에 대해서 비효율적인 항만으로 구분되었으며, 97년 이래로 효율성 지수는 지속적으로 증가하고 있는 것으로 나타났다. 부산항의 비효율성의 원인은 1998년 감만항의 개장 시기에 항만시설이 증대되었으나, 감만항이 정상적인 영업을 하기까지 요구되는 기간동안 충분한 컨테이너 처리를 하지 못한 점과 Jasungdae Con-Term, Shinsundae Con-Term이 2000년에 효율성 지수가 감소하였기 때문인 것으로 나타났다. 1998년 이후로 부산항의 효율성은 점차 증대되고 있으며, 최근에 와서는 효율적인 항만으로 평가될 것으로 예상된다.

부산항에 속한 터미널의 효율성 분석결과, 1999년~2001년의 기간동안에 효율적으로 구분된 터미널은 DEA-CCR모형인 경우 1999년에 Gamman Huundai Con-Term이 2000년에 Gamman Global Con-Term이었으며, DEA-BCC모형인 경우는 1999년에 Gamman Huundai Con-Term이 2000년과 2001년에 Gamman Global Con-Term이 효율적인 터미널로 분석되었다.

Malmquist Index를 이용한 항만의 효율성 변화 분석의 경우, 1995/1996년, 1996/1997년, 2000/2001년 효율성이 감소되었고, 1997/1998년, 1998/1999년, 1999/2000년 기간에는 효율성이 증대된 것으로 분석되었다. 효율성이 감소된 기간동안의 효율성 감소 원인은 기술상의 퇴보가 주 원인인 것으로 나타났다. 그러므로 부산항이 효율성 증가를 이루기 위해서는 상대적인 효율성을 높이기 보다는 자체적인 기술 개발과 더불어 벤치마킹을 통한 기술적 진보(생산성 향상)에 초점을 맞추어야 할 것이다.

넷째, 세계 주요 컨테이너 항만 및 터미널을 특성별로 구분하고 각 그룹

별로 효율성을 비교·분석하였다. 분석결과, 세계 지역별로는 동북아 지역에 위치한 항만 및 터미널의 효율성이 타 지역에 위치한 항만 및 터미널보다 효율적인 것으로 나타났으며, 항만 및 터미널의 투입요소를 기준으로 분류된 군집분석의 그룹에서는 대형항만으로 구분된 그룹이 소형항만으로 분류된 그룹보다 높은 효율성을 나타내고 있다. 안벽길이별로 나누어진 그룹에서는 비교적 적은 규모의 안벽길이를 가지고 있는 항만들과 터미널이 상대적으로 효율적인 것으로 밝혀졌으며, 경제규모별 그룹에서는 GDP 수준이 낮은 항만 및 터미널이 그렇지 않은 그룹보다 효율적인 것으로 나타났다.

마지막으로 기존 연구와 달리 전세계 항만 및 터미널을 대상으로 효율성을 분석하고 이와 더불어 보다 종합적인 분석 방법을 통해 시간의 흐름에 따른 효율성 변화를 살펴봄으로써, 기존 연구에서 제시하여 주지 못했던 전세계 항만을 대상으로 한 포괄적인 분석 결과를 제시하고 있다. 이러한 결과를 토대로 다양한 항만관련 분야에 다음과 같은 주요한 시사점을 제시하고 있다. 우선, 항만을 설계·개발하는 집단은 특히, 우리나라의 경우와 같이 국가가 건설한 항만을 터미널 운영사에게 임대하여 위탁 운영할 경우, 적절한 임대 기준을 제시하여 줄 수 있다. 즉, 안벽길이를 기준으로 한 터미널 집단별 효율성 분석에서 살펴볼 수 있듯이, 안벽길이 약 700m(약 2개 선석)이하의 소형 터미널로 구분된 그룹이 그 이상의 안벽길이를 가진 그룹보다 효율성 평균이 월등히 높을 뿐 아니라, 시간의 흐름에 따라 지속적으로 효율성이 증대되고 있는 것으로 분석되었으므로, 적절한 터미널 설계 및 개발, 임대 시설 적정 수준을 정하는데 있어 시사점을 주고 있다.

항만 및 터미널을 운영하고 있는 운영사들은 본 연구의 결과를 토대로 적합한 벤치마킹 대상을 찾는 데 있어 중요한 정보를 제공받을 수 있을 것이다. 지역적으로 또는 항만시설 기준으로 볼 때, 자신이 운영하고 있는 항만 및 터미널과 유사한 집단 중에서 가장 효율성이 높은 벤치마킹 대상을

선정할 수 있으며, 단순한 효율성 기준이 아닌 시간의 흐름에 따른 효율성 변화 중 기술의 진보가 지속적으로 나타나고 있는 벤치마킹 대상을 선정할 수 있다.

이와 더불어, 외국에 자가 터미널을 운영하고자 하는 글로벌 터미널 운영사 및 대형 선사들은 포괄적인 시각으로 대상 터미널을 선정할 수 있을 것이다. 세계 지역적으로 볼 때 동북아 지역의 항만들이 비교적 효율성이 높고 최근 몇 년간 지속적으로 효율성이 증대되고 있다는 점과 규모를 기준으로 볼 때 비교적 소형인 항만 및 터미널들이 효율성이 높다는 점, 항만 자체의 효율성은 점차 감소하고 있으나 그 항만에 속해 있는 터미널 중에는 효율성이 높은 터미널들이 속해 있다는 점, 항만 및 터미널 효율성과 자국의 GDP와는 연관성이 적다는 점 등을 종합적으로 감안하여 적절한 자가 운영 터미널 대상을 선정할 수 있다.

항만 연구자들은 포괄적인 본 연구의 결과를 토대로 보다 세밀한 연구가 필요한 부분의 특성 및 대상에 대한 종합적인 정보를 얻을 수 있을 것이다.

7.2 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구에서는 기존 연구의 한계점을 극복하기 위하여 세계 60대 주요 항만들을 대상으로 광범위한 효율성 분석을 실시하였다. 그러나 효율성을 분석함에 있어 다음과 같은 한계점 및 문제점을 내포하고 있다.

첫째, 세계 주요 항만 및 터미널의 투입변수 및 산출변수에 대한 자료를 확보함에 있어서 1차 자료인 Containerization International Yearbook에만 전적으로 의존함으로써, 자료의 검증 절차가 미비하였다는 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 향후에는 보다 다양한 1차 자료, 예를 들어 세계적으로 항만 분야의 저명한 회사들 "Lloyd's of London Press", 또는

"Drewry Shipping Consultants Ltd." 등에서 발간하는 자료를 통한 비교 조사 및 항만 운영사 또는 웹사이트 등의 정보를 활용하여 보다 정확한 자료 확보를 위한 노력이 수반되어야 한다.

둘째, 투입변수 및 산출변수를 선정함에 있어서 기존 연구에서와 마찬가지로 전적으로 정량적인 변수만을 선정하였다는 한계점을 지니고 있다. 항만의 주 고객인 선사입장에서 가장 중요한 산출 요소인 항만의 서비스 만족도 등 다양한 산출변수를 선정함으로써, 효율성의 분석을 포괄적으로 수행할 필요성이 있다. 이를 위해서는 평가 대상이 되는 항만을 이용하는 선사를 대상으로 한 면접조사 또는 설문조사를 통하여 정성적 변수에 대한 추가적인 수집 및 분석이 필요하다. DEA모형은 각 변수의 단위 및 수량에 대해 제약이 없는 것으로 연구되고 있다. 그러므로 항만 특성에 대한 정성적 변수들 예를 들어, 항만 서비스의 만족도, 가격 만족도 등을 5점 또는 7점 리커드 척도로 구한 후 효율성 분석에서 산출변수로 사용할 수 있다.

셋째, DEA모형의 대표적인 DEA-CCR모형과 DEA-BCC모형을 병행하여 항만 및 터미널의 효율성을 분석하였으나, 두 모형은 이론적 기본 가정이 상이하므로, 효율성 분석의 결과에 있어서 다소 차이를 나타내게 된다. 즉, 규모의 수익 불변을 가정하는 DEA-CCR모형 보다는 규모의 수익변동을 가정하는 DEA-BCC모형의 효율성 분석 결과가 평균적으로 높게 평가되는 것으로 나타나고 있다. 일반적으로, 기존 연구에서는 항만 효율성 분석 시 규모의 수익 불변이라는 가정 하에 효율성 분석을 실시하고 있다. 그러나 효율성 분석에 보다 정확성을 기하기 위해서는 이론적으로 명확히 어느 모형이 더 적합한지에 대한 연구가 수반되어야 할 것이다. 이를 위해서는 타 산업분야에서 이루어진 유사한 연구를 기반으로 항만에 적용하여 각 평가요소들을 항만에 적합하도록 재 정의하여 평가하는 과정이 연구되어야 한다.

넷째, 항만 및 터미널의 운영사에 대한 정확한 정보의 부재로 인해 운영

사의 특성에 따른 효율성 변화를 살펴보지 못하였다. 예를 들어, 항만 및 터미널 운영사가 전문 터미널 운영사 또는 글로벌 터미널 운영사, 또는 대형선사, 또는 자국내 운송업체 등 운영사의 종류에 따라 효율성의 차이가 있을 것으로 판단된다. 향후 항만 및 터미널에 대한 부가적인 정확한 정보를 통해서, 항만 운영 형태에 따른 효율성의 차이점을 살펴볼 필요성이 있다.

마지막으로, 본 연구의 결과는 컨테이너선의 주선대가 초대형 선박으로 변경되기 전의 결과이므로, 초대형선이 주선대로 바뀌게 되는 향후의 환경 변화를 고려한 연구가 수행되어야 한다. 이러한 연구는 가상의 시뮬레이션 실험을 통해 현재의 시설규모(투입요소)에서 초대형선이 접안 할 경우의 처리량(산출요소)을 구하여 효율성을 분석하는 과정이 필요하다.

참고문헌

- 송재영(2000), 『DEA/AHP를 이용한 컨테이너 터미널 효율성에 관한 연구』, 한국해양대학교 석사학위논문
- 한철환(2003), “항만의 성과와 효율성 결정요인에 관한 실증연구”, 『월간 해양수산』, 통권 제221호, pp.25-36.
- 해양수산부(2002), 『해양수산백서』, pp.273-309.
- Ali, A. I. and L. M. Seiford, Fried, H. O., C. A. Knox Lovell and S. S. Schmidt(ed.)(1993), Oxford University Press, "The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis," in *The Measurement of Productive Efficiency*, pp. 120-159.
- Ali, A. I., W. D. Cook, L. M. Seiford(1991), "Strict vs Weak Ordinal Relations for Multipliers in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, 37, pp. 290-297.
- Banker, R. D., R. C. Morey(1986), "The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, 32, 12, pp. 1613-1627.
- Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper(1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, 30, pp. 29-40.
- Bauer, P.W.(1990), "Recent Development in the Econometric Estimation of Frontier," *Journal of Econometrics*, 46, pp.39-56.
- Boussofiane, A., R. G. Dyson and E. Thanassoulis(1991), "Applied Data Envelopment Analysis," *European Journal of Operational Research*, 52, pp.1-15.
- Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rodes(1978), "Measuring the

- efficiency of decision making units," *European Journal of Operational Research*, 2, pp.429-444.
- Caves, D. W., L. R. Christensen and W. E. Diewert(1982), "The Economic Theory Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity," *European Journal of Operational Research*, 2(6), pp.429-444.
- Cullinane K., Song D. W. and Gray R.(2002), "A Stochastic Frontier Model of the Efficiency of Major Container Terminals in Asia : assessing the Influence of Administrative and Ownership Structures", *Transport Research Part A*, pp.743-762.
- Cooper, W. W., K. S. Park and G. Yu(1999), "IDEA and AR-IDEA : Models for Dealing with Imprecise Data in DEA," *Management Science*, Vol.45, No.4, pp.597-607.
- Drewry Shipping Consultants Ltd.(2002), *Global Container Terminals*, pp.122-227.
- Dyson, R. G., E. Thanassoulis(1988), "Reducing Weight Flexibility in Data Envelopment Analysis," *J, Ope. Res. Soc*, 39, pp. 563-576.
- Emap Business Communications, "Containerization International Year Book". (1996~2003).
- Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris and Z. Zhang(1994), "Productivity Growth, Technica Change and Efficiency Change in Industrialized Countries," *American Economic Review*, 84(1), pp.66-83.
- Färe, R., S. Grosskopf(1996), "Productivity and Intermediate Products: A Frontier Approach," *Economics Letters*, Vol. 50, pp. 65-70.
- Ferrier, G. D. and C. A. K. Lovell(1990), "Measuring Cost Efficiency in Banking", *Journal of Econometrics*, vol 46.

- Golany, B.(1988), "A Note on Including Ordinal Relations among Multiplier in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, 34, pp.1029-1033.
- Hayuth Y. and Roll Y.(1993), "Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis(DEA)", *Maritime Policy and Management*, No. 20, Vol. 2, pp.153-161.
- Kamakura, W., A.(1988), "A Note on 'The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis'," *Management Science* 34, 10, pp.1273-1276.
- Kamakura, W. A., Lenartowicz, T., Ratchford, B.(1996), "Productivity Assessment of Multiple Retail Outlets," *Journal of Retailing* 72(4), pp.325-330.
- Lthgren, M., M. Tambour(1996), "Productivity and Customer Satisfaction- A DEA Network Model," Working Paper Series in Economics and Finance, NO. 140, pp. 1-12.
- Martinez E., Diaz R., Navavro M. and Ravelo T.(1999), "A Study of the Efficiency of Spanish Port Authorities using Data Envelopment Analysis", *International Journal of Transport Economics*, Vol. 2, pp.237-253.
- Naveen Donthu, Boonghee Yoo(1998), "Retail Productivity Assessment Using Data Envelopment Analysis," *Journal of Retailing*, Volumn 74(1), pp. 89-105.
- Notteboom T., Coeck C. and Van den Broeck J.(2000), "Measuring and Explaining the relative Efficiency of Container Terminals by means of Bayesian Stochastic Frontier Models", *Journal of Maritime Economics & Logistics*, Vol. 2, pp.83-106.

- Oral, M., K. Ossama, and P. Lang(1991), "A Methodology for Collective Evaluation and Selection of Industrial R&D Projects," *Management Science*, v. 37, no. 7, pp. 871-885.
- Parkan, C., K. Lam, and G. Hang(1997), "Operational Competitiveness Analysis on Software Development," *Journal of the Operational Research Society*, 48. pp.892-905.
- Pino J. B. and Alvarez R.(2000), "Economic efficiency in Spanish Ports : some empirical evidence", *Maritime Policy and Management*, Vol. 27, pp.169-174.
- Roll, Y., W. D. Cook, B. Golany(1991), "Controlling Factor Weight in Data Envelopment Analysis," *IIE Trans*, 23, pp. 23-29.
- Seiford, L. M. and R. M. Thrall(1990), "Recent Development in DEA: the Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis," *Journal of Econometrics*, 46, pp.7-28.
- Schaffnit, C., D. Rosen, J. C. Paradi(1997), "Best Practice Analysis of Bank Branches: An Application of DEA in a Large Canadian Bank.," *European Journal of Operational Research*, 98, pp.269-289.
- Shang, J. and T. Sueyoshi(1995), "A United Framework for the Selection of a Flexible Manufacturing System," *European Journal of Operational Research*, 85, pp.297-315.
- Solow, R. M.(1957), "Estimating International Technology Spillovers Using Technology Flow Matrices," *Weltwirtschaftliches Archiv*, 133(2), pp.226-248.
- Thomas L. Saaty(1977), *The Analytic Hierarchy Process*, Mcgraw-Hill Book Co.
- Thompson, R. G., P. S. Dharmapala, Louis J. Rothenberg and Robert M.

Thrall(1996), "DEA/AR Efficiency and Profitability of 14 Major Oil Companies in U.S. Exploration and Production," *Computers Ops Res.*, Vol. 23, No. 4, pp. 357-773.

Tongzon J.(1995), "Determinants of Port Performance and Efficiency", *Transportation Research Part A*, Vol. 29, No.3, pp.245-252.

부 록

부록 #1 1995년도 컨테이너 항만 투입·산출 자료

항만	총처리물량 U1	선석길이 V1	총면적 V2	G/C장비 V3	야드장비 V4	CFS면적 V5	평균작업 시간 V6
Hongkong	12549746	6059	2187714	69	568	532249	24
Singapore	11845600	10925	2979211	88	450	973723	24
Kaohsiung	5232000	5182	2074000	41	57	67603	24
Rotterdam	4786588	12570	3931268	171	271	140000	20
Busan	4502596	2662	1793041	28	96	70569	10
Long Beach	2389533	6683	2477000	36	52	21459	24
Hamburg	2890181	7273	3030000	58	222	415000	24
Yokohama	2756811	4810	1386256	34	110	780769	16
Los Angeles	2555204	6392	2344000	52	65	88576	22
Antwerp	2329135	15585	7156000	112	444	231400	22
Tokyo	2177407	3359	991000	24	99	115454	18
New York/New Jersey	2275690	7457	5127000	49	379	920000	24
Dubai	2073081	2885	1293000	27	200	59540	24
Keelung	1506870	2992	339000	21	27	29000	24
Kobe	1463515	4350	1286030	25	177	67549	16
Shanghai	1527000	2281	838000	15	96	127267	24
Manila	1668031	7411	2061530	67	216	407305	23
San Juan	1593000	1688	294200	6	2	21800	24
Oakland	1549886	4756	2020074	31	135	39985	24
Seattle	1479076	3835	1387314	21	60	30000	23
Nagoya	1477359	2970	786522	37	72	347400	24
Tanjung Priok	460000	1180	310000	10	37	4500	24
Port Klang	1133811	3945	1360000	50	191	75840	24
Colombo	1028746	1899	262000	53	45	17430	23
Bangkok	1432843	1406	480000	22	318	377000	7
Osaka	1159051	2765	776162	17	106	82587	19
Virginia(Hamptonoads)	1077846	2561	3954800	18	76	53000	9
Charleston	606272	3103	2138000	27	120	1535000	24
Tacoma	1092806	2174	862000	23	202	30336	9
Jacksonville	529547	3661	628000	12	15	61000	9
Le Havre	970426	5250	1900000	25	156	47000	24
Durban	868560	2128	1055000	14	52	142300	24
Melbourne	309955	2379	1345553	16	149	68365	18
La Spezia	871100	1297	270000	11	40	19000	24
Montreal	726435	3820	736000	26	62	44215	24
Genoa	615242	1720	923000	12	67	55000	24
Tianjin	702051	1300	575000	23	82	600000	24
Laem Chabang	529073	1600	105000	14	6	4600	24
Qingdao	600000	475	450000	4	18	7260	24
Southampton	681080	1357	620000	12	62	15500	24
Houston	704010	1525	779000	13	17	5110	24
Santos	817846	1020	419000	17	46	58000	24
Barcelona	689324	3876	1238199	59	135	104000	24
Khor Fakkan	581763	710	300000	6	17	5000	24
Valencia	671827	2940	1719000	20	84	16000	24
Felixstowe	1344335	2773	1368000	17	89	17320	24
Gioia Tauro	15830	3011	90000	17	62	20000	24
Yantian	105736	700	600000	10	42	20000	24
Taichung	446802	1560	740000	7	50	214000	24
Xiamen	329000	142	40000	7	4	2880	24
Marsaxlokk	514767	2140	247000	9	35	20000	24
Puerto Manzanillo	160976	950	350000	6	39	3000	24
Dalian	370000	1173	507243	5	54	43000	24

부록 #2 1996년도 컨테이너 항만 투입·산출 자료

항만	총처리물량 U1	선석길이 V1	총면적 V2	G/C장비 V3	야드장비 V4	CFS면적 V5	평균작업 시간 V6
Hongkong	13460343	6059	2187714	69	568	548249	24
Singapore	12943900	10925	2979211	88	450	973723	24
Kaohsiung	5063048	5182	2074000	41	57	67603	24
Rotterdam	4935616	12570	3931268	171	271	140000	20
Busan	4725206	2662	1793041	28	96	70569	10
Long Beach	3007425	6683	2477000	36	52	21459	24
Hamburg	3054320	7273	3030000	58	222	415000	24
Yokohama	3911927	4810	1386256	34	110	780769	16
Los Angeles	2682803	6392	2344000	52	65	88576	22
Antwerp	2653909	15585	7156000	112	444	231400	22
Tokyo	2311453	3359	991000	24	99	115454	18
New York/New Jersey	2269145	7457	5127000	49	379	920000	24
Dubai	2247024	2885	1293000	27	200	59540	24
Keelung	1468494	2992	339000	21	27	29000	24
Kobe	2229320	4350	1286030	25	177	67549	16
Shanghai	1930000	2281	838000	15	96	127267	24
Manila	1971524	7411	2061530	67	216	407305	23
San Juan	1600000	1688	294200	6	2	21800	24
Oakland	1498202	4756	2020074	31	135	39985	24
Seattle	1473523	3835	1387314	21	60	30000	23
Nagoya	1469186	2970	786522	37	72	347400	24
Tanjung Priok	1421693	1180	310000	10	37	4500	24
Port Klang	1409491	3945	1360000	50	191	75840	24
Colombo	1356301	1899	262000	53	45	17430	23
Bangkok	1232610	1406	480000	22	318	377000	7
Osaka	1177468	2765	776162	17	106	82587	19
Virginia(Hamptonoads)	1141357	2561	3954800	18	76	53000	9
Charleston	1151401	3103	2138000	27	120	1535000	24
Tacoma	1073529	2174	862000	23	202	30336	9
Jacksonville	613448	3661	628000	12	15	61000	9
Le Havre	1020040	5250	1900000	25	156	47000	24
Durban	928566	2128	1055000	14	52	142300	24
Melbourne	904618	2379	1345553	16	149	68365	18
La Spezia	650000	1297	270000	11	40	19000	24
Montreal	852530	3820	736000	26	62	44215	24
Genoa	825752	1720	923000	12	67	55000	24
Tianjin	800000	1300	575000	23	82	600000	24
Laem Chabang	819686	1600	105000	14	6	4600	24
Qingdao	810000	475	450000	4	18	7260	24
Southampton	805397	1357	620000	12	62	15500	24
Houston	794481	1525	779000	13	17	5110	24
Santos	775313	1020	419000	17	46	58000	24
Barcelona	767236	3876	1238199	59	135	104000	24
Khor Fakkan	655046	710	300000	6	17	5000	24
Valencia	708322	2940	1719000	20	84	16000	24
Felixstowe	1440355	2773	1368000	17	89	17320	24
Gioia Tauro	571951	3011	90000	17	62	20000	24
Yantian	353509	700	600000	10	42	20000	24
Taichung	694806	1560	740000	7	50	214000	24
Xiamen	400000	142	40000	7	4	2880	24
Marsaxlokk	593013	2140	247000	9	35	20000	24
Puerto Manzanillo	352361	950	350000	6	39	3000	24
Dalian	398795	1173	507243	5	54	43000	24

부록 #3 1997년도 컨테이너 항만 투입·산출 자료

항만	총처리물량 U1	선석길이 V1	총면적 V2	G/C장비 V3	야드장비 V4	CFS면적 V5	평균작업 시간 V6
Hongkong	14700000	6059	2187714	70	570	532249	24
Singapore	13730600	10925	2979211	88	450	973723	24
Kaohsiung	5693339	5182	2074000	41	57	67603	24
Rotterdam	5340000	11720	3991268	166	313	140000	20
Busan	5233880	3147	1845358	28	120	289769	10
Long Beach	3504603	7235	2943000	40	52	21459	24
Hamburg	3250000	7623	2995000	57	264	415000	24
Yokohama	2347635	4745	1407601	34	110	732801	16
Los Angeles	2959715	6392	2344000	52	65	88576	22
Antwerp	2969189	15585	7156000	112	444	231400	22
Tokyo	2322000	3359	991000	24	100	115454	18
New York/New Jersey	2518750	7457	5127000	49	379	920000	24
Dubai	2600085	2938	1724860	30	202	100400	24
Keelung	1481000	2992	339000	21	32	29000	24
Kobe	1944147	4400	1320416	26	182	67549	17
Shanghai	2064000	2281	858000	15	99	127267	24
Manila	2121074	7411	2061530	70	267	407305	23
San Juan	1781250	1688	294200	6	2	21800	24
Oakland	1357400	4756	2020074	31	135	39985	24
Seattle	1475814	4358	1741814	25	78	30000	23
Nagoya	1498137	3370	1035000	38	81	347400	24
Tanjung Priok	2091420	1410	635351	12	37	4500	24
Port Klang	1821000	4579	1360000	50	216	80840	24
Colombo	1628000	1899	262000	53	69	17430	23
Bangkok	1100000	3217	480000	22	318	377000	7
Osaka	1204262	3365	895967	21	106	82587	19
Virginia(Hamptonoads)	1232725	2561	3954800	18	76	53000	9
Charleston	1217544	3103	2138000	27	120	1535000	24
Tacoma	1142700	2174	862000	23	202	30336	9
Jacksonville	675196	3661	628000	12	15	61000	9
Le Havre	1185000	5250	1900000	25	156	47000	24
Durban	765637	2128	1055000	15	52	142300	24
Melbourne	970255	2379	1369553	18	148	68365	18
La Spezia	615604	1297	270000	11	40	19000	24
Montreal	870368	3820	736000	26	62	44215	24
Genoa	1179954	2920	1373000	18	91	55000	24
Tianjin	909000	1300	575000	23	82	600000	24
Laem Chabang	1000000	1600	105000	14	6	12000	24
Qingdao	1030000	1189	470000	5	33	7260	24
Southampton	862000	1357	620000	12	62	15500	24
Houston	935600	1525	779000	13	17	5110	24
Santos	821300	1020	419000	17	46	58000	24
Barcelona	971921	3876	1238199	59	135	104000	24
Khor Fakkan	750817	1060	300000	8	23	5000	24
Valencia	831510	2940	1719000	20	84	16000	24
Felixstowe	2251379	2773	1368000	17	89	17320	24
Gioia Tauro	1448531	3011	90000	17	62	20000	24
Yantian	638000	700	600000	10	42	20000	24
Taichung	841970	1560	740000	7	50	214000	24
Xiamen	522500	142	40000	7	4	2880	24
Marsaxlokk	700000	2140	247000	9	35	20000	24
Puerto Manzanillo	584100	950	350000	6	39	3000	24
Dalian	427590	1173	507243	5	54	43000	24

부록 #4 1998년도 컨테이너 항만 투입·산출 자료

항만	총처리물량 U1	선석길이 V1	총면적 V2	G/C장비 V3	야드장비 V4	CFS면적 V5	평균작업 시간 V6
Hongkong	14582000	6059	2187714	70	570	532249	24
Singapore	15135557	10925	2979211	88	450	973723	24
Kaohsiung	6271053	5182	2074000	41	57	67603	24
Rotterdam	5990000	11720	3991268	166	313	140000	20
Busan	5945614	4547	2447764	40	162	298574	23
Long Beach	4097689	7235	2943000	40	52	21459	24
Hamburg	3660000	7623	2995000	57	264	415000	24
Yokohama	2091420	4745	1407601	34	110	732801	16
Los Angeles	3377998	6392	2344000	52	65	88576	22
Antwerp	3231314	15585	7156000	112	444	231400	22
Tokyo	2168543	3359	991000	24	100	115454	18
New York/New Jersey	2455000	7457	5127000	49	379	920000	24
Dubai	1617545	2938	1724860	30	202	100400	24
Keelung	1709499	2992	339000	21	32	29000	24
Kobe	2100884	4400	1320416	26	182	67549	17
Shanghai	3000000	2281	858000	15	99	127267	24
Manila	1761212	7411	2061530	70	267	407305	23
San Juan	1900300	1688	294200	6	2	21800	24
Oakland	1534600	4756	2020074	31	135	39985	24
Seattle	1544726	4358	1741814	25	78	30000	23
Nagoya	1458076	3370	1035000	38	81	347400	24
Tanjung Priok	2130979	1410	635351	12	37	4500	24
Port Klang	1820018	4579	1360000	50	216	80840	24
Colombo	1875000	1899	262000	53	69	17430	23
Bangkok	1079794	3217	480000	22	318	377000	7
Osaka	1155980	3365	895967	21	106	82587	19
Virginia(Hamptonoads)	1294361	2561	3954800	18	76	53000	9
Charleston	1277514	3103	2138000	27	120	1535000	24
Tacoma	1156495	2174	862000	23	202	30336	9
Jacksonville	753823	3661	628000	12	15	61000	9
Le Havre	1185000	5250	1900000	25	156	47000	24
Durban	788730	2128	1055000	15	52	142300	24
Melbourne	1002000	2379	1369553	18	148	68365	18
La Spezia	731882	1297	270000	11	40	19000	24
Montreal	932701	3820	736000	26	62	44215	24
Genoa	1265593	1720	923000	12	67	55000	24
Tianjin	1018000	1300	575000	23	82	600000	24
Laem Chabang	1559112	1600	105000	14	6	12000	24
Qingdao	1200000	1189	470000	5	33	7260	24
Southampton	900000	1357	620000	12	62	15500	24
Houston	570125	1525	779000	13	17	5110	24
Santos	583190	1020	419000	17	46	58000	24
Barcelona	1029000	3876	1238199	59	135	104000	24
Khor Fakkan	820000	1060	300000	8	23	5000	24
Valencia	910000	2940	1719000	20	84	16000	24
Felixstowe	2461823	2773	1368000	17	89	17320	24
Gioia Tauro	2125640	3011	90000	17	62	20000	24
Yantian	1038074	700	600000	10	42	20000	24
Taichung	824330	1560	740000	7	50	214000	24
Xiamen	645000	142	40000	7	4	2880	24
Marsaxlokk	1071669	2140	247000	9	35	20000	24
Puerto Manzanillo	840000	950	350000	6	39	3000	24
Dalian	475102	1173	507243	5	54	43000	24

부록 #5 1999년도 컨테이너 항만 투입·산출 자료

항만	총처리물량 U1	선석길이 V1	총면적 V2	G/C장비 V3	야드장비 V4	CFS면적 V5	평균작업 시간 V6
Hongkong	16210792	6059	2191714	70	572	532249	24
Singapore	15944793	10925	2979211	88	450	973723	24
Kaohsiung	6985361	5182	2074000	41	57	67603	24
Rotterdam	6280000	11720	3991268	170	317	157500	20
Busan	6439589	4547	2472736	40	162	322479	23
Long Beach	4408480	7235	2943000	40	52	21459	24
Hamburg	3738307	7623	3135000	60	274	423000	24
Yokohama	2172919	4790	1407601	35	110	733562	16
Los Angeles	3828852	6634	2344000	52	65	88576	22
Antwerp	3614246	15585	7156000	114	444	231400	22
Tokyo	2695589	3359	991000	25	99	115454	18
New York/New Jersey	2863342	7566	5249612	49	379	920000	24
Dubai	2844634	3786	1724860	30	203	100400	24
Keelung	1666000	2992	339000	25	32	29000	24
Kobe	2176004	4400	1320416	26	190	67549	17
Shanghai	4216000	2281	858000	15	99	127267	24
Manila	2146422	7411	2061530	71	297	407305	23
San Juan	2084711	1688	294200	6	2	21800	24
Oakland	1663756	4756	1988957	32	135	42958	24
Seattle	1490050	4418	1741814	26	78	30000	23
Nagoya	1566961	3370	1035000	38	81	347400	24
Tanjung Priok	891429	1410	635351	14	37	4500	24
Port Klang	2550419	4579	1410000	53	216	80840	24
Colombo	1704389	1899	262000	53	71	17430	24
Bangkok	1063756	3217	480000	22	344	377000	24
Osaka	1273197	3365	895967	21	109	82587	19
Virginia(Hamptonoads)	1320939	3056	3954800	18	76	53000	9
Charleston	1482995	3103	2138000	27	120	1535000	24
Tacoma	1271011	2174	862000	23	202	30336	9
Jacksonville	771882	3661	628000	12	15	61000	9
Le Havre	1320000	5250	1900000	25	156	47000	24
Durban	969085	2128	1055000	15	52	142300	24
Melbourne	1144555	2379	1419553	18	148	68365	18
La Spezia	843233	1297	270000	11	48	19000	24
Montreal	993486	3820	736000	26	62	44215	24
Genoa	1233817	2926	1374000	18	91	55000	24
Tianjin	1300000	1300	575000	23	82	600000	24
Laem Chabang	1828460	1600	105000	14	6	12000	24
Qingdao	1540000	1189	470000	5	33	7260	24
Southampton	921242	1357	675840	12	62	32375	24
Houston	1001170	1525	779000	13	17	5110	24
Santos	613919	1020	419000	17	46	58000	24
Barcelona	1235000	3876	1238199	59	135	104000	24
Khor Fakkan	989028	1060	300000	8	23	5000	24
Valencia	1170191	2940	1719000	20	84	16000	24
Felixstowe	2696659	2773	1368000	17	89	17320	24
Gioia Tauro	2253401	3011	950000	17	63	20000	24
Yantian	1588099	700	600000	10	79	20000	24
Taichung	1106668	1560	740000	7	50	214000	24
Xiamen	850000	142	40000	7	4	2880	24
Marsaxlokk	1044972	2140	484000	16	39	20000	24
Puerto Manzanillo	878206	950	370000	8	43	3000	24
Dalian	740000	1173	507243	5	54	43000	24

부록 #6 2000년도 컨테이너 항만 투입·산출 자료

항만	총처리물량 U1	선석길이 V1	총면적 V2	G/C장비 V3	야드장비 V4	CFS면적 V5	평균작업 시간 V6
Hongkong	18100000	6059	2191714	70	573	532249	24
Singapore	17040000	10925	2979211	88	450	973723	24
Kaohsiung	7425832	5232	2074000	41	57	67603	24
Rotterdam	6102000	11720	4101268	170	317	157500	20
Busan	7540387	4547	2472726	40	162	322479	23
Long Beach	4600787	7235	2943000	40	52	21459	24
Hamburg	4248247	7623	3135000	60	274	423000	24
Yokohama	2317489	4550	1407601	35	110	733562	16
Los Angeles	4879429	6640	2344000	52	65	88576	20
Antwerp	4082334	13405	7156000	114	444	231400	22
Tokyo	2889452	3359	991000	25	100	115454	18
New York/New Jersey	3050036	7563	5249612	49	379	920000	24
Dubai	3058886	3786	1724860	30	203	100400	24
Keelung	1954573	3192	339000	25	32	29000	24
Kobe	2265991	4400	1320416	26	190	48050	17
Shanghai	5613000	2281	858000	15	99	24108	24
Manila	2291704	7411	2061530	72	297	400617	23
San Juan	1884494	1688	294200	6	2	21800	24
Oakland	1776922	4756	1988957	32	135	42958	24
Seattle	1488267	4418	1741814	26	78	30000	23
Nagoya	1911919	3370	1035000	38	81	347400	24
Tanjung Priok	949029	1410	635351	14	37	4500	24
Port Klang	3206753	4579	1410000	56	219	80840	24
Colombo	1732855	1899	262000	53	71	17430	22
Bangkok	1073517	3217	480000	22	344	377000	24
Osaka	1474201	3365	895967	21	109	82587	19
Virginia(Hamptonoads)	1347517	3056	3954800	18	76	53000	9
Charleston	1632747	3103	2138000	27	120	1535000	24
Tacoma	1376379	2174	862000	23	202	30336	9
Jacksonville	708028	3661	628000	12	15	61000	9
Le Havre	1464901	5250	1900000	25	156	47000	24
Durban	1291100	2128	1055000	15	52	142300	24
Melbourne	1273577	2914	1419553	18	148	68365	19
La Spezia	909962	1297	270000	11	48	19000	24
Montreal	1014148	3820	736000	26	62	44215	24
Genoa	1500632	2926	1374000	18	91	55000	24
Tianjin	1708423	1300	575000	23	82	600000	24
Laem Chabang	2195024	1600	105000	14	6	12000	24
Qingdao	2120000	1189	470000	5	33	7260	24
Southampton	1062000	1357	675840	12	63	32375	24
Houston	1074102	1525	779000	13	17	5110	24
Santos	800898	1020	419000	17	46	58000	24
Barcelona	1387570	4066	1238199	59	135	104000	24
Khor Fakkan	1014122	1060	300000	8	23	5000	24
Valencia	1308010	2940	1719000	20	84	16000	24
Felixstowe	2853074	2773	1368000	17	89	17320	24
Gioia Tauro	2652701	3011	950000	17	63	20000	24
Yantian	2148000	700	600000	10	79	20000	24
Taichung	1130357	1560	740000	7	50	214000	24
Xiamen	1084700	970	635000	13	19	3200	24
Marsaxlokk	1033052	2140	484000	16	39	20000	24
Puerto Manzanillo	1015954	950	370000	8	43	3000	24
Dalian	1011000	1173	507243	5	54	43000	24

부록 #7 1999년도 컨테이너 터미널 투입·산출 자료

터미널	총처리물량 U1	선석길이 V1	총면적 V2	G/C장비 V3	야드장비 V4	CFS면적 V5	평균작업시간 V6
Term 3	1113484	305	165000	3	110	465000	24
Term 8(East)	1247001	640	300000	10	47	12000	24
Term 1/2/5/8(West)	2507534	1822	796000	19	214	5249	24
Term 4/6/7	5236594	3292	930714	38	201	50000	24
Handico Term	127000	100	43000	2	4	20000	13
Gamman Global Con-Term	263784	350	148104	3	10	1573	24
Gamman Hanjin Con-Term	411130	350	148749	3	10	3992	24
Gamman Hyundai Con-Term	439646	350	148750	3	11	1705	24
Gamman Korea EXpress Con-Term	347582	350	156803	3	11	1535	24
Jasungdae Con-Term	1046973	1447	647566	13	57	49024	24
Shinsundae Con-Term	1196207	1200	1038534	11	52	229200	24
Uam Con-Term	368765	500	184230	4	11	35450	20
Eurogate Con-Term	723937	1700	700000	10	59	113000	24
TCT Tollerort Term	330000	920	320000	6	38	60000	24
Unikai Con-Term	163958	613	165000	5	47	7000	24
Keelung Harbor Bureau	1196000	2992	339000	25	32	29000	24
South Harbor	456029	3820	850000	6	29	22000	9
APL Term	113078	830	328000	6	5	4182	24
Ben E Nutter Con-Term	314197	898	255474	5	24	8680	24
Charles P Howard Term	333507	522	198000	4	9	10776	24
Trapac Term	153839	335	134000	3	1	4620	24
Kinjo Pier	204496	800	176000	5	14	88900	24
NCB Term	848434	900	289000	12	67	16800	24
Tobishima North Pier	247476	620	170000	8	3	87500	24
Klang Port Con-Term	754610	1100	400000	23	50	20000	24
Jaye Con-Term	1408900	1474	207000	14	52	10000	23
Bangkok	1063756	3217	480000	22	344	377000	24
Term OC-1	190803	350	104152	2	9	30000	14
Term OC-2	106571	350	105044	2	23	7000	18
Term OC-3	195975	350	104610	2	7	587	18
Term OC-4	143101	350	119999	3	35	32000	18
Term OC-8	100326	350	126062	3	16	13000	18
Term de l'Atlantique	200000	800	250000	4	49	10000	24
West Swanson dock	421731	980	320000	5	30	22365	24
Southern European Con-Hub-Term	317751	526	174000	4	27	47000	24
Voltri Term	600000	1200	750000	8	40	8000	24
Con-Term	1301905	1300	575000	23	82	600000	24
Laem Chabang	1714495	1600	105000	14	6	12000	24
Qingdao	1540000	1189	470000	5	33	7260	24
Southampton Con-Term	921242	1357	675840	12	62	32375	24
Barbours Cut Term	866710	1525	779000	13	17	5110	24
TCB Term	678970	1390	550000	9	61	15000	24
Term Port-Nou	57998	160	120000	11	25	22500	24
Darling Harbour	32422	949	162000	7	2	33100	24
Khor Fakkan Con-Term	948220	1060	300000	8	23	5000	24
Con-Term(Maritima valenciana SA)	300000	1170	200000	6	43	6000	24
Valencia Con-Term(Terport SA)	870000	1500	1500000	8	32	10000	24
Medcenter Container Terminal	2253401	3011	950000	17	63	20000	24
Centerm	140592	644	200000	4	176	30000	24
Vanterm	522425	800	310000	5	58	12000	24
Taichung Harbor Bureau	1106668	1560	740000	7	50	214000	24
Exolgan	336415	445	450000	3	29	13000	24
Manzanillo Int'l Terminal	878206	950	370000	8	43	3000	24

부록 #8 2000년도 컨테이너 터미널 투입·산출 자료

터미널	총처리물량 U1	선석길이 V1	총면적 V2	G/C장비 V3	야드장비 V4	CFS면적 V5	평균작업시간 V6
Term 3	1300000	305	165000	3	110	465000	24
Term 8(East)	1412851	640	300000	10	47	12000	24
Term 1/2/5/8(West)	3075488	1822	796000	19	214	5249	24
Term 4/6/7	5400000	3292	930714	38	202	50000	24
Handico Term	141000	100	43000	2	4	20000	13
Gamman Global Con-Term	873435	350	148104	3	10	1573	24
Gamman Hanjin Con-Term	528883	350	148749	3	10	3992	24
Gamman Hyundai Con-Term	479143	350	148750	3	11	1705	24
Gamman Korea EXpress Con-Term	473369	350	156803	3	11	1535	24
Jasungdae Con-Term	1367737	1447	647556	13	57	49024	24
Shinsundae Con-Term	1295164	1200	1038534	11	52	229200	24
Uam Con-Term	354415	500	184230	4	11	35450	20
Eurogate Con-Term	880440	1700	700000	10	59	113000	24
TCT Tollerort Term	407775	920	320000	6	38	60000	24
Unikai Con-Term	136190	613	165000	5	47	7000	24
Keelung Harbor Bureau	1954573	3192	339000	25	32	29000	24
South Harbor	396243	3820	850000	7	29	22000	9
APL Term	275404	830	328000	6	5	4182	24
Ben E Nutter Con-Term	361051	898	255474	5	24	8680	24
Charles P Howard Term	192836	522	198000	4	9	10776	24
Trapac Term	103048	335	134000	3	1	4620	24
Kinjo Pier	289780	800	176000	5	14	88900	24
NCB Term	662009	900	289000	12	67	16800	24
Tobishima North Pier	241996	620	170000	8	1	87500	24
Klang Port Con-Term	1000000	1100	400000	26	50	20000	24
Jaye Con-Term	1432234	1474	207000	14	52	10000	23
Bangkok	1073517	3217	480000	22	344	377000	24
Term OC-1	185249	350	104152	2	9	30000	14
Term OC-2	105192	350	105044	2	23	7000	18
Term OC-3	247154	350	104610	2	7	587	18
Term OC-4	148712	350	119999	3	35	32000	18
Term OC-8	158653	350	126062	3	16	13000	18
Term de l'Atlantique	205480	800	250000	4	49	10000	24
West Swanson dock	416441	980	320000	5	30	22365	24
Southern European Con-Hub-Term	286498	526	174000	4	27	47000	24
Voltri Term	743910	1200	750000	8	40	8000	24
Con-Term	1708423	1300	575000	23	82	600000	24
Laem Chabang	2195024	1600	105000	14	6	12000	24
Qingdao	2120000	1189	470000	5	33	7260	24
Southampton Con-Term	1062000	1357	675840	12	63	32375	24
Barbours Cut Term	918241	1525	779000	13	17	5110	24
TCB Term	830000	1390	550000	9	61	15000	24
Term Port-Nou	68200	350	120000	11	25	22500	24
Darling Harbour	71067	949	162000	7	2	33100	24
Khor Fakkan Con-Term	1014122	1060	300000	8	23	5000	24
Con-Term(Maritima valenciana SA)	239267	1170	200000	6	43	6000	24
Valencia Con-Term(Terport SA)	883825	1500	1500000	8	32	10000	24
Medcenter Container Terminal	2652701	3011	950000	17	63	20000	24
Centerm	155862	644	200000	4	176	30000	24
Vanterm	454458	800	310000	5	58	12000	24
Taichung Harbor Bureau	1130357	1560	740000	7	50	214000	24
Exolgan	355084	445	450000	3	29	13000	24
Manzanillo Int'l Terminal	1015954	950	370000	8	43	3000	24

부록 #9 1995년 컨테이너 항만 DEA-BCC모형 분석 결과

	1995년		
	효율성 지수	U ₀	RTS
Hongkong	1.000	0.218	DRS
Singapore	1.000	0.272	DRS
Kaohsiung	1.000	0.330	DRS
Rotterdam	0.911	0.219	DRS
Busan	1.000	0.600	DRS
Long Beach	1.000	0.687	DRS
Hamburg	0.532	0.314	DRS
Yokohama	0.846	0.509	DRS
Los Angeles	0.705	0.370	DRS
Antwerp	0.477	0.317	DRS
Tokyo	0.881	0.591	DRS
New York/New Jersey	0.442	0.267	DRS
Dubai	0.763	0.364	DRS
Keelung	0.946	0.703	DRS
Kobe	0.757	0.481	DRS
Shanghai	0.780	0.592	DRS
Manila	0.462	0.347	DRS
San Juan	1.000	0.749	DRS
Oakland	0.704	0.557	DRS
Seattle	0.855	0.684	DRS
Nagoya	0.737	0.552	DRS
Tanjung Priok	0.980	0.913	DRS
Port Klang	0.562	0.447	DRS
Colombo	0.968	0.787	DRS
Bangkok	1.000	0.739	DRS
Osaka	0.792	0.640	DRS
Virginia(Hampton Roads)	1.000	0.820	DRS
Charleston	0.584	0.584	DRS
Tacoma	1.000	0.999	DRS
Jacksonville	1.000	0.999	DRS
Le Havre	0.610	0.537	DRS
Durban	0.748	0.633	DRS
Melbourne	0.793	0.793	DRS
La Spezia	0.902	0.751	DRS
Montreal	0.678	0.603	DRS
Genoa	0.762	0.761	DRS
Tianjin	0.773	0.678	DRS
Laem Chabang	1.000	0.852	DRS
Qingdao	1.000	0.819	DRS
Southampton	0.841	0.768	DRS
Houston	1.000	0.894	DRS
Santos	0.871	0.749	DRS
Barcelona	0.551	0.485	DRS
Khor Fakkan	1.000	0.917	DRS
Valencia	0.799	0.740	DRS
Felixstowe	0.927	0.573	DRS
Gioia Tauro	0.944	0.943	DRS
Yantian	0.882	0.882	DRS
Taichung	0.849	0.848	DRS
Xiamen	1.000	0.925	DRS
Marsaxlokk	0.867	0.820	DRS
Puerto Manzanillo	1.000	1.000	DRS
Dalian	0.944	0.943	DRS
효율적인 DMU 수	16		
효율성지수 평균	0.838		

부록 #10 1996년 컨테이너 항만 DEA-BCC모형 분석 결과

	1996년		
	효율성 지수	U0	RTS
Hongkong	1.000	0.245	DRS
Singapore	1.000	0.279	DRS
Kaohsiung	1.000	0.344	DRS
Rotterdam	0.930	0.212	DRS
Busan	1.000	0.694	DRS
Long Beach	1.000	0.576	DRS
Hamburg	0.530	0.293	DRS
Yokohama	0.989	0.400	DRS
Los Angeles	0.726	0.364	DRS
Antwerp	0.722	0.364	DRS
Tokyo	0.878	0.564	DRS
New York/New Jersey	0.434	0.283	DRS
Dubai	0.770	0.380	DRS
Keelung	0.930	0.659	DRS
Kobe	0.903	0.469	DRS
Shanghai	0.820	0.570	DRS
Manila	0.474	0.351	DRS
San Juan	1.000	0.688	DRS
Oakland	0.674	0.555	DRS
Seattle	0.814	0.672	DRS
Nagoya	0.719	0.531	DRS
Tanjung Priok	1.000	0.881	DRS
Port Klang	0.586	0.438	DRS
Colombo	1.000	0.738	DRS
Bangkok	1.000	0.793	DRS
Osaka	0.786	0.639	DRS
Virginia(Hampton Roads)	1.000	0.803	DRS
Charleston	0.620	0.514	DRS
Tacoma	1.000	0.793	DRS
Jacksonville	1.000	0.897	DRS
Le Havre	0.604	0.558	DRS
Durban	0.745	0.634	DRS
Melbourne	0.795	0.669	DRS
La Spezia	0.853	0.749	DRS
Montreal	0.672	0.618	DRS
Genoa	0.765	0.665	DRS
Tianjin	0.780	0.683	DRS
Laem Chabang	1.000	0.807	DRS
Qingdao	1.000	0.809	DRS
Southampton	0.841	0.790	DRS
Houston	0.978	0.929	DRS
Santos	0.854	0.750	DRS
Barcelona	0.554	0.488	DRS
Khor Fakkan	0.997	0.957	DRS
Valencia	0.795	0.766	DRS
Felixstowe	0.834	0.595	DRS
Gioia Tauro	0.963	0.879	DRS
Yantian	0.882	0.882	DRS
Taichung	0.849	0.848	DRS
Xiamen	1.000	1.000	DRS
Marsaxlokk	0.868	0.808	DRS
Puerto Manzanillo	1.000	0.998	DRS
Dalian	0.944	0.943	DRS
효율적인 DMU 수	16		
효율성지수 평균	0.847		

부록 #11 1997년 컨테이너 항만 DEA-BCC모형 분석 결과

	1997년		
	효율성 지수	U0	RTS
Hongkong	1.000	0.295	DRS
Singapore	1.000	0.127	DRS
Kaohsiung	1.000	0.254	DRS
Rotterdam	0.908	0.223	DRS
Busan	1.000	0.305	DRS
Long Beach	1.000	0.587	DRS
Hamburg	0.495	0.331	DRS
Yokohama	0.755	0.492	DRS
Los Angeles	0.720	0.366	DRS
Antwerp	0.497	0.329	DRS
Tokyo	0.847	0.583	DRS
New York/New Jersey	0.446	0.316	DRS
Dubai	0.704	0.470	DRS
Keelung	0.892	0.683	DRS
Kobe	0.772	0.455	DRS
Shanghai	0.841	0.629	DRS
Manila	0.460	0.348	DRS
San Juan	1.000	0.712	DRS
Oakland	0.646	0.605	DRS
Seattle	0.765	0.713	DRS
Nagoya	0.667	0.543	DRS
Tanjung Priok	1.000	0.678	DRS
Port Klang	0.581	0.351	DRS
Colombo	1.000	0.608	DRS
Bangkok	1.000	0.824	DRS
Osaka	0.717	0.600	DRS
Virginia(Hampton Roads)	1.000	0.835	DRS
Charleston	0.618	0.521	DRS
Tacoma	1.000	0.817	DRS
Jacksonville	1.000	0.824	DRS
Le Havre	0.606	0.560	DRS
Durban	0.721	0.649	DRS
Melbourne	0.792	0.694	DRS
La Spezia	0.835	0.779	DRS
Montreal	0.668	0.640	DRS
Genoa	0.681	0.581	DRS
Tianjin	0.786	0.690	DRS
Laem Chabang	1.000	0.806	DRS
Qingdao	1.000	0.896	DRS
Southampton	0.841	0.793	DRS
Houston	0.975	0.932	DRS
Santos	0.847	0.753	DRS
Barcelona	0.564	0.491	DRS
Khor Fakkan	0.972	0.926	DRS
Valencia	0.795	0.764	DRS
Felixstowe	0.908	0.498	DRS
Gioia Tauro	1.000	0.758	DRS
Yantian	0.888	0.812	DRS
Taichung	0.906	0.904	DRS
Xiamen	1.000	0.946	DRS
Marsaxlokk	0.869	0.863	DRS
Puerto Manzanillo	1.000	1.000	DRS
Dalian	1.000	1.000	DRS
효율적인 DMU 수	18		
효율성지수 평균	0.830		

부록 #12 1998년 컨테이너 항만 DEA-BCC모형 분석 결과

	1998년		
	효율성 지수	U0	RTS
Hongkong	1.000	0.123	DRS
Singapore	1.000	0.243	DRS
Kaohsiung	1.000	0.305	DRS
Rotterdam	0.957	0.244	DRS
Busan	0.898	0.350	DRS
Long Beach	1.000	0.537	DRS
Hamburg	0.515	0.291	DRS
Yokohama	0.727	0.550	DRS
Los Angeles	0.735	0.359	DRS
Antwerp	0.510	0.315	DRS
Tokyo	0.826	0.619	DRS
New York/New Jersey	0.441	0.313	DRS
Dubai	0.616	0.487	DRS
Keelung	0.869	0.610	DRS
Kobe	0.771	0.465	DRS
Shanghai	0.927	0.620	DRS
Manila	0.438	0.345	DRS
San Juan	1.000	0.694	DRS
Oakland	0.650	0.601	DRS
Seattle	0.766	0.708	DRS
Nagoya	0.657	0.537	DRS
Tanjung Priok	1.000	0.684	DRS
Port Klang	0.568	0.389	DRS
Colombo	1.000	0.551	DRS
Bangkok	1.000	0.838	DRS
Osaka	0.705	0.593	DRS
Virginia(Hampton Roads)	1.000	0.825	DRS
Charleston	0.617	0.515	DRS
Tacoma	1.000	0.849	DRS
Jacksonville	1.000	0.896	DRS
Le Havre	0.604	0.556	DRS
Durban	0.714	0.639	DRS
Melbourne	0.788	0.685	DRS
La Spezia	0.836	0.767	DRS
Montreal	0.667	0.636	DRS
Genoa	0.826	0.694	DRS
Tianjin	0.788	0.681	DRS
Laem Chabang	1.000	0.720	DRS
Qingdao	1.000	0.819	DRS
Southampton	0.837	0.786	DRS
Houston	0.958	0.957	DRS
Santos	0.828	0.827	DRS
Barcelona	0.563	0.486	DRS
Khor Fakkan	0.968	0.916	DRS
Valencia	0.795	0.759	DRS
Felixstowe	0.928	0.525	DRS
Gioia Tauro	1.000	0.565	DRS
Yantian	0.925	0.752	DRS
Taichung	0.905	0.904	DRS
Xiamen	1.000	1.000	DRS
Marsaxlokk	0.894	0.762	DRS
Puerto Manzanillo	1.000	0.976	DRS
Dalian	1.000	1.000	DRS
효율적인 DMU 수	17		
효율성지수 평균	0.830		

부록 #13 1999년 컨테이너 항만 DEA-BCC모형 분석 결과

구 분	1999년		
	효율성 지수	U0	RTS
Hongkong	1.000	0.125	DRS
Singapore	1.000	0.242	DRS
Kaohsiung	1.000	0.262	DRS
Rotterdam	0.883	0.237	DRS
Busan	0.892	0.404	DRS
Long Beach	1.000	0.510	DRS
Hamburg	0.503	0.331	DRS
Yokohama	0.720	0.553	DRS
Los Angeles	0.746	0.366	DRS
Antwerp	0.515	0.341	DRS
Tokyo	0.855	0.583	DRS
New York/New Jersey	0.458	0.321	DRS
Dubai	0.670	0.375	DRS
Keelung	0.834	0.557	DRS
Kobe	0.755	0.472	DRS
Shanghai	1.000	0.605	DRS
Manila	0.448	0.349	DRS
San Juan	1.000	0.519	DRS
Oakland	0.648	0.569	DRS
Seattle	0.767	0.683	DRS
Nagoya	0.655	0.538	DRS
Tanjung Priok	0.968	0.866	DRS
Port Klang	0.615	0.349	DRS
Colombo	0.905	0.793	DRS
Bangkok	0.702	0.652	DRS
Osaka	0.705	0.593	DRS
Virginia(Hampton Roads)	1.000	0.836	DRS
Charleston	0.633	0.525	DRS
Tacoma	1.000	0.850	DRS
Jacksonville	1.000	0.903	DRS
Le Havre	0.609	0.523	DRS
Durban	0.724	0.643	DRS
Melbourne	0.797	0.694	DRS
La Spezia	0.770	0.938	DRS
Montreal	0.667	0.616	DRS
Genoa	0.672	0.572	DRS
Tianjin	0.799	0.677	DRS
Laem Chabang	1.000	0.706	DRS
Qingdao	1.000	0.704	DRS
Southampton	0.809	0.722	DRS
Houston	0.968	0.855	DRS
Santos	0.830	0.830	DRS
Barcelona	0.571	0.487	DRS
Khor Fakkan	0.971	0.846	DRS
Valencia	0.802	0.732	DRS
Felixstowe	0.993	0.508	DRS
Gioia Tauro	0.902	0.651	DRS
Yantian	0.988	0.656	DRS
Taichung	0.905	0.903	DRS
Xiamen	1.000	0.905	DRS
Marsaxlokk	0.822	0.756	DRS
Puerto Manzanillo	1.000	0.894	DRS
Dalian	1.000	1.000	DRS
효율적인 DMU 수	14		
효율성지수 평균	0.820		

부록 #14 2000년 컨테이너 항만 DEA-BCC모형 분석 결과

	2000년		
	효율성 지수	U0	RTS
Hongkong	1.000	0.118	DRS
Singapore	1.000	0.154	DRS
Kaohsiung	1.000	0.290	DRS
Rotterdam	0.812	0.231	DRS
Busan	0.921	0.389	DRS
Long Beach	1.000	0.544	DRS
Hamburg	0.511	0.335	DRS
Yokohama	0.738	0.574	DRS
Los Angeles	0.866	0.377	DRS
Antwerp	0.520	0.353	DRS
Tokyo	0.849	0.626	DRS
New York/New Jersey	0.455	0.325	DRS
Dubai	0.639	0.492	DRS
Keelung	0.833	0.611	DRS
Kobe	0.727	0.604	DRS
Shanghai	1.000	0.662	DRS
Manila	0.447	0.353	DRS
San Juan	1.000	0.999	DRS
Oakland	0.648	0.566	DRS
Seattle	0.767	0.704	DRS
Nagoya	0.690	0.581	DRS
Tanjung Priok	0.971	0.971	DRS
Port Klang	0.612	0.339	DRS
Colombo	0.971	0.970	DRS
Bangkok	0.731	0.731	DRS
Osaka	0.728	0.636	DRS
Virginia(Hampton Roads)	1.000	0.853	DRS
Charleston	0.658	0.567	DRS
Tacoma	1.000	0.882	DRS
Jacksonville	1.000	0.935	DRS
Le Havre	0.608	0.558	DRS
Durban	0.800	0.787	DRS
Melbourne	0.765	0.762	DRS
La Spezia	0.976	0.975	DRS
Montreal	0.680	0.664	DRS
Genoa	0.691	0.647	DRS
Tianjin	0.895	0.834	DRS
Laem Chabang	1.000	0.914	DRS
Qingdao	1.000	0.881	DRS
Southampton	0.897	0.896	DRS
Houston	0.996	0.996	DRS
Santos	0.978	0.977	DRS
Barcelona	0.582	0.512	DRS
Khor Fakkan	1.000	1.000	DRS
Valencia	0.814	0.752	DRS
Felixstowe	0.891	0.661	DRS
Gioia Tauro	0.887	0.716	DRS
Yantian	1.000	0.830	DRS
Taichung	0.919	0.918	DRS
Xiamen	1.000	0.941	DRS
Marsaxlokk	0.845	0.826	DRS
Puerto Manzanillo	1.000	0.999	DRS
Dalian	1.000	0.999	DRS
효율적인 DMU 수	16		
효율성지수 평균	0.836		

부록 #15 2001년 컨테이너 항만 DEA-BCC모형 분석 결과

	2001년		
	효율성 지수	U0	RTS
Hongkong	1.000	0.241	DRS
Singapore	1.000	0.174	DRS
Kaohsiung	1.000	0.374	DRS
Rotterdam	0.703	0.406	DRS
Busan	0.930	0.357	DRS
Long Beach	0.993	0.590	DRS
Hamburg	0.524	0.286	DRS
Yokohama	0.730	0.570	DRS
Los Angeles	0.851	0.325	DRS
Antwerp	0.529	0.354	DRS
Tokyo	0.823	0.671	DRS
New York/New Jersey	0.466	0.327	DRS
Dubai	0.647	0.453	DRS
Keelung	0.818	0.817	DRS
Kobe	0.709	0.609	DRS
Shanghai	1.000	0.660	DRS
Manila	0.449	0.354	DRS
San Juan	1.000	0.996	DRS
Oakland	0.640	0.591	DRS
Seattle	0.593	0.570	DRS
Nagoya	0.673	0.576	DRS
Tanjung Priok	0.973	0.973	DRS
Port Klang	0.613	0.426	DRS
Colombo	0.954	0.953	DRS
Bangkok	0.731	0.731	DRS
Osaka	0.722	0.636	DRS
Virginia(Hampton Roads)	1.000	0.895	DRS
Charleston	0.650	0.621	DRS
Tacoma	1.000	0.884	DRS
Jacksonville	1.000	0.919	DRS
Le Havre	0.608	0.565	DRS
Durban	0.800	0.795	DRS
Melbourne	0.776	0.774	DRS
La Spezia	0.983	0.982	DRS
Montreal	0.679	0.665	DRS
Genoa	0.683	0.679	DRS
Tianjin	0.896	0.839	DRS
Laem Chabang	1.000	0.928	DRS
Qingdao	1.000	0.881	DRS
Southampton	0.898	0.898	DRS
Houston	0.997	0.996	DRS
Santos	0.978	0.977	DRS
Barcelona	0.578	0.555	DRS
Khor Fakkan	1.000	0.976	DRS
Valencia	0.813	0.759	DRS
Felixstowe	0.861	0.700	DRS
Gioia Tauro	0.856	0.712	DRS
Yantian	1.000	0.814	DRS
Taichung	0.919	0.918	DRS
Xiamen	1.000	0.995	DRS
Marsaxlokk	0.848	0.828	DRS
Puerto Manzanillo	1.000	1.000	DRS
Dalian	1.000	0.997	DRS
효율적인 DMU 수	15		
효율성지수 평균	0.828		

부록 #16 1999년 컨테이너 터미널 DEA-BCC모형 분석 결과

항 만	구 분 터미널	1999년		
		효율성 지수	U0	RTS
Hongkong	Term 3	1.000	-0.110	IRS
	Term 8(East)	1.000	0.139	DRS
	Term 1/2/5/8(West)	1.000	-1.298	IRS
	Term 4/6/7	1.000	-0.717	IRS
Rotterdam	Handico Term	1.000	0.954	DRS
Busan	Gamman Global Con-Term	0.977	0.935	DRS
	Gamman Hanjin Con-Term	0.986	0.356	DRS
	Gamman Hyundai Con-Term	1.000	0.209	DRS
	Gamman Korea EXpress Con-Term	0.991	0.937	DRS
	Jasungdae Con-Term	0.640	0.323	DRS
	Shinsundae Con-Term	0.723	0.341	DRS
Hamburg	Uam Con-Term	0.735	0.546	DRS
	Eurogate Con-Term	0.592	0.379	DRS
	TCT Tollerort Term	0.555	0.442	DRS
	Unikai Con-Term	0.699	0.699	DRS
Keelung	Keelung Harbor Bureau	0.735	0.437	DRS
Manila	South Harbor	1.000	0.794	DRS
Oakland	APL Term	0.830	0.830	DRS
	Ben E Nutter Con-Term	0.696	0.641	DRS
	Charles P Howard Term	0.745	0.415	DRS
	Trapac Term	1.000	0.732	DRS
Nagoya	Kinjo Pier	0.539	0.483	DRS
	NCB Term	0.734	0.444	DRS
Port Klang	Tobishima North Pier	1.000	0.897	DRS
	Klang Port Con-Term	0.688	0.569	DRS
Colombo	Jaye Con-Term	0.949	0.620	DRS
Bangkok	Bangkok	0.604	0.476	DRS
Osaka	Term OC-1	1.000	0.862	DRS
	Term OC-2	1.000	1.000	DRS
	Term OC-3	1.000	1.000	DRS
	Term OC-4	0.717	0.645	DRS
	Term OC-8	0.846	0.847	DRS
Le Havre	Term de l'Atlantique(quai de Atlantiques)	0.674	0.645	DRS
Melbourne	West Swanson dock	0.642	0.547	DRS
Genoa	Southern European Con-Hub-Term	0.603	0.484	DRS
	Voltri Term	0.736	0.632	DRS
Tianjin	Con-Term	0.647	0.495	DRS
Laem Chabang	Laem Chabang	1.000	0.431	DRS
Qingdao	Qingdao	1.000	0.417	DRS
Southampton	Southampton Con-Term	0.639	0.509	DRS
Houston	Barbours Cut Term	0.886	0.080	DRS
Barcelona	TCB Term	0.694	0.584	DRS
	Term Port-Nou	0.795	0.795	DRS
Sydney(Harbour)	Darling Harbour	1.000	1.000	DRS
Khor Fakkan	Khor Fakkan Con-Term	0.910	0.107	DRS
Valencia	Con-Term(Maritima valenciana SA)	0.720	0.667	DRS
	Valencia Con-Term(Terport SA)	0.786	0.565	DRS
Gioia Tauro	Medcenter Container Terminal	0.940	0.468	DRS
Vancouver BC	Centerm	0.566	0.566	DRS
	Vanterm	0.725	0.596	DRS
Taichung	Taichung Harbor Bureau	0.780	0.420	DRS
Buenos Aires	Exolgan	0.791	0.512	DRS
Puerto Manzanillo	Manzanillo Int'l Terminal	0.987	0.033	DRS
효율적인 DMU 수		15		
효율성지수 평균		0.821		

부록 #17 2000년 컨테이너 터미널 DEA-BCC모형 분석 결과

항 만	구 분	2000년		
		터미널	효율성 지수	U0
Hongkong	Term 3	1.000	-1.018	IRS
	Term 8(East)	1.000	0.236	DRS
	Term 1/2/5/8(West)	1.000	0.153	DRS
	Term 4/6/7	1.000	-0.082	IRS
Rotterdam	Handico Term	1.000	0.890	DRS
Busan	Gamman Global Con-Term	1.000	0.572	DRS
	Gamman Hanjin Con-Term	0.906	0.879	DRS
	Gamman Hyundai Con-Term	0.974	0.948	DRS
	Gamman Korea EXpress Con-Term	0.980	0.954	DRS
	Jasungdae Con-Term	0.697	0.386	DRS
	Shinsundae Con-Term	0.704	0.400	DRS
Hamburg	Uam Con-Term	0.696	0.576	DRS
	Eurogate Con-Term	0.616	0.423	DRS
	TCT Tollerort Term	0.569	0.470	DRS
	Unikai Con-Term	0.699	0.699	DRS
Keelung	Keelung Harbor Bureau	0.847	0.456	DRS
Manila	South Harbor	1.000	0.890	DRS
Oakland	APL Term	0.844	0.801	DRS
	Ben E Nutter Con-Term	0.694	0.629	DRS
	Charles P Howard Term	0.677	0.677	DRS
	Trapac Term	1.000	1.000	DRS
Nagoya	Kinjo Pier	0.559	0.477	DRS
	NCB Term	0.681	0.595	DRS
Port Klang	Tobishima North Pier	1.000	0.920	DRS
	Klang Port Con-Term	0.713	0.556	DRS
Colombo	Jaye Con-Term	0.896	0.655	DRS
Bangkok	Bangkok	0.601	0.477	DRS
Osaka	Term OC-1	1.000	0.890	DRS
	Term OC-2	1.000	1.000	DRS
	Term OC-3	1.000	1.000	DRS
	Term OC-4	0.716	0.665	DRS
	Term OC-8	0.847	0.847	DRS
Le Havre	Term de l'Atlantique(quai de Atlantiques)	0.674	0.674	DRS
Melbourne	West Swanson dock	0.626	0.561	DRS
Genoa	Southern European Con-Hub-Term	0.572	0.499	DRS
	Voltri Term	0.747	0.618	DRS
Tianjin	Con-Term	0.758	0.195	DRS
Laem Chabang	Laem Chabang	1.000	0.327	DRS
Qingdao	Qingdao	1.000	0.325	DRS
Southampton	Southampton Con-Term	0.650	0.495	DRS
Houston	Barbours Cut Term	0.824	0.641	DRS
	TCB Term	0.701	0.568	DRS
Barcelona	Term Port-Nou	0.608	0.608	DRS
	Darling Harbour	1.000	1.000	DRS
Sydney(Harbour)	Darling Harbour	1.000	1.000	DRS
Khor Fakkan	Khor Fakkan Con-Term	0.837	0.640	DRS
Valencia	Con-Term(Maritima valenciana SA)	0.703	0.703	DRS
	Valencia Con-Term(Terport SA)	0.755	0.604	DRS
Gioia Tauro	Medcenter Container Terminal	0.941	0.447	DRS
Vancouver BC	Centerm	0.566	0.566	DRS
	Vanterm	0.689	0.611	DRS
	Taichung Harbor Bureau	0.717	0.452	DRS
Buenos Aires	Exolgan	0.735	0.563	DRS
Puerto Manzanillo	Manzanillo Int'l Terminal	0.855	0.457	DRS
효율적인 DMU 수		15		
효율성지수 평균		0.809		

부록 #18 2001년 컨테이너 터미널 DEA-BCC모형 분석 결과

항 만	구 분 터미널	2001년		
		효율성 지수	U0	RTS
Hongkong	Term 3	1.000	0.565	DRS
	Term 8(East)	0.985	0.155	DRS
	Term 1/2/5/8(West)	1.000	0.228	DRS
	Term 4/6/7	1.000	-0.536	IRS
Rotterdam	Handico Term	1.000	0.962	DRS
Busan	Gamman Global Con-Term	1.000	0.395	DRS
	Gamman Hanjin Con-Term	0.916	0.610	DRS
	Gamman Hyundai Con-Term	0.989	0.939	DRS
	Gamman Korea EXpress Con-Term	0.983	0.944	DRS
	Jasungdae Con-Term	0.660	0.416	DRS
	Shinsundae Con-Term	0.687	0.425	DRS
Hamburg	Uam Con-Term	0.609	0.343	DRS
	Eurogate Con-Term	0.606	0.438	DRS
	TCT Tollerort Term	0.577	0.481	DRS
	Unikai Con-Term	0.699	0.699	DRS
Keelung	Keelung Harbor Bureau	0.803	0.458	DRS
Manila	South Harbor	1.000	0.829	DRS
Oakland	APL Term	0.845	0.805	DRS
	Ben E Nutter Con-Term	0.682	0.655	DRS
	Charles P Howard Term	0.677	0.677	DRS
	Trapac Term	1.000	1.000	DRS
Nagoya	Kinjo Pier	0.538	0.511	DRS
	NCB Term	0.671	0.598	DRS
Port Klang	Tobishima North Pier	1.000	0.934	DRS
	Klang Port Con-Term	0.701	0.522	DRS
Colombo	Jaye Con-Term	0.738	0.522	DRS
Bangkok	Bangkok	0.598	0.476	DRS
Osaka	Term OC-1	1.000	0.936	DRS
	Term OC-2	1.000	1.000	DRS
	Term OC-3	1.000	1.000	DRS
	Term OC-4	0.716	0.716	DRS
	Term OC-8	0.851	0.822	DRS
Le Havre	Term de l'Atlantique(quai de Atlantiques)	0.674	0.651	DRS
Melbourne	West Swanson dock	0.629	0.570	DRS
Genoa	Southern European Con-Hub-Term	0.547	0.495	DRS
	Voltri Term	0.749	0.629	DRS
Tianjin	Con-Term	0.802	0.303	DRS
Laem Chabang	Laem Chabang	1.000	0.480	DRS
Qingdao	Qingdao	1.000	0.128	DRS
Southampton	Southampton Con-Term	0.594	0.496	DRS
Houston	Barbours Cut Term	0.807	0.647	DRS
Barcelona	TCB Term	0.698	0.586	DRS
	Term Port-Nou	0.608	0.608	DRS
Sydney(Harbour)	Darling Harbour	1.000	1.000	DRS
Khor Fakkan	Khor Fakkan Con-Term	0.823	0.657	DRS
Valencia	Con-Term(Maritima valenciana SA)	0.706	0.673	DRS
	Valencia Con-Term(Terport SA)	0.759	0.619	DRS
Gioia Tauro	Medcenter Container Terminal	0.851	0.333	DRS
Vancouver BC	Centerm	0.566	0.566	DRS
	Vanterm	0.689	0.626	DRS
Taichung	Taichung Harbor Bureau	0.670	0.464	DRS
Buenos Aires	Exolgan	0.705	0.612	DRS
Puerto Manzanillo	Manzanillo Int'l Terminal	0.811	0.668	DRS
효율적인 DMU 수		14		
효율성지수 평균		0.797		

부록 #19 1996/1997년 Malmquist Productivity Index

PORT	TEI	증감	TPI	증감	M
Hongkong	1.000	-	1.000	-	1.000
Singapore	1.000	-	0.987	▼	0.987
Kaohsiung	1.000	-	1.004	▲	1.004
Rotterdam	0.965	▼	1.026	▲	0.991
Busan	1.000	-	0.993	▼	0.993
Long Beach	1.000	-	1.016	▲	1.016
Hamburg	0.919	▼	0.989	▼	0.909
Yokohama	0.543	▼	1.007	▲	0.547
Los Angeles	0.986	▼	1.025	▲	1.011
Antwerp	1.000	-	1.024	▲	1.025
Tokyo	0.906	▼	1.011	▲	0.916
New York/New Jersey	1.022	▲	0.978	▼	1.000
Dubai	0.838	▼	1.055	▲	0.884
Keelung	0.908	▼	1.016	▲	0.922
Kobe	0.752	▼	1.006	▲	0.756
Shanghai	0.978	▼	0.979	▼	0.958
Manila	0.892	▼	1.000	-	0.893
San Juan	1.000	-	1.000	-	1.000
Oakland	0.780	▼	1.056	▲	0.824
Seattle	0.792	▼	1.070	▲	0.848
Nagoya	0.806	▼	1.011	▲	0.815
Tanjung Priok	1.000	-	1.000	-	1.000
Port Klang	1.133	▲	1.023	▲	1.159
Colombo	1.054	▲	1.019	▲	1.074
Bangkok	0.805	▼	1.011	▲	0.814
Osaka	0.834	▼	1.013	▲	0.845
Virginia (Hampton Roads)	0.963	▼	1.027	▲	0.989
Charleston	0.958	▼	1.012	▲	0.969
Tacoma	0.947	▼	1.029	▲	0.975
Jacksonville	0.980	▼	1.031	▲	1.010
Le Havre	1.036	▲	1.011	▲	1.047
Durban	0.745	▼	1.014	▲	0.755
Melbourne	0.908	▼	1.012	▲	0.919
La Spezia	0.874	▼	0.992	▼	0.867
Montreal	0.923	▼	1.013	▲	0.935
Genoa	1.005	▲	1.010	▲	1.015
Tianjin	1.016	▲	1.026	▲	1.042
Laem Chabang	1.000	-	1.000	-	1.000
Qingdao	0.959	▼	1.019	▲	0.977
Southampton	0.862	▼	1.128	▲	0.973
Houston	1.001	▲	1.079	▲	1.080
Santos	0.935	▼	1.039	▲	0.971
Barcelona	1.136	▲	1.021	▲	1.160
Khor Fakkan	0.812	▼	1.067	▲	0.867
Valencia	0.931	▼	1.152	▲	1.073
Felixstowe	1.245	▲	1.135	▲	1.413
Gioia Tauro	1.264	▲	1.341	▲	1.694
Yantian	1.533	▲	1.073	▲	1.644
Taichung	1.097	▲	0.993	▼	1.089
Xiamen	1.000	-	1.082	▲	1.082
Marsaxlokk	1.017	▲	1.061	▲	1.079
Puerto Manzanillo	1.337	▲	1.106	▲	1.479
Dalian	0.969	▼	0.995	▼	0.964
평균	0.969	- : 10 ▲ : 14 ▼ : 29	1.034	- : 5 ▲ : 40 ▼ : 8	1.005

부록 #20 1997/1998년 Malmquist Productivity Index

PORT	TEI	증감	TPI	증감	M
Hongkong	1.000	-	0.988	▼	0.988
Singapore	1.000	-	1.000	-	1.000
Kaohsiung	1.000	-	1.000	-	1.000
Rotterdam	0.941	▼	1.025	▲	0.965
Busan	1.202	▲	1.008	▲	1.212
Long Beach	1.000	-	1.016	▲	1.016
Hamburg	0.939	▼	1.019	▲	0.957
Yokohama	1.227	▲	0.976	▼	1.197
Los Angeles	0.964	▼	1.031	▲	0.994
Antwerp	0.949	▼	1.003	▲	0.951
Tokyo	1.121	▲	0.946	▼	1.060
New York/New Jersey	1.023	▲	0.969	▼	0.991
Dubai	1.651	▲	0.848	▼	1.400
Keelung	1.025	▲	1.044	▲	1.070
Kobe	0.997	▼	0.995	▼	0.992
Shanghai	0.704	▼	0.994	▼	0.700
Manila	1.274	▲	0.953	▼	1.213
San Juan	1.000	-	1.000	-	1.000
Oakland	0.969	▼	1.050	▲	1.018
Seattle	1.035	▲	1.045	▲	1.082
Nagoya	1.091	▲	0.961	▼	1.049
Tanjung Priok	1.000	-	0.995	▼	0.995
Port Klang	1.118	▲	0.942	▼	1.054
Colombo	1.035	▲	1.064	▲	1.102
Bangkok	1.027	▲	0.745	▼	0.765
Osaka	1.092	▲	0.976	▼	1.066
Virginia (Hampton Roads)	1.015	▲	1.035	▲	1.050
Charleston	0.992	▼	1.011	▲	1.002
Tacoma	1.081	▲	1.002	▲	1.083
Jacksonville	0.983	▼	0.997	▼	0.980
Le Havre	1.094	▲	1.062	▲	1.162
Durban	1.021	▲	1.021	▲	1.042
Melbourne	1.015	▲	1.018	▲	1.033
La Spezia	0.930	▼	0.975	▼	0.907
Montreal	1.105	▲	1.002	▲	1.107
Genoa	0.752	▼	1.016	▲	0.763
Tianjin	0.933	▼	1.009	▲	0.942
Laem Chabang	1.000	-	1.058	▲	1.058
Qingdao	0.959	▼	1.019	▲	0.977
Southampton	0.972	▼	0.939	▼	0.913
Houston	1.801	▲	1.066	▲	1.919
Santos	1.518	▲	1.036	▲	1.573
Barcelona	1.017	▲	0.897	▼	0.912
Khor Fakkan	0.970	▼	0.877	▼	0.851
Valencia	0.977	▼	1.038	▲	1.014
Felixstowe	0.963	▼	1.022	▲	0.984
Gioia Tauro	1.000	-	1.011	▲	1.011
Yantian	0.650	▼	1.027	▲	0.668
Taichung	1.072	▲	1.019	▲	1.093
Xiamen	1.000	-	1.000	-	1.000
Marsaxlokk	0.753	▼	0.997	▼	0.751
Puerto Manzanillo	0.718	▼	0.941	▼	0.676
Dalian	0.948	▼	1.023	▲	0.969
평균	1.031	- : 9 ▲ : 23 ▼ : 21	0.995	- : 4 ▲ : 29 ▼ : 20	1.024

부록 #21 1998/1999년 Malmquist Productivity Index

PORT	TEI	증감	TPI	증감	M
Hongkong	1.000	-	1.019	▲	1.019
Singapore	1.000	-	1.000	-	1.000
Kaohsiung	1.000	-	1.020	▲	1.020
Rotterdam	0.900	▼	1.040	▲	0.936
Busan	0.974	▼	1.045	▲	1.017
Long Beach	1.000	-	1.002	▲	1.002
Hamburg	0.903	▼	1.035	▲	0.934
Yokohama	0.960	▼	1.109	▲	1.064
Los Angeles	1.022	▲	1.074	▲	1.097
Antwerp	1.005	▲	1.039	▲	1.044
Tokyo	1.126	▲	1.119	▲	1.261
New York/New Jersey	1.051	▲	1.052	▲	1.106
Dubai	1.456	▲	1.039	▲	1.512
Keelung	0.879	▼	1.135	▲	0.997
Kobe	0.931	▼	1.101	▲	1.026
Shanghai	1.224	▲	1.039	▲	1.272
Manila	1.069	▲	1.101	▲	1.177
San Juan	1.000	-	1.012	▲	1.012
Oakland	0.971	▼	1.026	▲	0.997
Seattle	0.916	▼	0.988	▼	0.904
Nagoya	0.969	▼	1.127	▲	1.092
Tanjung Priok	0.766	▼	0.794	▼	0.608
Port Klang	1.269	▲	1.162	▲	1.474
Colombo	0.791	▼	1.120	▲	0.886
Bangkok	0.769	▼	1.235	▲	0.949
Osaka	0.995	▼	1.092	▲	1.087
Virginia (Hampton Roads)	0.917	▼	1.039	▲	0.953
Charleston	1.042	▲	1.045	▲	1.089
Tacoma	0.987	▼	1.103	▲	1.088
Jacksonville	0.921	▼	1.111	▲	1.023
Le Havre	1.004	▲	1.051	▲	1.055
Durban	1.103	▲	1.044	▲	1.151
Melbourne	1.037	▲	1.038	▲	1.076
La Spezia	1.028	▲	1.117	▲	1.148
Montreal	1.006	▲	1.132	▲	1.138
Genoa	0.664	▼	1.037	▲	0.689
Tianjin	1.113	▲	1.079	▲	1.201
Laem Chabang	1.000	-	1.047	▲	1.047
Qingdao	1.000	-	1.095	▲	1.095
Southampton	0.931	▼	0.954	▼	0.888
Houston	1.890	▲	0.868	▼	1.641
Santos	0.904	▼	1.099	▲	0.994
Barcelona	1.081	▲	1.121	▲	1.212
Khor Fakkan	1.274	▲	0.950	▼	1.210
Valencia	1.434	▲	0.840	▼	1.205
Felixstowe	1.159	▲	0.889	▼	1.030
Gioia Tauro	0.791	▼	0.988	▼	0.782
Yantian	1.382	▲	1.039	▲	1.436
Taichung	1.202	▲	1.058	▲	1.272
Xiamen	1.000	-	1.109	▲	1.109
Marsaxlokk	0.728	▼	1.075	▲	0.782
Puerto Manzanillo	1.320	▲	0.748	▼	0.988
Dalian	1.400	▲	1.053	▲	1.475
평균	1.043	- : 8 ▲ : 24 ▼ : 20	1.043	- : 1 ▲ : 43 ▼ : 9	1.081

부록 #22 1999/2000년 Malmquist Productivity Index

PORT	TEI	증감	TPI	증감	M
Hongkong	1.000	-	1.000	-	1.000
Singapore	1.000	-	0.940	▼	0.940
Kaohsiung	1.000	-	0.991	▼	0.991
Rotterdam	0.894	▼	1.001	▲	0.895
Busan	1.058	▲	1.001	▲	1.059
Long Beach	1.000	-	0.957	▼	0.957
Hamburg	1.052	▲	1.014	▲	1.068
Yokohama	0.991	▼	0.902	▼	0.894
Los Angeles	1.252	▲	0.944	▼	1.181
Antwerp	1.031	▲	1.003	▲	1.034
Tokyo	0.969	▼	0.879	▼	0.852
New York/New Jersey	0.934	▼	1.070	▲	0.999
Dubai	0.834	▼	1.228	▲	1.024
Keelung	0.965	▼	1.023	▲	0.987
Kobe	0.964	▼	0.958	▼	0.924
Shanghai	1.000	-	1.000	-	1.000
Manila	0.976	▼	0.940	▼	0.917
San Juan	1.000	-	0.892	▼	0.892
Oakland	0.854	▼	1.083	▲	0.925
Seattle	0.730	▼	1.009	▲	0.737
Nagoya	1.104	▲	0.933	▼	1.029
Tanjung Priok	0.875	▼	1.049	▲	0.918
Port Klang	1.013	▲	1.162	▲	1.177
Colombo	0.815	▼	1.099	▲	0.896
Bangkok	0.893	▼	0.936	▼	0.836
Osaka	0.923	▼	1.089	▲	1.005
Virginia (Hampton Roads)	0.945	▼	0.956	▼	0.904
Charleston	0.930	▼	0.982	▼	0.913
Tacoma	1.015	▲	0.925	▼	0.939
Jacksonville	0.878	▼	0.899	▼	0.790
Le Havre	0.823	▼	1.239	▲	1.020
Durban	1.147	▲	1.076	▲	1.234
Melbourne	0.763	▼	1.298	▲	0.990
La Spezia	0.846	▼	1.063	▲	0.899
Montreal	0.824	▼	1.046	▲	0.862
Genoa	0.846	▼	1.272	▲	1.076
Tianjin	1.261	▲	0.946	▼	1.192
Laem Chabang	1.000	-	1.000	-	1.000
Qingdao	1.000	-	1.042	▲	1.042
Southampton	0.815	▼	0.974	▼	0.794
Houston	1.018	▲	0.911	▼	0.928
Santos	1.263	▲	0.974	▼	1.230
Barcelona	0.931	▼	1.042	▲	0.969
Khor Fakkan	0.881	▼	1.022	▲	0.900
Valencia	0.766	▼	1.339	▲	1.025
Felixstowe	0.688	▼	1.373	▲	0.944
Gioia Tauro	0.767	▼	1.338	▲	1.025
Yantian	1.037	▲	0.987	▼	1.023
Taichung	0.805	▼	1.103	▲	0.888
Xiamen	1.000	-	1.000	-	1.000
Marsaxlokk	0.699	▼	1.303	▲	0.911
Puerto Manzanillo	1.000	-	0.988	▼	0.988
Dalian	1.047	▲	1.226	▲	1.284
평균	0.946	- : 10 ▲ : 13 ▼ : 30	1.046	- : 4 ▲ : 28 ▼ : 21	0.979

부록 #23 2000/2001년 Malmquist Productivity Index

PORT	TEI	증감	TPI	증감	M
Hongkong	1.000	-	1.000	-	1.000
Singapore	1.000	-	1.000	-	1.000
Kaohsiung	1.000	-	1.013	▲	1.013
Rotterdam	0.755	▼	1.395	▲	1.053
Busan	1.039	▲	0.727	▼	0.756
Long Beach	0.973	▼	0.972	▼	0.946
Hamburg	1.130	▲	0.980	▼	1.107
Yokohama	0.986	▼	1.799	▲	1.775
Los Angeles	0.993	▼	1.025	▲	1.018
Antwerp	0.749	▼	1.397	▲	1.046
Tokyo	0.836	▼	1.156	▲	0.967
New York/New Jersey	1.062	▲	1.029	▲	1.093
Dubai	0.970	▼	1.196	▲	1.160
Keelung	0.856	▼	1.170	▲	1.002
Kobe	0.609	▼	1.506	▲	0.917
Shanghai	1.000	-	1.069	▲	1.069
Manila	1.014	▲	1.054	▲	1.069
San Juan	1.000	-	1.000	▲	1.000
Oakland	0.753	▼	1.242	▲	0.935
Seattle	0.730	▼	1.101	▲	0.804
Nagoya	0.901	▼	1.224	▲	1.103
Tanjung Priok	0.759	▼	1.233	▲	0.936
Port Klang	0.881	▼	1.389	▲	1.224
Colombo	0.826	▼	1.355	▲	1.120
Bangkok	0.963	▼	1.234	▲	1.188
Osaka	0.946	▼	1.162	▲	1.100
Virginia (Hampton Roads)	0.848	▼	1.154	▲	0.979
Charleston	0.866	▼	1.117	▲	0.967
Tacoma	0.451	▼	2.188	▲	0.987
Jacksonville	0.971	▼	1.069	▲	1.038
Le Havre	0.839	▼	1.256	▲	1.053
Durban	1.093	▲	1.130	▲	1.236
Melbourne	0.923	▼	1.121	▲	1.035
La Spezia	0.978	▼	1.292	▲	1.264
Montreal	0.893	▼	1.216	▲	1.085
Genoa	0.875	▼	1.126	▲	0.985
Tianjin	1.056	▲	1.211	▲	1.279
Laem Chabang	1.000	-	1.033	▲	1.033
Qingdao	1.000	-	1.122	▲	1.122
Southampton	0.605	▼	1.201	▲	0.726
Houston	0.774	▼	1.203	▲	0.931
Santos	1.158	▲	1.225	▲	1.420
Barcelona	0.952	▼	1.190	▲	1.133
Khor Fakkan	0.863	▼	1.357	▲	1.171
Valencia	0.923	▼	1.174	▲	1.084
Felixstowe	0.849	▼	1.167	▲	0.991
Gioia Tauro	0.852	▼	1.118	▲	0.953
Yantian	1.000	-	1.144	▲	1.144
Taichung	0.811	▼	1.214	▲	0.986
Xiamen	1.000	-	1.093	▲	1.093
Marsaxlokk	1.040	▲	1.140	▲	1.186
Puerto Manzanillo	0.822	▼	1.185	▲	0.973
Dalian	0.964	▼	1.299	▲	1.252
평균	0.908	- : 9 ▲ : 8 ▼ : 36	1.192	- : 2 ▲ : 48 ▼ : 3	1.066