

# 港灣의 競爭狀況을 考慮한 動的模型 開發에 關한 研究

여 기 태\* · 이 철 영\*\*

## A study on the Development of Dynamic Models under Inter Port Competition

Ki Tae Yeo\* · Cheol Yeong Lee\*\*

### Abstract

Forecasting the volumes of container cargo correctly is very important in that it is one of the most important factor to establish a port development planning and to select a port operating system. In a view of dynamic characteristic of container cargo volumes which should be changed by the effect of competitive ports, the overall information of the competitive ports should be considered to estimate the volumes of container cargo. One of the forecasting approach for the cargo volumes is the simulation technique which can reflect the complicate situation. The objectives of this paper are as follows;

- 1) to establish the structural model for system dynamics;
- 2) to develop the structural simulation model by HFP considering the inter competitiveness between ports;
- 3) finally to test its significance by the application of several major ports around northeast Asia.

### 1. 서 론

컨테이너 물동량은 항만의 확장, 개발, 장기계획의 수립 및 시스템의 구체적인 내용

\* 한국해양대학교 물류시스템공학과 박사과정

\*\* 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수

결정 등에 매우 중요한 역할을 하기 때문에 정확히 예측되어야 한다. 그러나, 대부분의 컨테이너 물동량예측은 국내의 경제동향 및 각종 지표분석을 통하여 항만물동량을 전망하거나 품목별 생산, 소비, 수출입 수급량예측을 한 다음 이에 따른 최종항만의 물동량을 확정하는 추세연장방법이 대부분이어서 국제 경쟁시대에 맞지 않을 뿐아니라 예측량이 현실상황을 반영할 가능성은 매우 희박하다. 따라서, 경쟁상황하의 컨테이너 물동량은 다른 경쟁항의 여건에 영향을 받도록 해당항만 자체의 정보뿐만 아니라 경쟁항만의 개발 및 변화 등의 경쟁항만의 정보를 종합적 고려하여 분석할 필요가 있다. 본 연구에서는 구성요소들이 복잡하게 상호작용 해가면서 동적으로 변화하는 항만시스템의 내부구조를 해석하기 위해서 System Dynamics법 이용하여 시뮬레이션을 실시하며, HFP (Hierarchical Fuzzy Process)법 이용하여 경쟁상황을 고려하는 새로운 모델을 제안하고, 극동아시아의 주요항만에 적용한다. 즉, 경쟁항만간의 상황을 구조모델로서 인식하여 모델링을 실시하는데, 구조모델은 각 단위항만모델을 서브시스템으로 하고 각 단위항만모델은 경쟁의 구성요소를 획득 및 이를 이용한 인과관계구축을 통하여 개발된다. 또한, 대상 항만 사이에 경쟁적으로 유치되는 물동량의 변화는 단위항만 구성요소의 통합의 결과치를 사용하여 대상항만 전체 물동량을 배분함으로써 구할 수 있으며, 배분된 물동량은 다시 단위항만모델로 Feed-Back되어 영향을 줌으로써 항만경쟁상황을 구현한다.

## 2. 방법론

항만간 경쟁 상황을 구조 모델화된 시스템으로서 파악할 때 시스템을 형성하기 위해서는 여러 가지 구성요소의 추출이 선행되어야 하는데, 이를 위하여 문헌연구와 실증연구를 병행하여, 경쟁을 고려한 각 단위항만모델의 구성요소를 추출한다. 추출된 구성요소를 사용하여 다음의 두가지 단계에 의하여 연구를 수행한다.

첫째, 시스템의 경계가 작고, 시스템에 작용하는 힘이 단순할 때에는 시스템의 내용이 불확실하더라도, 시스템을 Black Box로 취급하여 시스템으로부터 발생하는 자료 또는 정보를 통계적으로 처리함으로써 장래를 예측 할 수 있으나, 단위항만모델처럼 시스템의 경계가 크고, 거기에 작용하는 힘이 복잡해지면, 시스템의 내용을 Black Box로 생각하여 예측하는 것은 그 정확도가 매우 낮아진다. 따라서, 시스템의 구조를 파악하여 예측할 필요가 생기게 되는데, 이를 위하여 본 연구에서는 구조형 시뮬레이션 방법인 System Dynamics법을 도입하여 경쟁을 고려하지 않은 단위항만모델을 개발한다.

둘째, 항만경쟁모델은 각 단위항만모델을 서브시스템으로 하여 구성 될 수 있다. 그런데, SD방법을 통해서 개발된 각 단위항만모델은 많은 수의 변수, 테이블함수, 파라

메터 및 이들의 상호관계를 나타내는 인과관계루프등이 복잡하게 나타난다. 이러한 각 단위항만간의 경쟁을 모델화 하기위해서는, 단위 항만모델에 미치는 영향을 모두 조사하여 결정하여야 하는데, 이는 현실적인 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 한계를 극복하기 위하여, HFP(Hierarchical Fuzzy Process)법을 도입한 확장SD법을 개발하여 항만경쟁모델을 구축한다.

즉, 경쟁관계를 고려한 확장 SD방법은 각 단위 항만모델은 SD방법을 사용하여 개발하며, 경쟁관계를 구현하기 위한 각 단위항만모델의 통합은 HFP법을 도입한 확장 SD 방법으로 해결한다. 또한, 모델의 경계는 부산항을 기준으로 지리적으로 인접하고, 경쟁관계에 있는 요코하마, 고베, 카오슝, 기륭항으로 하였다. 연구방법의 전체적인 흐름은 <Fig. 1>과 같다.

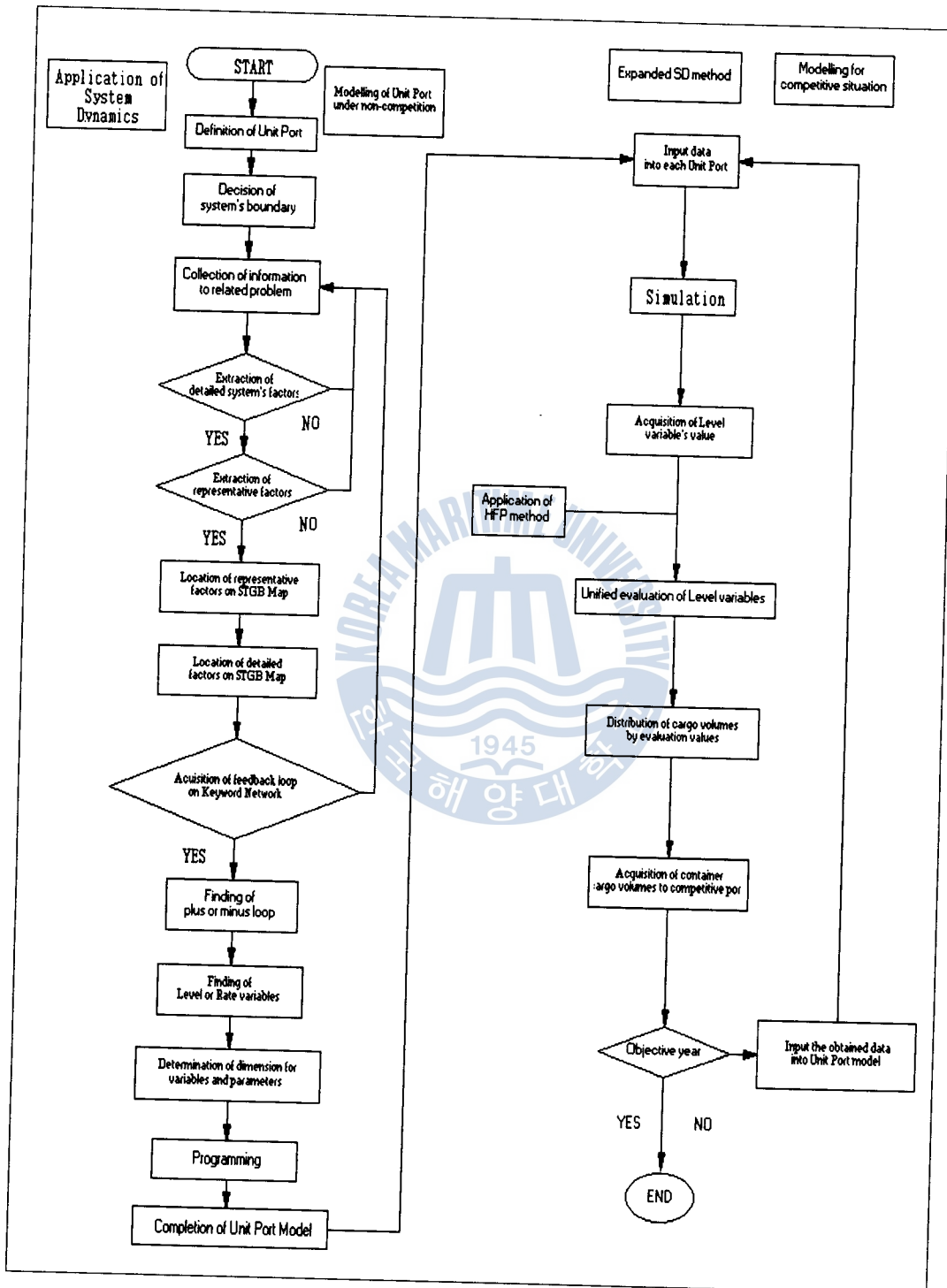
### 3. 단위 항만모델의 개발

#### 3.1 단위 항만모델의 개념

본 절에서는 경쟁관계에 있는 항만들의 경쟁상황을 구현하기에 앞서, 경쟁의 주체인 각 항만들을 단위항만이라 정의하고, 단위항만자체를 개발하는데 대해서 기술한다. 단위항만내의 구성요소들은 서로 상호작용을 하고 있는데, 예를 들어 어느 항만에 기항하는 정기선척수가 증가하면 서비스시설을 늘리지 않는 한 항만 내에 대기 할 정기선척수는 증가하게 된다. 선박의 대기척수가 증가할수록 각 선박이 항만 내에서 지불할 항만비용은 증가하게 되며, 이러한 늘어난 비용은 그 항만에 기항하고자하는 잠재 정기선회사 및 기항선사에게 기항자체를 감소시키게 되어 결국 항만이 처리하는 수출입 화물량을 줄이게 된다. 이와 같이 항만을 구성하는 정량적·정성적 구성요소들은 독립적으로 영향을 미치는 것이 아니라 복잡한 상호관계를 형성하면서 영향을 미친다. 이처럼 단위항만 자체를 복잡한 인과관계를 가진 하나의 거대한 시스템으로 생각하여 접근하는 것이 가능하다.

내부 구조를 가지고 있는 시스템을 해석하기 위해서는 시뮬레이션 모델을 구성하여 그것을 움직여 볼 필요가 있는데, 이러한 대규모의 사회시스템을 시뮬레이션 할 수 있는 방법이 System Dynamics이다.

즉, System Dynamics란 레벨변수, 정보, 레이트변수 및 흐름(Flow)라 말해지는 4개의 기본요소가 Feed-back loop 상에서 하나의 섹터로서 기능할 수 있도록 모델을 구축하는 것을 의미한다. 상기의 4개의 기본요소는 현실의 세계와 가능한 한 대응되어야 하며, 이는 현실세계에 대한 통찰력 및 자료와 정보의 정확함에 따라 높아질 수 있다.



<Fig. 1> Flowchart of overall study

즉 SD는 「문제를 정의하고, 시스템을 관찰하고 Flow-Diagram을 작성하고, 방정식 형태로 교환하고, 컴퓨터를 사용해서 모델의 움직임을 계산하는 일련의 과정을 가진다.

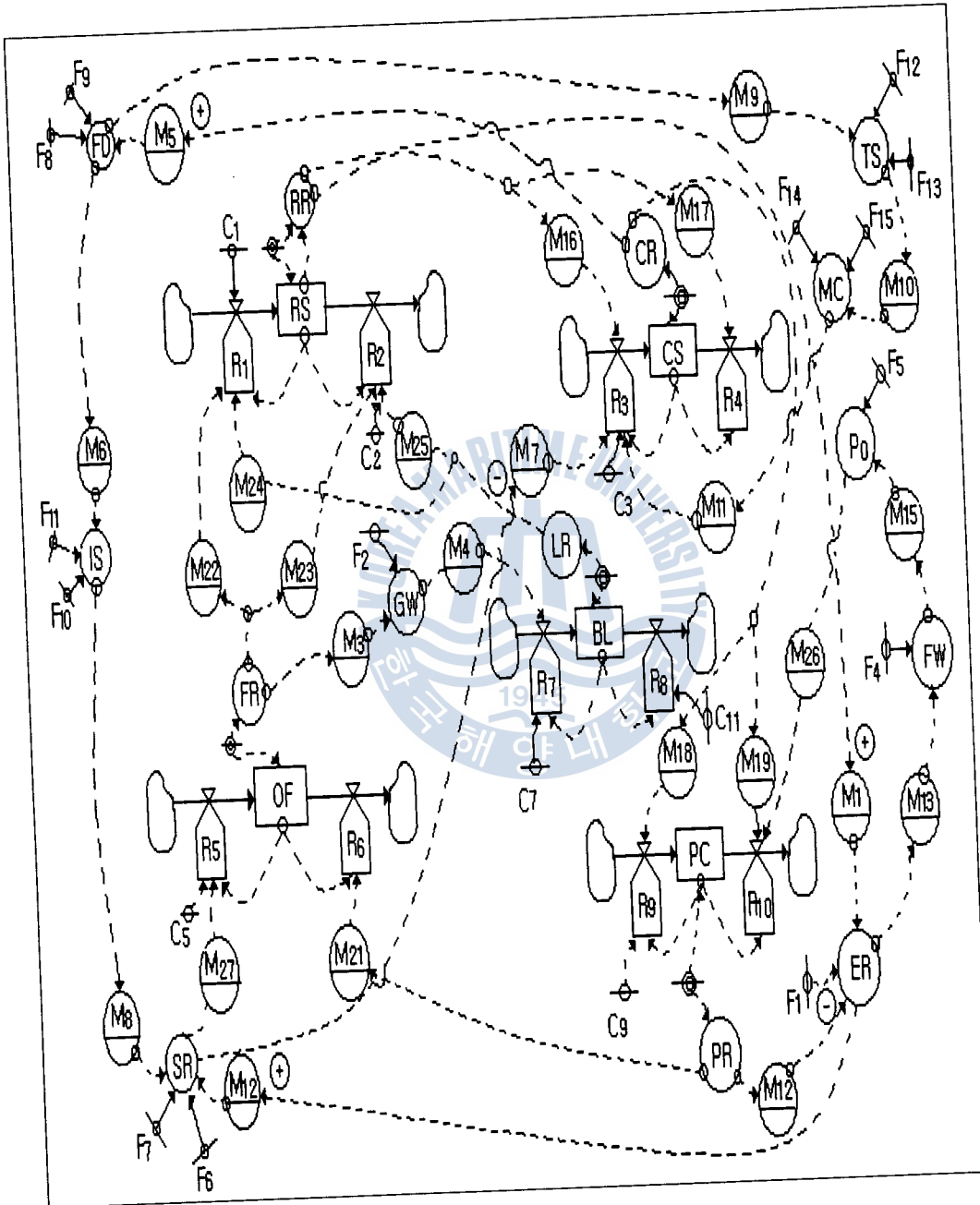
### 3.2 System Dynamics에 의한 단위항만모델의 개발

본 연구에서는 선행연구를 통해 획득한 다양한 항만 구성요소들을 바탕으로 단위항만모델을 구성하는 경계내 요소들을 추출하기 위해, 항만관련 연구자(교수, 연구원), 전문가 집단에게 자문을 구하였으며, 자문결과 입지, 시설, 서비스, 물동량 비용의 5가지 대표속성별 그룹핑(grouping)할 수 있었으며, 대표속성에 포함되는 다양한 세부속성의 구조를 파악 할 수 있었다. 요소 및 구조추출방법은 KJ법을 사용하였는데, 본 연구에서 이 방법을 채용한 이유는 선행연구에서 살펴본 수많은 요소들을 1:1로 비교하는 기존의 방법들과 달리 수많은 정보로부터 전체적인 의미나 내용을 종합적으로 단시간 내 병렬로 추출하는데 매우 유효한 방법이기 때문이다. KJ법을 통해 획득한 경계내 구성요소의 대표속성을 STGB영역도를 통해서 정리하면 인과관계를 포함한 시스템의 구조가 분석과정 초기에 명확해지는 장점이 있다. 여기에서 STGB영역이란 사회영역(Socio Sphere), 기술영역(Techno Sphere), 생물영역(Bio Sphere) 및 지구영역(Geo Sphere)를 나타낸다. STGB영역상의 Keyword-Network를 사용하여 고찰한 인과관계루프를 System Dynamics 기호를 이용하여 작성하면 단위항만모델을 완성할 수 있으며, 완성도는 <Fig. 2>와 같다.

### 3.3 모델의 적용

표준 시뮬레이션은 SD방법에 의해서 개발된 단위항만모델을 사용하여 1995년 부산항을 기준으로 하여, Level변수의 초기투입치로서, 정기선취항수 829척, 체선척수 97척, 컨테이너처리물동량 4,559,748 TEU, 부두길이 2,162m, 1TEU 당 항만비용 107,349₩로 설정하였으며, Parameter변수로서, 정기선 취항수 증가율 13.5%, 체선증가율 7.4%, 컨테이너 물동량 증가율 14%, 부두시설증가율 7% 등을 각각 변수의 초기치로 투입하였고, 시뮬레이션의 실행기간은 2003년까지이다. 실행결과 Level변수 각각의 초기투입치에서 증가 및 감소의 변화를 확인 할 수 있었는데 정기선척수는 829척에서 2003년에는 1,450척으로 증가하고, 이에 따른 물동량 또한 4.56백만 TEU에서 7.74백만TEU로 증가함을 실행결과에서 얻을 수 있었다. 정기선 척수와 물동량의 연도별 증가에 따라, 1995년 초기투입치인 부두길이 2,162m 또한 2003년에는 4,729m으로 확장해 주어야 함을 확인할 수 있었으며, 이에 따라 항만의 체선척수는 97척에서 연도별로 감소해 2003년에는 11척이 되었고, 항만비용은 과동성을 가짐을 확인 할 수 있었다.

시뮬레이션을 실행한 결과는 <Table 1> 및 <Fig. 3>과 같다.

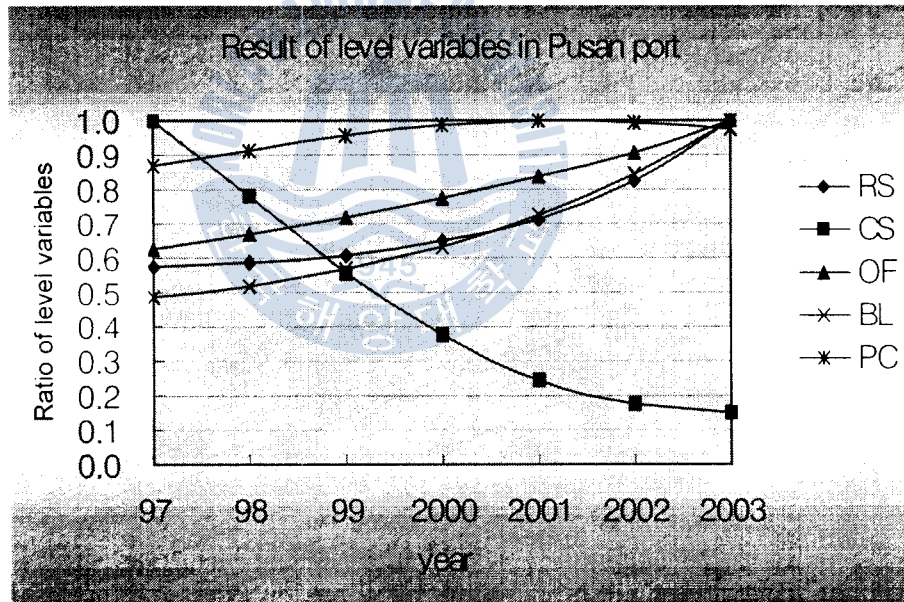


<Fig. 2> Detailed flow diagram of Unit Port model



<Table 1> Basic behavior of the container terminal of Pusan port

표준 시나리오	구 분	1998	1999	2000	2001	2002	2003
	정기선취항수 (척/년)	852	883	940	1,037	1,193	1,449
	체선척수 (척/년)	61	43	29	19	13	11
	컨테이너 물동량 (TEU/년)	5,154,526	5,539,037	5,973,804	6,457,356	7,021,476	7,735,482
	부두길이 (m)	2,454	2,84	2,997	3,419	3,900	4,729
	항만비용 (₩)	122,794	128,665	132,937	134,719	133,955	131,256



주 : RS : 정기선취항수 (척/년), CS : 체선척수(척/년),  
 OF : 컨테이너물동량(TEU/년)  
 BL : 부두길이(m), PC : 항만비용(₩)

<Fig. 3> Graph of basic behavior

각 항만별 실증자료를 획득하여, SD 방법에 의해 개발된 단위항만모델에 투입하는 시뮬레이션을 실행하면 결과는 <Table 2>와 같다.

〈Table 2〉 Fluctuation of components among competitive ports in northeast asia

항만	레벨번호	정기선취항수 (척/년)	체선척수 (척/년)	컨테이너물동량 (TEU/년)	부두길이 (m)	항만비용 (₩)
고 배	1998	793	147	1,394,440	10,385	116,312
	1999	830	143	1,428,011	10,531	119,982
	2000	879	137	1,468,555	10,718	124,542
	2001	943	127	1,514,830	10,946	129,869
	2002	1,025	113	1,565,175	11,218	135,685
	2003	1,128	95	1,617,620	11,537	141,485
요코하마	1998	894	9	3,020,795	5,275	128,955
	1999	953	9	3,245,712	5,370	133,014
	2000	1,028	8	3,542,178	5,490	138,012
	2001	1,119	8	3,921,202	5,639	143,732
	2002	1,225	6	4,396,692	5,818	149,734
	2003	1,344	5	4,986,413	6,031	155,295
카오슝	1998	753	18	5,503,264	5,873	98,909
	1999	809	17	5,828,162	6,073	102,408
	2000	879	15	6,246,099	6,333	106,117
	2001	962	13	6,766,625	6,660	109,239
	2002	1,052	10	7,405,573	7,063	110,575
	2003	1,141	7	8,192,166	7,557	108,709
기 룡	1998	818	7	2,130,236	3,384	97,793
	1999	885	5	2,254,617	3,519	99,849
	2000	963	4	2,416,363	3,693	10,050
	2001	1,043	3	2,623,058	3,913	99,089
	2002	1,114	2	2,887,504	4,184	95,314
	2003	1,158	1	3,229,808	4,516	89,313

## 4. 경쟁모델의 개발

### 4.1 항만 경쟁의 개념

본 절에서는 전 절에서 개발한 단위항만 모델을 사용하여 단위항만간 경쟁모델을 개발한다. 일반적으로 경쟁(competition)이란 상대방을 능가하려고 노력하는 상태를 말하는데, 항만간의 경쟁은 경쟁대상이 되는 타 항만에 비하여 비교우위를 획득 하기 위한 차별화된 경쟁전략의 수립을 통해서 수행되고 있다.

항만에서의 경쟁전략은 근본적으로 특정항만이 갖고 있는 강점들은 보다 강화시키고 약점들은 보다 보강함으로써 각종 기회를 충분히 활용하고 위험에 대처하기 위한



전략대안을 개발하고 계획하는 것이라 할 수 있다.

특히, 정기선화물의 컨테이너화의 진전에 따라 컨테이너항만간에 컨테이너화물 유치 경쟁은 더욱 가속화되고 있는데, 이러한 경쟁에서 우위를 잡하기 위하여, 컨테이너항만은 항만시설의 현대화, 대형화, 자동화와 같은 거대한 확장계획 또는 신규 투자계획을 수립하고 있는 실정으로서 컨테이너 항만간의 경쟁은 더욱 치열하게 전개될 예정이다.

이러한 상황을 고려할 때, 항만간의 경쟁은 항만 상호간에 서로 영향을 주고받아서 변하는 특성을 지니고 있으므로 경쟁항만의 개발 및 변화 등의 정보를 종합적으로 고려한 경쟁항만모델의 개발은 매우 중요한 의미를 가진다.

현실에서 일어나고 있는 경쟁상황을 모델화 하기 위해서는, 각 단위 항만이 움직이는 거동을 모델화하는 작업이 선행되어야 하며, 경쟁모델은 개발된 단위항만간의 상호 영향을 상호간 영향을 모두 규명함으로써 가능해진다.

본 절에서는 경쟁모델개발을 위하여, 각 단위 항만의 거동을 전 절에서 개발한 단위항만모델을 사용하고, 경쟁모델은 단위항만모델 자체를 System Dynamics의 서브시스템으로 생각하여 서브시스템과 인과관계를 규명하는 과정을 통해서 개발한다.

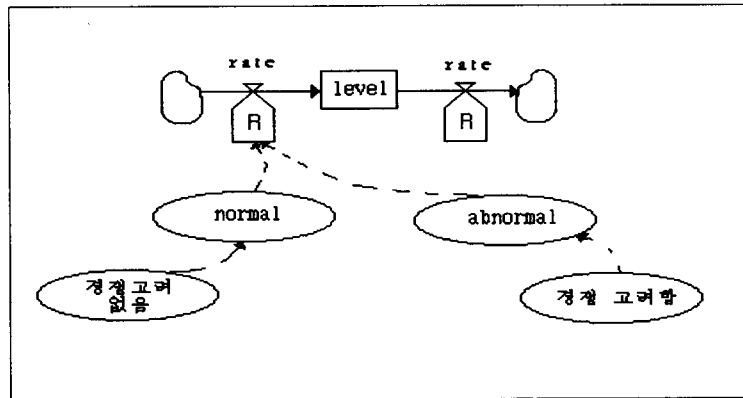
하지만, System Dynamics에 의한 단위항만간 경쟁모델의 개발은 선형적 접근방식의 서브시스템간 비교가 필요하게 되며, 한 쌍의 서브시스템비교만 생각해보더라도, 많은 수의 변수, 테이블함수, 파라미터 등의 상호간에 주는 모든 관계를 모두 규명하여야 경쟁모델을 개발 할 수 있으므로 이는 현실적인 한계가 있다.

따라서, 본 연구에서는 서브시스템간의 인과관계 규명은 단위항만모델의 가장 중요한 변수인 레벨변수의 영향 파악으로 간략화하고, 레벨변수의 통합평가를 위해서 HFP(Hierarchical Fuzzy Process)법을 도입하여 경쟁항만간 모든 레벨 변수를 고려한 경쟁력 평가치를 구한다.

## 4.2 경쟁모델의 구성

일반적으로 항만간 경쟁이 없다고 가정 할 때 단위항만 모델에 포함되어 있는 제어구조와 경쟁을 고려 할 때 제어구조는 바뀌게 된다. 즉 <Fig. 4>에서 볼 수 있듯이 경쟁이 없을 때는 정상치(normal)에 의해 제어가 되지만, 경쟁이 생기면 제어가 비정상치(abnormal)를 사용하게 된다.

그дна 항만 경쟁시에 모든 레벨변수에 비정상치를 적용 할 것인지 일부에만 적용 할 것인지는 두구조의 빈밀한 분석을 통해서 결론을 획득 할 필요가 있는데, 본 연구에서는 모든 레벨변수에 비 정상치(abnormal)를 고려하는 문제를 가장 중요 레벨변수인 수출입 물동량에 비정상치(abnormal)를 고려하는 문제로 단순화한다.



<Fig. 4> Concept of normal and abnormal control

그 이유로서는 전 절에서 살펴본 단위항만모델의 세부 인과관계루프를 살펴보면, 레벨변수인 수출입 물동량은 항만의 모든 인과관계가 거쳐가는 중요한 의미를 포함한다.

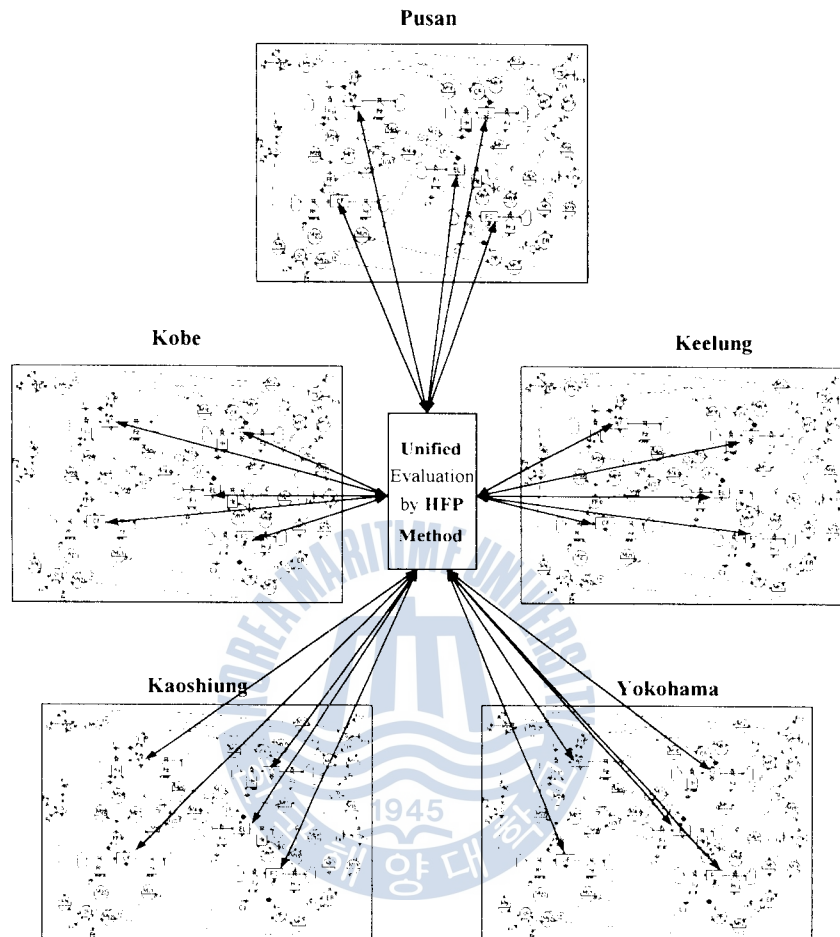
즉, 단위항만이 취급하는 수출입 물동량의 증가 및 감소에 영향을 미치는 요소를 전 절에서 설정된 경계 내 요소를 기준으로 살펴보면, 정기선취항수, 선석길이, 정부의 투자이익, 체선척수, 항만비용 등 대부분 레벨변수들의 영향이 포함되는데, 이는 수출입 물동량의 증대 및 환적화물 처리의 극대화를 통한 항만의 수지확보가 단위항만 활동 중 가장 중요하기 때문이다. 제어에 사용되는 비정상(abnormal) 상태의 입력치에는 HFP법을 통해서 구한 경쟁력 평가치를 척도로 사용하여, 모델 경계 내 대상항만 전체 수출입 물동량에 적용하여 구한 값을 사용한다.

기존의 System Dynamics법의 장점을 살리면서, HFP법의 도입으로 경쟁의 인과관계 규명을 단순화 시킨 확장 System Dynamics모델의 개념도는 <Fig. 5>와 같다.

<Table 3> Distribution values of container cargo volumes

(unit : TEU)

구분	부산	고베	요코하마	카오슝	기타
1998	5,330,683	1,696,016	3,674,101	5,634,301	2,590,942
1999	5,488,376	1,732,855	4,149,002	6,004,287	2,735,920
2000	5,770,688	1,794,571	4,328,534	6,530,510	2,952,790
2001	6,001,327	1,826,597	4,728,225	7,014,239	3,162,909
2002	6,223,604	1,848,608	5,192,878	7,509,121	3,410,394
2003	6,563,581	1,904,682	5,871,299	7,592,208	3,802,968



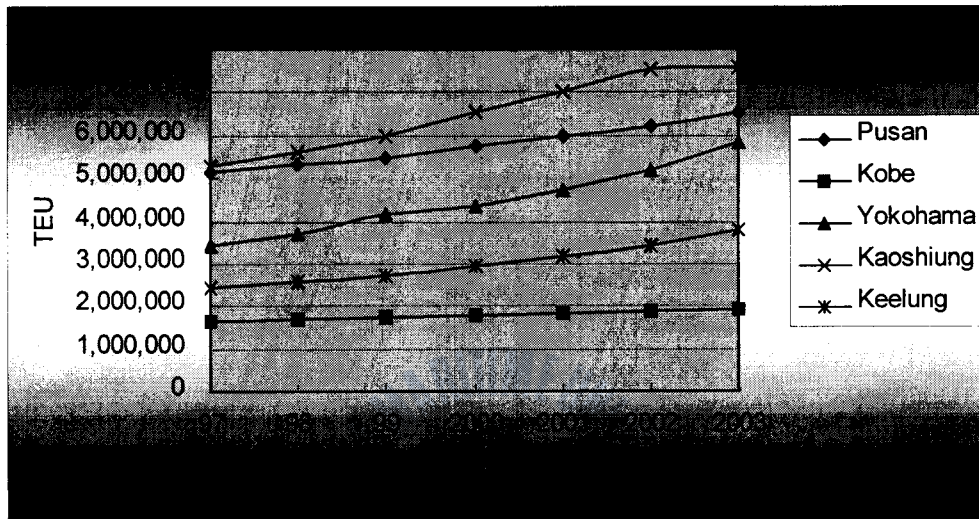
〈Fig. 5〉 Unification concept of each Unit Port models by expanded SD model

#### 4.3 종합고찰

제 4장의 결과를 종합해서 고찰해보면 단위항만간의 경쟁을 고려할 때와 경쟁을 고려하지 않을 때의 결과가 차이가 나는 것을 확인 할 수 있다. <Table 4>와 같이 단위항만간 경쟁을 고려하지 않을 때 모델의 거동은 전문기관의 예측치와 비슷하게 양호한 추종을 함을 볼 수 있다. 여기에서 전문기관의 예측치와 다소 차이를 보이는 것은 예측의 방법이나 변수 설정에 있어서 차이가 있기 때문인데, 전문기관의 예측방법이 사회 거시지표나 항만물동량의 과거 추세등을 투입하는 정적인 분석방법을 따른다면, 본 연구에서 개발한 모델에 의한 예측은 항만을 고려 할 때 포함되는 다양한 변수, 과

라메터, 승수 등에 의한 동적인 상호관계를 작용시켜 결과를 획득했기 때문이다.  
 <Table 4>와 <Fig. 7>은 예측의 결과와 비교이다.

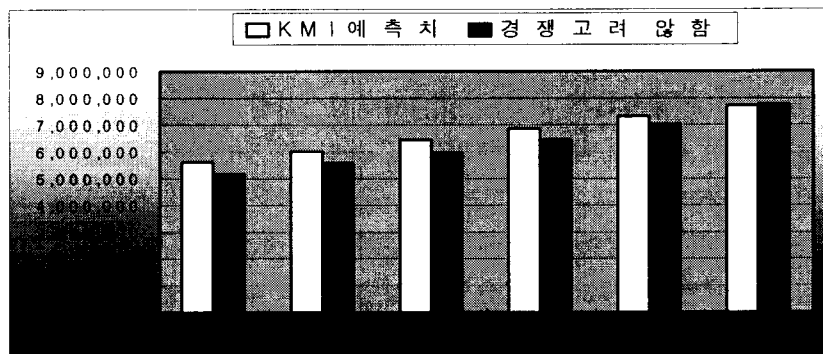
<Table 3> 및 <Fig. 6>은 확장SD모델에 의해서 예측된 미래 물동량치이다.



<Fig. 6> Graph for container cargo volumes at each competitive ports

<Table 4> Comparison of results between Unit Port model and KMI

구분	1998	1999	2000	2001	2002	2003
KMI 예측치	5,595,313	6,020,945	6,446,577	6,872,209	7,297,841	7,723,473
항만경쟁을 고려하지 않을 때	5,154,526	5,539,037	5,973,804	6,457,356	7,021,476	7,735,482

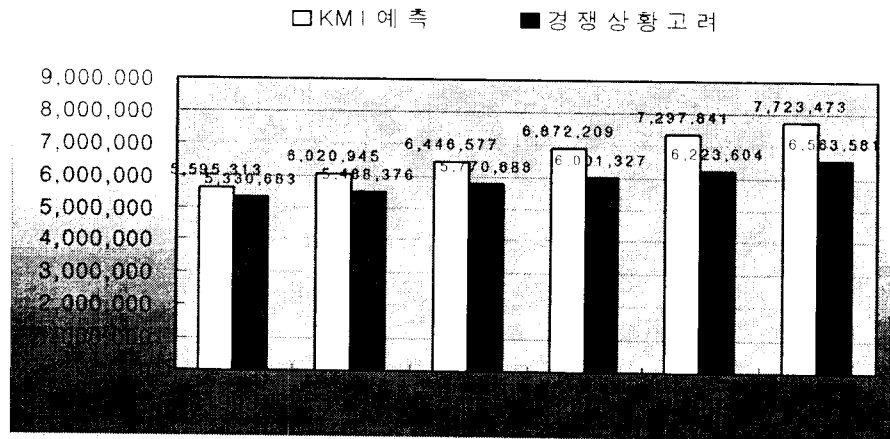


<Fig. 7> Graph for comparison between Unit Port model and KMI

또한, <Table 5>는 단위항만간 경쟁모델을 통해서 예측된 경쟁상황이 고려된 예측치와 전문기관 예측치의 비교이다. 일반적으로 지리적으로 인접하거나 경쟁관계에 있는 항만들은 치열한 경쟁전략에 의해 자항의 이익을 추구하기도 하고, 경쟁항의 전략의 강약에 따라 개발전략을 달리 하기도 한다. 즉, 경쟁전략 및 항만의 경쟁력이 평형상태를 이룰 경우 단위항만모델에서 예측한 경쟁을 고려하지 않는 결과치는 현실을 추종한다고 볼 수 있으나, 대부분의 경쟁관계에서는 항만간의 전략에 따라 비교우위에 놓이는 항만이 등장하게 되고, 이러한 현상은 균형상태를 무너뜨리는 결과를 종종 가져온다. 따라서 경쟁에 의하여 항만의 이익과 손실이 나타난다면, 이러한 현상은 기존의 정적인 예측방법이나, 경쟁을 고려하지 않은 시뮬레이션방법으로는 정확한 예측을 하기 힘들다. 본 장에서 개발한 항만 경쟁모델을 결과치에 의하면, 인접항만간 경쟁상황을 가정한 표준시뮬레이션에 의한 부산항의 물동량이 기존의 전문기관 예측치보다는 작은 규모로 전망되는 것을 볼 수 있는데, 이는 부산항이 인접 경쟁항만에 비해 경쟁력이 낮기 때문에 여러 가지 경쟁요소를 도입하여 시뮬레이션을 실행할 때, 기존의 경쟁을 고려하지 않은 예측치보다는 작은 물동량치를 갖게되는 것이다. <Table 5>와 <Fig. 8>은 예측의 결과와 비교이다.

<Table 5> Comparison of results between Port Competitive model and KMI

구분	1998	1999	2000	2001	2002	2003
KMI 예측치	5,595,313	6,020,945	6,446,577	6,872,209	7,297,841	7,723,473
항만경쟁을 고려 할때	5,330,683	5,488,376	5,770,688	6,001,327	6,223,604	6,563,581



<Fig. 8> Graph for comparison between Port Competitive model and KMI



## 5. 결 론

일반적으로 지리적으로 인접하거나 경쟁관계에 있는 항만들은 치열한 경쟁전략에 의해 자항의 이익을 추구하기도 하고, 경쟁항의 전략의 강약에 따라 개발전략을 달리 하기도 한다. 즉, 경쟁전략 및 항만의 경쟁력이 평형상태를 이룰 경우 단위항만모델에서 예측한 경쟁을 고려하지 않는 결과치는 현실을 추종한다고 볼 수 있으나, 대부분의 경쟁관계에서는 항만간의 전략에 따라 비교우위에 놓이는 항만이 등장하게 되고, 이러한 현상은 균형상태를 무너뜨리는 결과를 종종 가져온다.

따라서 이러한 현상은 기존의 정적인 예측방법이나, 경쟁을 고려하지 않은 시뮬레이션방법으로는 정확한 예측을 하기 힘들기 때문에, 구성요소 사이의ダイナ믹한 영향을 추적 할 수 있는 동적인 시뮬레이션 방법이 적합하다 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 상황을 고려하여, 경쟁의 주체인 단위항만모델은 System Dynamics를 도입한 구조모델로서 구축하고, 단위항만간의 경쟁모델은 HFP-Hierarchical Fuzzy Process-법을 도입한 확장 SD알고리즘에 의해 개발하는 것을 목적으로 하였다.

연구 결과 본 논문에서는, 경쟁의 주체인 단위항만 모델, 단위항만간에 경쟁을 구현한 경쟁모델을 개발하였으며, 개발한 모델을 사용하여 실제 경쟁항만에 적용한 결과, 현실을 잘 반영하는 유효한 결과를 획득하였다. 또한, 본 연구에서 개발한 경쟁모델을 적용하면, 각 항만간에 경쟁상황을 간단한 파라미터의 변경만으로도 예측해 낼 수 있으며, 하나의 단위항만의 개발계획이나 환경변화가 다른 항만에는 어떠한 변화를 가져오는지 쉽게 확인 할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. W. Forrester, *World Dynamics*, The MIT Press, 1971.
- [2] Lee, C.Y., "A concept of system engineering", 1997, pp. 121-175.
- [3] Lee, C.Y., "A concept of port logistics", 1994, pp. 137-150.
- [4] Yeo, K.T., Roh, H.S., Lee, C.Y. "On the Evaluation Algorithm of Hierarchical Process using  $\lambda$ -Fuzzy Integral -Applying for estimation of safety in ship berthing ", *Journal of the Society of Maritime Safety*, Vol.2. No.3, pp 97~106, 1996.1.
- [5] Yeo, K.T., , C.Y. Lee, "A strategic consideration for optimization of physical distribution in container terminal", *The korean institute of port research*, 1997, vol.11 No.2
- [6] Yeo, K.T., , C.Y. Lee, "On the competitive model among northeast asia port by System Dynamics method", *The korean institute of port research*, 1998, vol.12 No.1