

항만 물동량 시뮬레이터 개발을 위한 물동량 발생
요소들의 인과관계 연구

2007. 4. 28

이상배 (목포해양대학교)

노창균 (목포해양대학교)

항만 물동량 시뮬레이터 개발을 위한 물동량 발생 요소들의 인과관계 연구

이상배 (목포해양대학교)*

노창균 (목포해양대학교)**

국 문 요 약

항만의 개발은 투자시점에서 10여년이 소요되는 대규모 자본과 시간이 소요되는 사업이므로 항만 물동량을 사전에 정확히 예측하지 못하면, 과잉투자, 중복투자 또는 기관시설이 부족하는 등 큰 문제에 봉착하여 진다. 항만 물동량 예측은 항만 개발에 앞서 매우 중요한 과제이다. 따라서 본 논문에서는 파워심 프로그램을 활용한 항만 물동량 예측 시뮬레이터 개발에 앞서 기초 연구단계로 항만 물동량 발생 요소들의 관계를 정립하고 인과관계를 시스템 다이내믹스 기법을 이용하여 밝혔다. 이 시뮬레이터는 항만 물동량 예측 등 관련 산업기술 발전에 기여하리라 전망된다.

핵심주제어: 항만 물동량, 파워심, 시스템 다이내믹스, 시뮬레이터, 인과관계

1. 서 론

지방자치 시대 이후 국가의 이익과 지역의 이해관계가 충돌하는 사례가 여러 곳에서 빈번히 일어나고 있다. 항만문제도 예외는 아니다. 규모와 입지를 불문하고 모든 항만들이 서로 중심항이 되겠다며 무리한 개발계획을 내놓고 중앙정부의 지원을 요구하고 있으며, 부산 신항만 명칭을 둘러싼 소모적인 신경전도 발생한 바 있다. 전국 항만 물동량 예측치 연구결과에 대한 각계의 반응 역시 지역적 이해만을 반영한 의견 일색이다.

항만물동량 예측치가 향후 항만개발기본계획의 근간이 되기 때문에 지자체로서는 중앙정부의 재정투자와 관련된 일에 어떻게 하든 영향력을 미치고 싶을 것이다.

* 목포해양대학교 국제물류학과 석사과정 (usidmp@paran.com, 061-270-7172)

** 목포해양대학교 국제물류학과 조교수 (cknoh@mmu.ac.kr, 061-270-7229)

급변하는 주변 환경 속에 국가가 경쟁력을 갖고 살아남을 수 있는 전략은 반드시 필요하다. 중국항만의 급성장과 일본의 지방항 개발 실책 등은 우리의 항만개발 정책이 선택과 집중을 통해 중심을 잡아야 함을 시사하고 있다. 이러한 논쟁을 객관화하여 항만 물동량을 정확히 파악하고 예측하기 위한 시뮬레이터 모듈을 지금까지의 시계열 방식에서 시스템다이내믹스를 이용한 인과관계를 분석하고 시뮬레이션을 만들기 위한 기초연구를 하고자 한다.

II. 이론적 고찰

2.1 예측과 예언

예측(forecasting)은 장래의 현상을 파악하기 위해서 체계적으로 과거의 자료를 수집 분석하여 장래를 파악하는 과정이며, 예견, 예언(predict)은 주관적인 판단에 의하여 장래를 파악하는 과정이라 할 수 있다.

- 예측기법의 내용에 따른 분류
 - 계량적 기법 : 객관화된 숫자에 근거(정량적, 객관적)
 - ① 시계열 분석법(time-series analysis)
 - ② 인과형 예측법(causal relationship method)
 - 비계량적 기법 : 주관적 판단을 바탕으로 하며 수량화된 객관적 자료가 없는 경우(정성적, 주관적)
 - ① 시장조사법
 - ② 델파이 법(delphi method)
 - ③ 위원회 합의법(panel consensus)
 - ④ 판매원 의견종합법
 - ⑤ life cycle 유추법
 - ⑥ 자료 유추법

2.2 시스템 다이내믹스

1961년 산업동태론(Industrial Dynamics)으로 출발한 시스템 다이내믹스는 1970년대의 세계환경 모델링과 국가경제 모델링(National Modelling)의 거시적 연구를

거쳐 1980년대에는 기업조직의 동태적 적응과정에 있어서 의사결정자의 역할이라는 다소 미시적인 연구에 초점을 두면서 발전하여 왔다

시스템 다이내믹스의 응용범위나 강조점은 시대에 따라 변화되어 왔지만, 시스템 다이내믹스의 고유한 방법론적 특성은 지난 40여 년간 유지되어 왔다. 첫째, 시스템 다이내믹스는 시스템의 동태적인 행태변화(dynamic behavior) 즉, 시간의 경과에 따른 시스템의 행태변화에 관심을 둔다는 점이다.

시스템 다이내믹스는 동태적인 변화의 근본적인 원인을 피드백구조(feedback structure)에서 찾는다. 피드백 구조란 변수들 간의 인과관계가 상호 연결되어 하나의 폐쇄회로를 형성하는 것을 의미한다(Richardson, 1991). 시스템 다이내믹스에서 피드백 구조 혹은 피드백 루프라는 개념은 순환적인 인과관계를 총칭하는 의미로 사용된다.

피드백 구조를 강조한다는 것은 시스템의 변화를 외부적인 변수(exogenous variable)보다는 내부적인 변수(endogenous variable)에서 찾는다라는 점을 의미한다. 외부적인 변수에 의해 시스템의 변화를 설명하는 한, 시스템의 행태를 정책적으로 변화시키기 어렵다. 그러나 내부적인 변수에서 시스템의 변화를 설명할 수 있을 때, 시스템의 행태를 정책적으로 그리고 모델 내에서 변화시킬 수 있게 된다.

<표 1> 통계적 방법론과 시스템 다이내믹스 방법론간의 비교

특 성	통계적 방식	시스템 다이내믹스
추론의 방식	기존의 경험적 자료	변수들 간의 인과적 관계
분석의 대상	정태적 행태 (점추정)	동태적 행태 유형
분석의 초점	두변수간의 상관관계	다 변수들 간의 순환관계
분석의 목표	수치적 정확성의 추구	구조적 정확성의 추구
정책예측	단기적 예측	장기적 예측
정책처방의 실험	어려움	쉬움 (정책수단의 발견)

계량경제학자들은 단기적인 예측의 정확성을 추구하는 반면, 시스템 다이내믹스 연구자들은 인간행동의 예측은 불가능하며 따라서 그러한 시도는 무의하다고 생각한다. 더군다나 시스템 다이내믹스 연구자들은 단기적인 정책의 성공은 장기적인 실패를 가져온다고 생각하고 있으며, 단기적인 정책과 단기적인 예측을 오히려 위험한 시도라고 생각한다.

<표 2> 계량경제학과 시스템 다이내믹스간의 비교

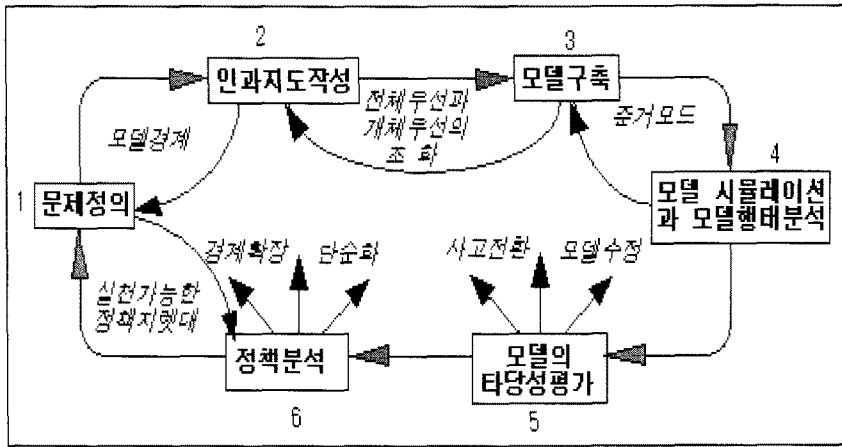
특 성	계량경제학	시스템 다이내믹스
시점의 차이	단기적 정책/예측	장기적 정책/예측
시스템과 환경	개방적 / 상호분리	통합적 / 긴밀한 상호작용
연구의 초점	시스템의 균형상태	시스템의 진화/전개 과정
지식의 대상	관찰가능한 객관적 현상	보이지 않는 피드백 구조
구조와 파라미터	구조 << 파라미터	구조 >> 파라미터

또한 계량경제학자들은 시스템을 개방적(open)이라고 생각하여 시스템과 환경을 분리하여 생각하지만, 시스템 다이내믹스에서는 시스템과 환경을 상호작용하는 폐쇄된 시스템이라고 생각한다. 계량경제학자는 환경의 변화를 시스템에 대한 투입(input)으로 보고, 투입에 대하여 시스템이 어떠한 균형 상태에 도달할 것인가에 관심을 갖는다. 그러나 시스템 다이내믹스는 환경의 변화가 시스템의 변화를 가져오고, 시스템의 변화는 다시금 환경의 변화를 가져온다고 믿고 있다. 따라서 시스템 다이내믹스 연구자들은 시스템의 중극적인 균형점에 관심을 가지기 보다는 환경과의 상호작용에 따른 진화과정에 관심을 지닌다.

2.3 시스템 다이내믹스의 연구절차

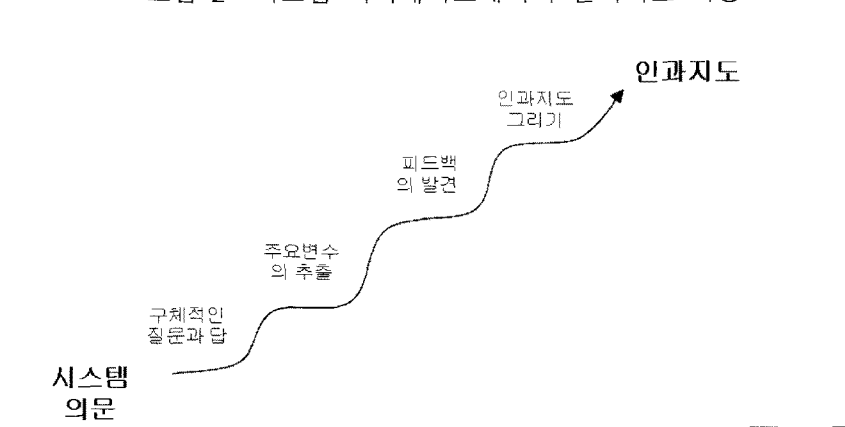
시스템 사고와 시스템 다이내믹스의 핵심은 피드백 사고(feedback thinking)라 할 수 있다. 일반적으로 시스템의 바람직하지 못한 행태나 상태를 설명하기 위하여 피드백 구조에 초점을 두는 피드백 사고를 수행한다. 이러한 피드백 사고는 시스템에 대해서 뿐만 아니라 시스템 사고 자체에도 적용된다. 피드백 사고라는 거울로 시스템을 비추어 보듯이, 시스템 사고 역시 피드백 사고라는 거울에 비추어 봄으로써 체계화할 수 있다. 일반적으로 시스템 사고와 시스템 다이내믹스 모델링은 그림에서와 같은 절차를 거쳐서 수행된다.

<그림 1> 시스템 다이내믹스 연구의 절차



<그림 1>에는 여섯 가지 단계의 박스가 그려져 있다. 그러나 여섯 가지의 연구 단계들이 마치 물 흐르듯이 일방향으로 전개되어 가는 것은 아니다. 시스템을 분석하다가 보면 뒤의 단계에서 다시금 앞의 단계로 되돌아 와서 이전의 생각을 바꾸어야 하는 경우가 허다하다.

<그림 2> 시스템 다이내믹스에서의 인과지도 과정



2.4 인과지도의 기본개념

시스템 다이내믹스 모델링을 수행하는 첫 번째 단계는 앞서 논의하였듯이 시스템과 환경을 구분하는 일이며, 그 두 번째 단계는 시스템의 피드백 구조를 파악하는 일이다.

다. 시스템의 피드백 구조를 파악하는 작업은 시스템 다이내믹스 연구의 가장 핵심적인 단계라고 할 수 있다.

일반적으로 인과지도는 세 가지 요소로 구성된다.* 첫째, 화살표를 사용하여 변수와 변수간의 인과관계의 방향을 표시한다. 화살표의 기점이 원인이 되는 변수이며 화살표의 종점이 영향을 받는 변수이다. 둘째, 화살표와 함께 + 나 - 기호를 사용하여 인과관계의 방향을 표시한다. 화살표 방향표시부분의 +사인은 두 요인이 같은 방향으로 변화하는 것을 뜻한다. 셋째, 여러 개의 인과관계들이 하나의 폐쇄된 원을 형성할 때, 이를 피드백 루프(feedback loop)라고 한다.**

2.5 시스템 다이내믹스의 활용사례

관련 주요 시스템 동태학 연구로는 Senge(1990) 등에 의하여 시스템 다이내믹스의 기본 이론의 하나인 시스템 구조가 시스템 형태를 결정한다는 이론을 완성하였으며, 학습조직 분야에 응용 적용하였다. 또한 경영관리자의 시스템 사고가 중요하며, 관리자의 역할은 시스템 구조 설계자라고 하였다. Senge의 저서, 「The Fifth Discipline」에서 시스템 다이내믹스 이론이 학습조직에 구체적으로 적용됨을 나타내고 있다.

Towill(1991)***은 시스템 다이내믹스 시뮬레이션을 이용하여 변동적 공급 체인 전략을 평가하였다. 시뮬레이션 모델의 주요 목적은 변화가 필요하는 경우에 가장 효과적인 전략을 수립할 수 있는 것이다.

Rodrigues와 Bowers(1996)****는 프로젝트 관리에 시스템 다이내믹스를 응용하였다. 주요 인재 요인이나 관리자 관리 요인을 고려하면서 업무 진도 요인의 영향을 미친다. 시스템 다이내믹스를 이용하여 프로젝트 관리자들은 발생한 문제 원인을 쉽게 찾을 수 있고 또한 정확하게 해결할 수 있다.

손태운과 정한규(1999)*****는 동태적인 행동에 대한 기본 가정들을 보다 체계적으로 모델링하고 검증할 수 있는 시스템 다이내믹스 접근법을 제시하였다. 모델의 다변량적인 특성과 동태적 특성을 분석할 수 있는 시스템 다이내믹스 접근법은 지금까지 개

* Weick 1979, Hall 1994

** Maruyama 1963, Weick 1979

*** Towill, D.R., "Supply Chain Dynamics", Industrial Journal of Computer Integrated manufacturing, Vol. 4, No.4, 1991, pp.197~208

**** Rodrigues, A. and Bowers, J., "The Role of System Dynamics in Project Management." International Journal of Project Manmagement, Vol.14, No.14, 1996, pp.213~220

***** 손태원·정한규, "모티베이션 다이내믹스: VENSIM을 이용한 설취동기 모형의 시스템 다이내믹스 분석", 「한국 시스템 다이내믹스 연구 창간호」, 1999, pp.57~79

인의 행동적 특성에 대해 주로 통계적 실증연구로 분석하는 조직행동연구의 한계를 넘어 시스템 다이내믹스 모델 구성과 시뮬레이션을 통해 다양한 분석을 가능하게 할 것이다. 그러므로 March-Simon의 동태적 모형에 대해 시스템 다이내믹스 접근법을 적용하는 모델링 과정을 단계적으로 제시함으로써 동태적 행동변화에 대한 체계적인 분석방법을 제시하였다.

박현준, 오세홍과 김상준(2004)*은 시스템 다이내믹스 사고를 통해 연구개발투자의 동태성을 효과적으로 관리할 수 있는 것이다. 구체적으로는 시스템 다이내믹스 방법을 활용하여 한국의 국가연구개발 투자시스템의 전반에 작용하고 있는 여러 가지 요소들의 관계성을 파악하여 ‘눈에 보이지 않는 동태적 구조’를 이해하고, 연구개발투자의 실효성을 높이기 위한 정책레벨을 발견하였다.

III. 국내항만의 물동량발생을 위한 인과지도 구성

3.1 내부적 요소

국내 수출상품의 고도화

과거 1차 산업에서 2차 산업, 3차 산업으로 산업 중심이 옮겨 갈수록 생산량은 줄어들며 부가가치는 증가한다. 그러므로 산업에 따른 물동량 발생률이 다른데 절대적으로 산업이 고도화 될수록 상품가치는 증가하지만 부피와 무게는 줄어든다고 할 수 있다.

예를 들어 물류비가 많이 들어가는 항공물류는 우리나라에서 차지하는 물류량 비율이 0.2%밖에 되지 않는다. 그러나 해상을 통한 물류량은 99.8%를 차지하고 있으나, 상대적으로 화물비를 보자면 그 가치는 34%가 항공물류에서 전담하고 66%만이 해상을 통한 항만물류에서 전담하는 것이다. 이처럼 IT산업의 부산물인 고부가가치의 상품은 항공물류를 통해 많은 이동을 하는 것을 알 수 있다. 마찬가지로 해상을 통한 항만물류는 점점 물동량의 부피와 무게가 줄어든다는 것을 추정할 수 있다.

국내 근해 선사의 화물

항만의 물동량은 선사의 기항 횟수가 많으면 그만큼의 이동할 많은 기회를 갖게 된다. 이와 같은 이유로 국내 근해 선사의 화물량은 국내항만 물동량에 양의 루프를 그

* 박현준·오세홍·김상준, “국가 연구개발 투자시스템의 레버리지 전략; 시스템 다이내믹스 접근”, 「한국 시스템다이내믹스 연구」, 제5권 제2호, 2004.11, pp. 33~66

리게 된다.

항만 배후 산업 · 물류단지의 개발

요즘 들어 각광을 받고 있는 3PL이나 부가가치물류 등을 살펴보면, 물론 환적화물의 내용이 빠질 수는 없지만 항만의 기능 중 중계업에서 생산지와 소비지와의 중간적인 역할을 통해 항만의 접근성이 용이한 항만은 여러 곳의 재화들을 모아서 각 산업별 SCM의 거점이 되고 완제품이 아닌 생산품의 포장 및 가공 등을 통해 새로운 부가가치를 창출해내는 기능이 새롭게 등장하고 있다. 우리나라의 항만의 경우 이러한 여러 가지 좋은 조건들을 갖추고 있다. 또한 많은 물류기업들과 생산기업들의 물류전진기지로서의 역할과 함께 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

항만 능력의 증가

실제 항만이 능력은 제안되어 있는 상태에서 시기적절한 투자와 발전을 하지 못하면 그 항만은 항만으로서의 구실을 잃어버린다. 항만은 물류의 흐름을 철저히 방해하지 않고 중간자적인 역할을 기능이 가장 중요한 부분이지만 만약 능력의 한계에 도달한 항만은 물류의 병목현상을 가져오면서 심리적인 화주나 선주들의 불안감으로 인해 물류의 이탈이 생겨난다. 그 대표적인 예가 물류대란이다.

화물연대 파업: 03년 5월2일-15일, 8월21일-9월 9일

부산항의 신뢰성, 위상추락, 부산항 기피 및 이탈선사의 급증, 화물수송의 차질

물류대란으로 인한 항만의 기능 상실과 능력의 한계로 인해 선주나 화주들이 기항을 기피하는 현상을 우리는 직접 겪었다. 항만이 유기적으로 돌아가려면 항만은 일정량 이상의 항만물동량이 필요로 하고 이것으로 항만의 재투자자와 새로운 물류시장의 창출을 확대해 나갈 수 있으나 이러한 항만의 능력한계는 항만을 아주 크나큰 위험에 빠뜨리기도 한다.

3.2 외부적 요소

중국의 항만개발

중국은 상해의 대소양산을 비롯하여 청도, 천진, 대련 등 주요항만의 개발에 박차 - 특히 상해, 청도항 등은 역내 물류중심항으로 개발할 계획으로 투자하고 있다.

현재 우리나라는 상해의 양산항과 Ningbo, 연운항의 발전으로 인한 환적화물의 양이 급속도로 환적비율이 감소하고 있다. 이것은 중국경제의 발전과 중국항만의 개발로 인한 항로의 직항로화가 가장 큰 요인으로 뽑을 수 있다. 항만은 경쟁항만과의 비

교우위를 지정학적으로나, 역사학적인 요소는 크게 차지하지 않는 것이 현실이다. 물류비를 감소 할 수 있다면 최적의 조건은 환적하지 않고 직접적인 항로의 개편이다.

중국의 경제

현재 한국의 경제적 물동량에 가장 큰 영향을 미치고 있는 것은 중국이다.

중국은 한반도의 44배의 면적, 인구 13억의 거대한 시장으로서 2000년 기준 구매력은 4조9천억 달러로서 미국에 이어 세계 제 2위의 국가이며, 중국은 지난 95년 이후 연평균 9%의 경제성장률을 시현하여 왔으며 향후 20년간 연평균 7-7.5%의 경제성장을 달성할 것으로 DRI, WEFA등이 전망하고 있다.

- 중국의 물류시장의 규모는 다음과 같다.
- 연간 US\$2000억 시장 `GNP의 20%
- 제3자물류시장은 US\$40억불 규모
- 물류원가 상품가치의 20-40%

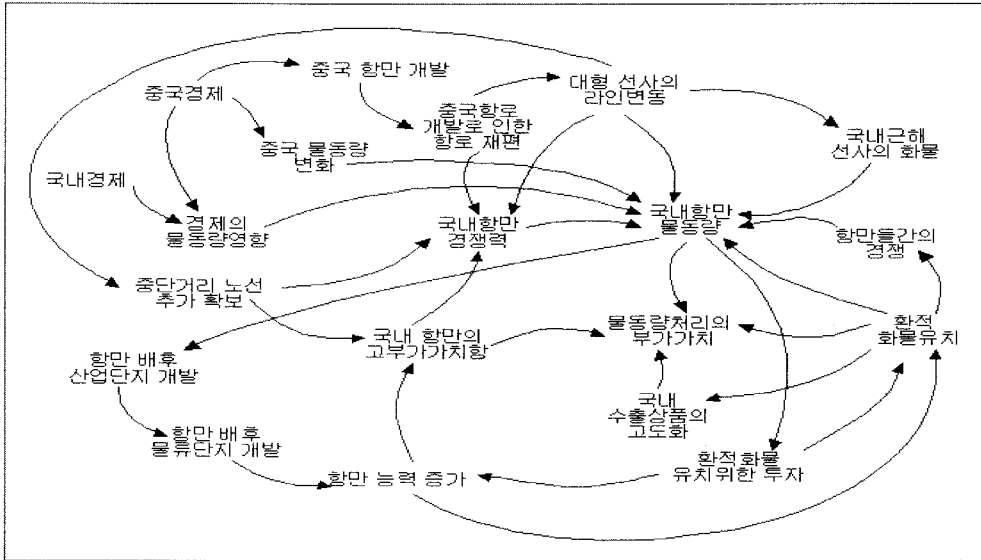
중국의 대외교역 규모 역시 95년의 2779억 달러에서 2003년에는 7601억 달러를 기록함으로써 연평균 13.4%의 경이적인 신장세를 보이고 있다. 중국의 권역별 교역 규모를 살펴보면 수출의 경우 아시아 지역이 50.5%를 차지하고 있으며 북미지역과 유럽지역이 각각 22.7%, 20.1%를 차지하고 있다.

위에서와 같이 중국경제의 신장세는 우리나라의 물동량에 점점더 많은 영향을 미치고, 그에 따른 우리나라 경제의 변화가 많을 것으로 예측할 수 있다. 이와 같은 중국 경제는 우리나라의 항만 물동량에 직·간접적인 영향을 미친다고 볼 수 있다.

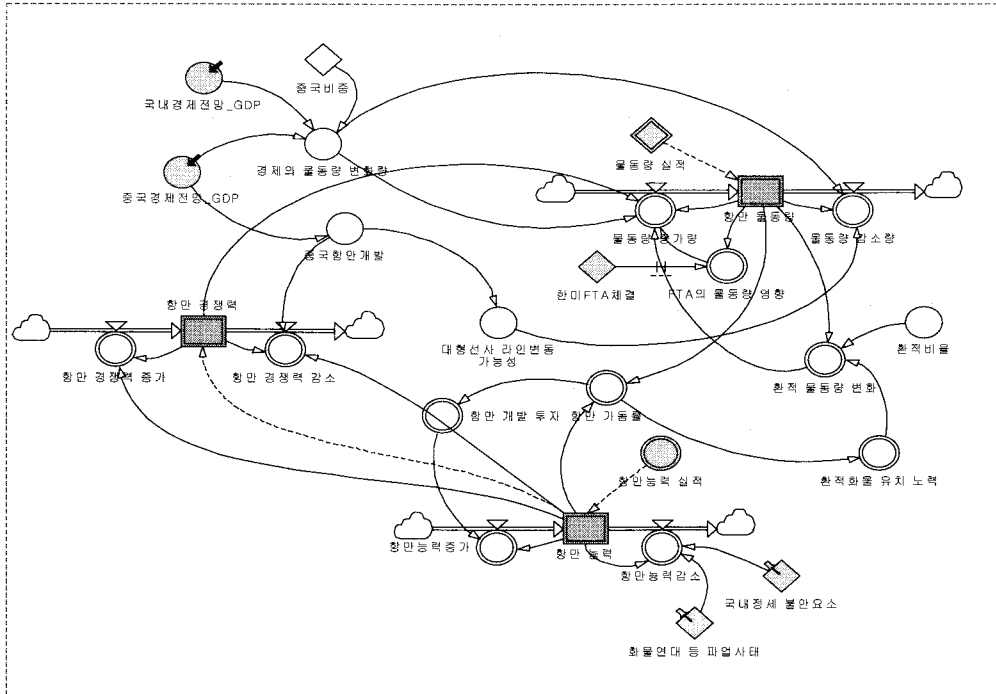
3.3 인과지도 및 모델링

<그림 3>는 국내항만의 물동량발생을 위한 인과지도이며, <그림 4>은 인과지도를 파워심으로 구성한 모델링이다.

<그림 3> 국내 항만의 물동량발생을 위한 인과지도



<그림 4> 인과지도를 파워심으로 구성한 모델링



VI. 결론

항만의 개발은 투자시점에서 10여년이 소요되는 대규모 자본과 시간이 소요되는 사업이므로 항만 물동량을 사전에 정확히 예측하지 못하면, 과잉투자, 중복투자 또는 기관시설이 부족하는 등 큰 문제에 봉착하여 진다. 항만 물동량 예측은 항만 개발에 앞서 매우 중요한 과제이다. 따라서 본 논문에서는 파워심 프로그램을 활용한 항만 물동량 예측 시뮬레이터 개발에 앞서 기초 연구단계로 항만 물동량 발생 요소들의 관계를 정립하고 인과관계를 시스템 다이내믹스 기법을 이용하여 밝혔다.

항만 물동량의 영향을 미치는 요인들에 대해 간략하게 파악하고 정확하게 인과관계적 구성을 해보기에는 본 논문이 다소 부족한 부분이 있다. 하지만 지금까지의 물동량의 발생률을 내부적인 산업의 시계열 발달과정을 고찰하여 예측하는 방법론에서 벗어나 내·외부적인 영향을 파악하고 이것에서 유추할 수 있는 방법을 찾고자 시도한 것은 새로운 접근방법이라고 할 수 있겠다. 앞으로 서로간의 상관관계를 수식으로 표현되기까지는 더 많은 연구가 필요하리라 본다. 이 시뮬레이터는 항만 물동량 예측 등 관련 산업기술 발전에 기여하리라 전망된다.