

# 수로운송을 이용한 국토종합물류체계망 구성방향에 관한 연구

노창균\*, 이상배\*\*, 김형도\*\*\*

**요 약** : 우리나라의 '국토 종합 물류 네트워크' 구축에 기존의 항만, 도로, 철도 중심의 물류 체계에, 국토의 삼면이 바다로 둘러싸여 있으므로 주요 항만과 연계하는 국토 내륙은 물류 수송체계와 주요 강(江)이 수로(水路)구역의 광역권 및 주요 도시가 연결되어 있기 때문에 수로를 이용한 물류수송체계와 통합한 종합적인 국토 물류 수송체계에 대한 연구가 필요하다. 이 연구에서는 파워십 시뮬레이션 기법을 이용하여 우리나라의 수로운송을 통한 국토종합물류체계망 구성방향을 도출하였다.

**핵심용어** : 수로운송, 국토종합물류체계망, 파워십, 시뮬레이션, 내륙운송

## 1. 서 론

최근 교통량의 급속한 증가로 인하여, 대량 물동량의 도로를 통한 물류 수송을 많이 이용하여 교통혼잡비용은 이미 국민총생산의 2~3%가 점유하여 매년 1조 이상 증가하는 추세이다. 그러므로 물류 수송의 효율성에 대한 재검토 및 재평가가 이루어져야 할 시점에 있다. 또한 물류 수송에 있어 중요한 의사결정 항목으로 대두되는 물류비용측면에서는 현재의 국토 물류 체계의 전반에 대한 종합적인 검토가 필요하다. 국제 유가의 지속적인 상승이 예상되는 고유가 상황에서 가스 및 석유류를 이용하여 물동량의 대부분을 수송하는 현실에서는 물류비용에 대한 평가는 물류 수송 수단 선택에 있어서 가장 중요한 항목이 되고 있다. 한국의 '국토 종합 물류 네트워크' 구축에 있어 기존의 항만, 도로, 철도 중심의 물류 체계에서, 국토의 삼면이 바다로 둘러싸여 있으므로 주요 항만과 연계되는 국토 내륙수송으로서 물류 수송체계와 주요 강(江)이 수로(水路)구역의 광역권 및 주요 도시가 연결되어 있기 때문에 수로를 이용한 물류수송체계와 통합한 종합적인 국토 물류 수송체계에 대한 연구가 필요하겠다.

### 1.1. 연구배경

우리나라의 물류산업은 다른 경쟁국이나 선진국에 비해 GDP대비 물류비의 비중이 상대적으로 높아서 과도한 물류비는 기업의 경쟁력을 약화시키는 주요원인이 되고 있다. 또한 우리나라의 역사적으로 내륙과 강을 중심으로 도시권이 발달하여 왔다. 하지만 대도시의 인프라가 세계적 우수 도시들과 경쟁력에서 항만을 가지고 있지 못하다는 취약점은 현 시대에서 물류적 측면에서 간과 할 수 없는 맹점이다. 또한 우리나라 고속도로의 교통체증으로 인한 교통 혼잡비용은 날로 증가하고 있는 추세이다. 현재의 도로와 철도 중심의 내륙물류체계를 수로와 운하를 개발하여 도로, 철도, 수로 등을 연결하는 종합물류체계망을 시

뮬레이션 기법을 이용하여 향후 발전가능성을 제시하고자 한다.

### 1.2. 지리적 배경

우리나라는 동북아의 중심에 위치하여, 대륙과 해양을 잇는 지정학적인 이점을 가지고 있다. 거대 시장인 중국, 일본과 가깝고 배후에는 러시아도 있다. 세계 항로상에도 인천에서 항공으로 3시간 이내에 도착할 수 있는 100만 이상의 인구를 가진 도시만 해도 40여개가 넘는다. 부존자원이 부족한 반면 지정학적 위치가 뛰어난 네델란드, 싱가포르, 홍콩 등 다국적 기업들의 지역본부를 자국에 설치토록 지원하여 물류산업의 중심지가 되고 있으며, 특히 네델란드는 중심항만인 로테르담의 부가가치가 국가 GDP의 12% 수준을 차지할 정도로 물류부분의 비중이 크다. 한반도의 위치는 동북아에서 중심적인 위치에 있으며, 중국과 일본의 중간적 위치에 있으며, 태평양 항로의 중심에 위치한다. 이러한 지정학적 위치를 가지고 동북아 물류중심지로 나아가기 위해서는 국가 물류체계의 개선이 시급하다. 또한 국가 기간 교통망구축 측면에서 우리 한반도는 대륙 횡단철도(TSR, TCR)의 기중점이다. 이를 이용하여 대륙으로의 화물을 운송하는데 수로와 공로 그리고 철도를 이용하여 인접국인 중국, 러시아, 일본 등에 다양한 방법으로의 물류체계를 구축할 수 있다.

### 1.3. 사회적 배경

물류산업은 화물의 운송, 보관, 하역, 포장 등을 통하여 제조업의 경쟁력 증가와 소비자 편의 증대에 기여함으로써 부가가치와 고용창출이 가능한 분야로서 물류 산업이 발전하면 기업비용이 절감되고 경쟁력이 제고되어 국내 제조업 발전에 기여할 뿐 아니라, 외국기업 투자 유치에도 결정적 요인이 작용하고 있다. 그러므로 현재의 물류의 물류의 가치를 재평가하고 새로운 물류기반을 조성해야 한다. 현재의 국제물류 투자와 더불어 국내물류의 체계도 새

\* 목포해양대학교 해사운송시스템학부 조교수  
\*\* 목포해양대학교 국제물류시스템학 석사과정  
\*\*\* 목포해양대학교 국제물류시스템학 석사과정

통계 구상해야 할 시대적 요구를 무시할 수 없다. 우리나라는 현재 도로, 철도, 공항, 항만 등 대부분의 사회간접자본이 한계용량에 도달하여 높은 물류비용이 발생하고 있으며, 물류 거점시설이 부족하여 지역간 수송과 지역내 물동량의 원활한 처리가 미흡한 실정이다. 국내화물과 국제화물의 지속적인 증가가 예상되므로 중장기적인 사회간접자본의 투자가 절실하다 하겠다. 또한 동북아 지역의 경제협력 가속화에 따라 인적 물적자원의 역내교류가 증가할 전망이다.

국내의 물동량 증가추이(단위: 천톤)

구분	1997	2001	2006	2011	2020	
국내화물	2,532,762	2,648,454	3,379,901	4,282,704	6,220,459	
국제화물	계	486,663	5,070,593	724,319	896,195	1,265,563
	항공	1,361	1,996	2,884	3,901	6,657
	해운	485,032	568,597	721,435	892,294	1,258,906

자료: 건설교통부, 국가물류기본계획, 2001

#### 1.4. 선행연구

우리나라 물류비용은 과연 높은 것인가? 국토연구원 임영태 책임연구원은 '국가물류비의 국제비교 연구(류제영 국토연구원연구위원, 박상철 동경상선대학학원연구원)'라는 자료에서 국가물류비를 바라보는 발상의 전환을 요구하고 있다. 수출입물류에서 내륙물류비가 상대적으로 높은 이유가 우리나라의 독특한 수송구조에 있다는 지적이다. 인구밀도가 높고 역과 역, 화물터미널과 터미널간 등 수송거점간의 거리가 짧기 때문에 단위 거리당 철도 요율이나 트럭 운송료가 높을 수밖에 없다. 수출입화물이 움직일 때 거쳐 가야할 수송거점이 많은 우리나라의 경우 내륙물류비가 많이 발생할 수밖에 없다. 배후 물동량 발생지와 항만 등 수출입 물류거점간의 거리를 짧게 해야 물류비용이 그만큼 준다.

한국해양수산개발원은 '한·중·일 FTA 결성이 해운항만산업에 미치는 영향 및 대응전략'을 통해 주요 FTA 사례분석결과를 보면 대체로 교역 및 경제성장의 촉진 효과를 나타내고 특히 FTA 체결국 역내의 교역증가가 뚜렷하게 나타나며 대부분의 FTA 사례에서 보는 바와 같이 해운항만서비스 교역에 관한 사항은 협정문에 명시적으로 규정되어 있지 않지만 FTA 체결 이후 역내 물류의 효율화를 위하여 회원국간 해운항만을 비롯한 수송관련 협력을 강화해 나가는 추세이며 따라서 FTA의 결성은 해운항만서비스의 협력을 촉진하는 요인이 된다고 밝혔다.

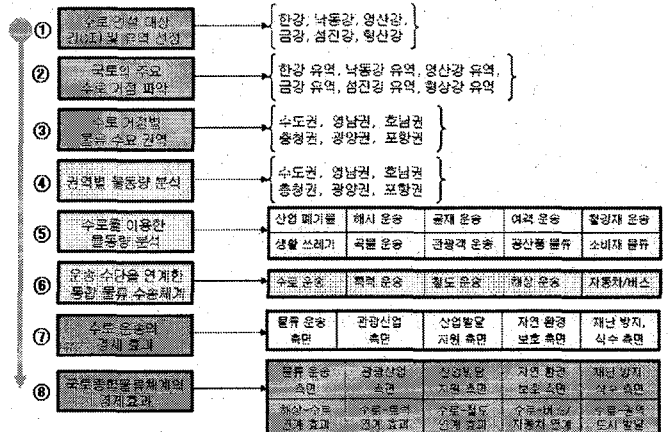
보고서에 따르면 한·중·일 FTA발효 시 한국의 대 일본 수출입 물동량 증가율 추정결과와의 평균치를 보면 수출물량이 25.7%, 수입물량이 35.49% 증가할 것으로 조사되었고 중국에 대해서는 한국의 수출물량이 27.5%, 수입물량이 32.12% 증가할 것으로 추정되었고 이에 따라 한·중·

일 및 한·일 항로 해상물동량은 2004년 기준으로 컨테이너 해상물동량은 약 174만 4천 TEU 정도 증가시키는 효과가 나타날 것으로 예상되고 이는 2004년 한·중 및 한·일 항로 해상물동량 575만 8천 TEU의 30.3%에 해당한다고 분석했다.

한편 전략적 영향에 따라 중소형선의 수요 증가, 중소지방항만의 활성화 등이 예상되는 바, 이에 대비한 선박확보 및 항만개발 정책의 수립 및 시행이 요구된다고 하였다.

## 2. 수로운송을 통한 국토종합물류체계망 구성

동북아 경제권의 성장과 아시아 내 컨테이너 물동량 추세 현재 동북아 경제권은 EU와 NAFTA와 함께 세계 3대 교역권역의 하나로 비중이 날로 증가하고 있는 추세이며, 중국 등 개도국의 높은 개발 전망지에 힘입어 많은 유수기업의 투자가 이어지고 있는 추세이다. 하지만, 한중일 세 나라가 아직 자유무역협정이 체결되지 않은 상태이므로 서로간의 경쟁력을 강화하고 있는 추세이다. 그러므로 이들 세 나라의 교역량 역시 앞으로 더욱더 증가 할 것이며, 이에 대한 충분한 검토와 준비가 필요하다고 할 수 있다.



<그림1> 수로운송을 통한 국토종합물류체계망 구성

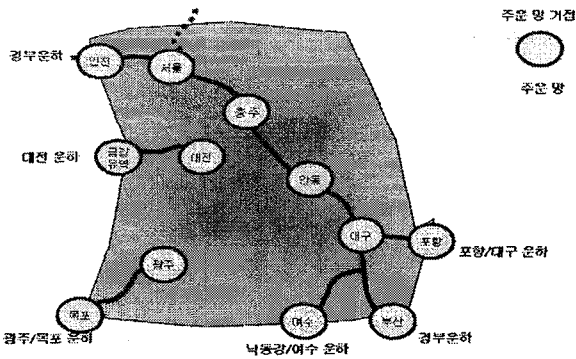
### 2.1. 수로 건설 대상 강 및 유역 선정

국토의 균형발전과 지방분산형 국토 골격을 실현하기 위하여 건설교통부의 제4차 국토개발계획에서 기존의 8대 광역권에서 중부내륙권과 제주도를 새로이 포함하여 10대 광역권으로 확대 발표하였다.

기존의 광역권과 중부 내륙권의 물류기능을 운하와 복합운송 체계를 구축하고자 우리나라의 강으로 수로를 건설하고 수로 건설 강의 유역을 선정 하였다.

한강	경부 운하
낙동강	경부 운하
영산강	광주/목포 운하
금강	대전 운하
섬진강	낙동강/여수 운하
평안강	포항/대구 운하

<그림2> 하천별 운하개발 계획



<그림 3> 유역별 권역별 수로 운송망 물류거점

6개 권역을 중심으로 물류 거점이 되는 주요도시는 수로와 연계 시 현재의 육상도로, 철도, 해상의 항만에 의존하는 물동량을 수로와 연계될 것으로 사료된다. 또한 전국의 수로 건설은 잠재 하천을 중심으로 구분하면 수로는 6개 권역을 중심으로 건설이 가능하다고 고려되어진다.

### 2.2. 각 수로별 경제권역

<표 1> 권역별 계획 개요

광역권 (수립시기)	인구 (만명)	면적 (km <sup>2</sup> )	개발방향
부산 · 경남권 ('94.12)	682	5,090	· 동북아 항만, 물류 및 국제 교역중추도시 육성 · 기존산업의 지식 기반화 및 고도화를 통한 재활성화
대전 · 청주권 ('98.12)	266	6,768	· 국가행정중추기능 분담 및 내륙국제교류거점 기능 · 과학기술 · 첨단산업이 특화된 지역으로 육성
광주 · 목포권 ('98.12)	219	4,977	· 중국 및 동남아 경제권과 국제 교류거점 육성 · 광소자, 광통신 등 첨단 광산업 및 지식산업 유치
대구 · 포항권 ('99.12)	449	9,869	· 환동해경제권과의 국제교류 거점 강화 · 섬유산업의 고부가가치화 및 지식기반산업 육성
아산만권 ('94.12)	144	3,517	· 대 중국 교류중대에 대비한 물류기능 분담거점 · 수도권 산업분산과 서해안 개발의 교두보 확보
군산 · 장항권 ('99.12)	106	3,100	· 환황해 경제권의 국제적 생산 거점 형성 · 복합산업지대 조성 및 영상산업의 육성
평양만 · 진주권 ('99.12)	142	4,544	· 동북아 중추항만도시 및 항공 산업도시 육성 · 영호남 협력개발의 시범 지역으로 발전
연담도시권 강원동해안권 ('99.12)	65	4,921	· 국제적휴양 · 관광거점으로 육성 · 통일에 대비한 대북 경제 · 문화 교류거점으로 육성

<자료. 건설교통부 제4차 국토종합개발계획>

### 2.3. 수로 거점별 물류 권역

<표 2> 전국 5대 권역 내륙화물기지 추진현황

구분	터미널 명칭	위치 (규모)	주요시설
수도권	군포복합 화물터미널	군포 (11만평)	· 화물취급장(8동) · 배송센터(8동)
	의왕ICD	의왕 (23만평)	· 컨테이너작업장(3동) · 컨테이너장치장(13만평)
	양산복합 화물터미널	양산 (10만평)	· 화물취급장(4동) 배송센터(6동)
부산권	양산ICD	양산 (29만평)	· 컨테이너작업장(10동) · 컨테이너장치장(19만평)
	복합화물 터미널 ICD	전남 장성 (16만평)	· 화물취급장(4동) 배송센터(10동) · 컨테이너작업장(2동) · 컨테이너장치장(2.7만평)
중부권	복합화물 터미널 ICD	충북 청원 충남 연기 (15만평)	· 화물취급장(4동) 배송센터(4동) · 컨테이너작업장(1동) · 컨테이너장치장(3만평)
	복합화물 터미널 ICD	경북 칠곡 (12만평)	· 화물취급장(7동) 배송센터(6) · 컨테이너작업장(1동) · 컨테이너장치장(2.8만평)

<자료. 건설교통부 제4차 국토종합개발계획>

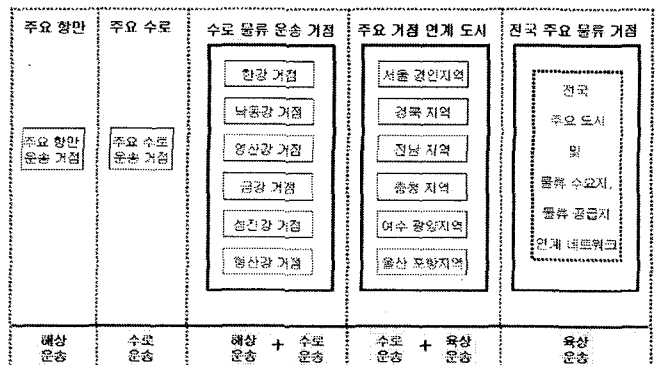
### 2.4. 수로를 이용한 운하 주운 건설 개략 배치

한강 운하	인천항	평택항
낙동운하	부산항	마산항
광주운하	목포항	군산항
금강운하	태안항	보령항
섬진운하	광양항	여수항
형산운하	울산항	포항항

<표 3> 수로를 중심으로한 거점별 항구

### 2.5. 운송수단을 연계한 통합 물류 수송체계

아래의 그림과 같이 각 거점별로 수로운송, 해상운송, 육상운송으로 구분하였으며, 육상운송은 공로와 철도로 구성되어진다.



<그림 4> 운송수단을 연계한 통합 물류 수송체계

## 3. 파워심을 이용한 국토종합물류체계 모델링

### 3.1. 시스템 다이내믹스 개요

시스템 다이내믹스의 처음에는 1950년에 SIMPLE을 개발되어, 이후에 DYNAMO, 자동 시나리오 기능이 없기 때문에 전문 프로그램으로 구조를 설명해야 한다. 1980년에 DYNAMO는 PC에 채용되어, 1990년대부터 시나리오 기능은 있는 STELLA, VENSIM, ITHINK 및 Powersim 등은 점점 등장하였다. 본 연구에서는 Powersim을 이용한 다이내믹스 물류 시뮬레이션 모듈을 개발한다.

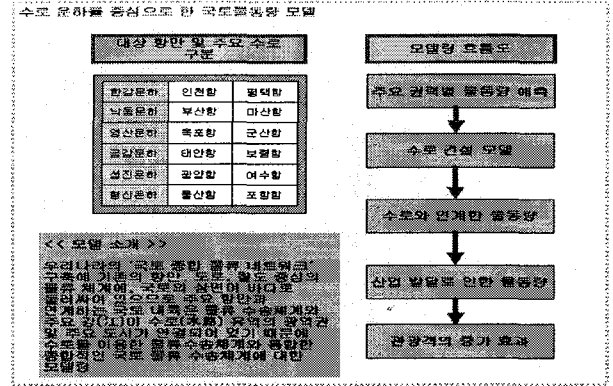
Powersim은 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 이론을 기반으로 과거의 경영 실적 자료 분석에서 경영 정책 모델을 통한 미래의 가치 창출을 목표로 시스템적 사고에 의한 전략적인 모델링 수립 및 구현을 제품 철학으로 하고 있다.

전략적 경쟁우위를 유지할 수 있도록 Powersim이라는 비즈니스 시뮬레이션 소프트웨어를 통하여 시스템 다이내믹스 이론의 적용 및 SEM(전략적 기업경영: Strategic Enterprise Management) 기반의 시뮬레이션 컨설팅 서비스를 제공하며, 컨설팅 결과의 구체적인 실현을 위하여 전략적 정보기술 체계를 구축한다.

### 3.2. 모델의 개요

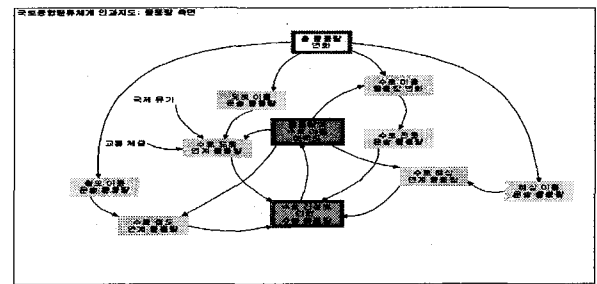
<표 5> 국토종합 물류체계 시뮬레이션 모델링

항목	개요	주요 시뮬레이션 모델링 항목
모델 문제 인식	국토 종합 물류 체계를 수운 중심으로 구축하여, 수운을 통한 물류 수송의 경제적 사회적인 효과를 도로, 철도 및 항만 등 기타 수송 수단에 비하여 유리하다는 타당성을 제시하고자 한다.	모델링 영역 구분 및 인과지도 구축
모델링 대상	전국에 강(江)들 중에서, 한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강, 형상강을 대상으로 주운을 건설하여, 이를 통하여 물류 및 화물 물동량을 처리함으로써, 주운 건설에 대한 타당성을 도출한다. 또한 주운 건설을 통한 물류 수송에 대한 비용 및 투자 효과 타당성을 기타 제반 운송 수단과 연계하였을 때의 효과를 보여준다.	강들의 물류 처리 용량 및 물류 수요량 예측치를 중심으로 한 물동량 시뮬레이션. 주운 교통수단과 연계한 물동량 표시 및 시뮬레이션을 통한 주운 건설의 경제적 타당성 검토
화물 물동량 구분	컨테이너, 철강, 자동차, 해사물동량	엑셀에서 데이터 입력 체계
여객 수송량 구분	년간 주운 이용 여객 수	엑셀에서 데이터 입력 체계
관광객 수요 예측	년간 주운 이용 관광객 수 및 관광 자원 유발 효과	엑셀에서 데이터 입력 체계
주운 건설 비용	각 운하 건설에 따르는 비용 추정 (소요 비용은 별도의 조사와 연구를 거쳐야 함으로, 본 모델에서는 자세한 숫자는 나타내지 않는 것을 원칙으로 한다.)	엑셀에서 데이터 입력 체계 및 모델링 상에서 추정 비용을 건설 비용 대비 효과에 대한 IF 문 형태로 계산함.
주운 건설 효과에 대한 증장기 시뮬레이션	주운 건설 효과는 투입 비용 대비, 경제 효과 뿐만 아니라, 다른 물류 운송 수단의 이용에 비하여 (예를 들어, 도로, 철도, 항만 등) 경제적, 비 경제적 효과를 체계적으로 상호 비교하여 보여 줄 수 있어야 한다.	향후, 고유가로 인한 극심한 물류비용의 증가가 예상되므로, 이에 대비한, 수로를 이용한 경제적인 전국 화물 및 물동량의 처리는 반드시 필요하다고 사료됨.

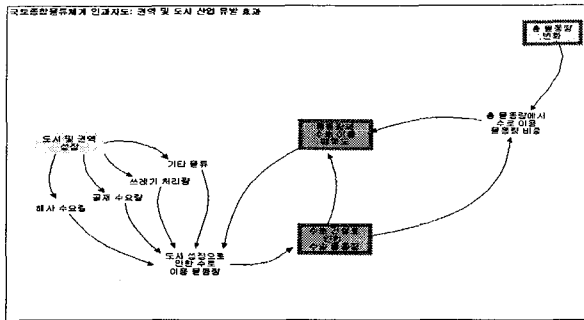


<그림 5> 수운을 중심으로 한 국토 물동량 모델

### 3.3. 인과지도

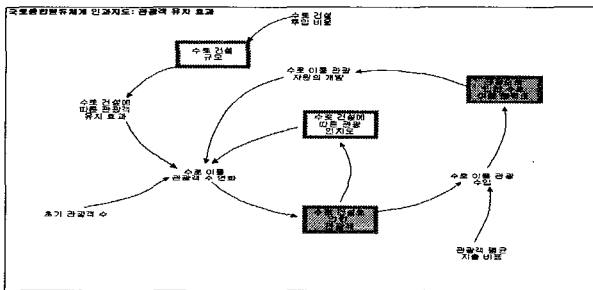


<그림 6> 국토 종합 물류체계 인과지도: 물동량 측면  
총 물동량의 변화는 도로와 수운으로 나누어지는데, 주로 해상의 물동량이 내륙의 물류기지나 내륙의 개발 항만과 연계되어 물동량의 수로이용 매력도가 증가함에 따라 수로운송의 화물이 증가하는 인과관계를 가진다.



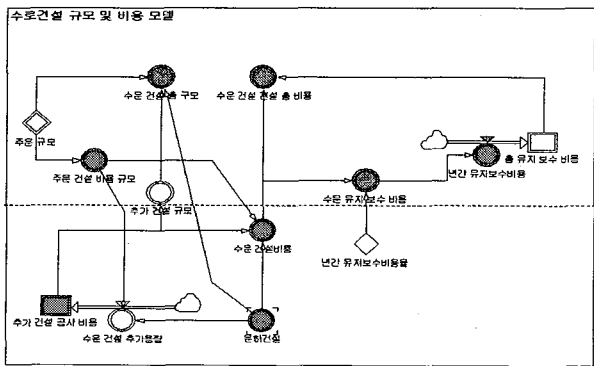
<그림 7> 권역 및 도시 산업유발 효과

아래의 인과지도는 수로가 건설되고 수로에 관광객의 유치 효과가 자연적 발생에 의해 관광의 수입이 발생하는 가정을 하였다



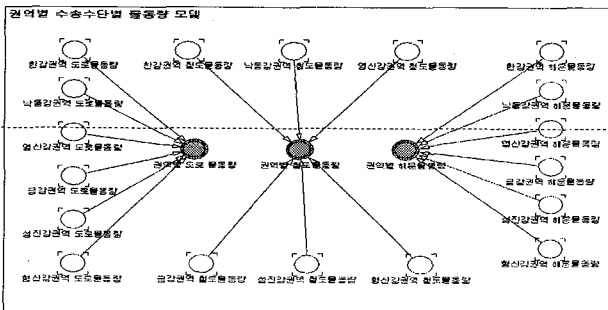
<그림 8> 관광객 유치 효과

3.4. 모델링

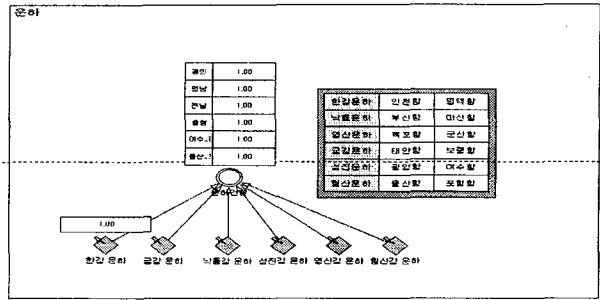


<그림 9> 수로건설 규모 및 비용모델

위의 모델은 운하의 건설 규모와 년간 유지 보수비용과의 관계를 적립하고 상수는 초기 운하의 규모를 어떻게 설정하고 그 규모에 따른 운하건설 비용과 추가 비용을 계산하고 운하와 관련된 비용을 모델링 해놓은 것이다.

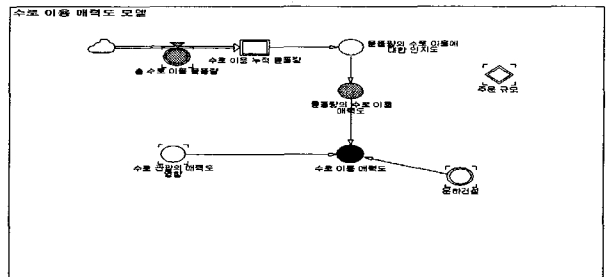


<그림 10> 권역별 교통수단별 물동량 모델링



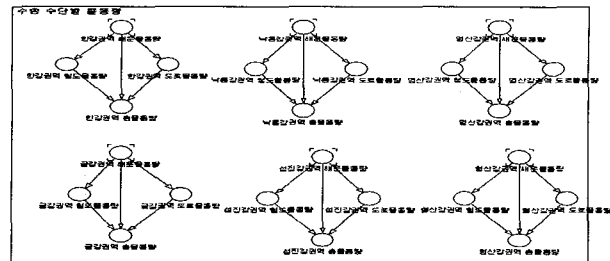
<그림 11> 운하건설 모델링

운하의 건설 순서별로 시뮬레이션이 가능하도록 모델링 하였다.



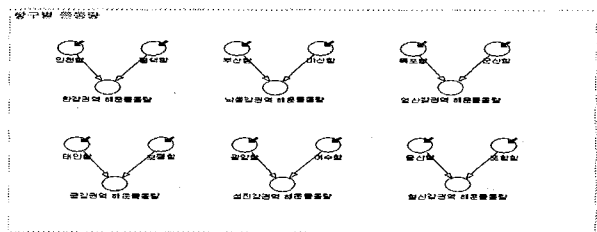
<그림 12> 수로이용 매력도 모델

운하의 건설과 관광매력도, 물동량의 수로이용에 대한 인지도에 따라 수로 이용의 매력도가 결정된다.

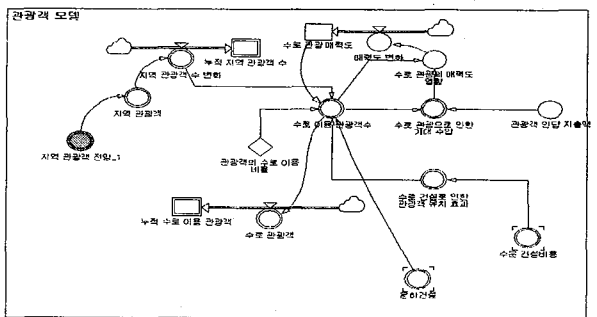


<그림 13> 수송 수단별 물동량 모델

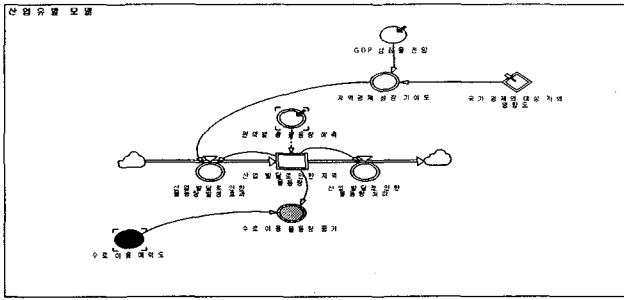
6개 권역별 총 물동량을 종합하는 모델링이다



<그림 14> 항구별 물동량



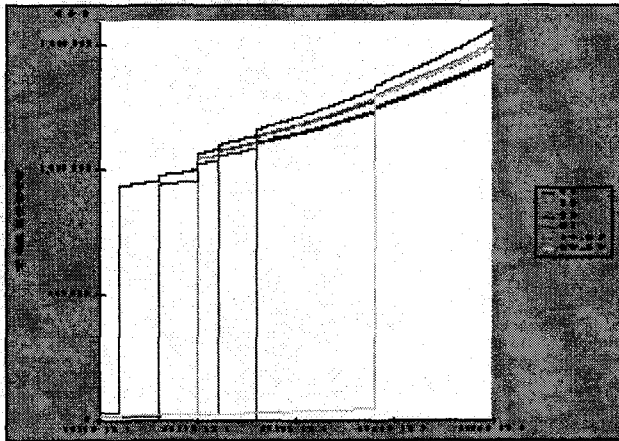
<그림 15> 관광객 모델



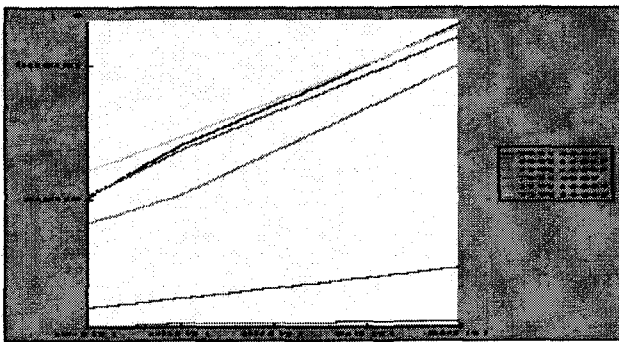
<그림 16> 산업유발 모델

수로의 이용으로 산업의 물류비용이 증가하고 이에 따른 산업의 발달로 인하 물동량의 예측이 가능해진다.

### 3.5. 시뮬레이션 결과



<그림 17> 각권역별 수로운송 증가량 그래프



<그림 18> 권역 별 총 물동량

각 권역별로 물동량의 증가율은 보이고 있으나, 경부운하의 경우가 가장 빠른 물동량의 증가가 뚜렷하며, 또한 물동량은 한강권역, 낙동강권역, 섬진강권역, 영산강권역, 금강 권역 순으로 증가속도가 나타나다. 이 시뮬레이션 모델은 우리나라의 내부적인 물류흐름만을 물동량의 기준으로 하였으나. 요즘들어 ONE-STOP 방식에서 시간과 비용을 줄이고 있는 것이 거리를 줄이고 정시에 서비스가 될 수 있도록 인접국과의 거리를 내륙에 직접 운송할 수 있는 교통로를 확보하여 직접 서비스가 가능해 져야 한다. 그리고 현재의 내륙 수송에 있어 수로운송이 다른 물류서비스와 유기적인 관계를 가지고 있어야

만 그 사업의 타당성과 효과가 극대화 될 수 있다.

## 4. 결론

우리나라의 수자원 특성은 강수량은 세계 1.3배이나 인구의 과밀로 1인당 평균 강수량은 세계 12%에 지나지 않는다. 특히 강수량의 편중은 유출량의 극심한 불균형을 야기시켜 유량변동계수가 다른 유럽에 비해 매우 커서 수자원의 고른 확보가 어렵고, 하천특성상 유로 연장이 짧고 하천의 경사가 급하여 유역 면적에 비해 일시에 바다에 유출되어 수자원 관리가 어려운 것이 특징이다. 이러한 특성을 수로와 운하의 개발로 인한 문제점과 생태계의 변화 등은 미리 가늠 하여야 할 것이다. 또한 현재의 시뮬레이션 분석은 예상치 이나, 현실에 가까운 결과를 도출하기 위하여 더 많은 변수의 고려가 필요하다 하겠다. 또한, 현재의 변수 중 정치적인 변수를 고려하지 않은 시뮬레이션이므로 서로의 이익관계와 범국가적인 물류시스템 창출을 위해 더욱더 상세하고 정확한 연구가 필요 할 것이다.

### 참고문헌

- [1] 건설교통부, " 제4차 국토개발계획"
- [2] 김광임·여준호·정홍락·정희성, "대규모 개발사업의 환경 경제성 분석 도입방안", 2002.12.
- [3] 김동환, "시스템 다이내믹스 이론", 중앙대, 2000.7.
- [4] 임영태·류재영·박상철 "국가물류비의 국제비교 연구", 국토연구원
- [5] 김종일, "영산강의 수로운송복원과 활용방안 연구", 「한국지역지리학회지」 제11권 제1호, 2005.
- [6] 공공투자관리센터, "경인운하사업의 사업성 분석 및 사업추진전략 연구", 한국개발연구원, 2003.
- [7] 박성천, "영산강의 하천기능 평가와 미래", 영산강 뱃길 복원추진위원회, 2004.12.
- [8] 박현준·오세홍·김상준, "국가 연구개발 투자시스템의 레버리지 전략; 시스템 다이내믹스 접근", 「한국 시스템다이내믹스 연구」, 제5권 제2호, 2004.11.
- [9] 정조희·방승우, "영산강 옛모습 찾기사업 타당성조사 보고서", 「전라남도」, 2000.8.
- [10] 주명건 등, "물류혁명과 국토개조 전략", 세종연구원, 1996.
- [11] 정봉민, " 한·중·일 FTA 결성이 해운항만산업에 미치는 영향 및 대응전략", 한국해양수산개발원, 2005
- [11] 이재민, " 한·중·일 FTA의 진전이 물류부분에 미치는 영향 및 대응전략", 한국교통연구원, 2005