

목 차

I. 서론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
1.1.1 국내 물류환경	1
1.1.2 현 물류체계 문제점	1
1.1.3 공로 및 철도의 현황 및 문제점	2
1.2 연구 필요성	3
1.2.1 기존 철도 시스템의 현황 및 문제점	3
1.2.2 철도 수송의 문제점 및 개선방안	3
1.2.3 한국형 DMT 시스템 개발 필요성	4
1.3 연구 내용	5
1.3.1 연구 목표	5
1.3.2 연구 내용	6
II. 철도물류 환경분석	8
2.1 국내물류 환경변화	8
2.1.1 국내 컨테이너 수출입 화물	8
2.1.2 국내 항만별 컨테이너 분담비율	9
2.1.3 경부선(부산-수도권) 물동량 추이 및 분석	12
2.2 철도물류 활성화의 필요성	15
2.2.1 공로 및 철도 컨테이너 수출입 물동량 증가 추세	15
2.2.2 운송방식별 예상되는 문제대두	15
2.2.3 공로 및 철도운송의 해결방안	15
2.2.4 결 언	17
2.3 새로운 철도운송시스템의 필요성	18
2.3.1 현재 철도수송의 문제점	18
2.3.2 기존 철송의 활성화시 예상되는 문제점	18
2.3.3 DMT(Dual Mode Trailer) 시스템의 필요성	19
III. DMT 시스템 기술성 분석	20
3.1 국내 철도의 화물 수송 한계	20
3.1.1 건축한계	20
3.1.2 차량한계	22
3.2. 국내 철도물류 운송방식 현황	23
3.2.1 주요화차의 종류 및 규격	23
3.2.2 컨테이너 및 트레일러의 규격	24
3.3 기존 수송시스템과 DMT 수송시스템의 기술적 검토	25
3.3.1 기존 철도수송 시스템	26
3.3.2 피기백(Piggyback) 수송시스템	27
3.3.3 바이모달(Bi-modal) 수송시스템	31

3.3.4 화차 회전 이·적재형 수송시스템	34
3.3.5 수평 이·적재형 수송시스템	42
3.4 DMT(Dual Mode Trailer) 수송시스템의 검토결과 및 고찰	46
3.4.1 시스템간 특성 비교	46
3.4.2 DMT 운송 시스템별 비교 분석	49
3.4.3 결론	51
IV. DMT 시스템 경제성 분석	52
4.1 컨테이너 물동량 예측	52
4.1.1 물동량 예측 개요	52
4.1.2 부산항 수출입 컨테이너 물동량 예측	57
4.1.3 부산항 환적 컨테이너 물동량 예측	69
4.1.4 부산항 연안 컨테이너 물동량 예측	74
4.1.5 물동량 종합	78
4.2 부산항 신항 물동량 예측	83
4.2.1 부두별 처리능력 산정	84
4.2.2 신항만 시설소요	88
4.3 수도권-부산항 철도 물동량 예측	90
4.3.1 철도 이용 물동량 현황	90
4.3.2 철도 이용 물동량 예측(수도권-부산항)	91
4.3.3 비용 편익 분석	94
V. 전문가 설문조사 결과	105
5.1 수요조사 방식	105
5.2 수요조사 방문기관 및 업체	105
5.3 수요조사내용 요약 및 결론	106
VI. 철도 및 공로 연계 수송시스템 구축 방안	108
6.1 기존 화물수송 시스템	108
6.1.1 기존 물류 수송 체계	108
6.1.2 기존 철도수송 작업방법	108
6.1.3 기존 육로수송 작업방법	108
6.2 DMT 수송시스템 운영방안	109
6.2.1 DMT 수송시스템 작업방법	109
6.2.2 DMT 터미널 운영방안	109
6.3 기존 철도 수송시스템 및 공로와의 연계방안	110
6.3.1 기존 철도차량과 DMT 전용 철도차량	110
6.3.2 기존 철도 수송시스템과의 연계방안	110
6.3.3 기존 공로와의 연계방안	110
6.4 기존 철도 및 공로 연계를 고려한 예상되는 가상 시나리오	111
6.4.1 부산·경남 ↔ DMT ← (철도) → DMT ↔ 서울·경기	111

6.4.2 부산·경남 ↔ 부산CY ← (철도) → DMT ↔ 서울·경기	111
6.4.3 부산·경남 ↔ 부산CY ← (철도) → DMT ↔ 경북 또는 충청도	111

VII. 본 과제를 위한 기획 112

7.1 기술개발 개요	112
7.2 수요조사분석을 통한 본 과제의 추진방안	113
7.3 국내 연구 시설 및 인력에 대한 SWOT 분석	114
7.4 DMT 시스템 개발의 필요성	116
7.5 경제적 분석을 통한 본 과제의 연구방향	116

VIII. RFP 및 소요 연구비 117

8.1 로드맵	117
8.2 소요 연구비	119
8.3 RFP	121
8.4 기대효과	124

I. 서론

1.1 연구배경 및 목적

1.1.1 국내 물류환경

- 국내 전체 수출입 물동량: 2000년 이후부터 매년 꾸준한 증가 추세임.
- 증가율: 최근 5년간 전체 평균 7.5% 비율로 증가하고 있음.
- 공로와 철도의 경우 8.9%와 8.2%의 꾸준한 증가 추세임.
- 반면 해안운송은 최근 5년 기준으로 평균 15.5%로 감소되고 있음.
- 공로운송의 비율: 88%, 철도운송의 비율: 10%임.
- 향후 2020년 대비 현재의 물동량은 공로의 경우 약 3.0배 증가 예상됨.
- 철송의 경우는 약 3.2배로 증가할 것으로 예상됨.

1.1.2 현 물류체계 문제점

- 세계적으로 화물은 대형화 및 고속화와 더불어 글로벌화 되어가고 있으며, 이에 물류 선진화를 위해서는 운송 시스템의 개선이 시급한 과제임.
- 이를 위하여 기존의 운송 시스템을 보다 효율적으로 활용하는 방안과 새로운 방식의 시스템 개발로 나뉠 수 있으나, 이 두 가지를 모두 만족시키며, 개발 부담과 투자대비 생산 효율성이 높은 시스템을 개발하는 것이 급선무임.
- 물류흐름에서 가장 많은 병목현상을 유발하고 있는 부분은 육상운송에서도 도로 운송이며, 이렇게 낭비되는 시간과 중간과정에서 발생하는 비용을 줄일 수 있는 Nonstop 형식의 복합운송의 필요성이 대두되고 있음.



<본 과제의 연구배경>

1.1.3 공로 및 철도의 현황 및 문제점

- 공로 운송

- 2001년부터 최근 5년간 고속도로이용률 연 평균 10%씩 증가하고 있음.
- 이에 따른 도로혼잡비용 연 평균 4.6%씩 증가하여 23조원의 국가적 손실을 낳고 있으며,
- 화물차의 비율로만 환산할 경우 1조 8천억원에서 2020년 5조 이상으로 추정됨.

- 철도 운송

- 철도는 현재CY수용능력이 3,101천TEU이고 향후 추가 CY를 3-4곳을 확보 중에 있으나,
- 실제 증가예상물동량의 대부분이 부산항·광양항과 수도권(의왕)에 집중되어 있으며,
- 현재의 시설이나 수송시스템만으로는 수용 불가능한 상태가 예상됨.

- 따라서, DMT(Dual Mode Trailer) 시스템과 같이 도로와 철도간 화물 환송을 자유롭게 하여 기존 도로운송의 장점과 집중화된 도로운송의 부담을 줄일 수 있는 방안이 기존 운송 시스템이 갖는 문제점들의 해결방안으로 부상하고 있으며, 시스템 개발이 시급히 요구되고 있는 실정임.

1.2 연구 필요성

1.2.1 기존 철도 시스템의 현황 및 문제점

- 기존 철송 이용시 가장 대두되는 문제점은 육송에서의 가장 큰 장점인 **door to door** 서비스가 어렵다는 것이며, 이것은 화주들이 철송 이용을 꺼리는 가장 큰 이유임.
- 향후 전기기관차로 대체됨에 따라 기관차 상부로 **공중가선(Catenary)**이 설치됨. 그러므로 크레인 진입 및 작업이 불가능하게 될 것이며, 기존의 수직 양하역 작업이 불가능해짐. 따라서, **수평 양하역 방식 전환이 요구됨**.
- 철송의 경우 출발지에서 목적지까지 이루어지는 **운송절차가 상당히 복잡함**. 출발지의 셔틀비, 출발지 및 도착지까지에서 발생하는 장치장 적재와 철송직전 대기 및 배열 준비작업을 위한 크레인 또는 스택커 작업이 필요하며, 기타 유통비 등 **부수적인 물류비 및 불필요한 시간 소요가 발생함**.
- 향후 물동량 증가시, 기존 철도 운송방식을 그대로 사용할 경우 CY 야적장 등 **시설 및 부지의 확충**과 크레인 등과 같은 **장비의 추가가 요구되고**, 이는 많은 경제적 자원과 향후 계속적 인력을 요구하므로 현실적으로 적용하기가 어려움 실정임.

1.2.2 철도 수송의 문제점 및 개선방안

- 국내 철도 수송 시스템에 대한 문제점과 각각의 개선 방안을 요약하면 다음과 같음.

<기존 철송 문제점 및 개선방안책>

기존 철송의 문제점	개선 방안책
• Door to door 서비스의 어려움	• 육송의 door to door 서비스와 철송의 서비스를 동시에 만족하는 새로운 운송시스템이 요구
• 국내 기관차의 전차화에 따른 수직 양하역 문제 대두	• 수평식 양하역 작업이 가능한 화차의 개발
• 복잡한 운송서비스 절차	• 보다 효율적인 터미널 운영 프로세서 개발 및 관련 시스템 도입
• CY 부지 확충 및 시설 추가 소요	• KTX 전용선로 완공 후 기존 철로를 화물운송으로 전환

- 각 현안에 대한 문제점과 그에 따른 파생 문제 또한 다음과 같이 발생하며, 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 새로운 철도 수송시스템 체계를 갖추는 것이라 할 수 있음.
- 철도 장대화과 철로, 터미널, CY 부지의 추가확보, 물류 네트워크 등의 개선책이 있으나, DMT 시스템의 개발은 그 중 개발 효율이 기대되며 다른 개선책들과의 시너지 효과 또한 기대된다고 할 수 있음.



<현 철도 물류시스템의 문제점 및 해결 방안과 DMT 필요성>

1.2.3 한국형 DMT 시스템 개발 필요성

- 국외의 경우, 물류 선진국가들은 이미 DMT에 대한 많은 연구를 진척하였으며, 특히 유럽의 경우 2007년에 적용하여 상업화가 실현되고 있는 실정임.
- 국내의 경우, 이미 실현된 바 있었던 Piggyback, Roadrailer 등 기존 대두되었던 시스템조차 연구된 바 없어 선진국 대비 개발시점 차이는 약 10년 이상이라 할 수 있음.
- 따라서, 국내 물류 체계의 개선의 효과와 더불어 DMT 시스템 개발 기술을 빠른 시일 내에 확보하여 국내 실정에 맞도록 개발하는 것이 시급하다고 할 수 있음.



<DMT 현황 및 필요성>

1.3 연구 내용

1.3.1 연구 목표

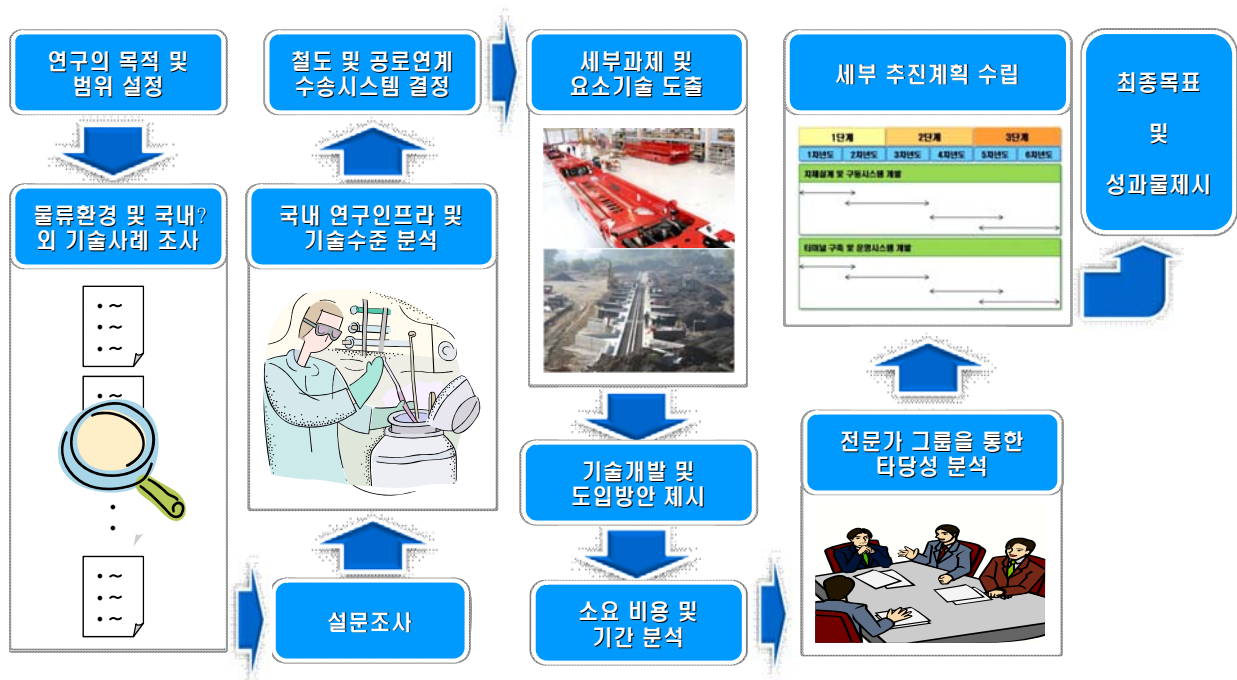
- 최종목표: 철도물류 활성화를 위한 DMT(Dual Mode Trailer) 수송시스템 개발 기획
- 본 과제에서는 철도물류 활성화를 위하여 DMT 수송시스템 개발을 위한 기획안을 도출하는 것이 목표임. 기획안은 기본적으로 철도 물류의 경제성, DMT 시스템 요소기술과 기존 시설물(터널, 정거장)의 이용성을 면밀히 검토하여 실효성있는 기획과제의 최종 목표를 제시하고자 하였으며, 단계별로 아래와 같은 연구를 수행하였음.
- 단계별 목표
 - 1단계: 자료조사 및 목표설정
 - 2단계: 주요 핵심기술 도출
 - 3단계: 타당성 분석
 - 4단계: 목표 및 성과물 제시



<연구목표 및 내용>

1.3.2 연구 내용

- 자료조사 및 목표설정
 - 연구의 목적 및 범위
 - .. 연구의 배경 및 목적
 - .. 연구의 범위
 - 물류환경 및 국내외 기술 사례조사
 - 설문조사 및 분석
 - .. 물류환경 조사
 - .. 국내외 물류기술 사례조사
 - 철도 및 공로연계 수송시스템 결정
 - .. 철도와 공로 연계 수송시스템 방식 결정
 - .. 기술 범위 결정
- 주요 핵심기술 도출
 - 세부과제 및 요소기술 도출
 - .. DMT용 차체설계 및 구동시스템 관련 기술 도출
 - .. 물동량에 따른 DMT용 터미널 구축 관련 기술 도출
 - .. 영역별 핵심기술 및 세부기술 분석
 - 기술개발 및 도입방안 제시
- 타당성 분석
 - 소요비용 및 기간 분석
 - .. 시스템 개발 및 적용을 위한 비용 및 기간 분석
 - 기술 및 경제적 타당성 분석
 - .. 기술적 타당성 분석
 - .. 경제적 타당성 분석
 - .. 전문가 설문을 통한 타당성 분석
- 목표 및 성과물 제시
 - 세부 추진계획 수립
 - 최종목표 및 과제의 성과물 제시



<연구 수행 과정 및 방법>

II. 철도물류 환경분석

2.1 국내물류 환경변화

2.1.1 국내 컨테이너 수출입 화물

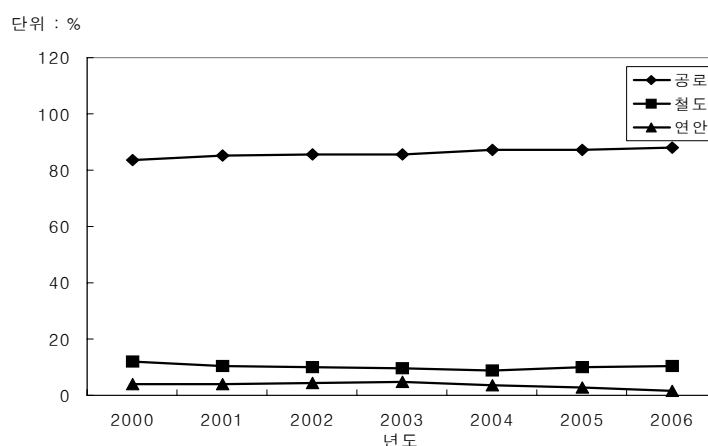
- 국내 수출입 물동량은 2000년도 이후부터 현재까지 매년 꾸준한 증가 추세를 보이고 있으며, 전체적으로 5년 평균 7.5%의 비율로 꾸준히 증가하고 있음.
- 2006년도 기준으로 철도운송의 비율은 전체의 88%(9,040 천TEU)를 차지하고 있으며 철도와 연안운송은 각각 10%(1,069 천TEU)와 2%(168 천TEU)를 보이고 있음.

<향후 국내 컨테이너화물의 예측 물동량 및 운송수단별 분담량>

구분 \ 년도	2000	2006	2010	2015	2020
전체	6,662	10,277	13,725	19,703	28,287
철도	815	1,069	1,503	2303	3,527
육로	5,573	9,040	12,390	18,374	27,249
연안	274	168	86	37	16

※ 자료출처: 한국컨테이너부두공단 및 KROIS(철도화물운송정보시스템)

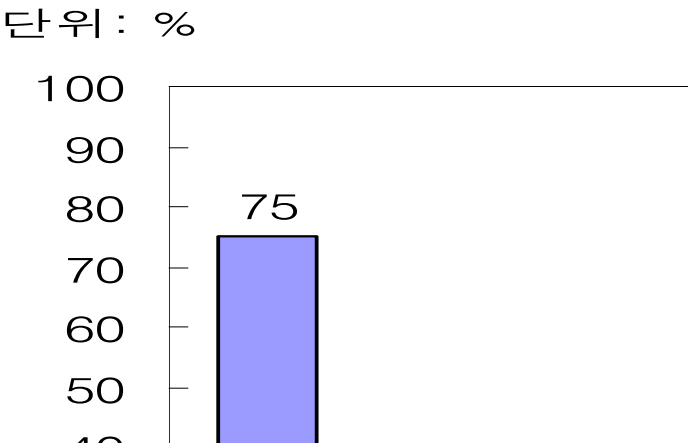
- 또한, 최근 국내의 컨테이너화물의 운송수단별 추이는 육로와 철도의 경우 8.9%와 8.2%의 꾸준한 증가세에 있지만, 반면 해안운송은 최근 5년 기준으로 평균 15.5%로 감소하고 있음.



※ 자료출처: 한국컨테이너부두공단 및 KROIS
<최근 국내 컨테이너화물의 운송수단별 분담율 추이>

2.1.2 국내 항만별 컨테이너 분담비율

- 전체 항만터미널에서 부산항이 75%로서 대부분의 물량을 처리하고 있으며, 인천항과 광양항이 8.6%와 11%를 각각 보이고 있으나, 아시아 물류 hub로서의 부산항과 광양항은 향후 지속적인 증가 추세를 이어갈 것으로 전망됨.



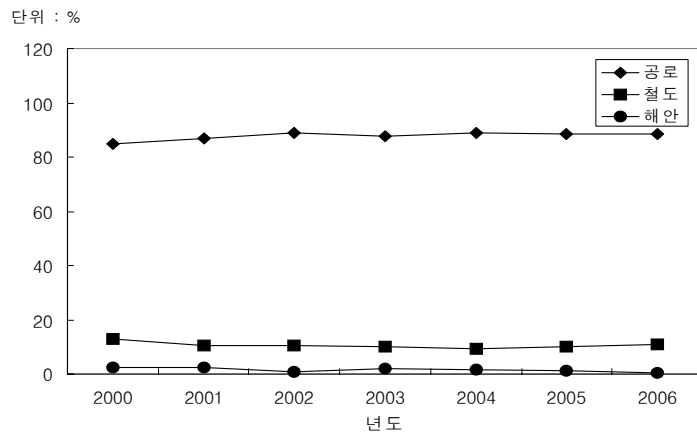
※ 자료출처: 한국컨테이너부두공단 및 KROIS
<항만별 컨테이너 분담률>

- 부산항 물동량 현황은 매년 5.2% 증가추세에 있음. 그 중 철도운송의 비율이 6.6%로 가장 많은 증가율을 보이고 있으며, 육로의 경우는 5.2%, 연안운송의 경우는 10.7%로 매년 감소하고 있는 실정임.

<향후 부산항 컨테이너화물의 예측 물동량 및 운송수단별 분담량>

구분 \ 년도	2000	2006	2010	2015	2020
전체	5,035	6,830	8,365	10,779	13,888
철도	649	750	968	1,333	1,835
육로	4,270	6,052	7,412	9,551	12,306
연안	116	28	18	10	6

※ 자료출처: 한국컨테이너부두공단 및 KROIS



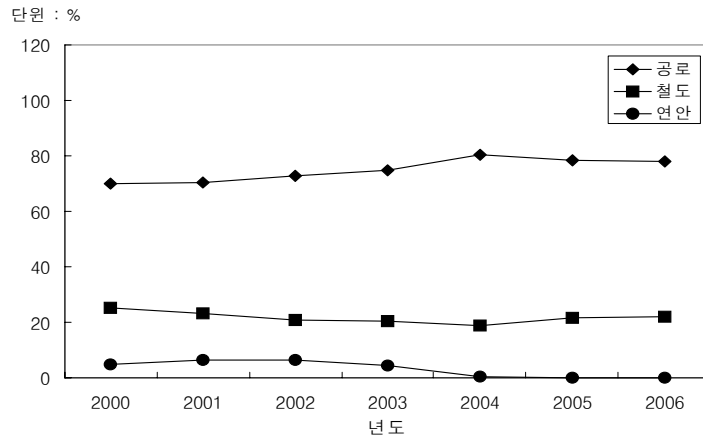
※ 자료출처: 한국컨테이너부두공단 및 KROIS
 <최근 부산항 컨테이너화물의 운송수단별 분담율 추이>

- 2006년도 기준으로 수도권 물동량은 20%(1,366 천TEU) 정도이며 이 중 1/3(506 천TEU)가량은 철도운송이며 나머지 2/3(809 천TEU)는 육로운송을 이용하는 것으로 분석됨.
- 또한 2006년 기준 부산항 전체 컨테이너 물동량은 약 6,830 천TEU이며 이 중 육송은 89%이며 철송의 경우 11%를 보이고 있으며, 이 물동량 중 수도권은 약 70%이며 나머지 물동량 30%는 기타 지역으로 운송됨. 또한 20%의 수도권 물동량 중 철송의 비율이 39%이며 육송은 61%로 집계되었음.
- 향후 2020년에는 부산항 전체 컨테이너 물동량은 약 13,888 천TEU으로 추정되고 이 중 철송은 10%이며, 수도권(70%) 물량이 1,089 천TEU으로 예상됨. 이는 현재 부산진 CY의 수송능력 434 천TEU를 2배를 상회하는 결과임.
- 광양항 물동량 현황은 전체적으로 매년 14.2%로 급격한 증가추세에 있으며, 그 중 철도운송의 비율은 15.5%, 육로의 경우 16.2%로 가장 많은 비율을 보이고 있으며 연안운송의 경우는 매년 54.8%정도로 감소하고 있음.

<향후 광양항 컨테이너화물의 예측 물동량 및 운송수단별 분담량>

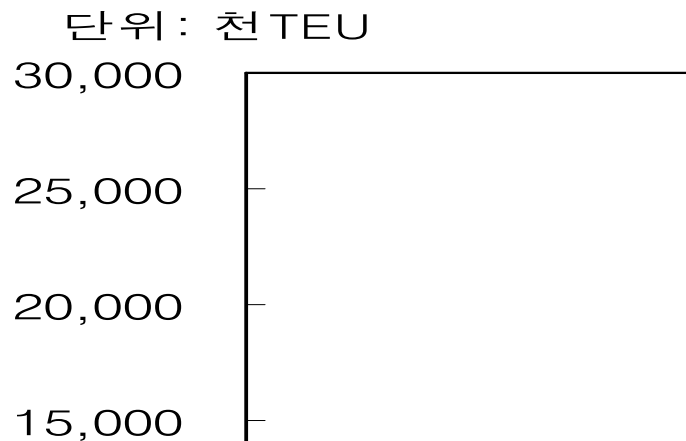
	2000	2006	2010	2015	2020
전체	578	1,304	2,218	4,308	8,368
철도	146	285	507	1,043	2,143
육로	405	1,017	1,854	3,928	8,322
연안	27	2	0	0	0

※ 자료출처: 한국컨테이너부두공단 및 KROIS



※ 자료출처: 한국컨테이너부두공단 및 KROIS
 <최근 광양항 컨테이너화물의 운송수단별 분담율 추이>

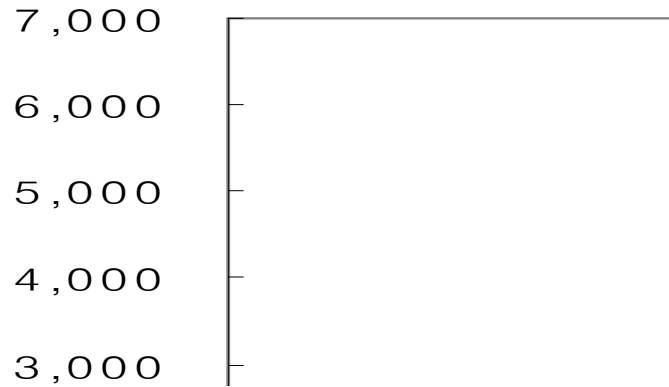
- 공로 및 철도의 물동량(수출입 컨테이너 화물) 증가 추이: 향후 2020년 대비 현재의 물동량은 육송의 경우 3.0배 정도이며 철송의 경우는 약 3.2배로 증가할 것으로 예상됨.



※ 자료출처: 한국컨테이너부두공단 및 KROIS
 <공로 및 철도의 수용현황 및 수용한계>

- 부산항 동북아 허브화와 남북한 철도개통에 따른 전망
 - TKR, TCR, TSR의 연계: 향후 경의선 복원시 일본 등 인근 국가에서 물류비 절감을 위하여 중국, 러시아 물동량을 우리나라를 통하여 철도로 이송을 함으로서 물류 실크로드 구축이 예상됨.
 - 남북환경 등에 따라 다소의 변화는 보이고 있으나 전반적으로 증가 추세에 있으며, 향후에도 현저히 증가할 것으로 예상됨.

단위: 천 톤



※ 자료출처: 한국컨테이너부두공단 및 KROIS
<남북한 물동량 추이>

2.1.3 경부선(부산-수도권) 물동량 추이 및 분석

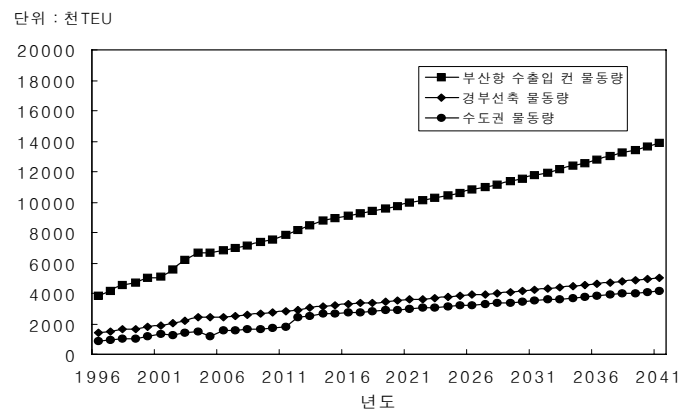
- 경부선 축의 물동량에서 수도권 물동량 및 경부선 철송 물량이 점점 늘어날 전망이다.

<수출입 컨·물동량 대비 경부선 철송량>

	2007년	2011년	2015년	2020년
a. 경부선 물동량	2,520	2,820	3,230	3,510
b. 수도권 물동량	1,580	1,770	2,020	2,200
c. 경부선 철송물동량	733	952	1,230	1,780

※ 자료출처: a), b)는 (전국항만물동량 예측점검, 해양수산부, 2005년)의 자료를 바탕으로 한 예측자료와 실적을 근거로 추정
c)는 철도공사에서 발표한 예측데이터 및 계획을 이용

- 2020년에는 경부선 축의 물동량의 절반이상을 철도수송이 차지할 것으로 예상함.
- 육로운송은 한계로 인하여 그 비중이 점점 낮아짐.

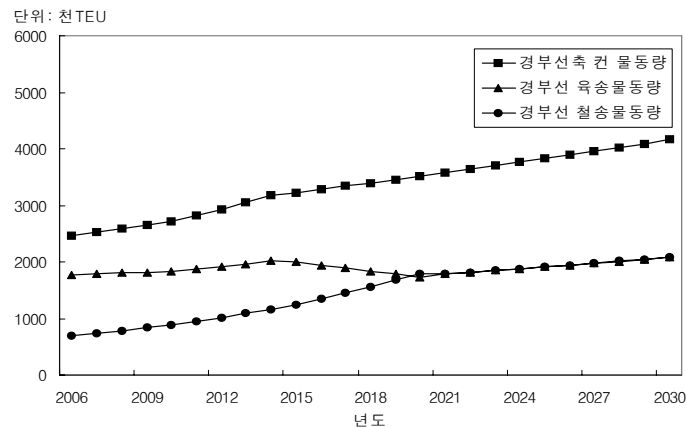


※ 자료출처: 철도공사(수출입 예측자료) 및 해양수산부(전국항만물동량 예측점검)

<부산항의 수출입 컨테이너 물동량(환적물 제외)>

◦ 부산항 컨테이너 물동량의 수송수단별 분포 및 예측

- 철도공사에서는 부산항의 수출입 물동량의 10%(2006년)에서 점점 증가시켜서 18%까지(2020년)를 철도수송을 하는 것으로 예측하여 계획하고 있음.
- 경부선축의 물동량으로 환산하여 비율을 구하면 27.9%~50.8%를 차지하며, 나머지는 육로운송임.
- 경부선 축의 물동량은 계속 늘어날 것이며, 특히, 2011년~2020년 철도수송이 계속 늘어나 2020년경을 경계로 철도수송이 육로운송을 추월할 것으로 예상됨.



※ 자료출처: 철도공사(경부선 물동량 예측자료) 및 해양수산부(전국항만물동량 예측점검)

<경부선축의 컨테이너 물동량>

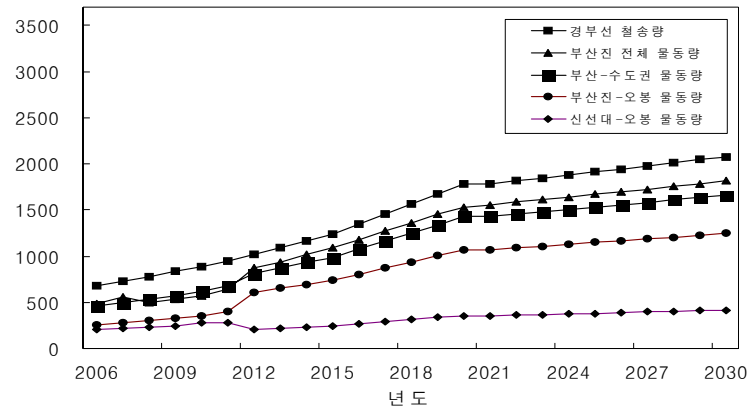
◦ 경부선 및 부산-수도권의 컨테이너 물동량에 대한 분석

- 물동량 수요는 계속 증대되는 추세임.
- 수송 수단의 처리능력 부족한 실정임.
- 불완전 시장 구조속의 비효율 구조가 문제점임.
- 부산-수도권의 컨테이너 수송은 독과점적인 구조를 갖고 있음.
(육로운송과 철도수송뿐임.)
- 운임구조와 비용 발생구조가 불합리함.
- 철송의 경우 과다한 부대비용이 발생하고 있음.
- 2011년 KTX 부산-동대구 개통으로 철송 능력이 늘어남.
- 철도공사에서는 2007년 45만에서 2012년 60만, 2020년 100만 TEU를 부산-수도권 철송으로 담당할 것으로 예측하고 계획함.
- 따라서, 정부의 개입과 투자로서 수송시장을 완전 시장구조로 개선하여야 함.

◦ 부산-수도권의 철도수송 추이 및 예측

- 부산진-수도권, 신선대-수도권의 물량이 2.6배 늘어날 것임
- 따라서, 철도수송 개선이 필수적임.

단위 : 천 TEU



※ 자료출처: 철도공사

<부산-수도권 철송량>

◦ 부산-수도권의 물동 시장 분석

- 부산-수도권의 컨 수송은 철도수송과 육로운송 두 가지 밖에 없음.
(해안수송은 거의 없음.)
- 불완전 경쟁시장 구조속의 수송 수요 및 공급 불균형이 문제점임.
- 한쪽의 시장가격(운송비)이 다른 쪽의 수송비 책정을 제한함.(불완전 시장 구조.)
- 앞으로 육로운송이 비용면에서 불리함.(유류비 상승, 환경 오염, 인건비 상승 등으로)

2.2 철도물류 활성화의 필요성

2.2.1 공로 및 철도 컨테이너 수출입 물동량 증가 추세

- 현재 2006년 국내 컨테이너 수출입 물동량은 10,000[천TEU]에서 2020년경 30,000[천TEU]로 지금의 약 3배 정도 증가가 예상됨.

<공로 및 철도 컨테이너 수출입 물동량 증가 추세>

(단위: 천TEU)

종 류 \ 년 도	2006년 (년간 7.5% 증가 추세)	2020년
공 로	9,040	27,249
철 도	1,069	3,572

※ 자료출처: 한국컨테이너부두공단

2.2.2 운송방식별 예상되는 문제대두

- 공로의 경우 2001년부터 최근 5년간 자료를 참조하면 고속도로 이용률이 연 평균 10%씩 증가하고 있고, 이에 따른 도로 혼잡비용도 연 평균 4.6%씩 증가하고 있어 그 규모가 23조원에 달하고 있음.
- 향후 컨테이너 물동량 증가에 따라 화물차량 증가가 약 3배이상 되면 현재 화물차의 부담이 약 7.8%인 점을 감안하여 화물차에 의한 연간 혼잡비용은 1조8천억원에서 5조 4천 억원으로 늘어날 것으로 예상됨.

고속국도 이용차량 연평균 증가율	도로혼잡비용 연평균 증가율
10.5%	4.6%

※ 자료출처: 한국교통연구원 '전국 교통혼잡비용 산출과 추이 분석 및 한국도로공사

- 따라서, 현재의 차량증가 추세와 혼잡비용 증가 추세 등을 고려한다면 2020년에 예상되는 물동량 수용이 불가능할 것으로 예상됨.
- 철도는 현재 CY 수용능력이 3,101[천TEU]이고 향후 추가 CY를 3-4곳을 확보 중에 있기는 하지만, 실제 증가 예상물동량의 대부분이 부산항·광양항과 수도권(의왕)에 집중되어 있으며, 의왕 CY의 수송능력(1,409[천TEU])만 보더라도 현재의 시설이나 수송시스템 만으로는 수용 불가능한 상태가 예상됨.

2.2.3 공로 및 철도운송의 해결방안

1) 공로 개선방안

- 컨테이너 차량 추가 확보: 한정된 고속도로에 컨테이너 차량을 추가 확보하여 운행함은 현재에도 심각한 고속도로 체증을 증가시킬 수 있고 점차 강화되고 있는 환경오염 문제가 심각히 대두될 수 있음.

- 도로 추가확충 및 확장: 도로 추가확충 및 확장은 많은 토지부지확보를 요하는 만큼 우리나라 국토여건을 고려한다면 쉬운 문제는 아니라고 여겨짐. 뿐만 아니라 부지가 확보되더라도 점차 늘어나는 차량증가로 인하여 육송 증가율 대비 물동량을 모두 소화하는 힘들 것으로 예상됨.
- 또한 철도 운송 증가와 더불어 육로 포화로 인한 철도로의 회유시 기존 철도 운송 시스템에 상당한 부담이 가중될 것으로 예상됨. 따라서, 이를 대비할 수 있도록 육송과 철송을 연계하는 등의 새로운 방식의 운송시스템 개발이 요구됨.

2) 철도 개선방안:

- 터미널 추가 건설 및 수용시설 확대: 육송 증가율을 도로 확충 및 확장으로 감당하지 못할 것에 대비하여 터미널을 확장하거나 추가로 건설하는 것이 필요함. 하지만, 수도권과 부산·광양지역 토지확보에 한계가 있고, 공로부담을 줄이기 위하여 적어도 10,000 천TEU 정도는 철도에서 수용을 해야한다고 본다면, 막연히 터미널만 추가로 확충한다는 것은 큰 의미가 없고 지금보다 개선된 물류체계가 마련되어야함.
- 철도 장대화를 통한 수송량 증대: 이는 현재 건설교통부에서 별도의 TF 팀이 구성되어 검토하고 있으며, 장대화를 위하여도 터미널 확장, 국내 철로 보수 등의 문제가 예상됨.
- 새로운 운송 시스템 도입 또는 개발: 고비용의 항공운송과 시간적 소요 비용이 많은 해운은 고려될 수 없으므로, door to door 및 JIT(just in time)와 같은 기존 철도 운송시스템의 문제점을 개선하기 위한 공로와의 연계 방안이 해법이 될 수 있음.
- 실제로 철도 물량의 증가는 대부분 부산항과 광양항의 물량으로 현재의 시스템으로는 2020년에 늘어나는 물동량을 수용하기 어려움. 따라서, 새로운 방식을 도입하여 보다 효과적인 물류체계구축이 요구됨.
- KTX 전용선로 완공에 따른 기존 복선철로의 활용가능: 2011년 국내의 KTX 전용선로 완공에 따라 기존 경부선에 휴유 배차시간이 발생할 것으로 예상되며, 이를 화물전용선로로 활용가능 할 것으로 예상됨. 현재 건설교통부 주관으로 TF팀을 구성하고 이에 대책마련을 하고 있음.

현행 철도 운행편수		KTX 전용선 완공이후	
열차구분	편 수(편도)	열차구분	편 수(편도)
KTX	38	?	38
새마을호	5	새마을호	5
무궁화호	14	무궁화호	14
화물선	21	화물선	21

※ 자료출처: 철도공사

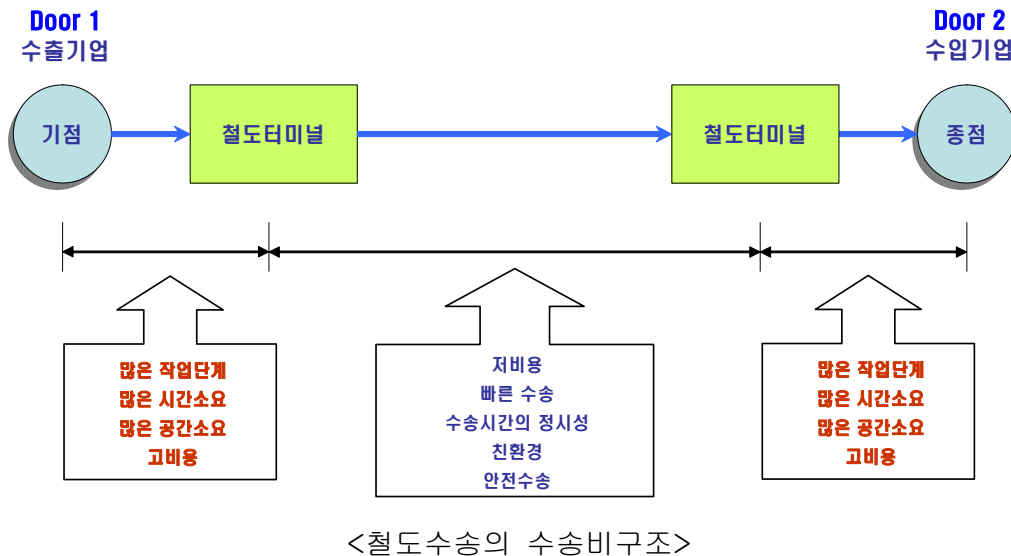
2.2.4 결 언

- 1) 2020년에 컨테이너 수출입 물동량이 현재의 3배인 30,000[천TEU]로 증가가 예상됨. 그 중 공로가 20,000[천TEU], 철도가 약 10,000[천TEU]를 분담해야함.
- 2) 공로의 경우
 - 향후 컨테이너 물동량 증가에 따라 화물차량 증가가 약 3배이상 되면 현재 화물차 분담이 약 7.8%인 점을 감안하여 화물차에 의한 연간 혼잡비용은 1조8천억원에서 5조 4천억원으로 늘어날 것으로 예상됨.
 - 뿐만 아니라 물동량 처리를 위한 차량증가는 사고율 증가와 환경문제 등도 야기시키며, 고속도로 확충이나 추가 도로 건설은 우리나라 국토여건상 많은 제약이 따름.
- 3) 철도의 경우
 - 현재 CY 수용능력이 3,101천TEU이고 향후 추가 CY를 3-4곳을 확보 중에 있기는 하지만 실제 증가 예상물동량의 대부분이 부산항·광양항과 수도권(의왕)에 집중되어 있으며, 의왕 CY의 수송능력(1,409 천TEU)만 보더라도 현재의 시설이나 수송시스템만으로는 수용 불가능한 상태가 예상됨.
 - 국내의 운송 업계 및 화주들은 door to door 및 JIT 서비스가 용이한 육송방식을 선호하고 있음. 철도가 공로 운송부담을 덜기 위해서는 이러한 서비스 지원이 가능한 수송체계 개발이 요구됨.
 - 2011년 KTX 완공에 따른 경부선 휴유배차 시간은 화물전용선로 확충에 많은 도움이 될 것으로 예상됨.
 - 부산항의 동북아 허브화 및 남북철도 개통에 대비하여서도 철도 물류활성화에 대한 필요성이 대두되고 있음.

2.3 새로운 철도운송시스템의 필요성

2.3.1 현재 철도수송의 문제점

- 현재 철도수송은 기점에서 목적지까지의 운송 자체는 빠르고 효율적이거나,
- 기점 Door에서 컨테이너를 철도 화차에 싣기까지 많은 단계를 거치고 있음.
- 도착 후 컨테이너를 내려서 목적지 Door까지의 이송에 단계가 많고 비용이 많음.
- 다음 그림에서 보듯이, 철도수송 전후의 단계 때문에 철도수송의 장점을 살리지 못하고 있음.



2.3.2 기존 철송의 활성화시 예상되는 문제점

- 기존 철송 이용시 가장 대두되는 문제점은 육송에서의 가장 큰 장점인 door to door 서비스가 어렵다는 것이며, 이것은 화주들이 철송 이용을 꺼리는 가장 큰 이유이기도 함.
- 향후 전기기관차로 대체됨에 따라 기관차 상부로 공중가선(Catenary)이 설치됨. 그러므로 크레인 진입 및 작업이 불가능하게 될 것이며, 기존의 수직 양하역 작업이 불가능해짐. 따라서, 수평 양하역 방식 전환이 요구됨.
- 철송의 경우 출발지에서 목적지까지 이루어지는 운송절차가 상당히 복잡함. 출발지의 셔틀비, 출발지 및 도착지까지에서 발생하는 장치장 적재와 철송 직전 대기 및 배열 준비작업을 위한 크레인 또는 스택커 작업이 필요하며, 기타 유통비 등 부수적인 물류비 및 불필요한 시간 소요가 발생함.
- 향후 물동량 증가시, 기존 철도 운송방식을 그대로 사용할 경우 CY 야적장 등 시설 및 부지의 확충과 크레인 등과 같은 장비의 추가가 요구되고, 이는 많은 경제적 자원과 향후 계속적 인력을 요구하므로 현실적으로 적용하기가 어려움 실정임.

2.3.3 DMT(Dual Mode Trailer) 시스템의 필요성

- Door to door 및 JIT의 동시 만족: 철도를 이용하며 door to door를 만족시키기 위해서는 화주로 가는 도로를 결국 이용해야한다는 결론임. 따라서 철도와 도로를 동시에 이용하며 JIT 서비스를 할 수 있는 시스템이 요구됨.
- 운송절차의 간소화: 야적장 확충에 대한 부담이 적어야 하며, 철도와 공로의 연계가 가능하면서도 셔틀 비용, 크레인 또는 스택커 등의 하역 작업에 소요되는 비용, 그리고 절차가 간단한 nonstop 형식의 복합 운송 시스템이 요구됨. 야적장 확충 부담이 적으며, 향후 물동량 증가를 대비하여 자동화 가능성 및 확장성이 높은 시스템이 요구됨.
- 국내 환경에 적합한 시스템: 향후 동북아 물류 허브화 및 북한을 통한 TSR 및 TCR 연계 등으로 인한 물동량 증가 부분에도 대비하여 미래 지향적이면서도 바로 적용이 용이해야 하며, 자동화 가능성 및 확장성이 높은 시스템이 요구됨. 또한, 향후 전차화되는 철도에 대비하여 수직 양하역의 어려움을 해결할 수 있는 방안확보가 요구됨.

III. DMT 시스템 기술성 분석

3.1 국내 철도의 화물 수송 한계

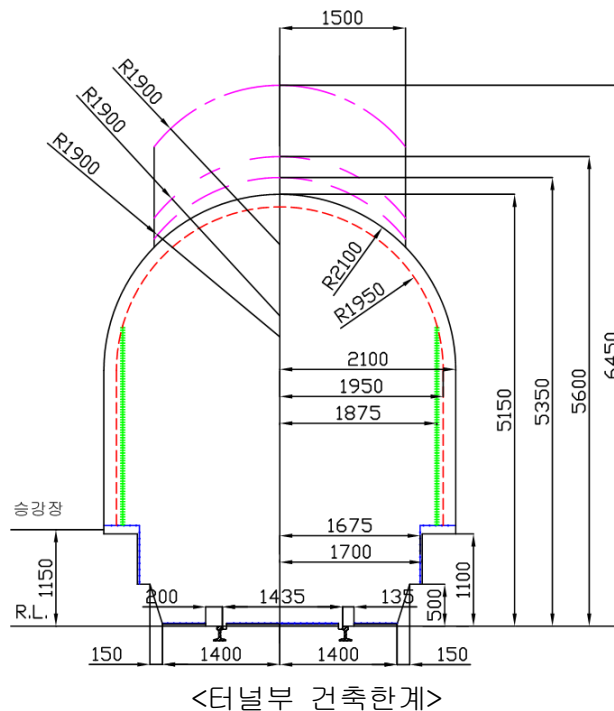
3.1.1 건축한계

◦ 건축한계

- 지상에 있는 건조물 및 시설물과 접촉하지 않도록 설정된 차량 바깥의 한계치수
- 직선구간의 한계 높이: 5,150mm, 한계폭: 4,200mm

※ 실제 한계 높이는 철도차량의 형상을 고려하면 4,700mm를 넘을 수 없도록 되어 있음

- 곡선구간 : $W = \frac{50,000}{R}$ (W는 선로중심에서 좌우측으로의 확대량(mm), R은 곡선반경(m))



	일반의 경우에 대한 건축한계. 다만, 철도를 횡단하는 시설물이 설치되는 구간에는 7,010mm 이상을 확보하여야 한다.
	가공전차선 및 그 현수장치를 제외한 상부에 대한 한계. 이 한계는 교량, 터널, 구름다리 및 그 앞뒤에 있어서 필요한 경우에는 까지, 가설될 교량, 터널, 눈덮개, 구름다리 및 그 앞뒤에 있어서 필요한 경우에는 개수할 때까지 잠정적으로 철도청장의 사전승인을 받은 후 축소할 수 있다.
	측선에서 급수, 급탄, 전차, 계중, 세차 등의 설비 신호주, 전차선로지지주, 차고의 문 및 내부장치 또는 본선(중앙, 태백, 용동, 황지, 고한 각선과 함백선에 한함)에 있어서 기설된 교량, 터널, 구름다리 및 그의 앞뒤에 있어서 부득이한 경우에는 전차선로 지지물에 대한 건축한계를 축소할 수 있는 한계
	선로전환기 표지 등에 대하여 건축한계를 줄일 수 있는 한계
	승강장 및 적하장에 대하여 건축한계를 줄일 수 있는 한계
	타넘기 부분에 대하여 건축한계를 줄일 수 있는 한계(단, a1=a2=70)

3.1.2 차량한계

◦ 정의

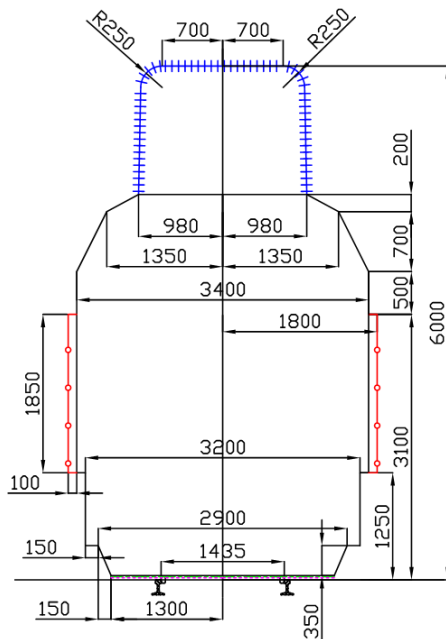
- 차량한계란 차량을 제작하여 안전하게 운행하기 위해 일정한 한계를 정하여 차량의 어떠한 부분도 이 한계를 침범하지 못하도록 규제한 차량단면상의 좌우상하 한계를 말함.

◦ 제한치수

- 차량의 좌우동요, 상하동요 등을 고려해 건축한계와의 간격을 200~300 mm 정도 유지
- 차량의 한계높이는 4,500 mm, 한계폭은 3,400 mm임.

※ 컨테이너수송차량의 한계높이는 4,371 mm임 (컨테이너의 폭이 2,438 mm이므로)

- 평탄, 직선궤도상의 정지상태에서 차량 중심선과 궤도 중심선이 일치한 치수임.



<차량한계>

	일반차량에 대한 구체한계
	전기차의 집진장치를 편 경우에 있어서 옥상장치에 대한 한계
	열차표지에 대한 한계

◦ 차량의 중량한계

- 1-4등급의 선로구간의 종별로 구분됨.
- 2량을 연결하여 1m당 7톤의 등분포 하중을 견인할 수 있음.
- 최대속도에서는 16조의 규정에 의거 만족해야함.
- 축중: 정지시 25톤 이하임.

◦ 차륜경

- 국유철도 규칙 제66wg 1항에 의거 차륜경은 768mm 이상으로 제한됨.
(∴ 미국의 경우 711(28 ")mm T0FC 화차에 사용하고 있음.)

3.2. 국내 철도물류 운송방식 현황

3.2.1 주요화차의 종류 및 규격

◦ 컨테이너형 유개차 (Container Box Car)

구분	자중 (톤)	하중 (톤)	용적 (m ³)	차체길이 (mm)	차체 최대폭 (mm)	차체 최대높이 (mm)	차륜경 (mm)	연결기 높이 (mm)
제원	24.5	50	75	12,500	2,579	3,942	Φ 860	880

◦ 곡물차 (Grain Hopper Car)

구분	자중 (톤)	하중 (톤)	용적 (m ³)	차체길이 (mm)	차체 최대폭 (mm)	차체 최대높이 (mm)	차륜경 (mm)	연결기 높이 (mm)
제원	23.3	42	61	13,040	3,000	3,942	Φ 860	880

◦ 일반유조차 (General Service Tank Car)

구분	자중 (톤)	하중 (톤)	용적 (m ³)	차체길이 (mm)	차체 최대폭 (mm)	차체 최대높이 (mm)	차륜경 (mm)	연결기 높이 (mm)
제원	21.0	51	54	11,090	2,936	4,446	Φ 860	880

◦ 냉동컨테이너차 (Refrigerated Container Carrier Car)

구분	자중 (톤)	하중 (톤)	용적 (m ³)	차체길이 (mm)	차체 최대폭 (mm)	차체 최대높이 (mm)	차륜경 (mm)	연결기 높이 (mm)
제원	19.5	48	75	12,590	2,579	3,949	Φ 860	880

◦ 컨테이너수송차(Container Carrier Car) (또는 평판화차)

차호대	자중 (톤)	하중 (톤)	용적 (m ³)	차체길이 (mm)	차체 최대폭 (mm)	차체 최대높이 (mm)	차륜경 (mm)	연결기 높이 (mm)
70101~ 70300	17.5	50	-	12,500	2,332	1,065	Φ 860	880
975001 ~ 975050	20.7	56.5	-	18,660	2,579	1,065	Φ 860	880
770001 ~ 770075	22.0	54.5	-	18,660	2,579	1,065	Φ 860	880

3.2.2 컨테이너 및 트레일러의 규격

◦ 철도공사용 컨테이너 종류별 규격

종류	규격 (mm)			용적 (m ³)	적재중량 (kg)	자중 (ton)	비고
	높이	폭	길이				
20ft	2,438	2,438	6,058	30	-	2.3 ~ 2.5	해상용
20ft	2,591	2,438	6,058	33	24,000		해상용
20ft	2,591	2,438	6,058	31	20,320		국내용
40ft	2,438	2,438	12.192	62	30,480	3.8 ~ 4.5	해상용
40ft	2,591	2,438	12.192	66	37,800		해상용
45ft	2,591	2,438	13.716	77	48,000	4.5 ~ 4.7	해상용

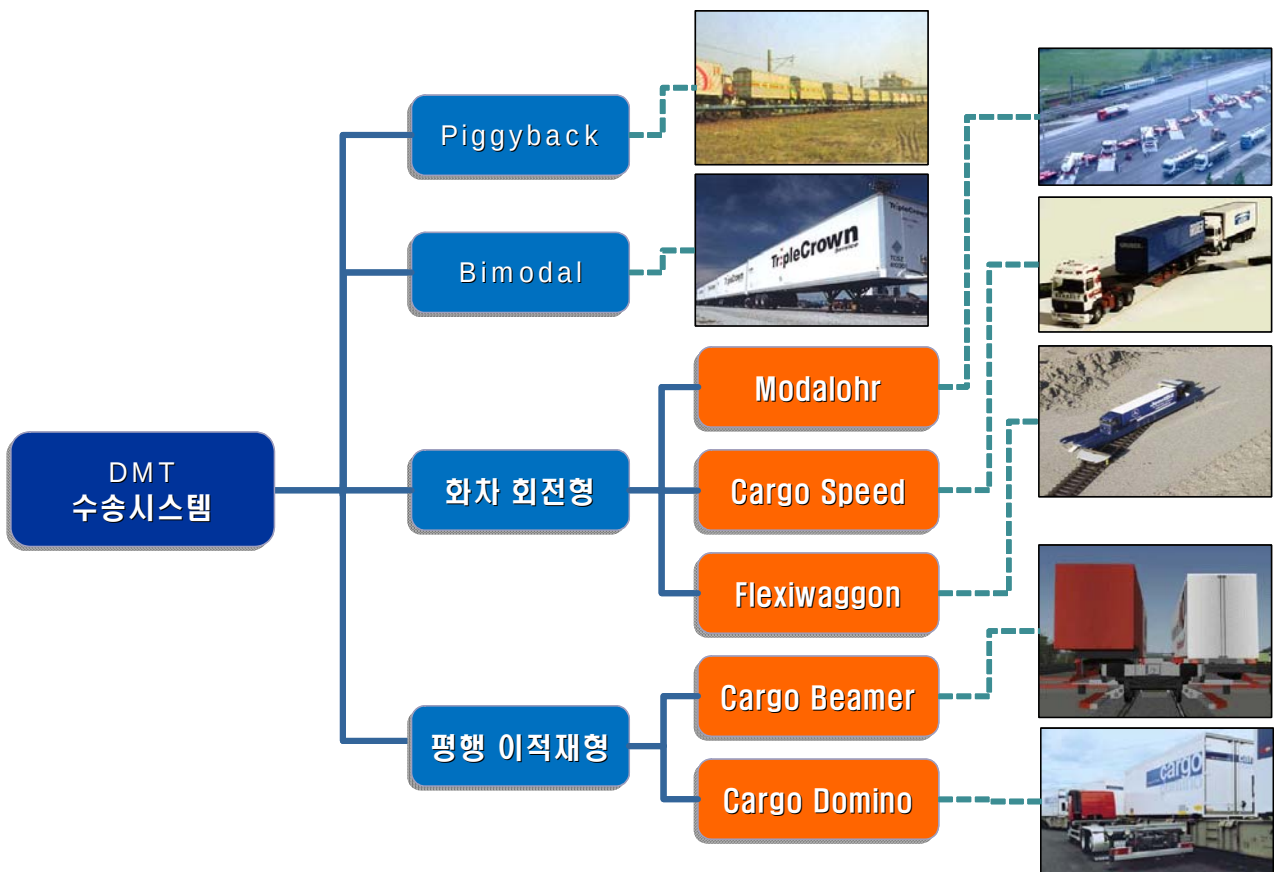
◦ 국내 트레일러의 제원

형식	평판트레일러	컴비네이션	구즈넥	로우베드
전장 (mm)	12,430	7,215 ~ 12,415	9,170 ~ 12,590	11,800 ~ 12,120
전폭 (mm)	2,490	2,260 ~ 2,460	2,410 ~ 2,460	2,490
전고 (mm)	1,500	1,470	1,640 ~ 1,700	1,570
상면지상고 (mm)	1,410	1,355 ~ 1,380	1,225 ~ 1,230	600 ~ 700
차량 중량 (kg)	6,100	3,500 ~ 5,900	3,450 ~ 4,950	6,700 ~ 8,000
최대적재량 (ton)	24~26	24 ~ 26	26 ~ 27.5	23 ~ 24
주 용 도	컨테이너	컨테이너	컨테이너	특수장비

3.3 기존 수송시스템과 DMT 수송시스템의 기술적 검토

◦ DMT 시스템의 분류

- 본 기획과제에서 고려한 DMT 시스템 후보는 크게 기존 방식에서 출발하여 네 종류에 대하여 기술적 검토를 수행하였음.
- 그 네 종류는 첫째 피기백(Piggyback), 둘째 바이모달(Bimodal), 셋째 화차 회전형, 마지막으로 평행 이적재형으로 분류하였으며, 화차 회전형에는 모달로(Modalohr), 카고스피드(Cargo Speed), 플렉시웨건(Flexiwaggon)으로 다시 분류할 수 있고, 평행 이적재형에는 카고비머(Cargo Beamer)와 카고도미노(Cargo Domino)로 세부적 분류하여 기술적 검토를 수행하였음.



<DMT 수송 시스템의 종류>

3.3.1 기존 철도수송 시스템

◦ 작업방식

- RMGC 또는 리치스태커를 사용하여 컨테이너의 양하역 작업을 수행함.
- 평판화차에 컨테이너만 장착하여 운행함.



<기존 철도수송 시스템>

◦ 평판화차에 컨테이너를 적재운행시 차량한계 검토

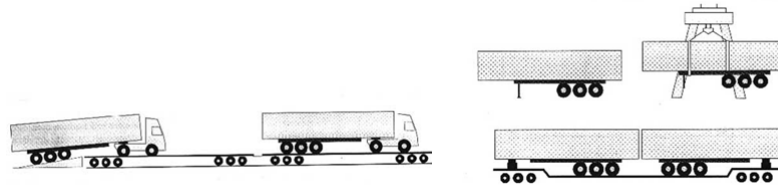
평판화차 높이 (mm)	트레일러 높이 (mm)	컨테이너 높이 (mm)	총 높이 (mm)	높이제한 (mm)	1m당 분포하중 (ton/m)	무게제한 (ton/m)
1,065	-	2,438	3,503	4,371	3.838	7.0
	-	2,591	3,656		4.424	

※ 컨테이너의 크기와 관계없이 국내 차량한계를 만족함

3.3.2 피기백(Piggyback) 수송시스템

◦ 시스템 특징

- 트럭 또는 컨테이너를 화차에 양·하역하여 수송하는 시스템으로서 T0FC(Trailer On Flat Car)방식으로도 불림.
- 적재방식에 따라서 수평식과 수직식으로 나뉘며, 수평식은 일반 평판화차를 수직식은 저상화차를 사용하여 운행함.
- 수평식은 하역장비가 필요 없지만, 수직식은 전용 크레인이 필요함.



(a) 평판화차

(b) 저상화차

<Piggyback 방식>

◦ 운영사례

① 미국

- Santa Fe 철도가 개발한 T0FC화차 「10-PACK fuel foiler」가 시조임.
- 1유닛 10량의 연접저상차식이며, 동력비 절감을 목표로 다른 나라에 비해 고강도, 고강성의 최경량설계의 장점을 보유함.
- 40ft 또는 45ft 트레일러를 100대 수송하며, 하역은 오버헤드크레인에 의한 수직하역으로 이루어지고 있음.

② 유럽

- 차량한계가 작은 프랑스 및 독일 등 유럽의 철도는 통상 트레일러를 적재하는 것 같이, 특수한 화차를 개발하여 Piggyback을 실용화해왔음.
- 1964년 프랑스국철은 트레일러의 차륜을 화차의 내측에 넣는 것 같은 포켓을 가진 화차를 개발하여, 켑거루방식이라 하여 독자적인 피기백수송을 개시하였음.
- 당초는 포켓을 상하 가동식으로 하여 전용의 견인차에 의한 roll-on roll-off 방식으로 적재하였지만 현재는 포켓을 모두 고정식으로 하여 대형의 문형크레인 또는 자주식 리치스택커에 의한 수직하역식으로 적재하고 있음.
- 화차의 포켓상면의 높이는 레일상 350mm까지 낮추고, 높이 3.8m, 길이 12.5m, 폭 2.5m, 총중량 44톤의 트레일러를 적재하는데, 총중량은 도로주행시의 40톤에 4톤(10%)이 더해져 철도이용의 우위성을 나타내고 있음.
- 최근의 화차는 포켓상면을 100mm 더 낮추어 높이 3.9m의 트레일러의 적재를 가능하게 하고 있고, 이 켑거루방식은 프랑스, 독일, 이탈리아, 오스트리아 등의 국제간 수송에 더 많이 이용되고 있음.
- 프랑스의 켑거루방식에 대하여 독일연방철도는 상면높이를 레일면에서 450mm로 한 초저상식의 화차를 Talbot사와 공동개발하여 중량 38톤, 높이 4m의 대형 폴트레일러트럭에 의한 피기백수송도 가능케 하였음.

- 이 방식은 「움직이는 국도」로 불리며, 독일내 10개소의 전용터미널로부터 이탈리아, 오스트리아, 스위스 등 국제수송루트에 운행되고 있음.
- 또한 고속도로의 교통량 삭감, 환경보전을 위해, 이를 이용하는 도로운송사업자에게는 세제상의 우대조치가 있으며, 또 트럭운전자에게 행선지에서의 운전예 대비하여 열차의 후부 또는 전부에 간이 주방설비를 가진 침대차를 연결 운행하고 있고, 편성은 최대 25량, 최고속도는 100km/h임.

③ 일본

- 1986년 일본국철에서 적용됨.
- 이용량은 도입후 5개년간 3백배 증가됨.
- 이와 같은 이용률의 증가는 트럭운행의 3가지 경비(인건비, 연료비, 수리비)의 감축의 효과로 인해, 도착후 하역상의 시간절약 및 행선지별 분류작업이 필요없이 그대로 최종 목적지까지 배송할 수 있음으로써 터미널 비용을 절약할 수 있었음.
- 특히, 관련 인력부족난을 겪고 있는 일본의 경우, 도로체증과 관련해서 향후에도 그 이용률이 증가될 것으로 예측하고 있음.
- 석유 탱크로리(Tank Lorry)의 피기백 수송도 증가하고 있으며, 이는 철도를 이용한 탱크로리 1대분이 트럭 탱크로리 40대분을 수송할 수 있다는데 그 인기가 있음.
- 일본의 피기백 수송이 급진전하게 된 것은 민영화후 JR화물의 전략적 시책의 하나로 볼 수 있음.



<일본의 저상식 Piggyback>

◦ 나라별 화차의 제원

항 목	일 본	독 일	프 랑 스	미 국
궤간(mm)	1,067	1,435	1,435	1,435
자중(톤)	21.4	17	16.5	11.5
하중(톤)	40.6	40	35	30
축중(톤)	15.5	7.1	12.9	20.8
축배치	2축대차 × 2	4축대차 × 2	2축대차 × 2	2축차량
차량최대길이(m)	20.7	19.4	16.4	15.4
상면높이(mm)	970/700	410	338	700
차륜직경(mm)	350/610	360	760	711
수송가능차량	10톤/4톤 트럭	트레일러 (높이 4,000)	트레일러	트레일러

◦ 평판화차(국내)에 컨테이너를 실은 트레일러를 적재 운행시 차량한계 검토

평판화차 높이 (mm)	트레일러 높이 (mm)	컨테이너 높이 (mm)	총 높이 (mm)	높이제한 (mm)	1m당 분포하중 (ton/m)	무게제한 (ton/m)
1,065	1,225	2,438	4,728	4,371	4.114	7.0
	1,410	2,591	5,066		4.912	

※ 컨테이너의 크기와 관계없이 국내 차량한계의 한계높이를 초과함

◦ 저상화차(프랑스)에 컨테이너를 실은 트레일러를 적재 운행시 차량한계 검토

평판화차 높이 (mm)	트레일러 높이 (mm)	컨테이너 높이 (mm)	총 높이 (mm)	높이제한 (mm)	1m당 분포하중 (ton/m)	무게제한 (ton/m)
338	1,225	2,438	4,001	4,371	4.034	7.0
	1,410	2,591	4,339		4.832	

※ 저상화차 중 가장 낮은 높이를 갖는 프랑스의 화차를 채택하였을 경우 국내 차량한계의 한계높이를 만족함

◦ 장단점

- 기존 평판 화차를 크게 개조하지 않고도 적용할 수 있음.
- 컨테이너 및 트레일러 외에도 택배화물 및 이사화물을 적재한 집배송용 4톤 트럭을 화물터미널역에서 그대로 전용화차에 적재하여 직송 가능함.
- 특히 최근 일본에서는 인건비, 연료비, 차량유지비, 화물차량터미널 등 수송비절감과 대도시권을 중심으로 하여 심화되는 도로체증 및 환경오염방지에 일조하는 것으로 평가되고 있음.
- 트레일러를 양·하역할 수 있는 대형 리프트카인 Piggy-packer가 부수적으로 요구됨.

◦ 결언

- Ro-Ro 시스템 적용 시 큰 효과를 기대할 수 없음.
- 대형 양·하역기계가 요구되어, 각 화차별 하역시간을 고려하면 전체 하역시간이 느리다고 할 수 있음.
- 수평 이적재 시 이러한 시간을 단축시킬 수는 있으나, 개별 화차에 대한 양·하역시 수직 하역할 수밖에 없는 문제가 있음.
- 운영비(중), 시설 투자비(소), 유지 보수비(중), 물류비(중), 하역시간(중)로 분석이 됨.

3.3.3 바이모달(Bi-modal) 수송시스템

◦ 시스템 특징

- 기존 철도의 Door to Door를 가능하게 하기 위하여 선로 및 도로를 모두 주행할 수 있도록 설계된 양용방식의 수송시스템임.
- 미국에서 개발되었으며, 철도/도로겸용 차량운송(Bimodal System: Roadrailer)으로 철도에서는 화차로, 도로에서는 트레일러의 기능을 함.

◦ 제원

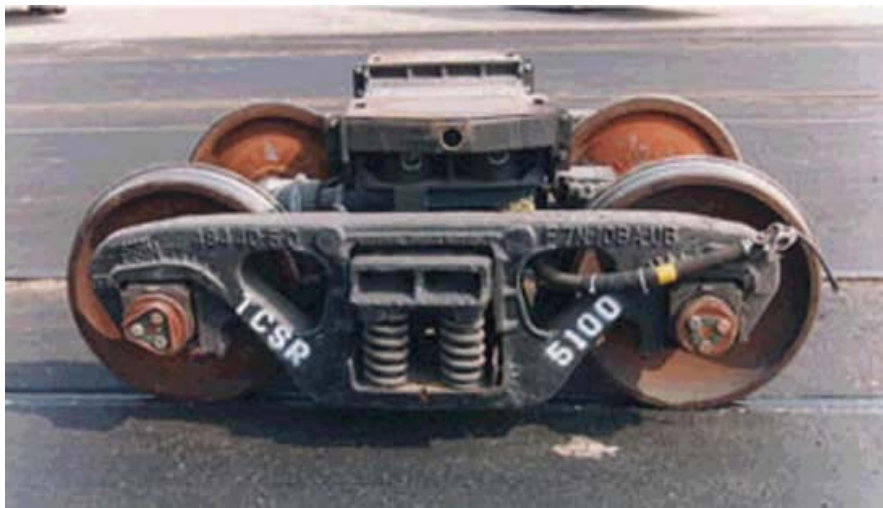
구분	규격
길이(Overall Length)	53'
높이(Overall Height)	13'6"
폭원(Overall Width)	102-3/8"
내부길이(Inside Length)	52'5-1/2"
내부높이	앞 110", 뒤 112-1/4"
내부 폭원(Inside Width)	101-1/4"
용적(Cubic Capacity)	4,066 cu.ft.



<철도를 위해 Bogie가 설치된 Bimodal>



<철도수송을 위해 연결된 Bimodal>



<Bimodal에 이용되는 Bogie>



<Roadra iler>

- 리프트를 갖는 보기(Bogie)에 컨테이너를 실은 트레일러를 적재 운행시 차량한계 검토

리프트 높이 (mm)	트레일러 높이 (mm)	컨테이너 높이 (mm)	총 높이 (mm)	높이제한 (mm)	1m당 분포하중 (ton/m)	무게제한 (ton/m)
max. 200	1,225	2,438	3,863	4,371	3.354	7.0
	1,410	2,591	4,201		4.152	

※ 컨테이너의 크기와 관계없이 국내 차량한계 중 높이한계를 만족함

◦ 운영사례 (미국)

- 1988년 2월에 Union Pacific 철도회사에서 달라스~시카고간 1500km를 26시간 서비스 (평균시속58km), 주 5일 운전의 실용운전으로 개시하였음.
- 1열차의 편성은 48ft 트레일러 75량 연결, 견인중량 약 2500톤, 열차의 전장은 약 1100m였음.
- 미국 Conrail사가 Buffalo시와 New York시 사이를 운행한 결과에 의하면 운행비용이 단거리구간에서는 15%가 절감되었고, 2,000마일 구간에서는 19~21%나 절감된 것으로 나타났다.
- Roadrailer 시스템에 대한 연구결과에 의하면 장거리 간선수송에서는 이단적열차서비스가 가장 경제적인 운송수단이 될 수 있으나 터널 및 중량의 문제가 대두되는데 반해,
- 수송거리가 짧거나 철도터미널로부터 2차적 수송이 필요한 네트워크운송의 경우에는 Roadrailer가 가장 비용 효과적인 운송수단으로 평가되고 있음.
- Bimodal시스템은 General Motors와 같은 대규모 제조업체들이 부품의 즉시 조달체제와 연계하여 이용함으로써 보급이 확산되고 있으며, 미국뿐만 아니라 호주, 뉴질랜드, 영국, 독일, 프랑스, 스페인, 덴마크, 그리스 등에서도 도입되어 운영 중에 있음.

◦ 장단점

- 터미널용 및 트레일러 견인료가 거의 발생하지 않는 장점이 있음.
- 철도 및 전용 터미널에서 대형 하역기계가 필요 없음.
- 트럭의 연료 및 Piggyback 시스템과는 달리 화차차대가 없어 비용절감의 효과가 있음.
- 중량, 가격, 수송비용면에서는 Piggyback보다 나은 것으로 분석됨.
- Bimodal 전용 트레일러는 열차로 편성될 경우, 트레일러 간 견고한 견인력이 필수적이므로 보다 견고하게 제작되어야 하는 조건이 있음.
- 따라서 전용 트레일러 대당 가격이 고가임.
- Mode(Road/Rail) 변경시 시간이 타 종류에 비해 더 걸리는 단점이 있음.

◦ 결론

- Mode 변환시 요구되는 분리 절차와 시간 소요로 인해 초고속 수송을 위한 Ro-Ro 시스템 적용시 큰 효과를 기대할 수 없음.
- 운영비(중), 시설 투자비(중), 유지 보수비(중), 물류비(소), 하역시간(중·대)

3.3.4 화차 회전 이·적재형 수송시스템

3.3.4.1 모달로(Modalohr) 수송시스템

◦ 시스템 특징

- 기계적 접합구조의 형태를 지니므로 기존 시스템에 비해 보다 높은 신뢰성을 가짐.
- 이송차량은 회전시스템이나 실린더가 불필요하며 아주 간단한 기계적 조립이 가능하며 또한 유지보수가 용이 하며 경제적임.
- DMT 차량은 오프닝 시스템 방식을 갖는 이송차량 또한 터미널 장비의 일부분으로서, 터미널 내에 고정으로 장착이 가능함.
- 기존보다 더 많은 이송차량을 터미널에 적용하여 경제적 이익을 극대화함.
- 터미널 내의 정비기지에서 유지보수가 이루어지므로 시스템 관리 차원에서도 효율적임
- 컨테이너와 유사하지만, 보다 경량구조이며 제작비가 저렴하여 복합수송에 적합한 unit load에 적합함.



<Modalohr 시스템의 개략도>

◦ 시스템 주요 자원(resources)

① 터미널의 그라운드 시스템

- 오프닝 구조로서 신뢰성(reliability) 높은 물류 처리가 가능함.
- 이송차량의 상태를 전문가의 모니터링에 의해 운행됨.
- 유압시스템으로 작동하므로 높은 효율의 제어시스템 구축이 가능함.



<Modalohr의 그라운드 시스템의 실제모습>

② Modalohr DMT 터미널

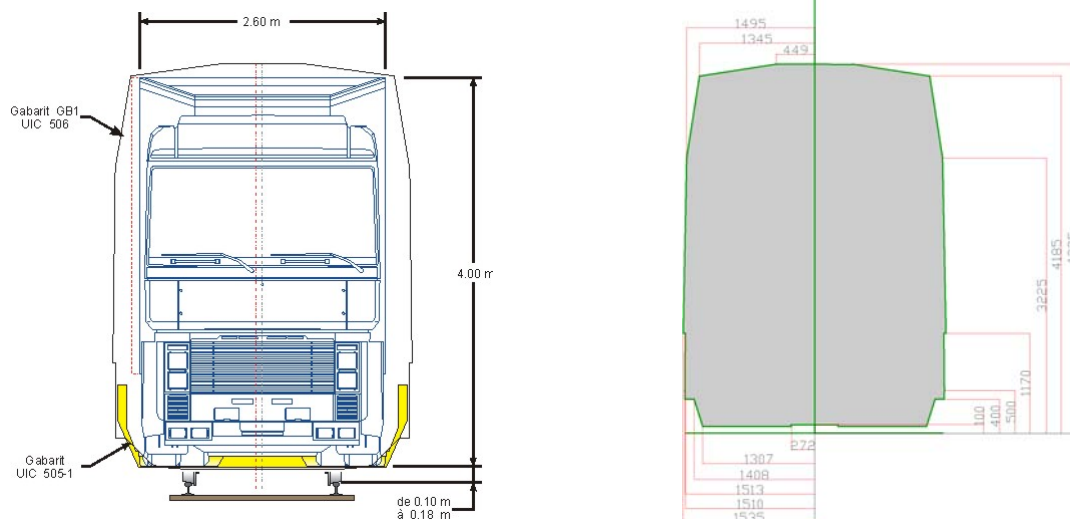
- 트래픽의 상태에 기반한 3가지 형태의 터미널이 구현됨.
- Type 1 터미널 : 고 효율 성능을 위한 터미널로서 아주 빠른 물동량의 처리를 목적으로 하며 최소 30분내에 양하적이 가능함.
- 타입 2/3 터미널 : 저비용 구축을 목적으로 하며 소규모의 형태로서 물동량 처리가 적은 곳에 설치. 기존의 Intermodal 터미널과 시스템 연동이 가능함.



<Modalohr 터미널의 실제모습>

③ Modalohr 열차시스템

- 기관차를 제외한 화차의 운송용량 : 42개의 semi-remorques 선적 가능함.
- 최대 29대의 full-set 트럭 선적가능(트랙터 + semi-remorques)
- 35개의 혼합 차량선적(full-set 트럭 50% + semi-remorques 50%)
- 최대 화차 중량(기관차제외) : 880 ton
- 최대 유로 하중 : 1,575 ton



<Modalohr 화차의 겉면도>

③ 웨건(Wagon)의 제원

- Length of a double wagon : 33.33 m
- Tare weight of a double wagon : 41.5 ton

- Distance between end frame bogie pivot points : 14.40 m
- Maximum speed at maximum load : 120 km/h



<Double wagon>

◦ 전용대차에 컨테이너를 실은 트레일러를 적재 운행시 차량한계 검토

회전화차 높이 (mm)	트레일러 높이 (mm)	컨테이너 높이 (mm)	총 높이 (mm)	높이제한 (mm)	1m당 분포하중 (ton/m)	무게제한 (ton/m)
226	1,225	2,438	3,889	4,371	3.314	7.0
	1,410	2,591	4,227		3.918	

※ 컨테이너의 크기와 관계없이 국내 차량한계를 만족함

※ 국내에서 사용되는 트레일러 샴시의 폭은 큰 차이가 없으므로 적재에 문제가 없으며, 길이는 20ft용에서 45ft용까지 다양하지만 샴시의 킹핀(King pin)을 결속하는 방식을 사용하므로 문제가 되지 않습니다. 그리고 킹핀을 결속하는 장치가 +40 mm까지 높이방향으로 가변 시킬 수 있으므로 트레일러 샴시의 높이와 관계없이 고정 가능성이 가능함.

◦ 운영사례

① 프랑스

- 2007년 Perpignan과 Luxembourg의 남과 북을 연결하는 DMT 기반 화물 운송 철도가 open 예정임.
- 2088년에는 프랑스와 스페인 개통 예정임.

② 이탈리아

- 프랑스와 이탈리아 간의 Modalohr 운송시스템의 시험 운행 중임.
- semi-trailer 시스템 방식을 채택하며 이탈리아로부터의 화물을 프랑스, 독일까지 운송 가능함.

③ 오스트리아

- 현재 Vienna와 Regensburg 간의 운행을 연구 중임.
- 헝가리 또는 독일의 북쪽과 이탈리아로 가는 물류에 대한 Hub 역할을 함.

④ 독일

- 발틱 해(Baltic Sea)를 연결하는 다양한 연구가 현재 활발히 진행 중임.
- 향후 폴란드, 헝가리, 이탈리아, 프랑스, 스페인을 연결하는 거점으로 대두됨.

⑤ 폴란드

- 2009년 완공예정이며 수 만대의 semi-trailer가 운행될 것으로 기대됨.
- 발틱 해로부터의 화물을 바르샤바(폴란드 수도)를 거쳐 독일로 가는 주요 루트로 예상됨.

◦ 장단점

- 기존의 트레일러 시스템보다 낮은 차체를 구현하여 조립이 용이하며 이에 따른 생산성 단가를 낮춤.
- 관절형(articulate) Wagon 형태를 가지며 수리 및 유지보수가 용이함.
- 신속하고 안전한 이동이 가능하며 운행 시 발생하는 사고 및 화물의 손상을 최소화함.
- 기존 트레일러 및 운송방식보다 경제적이며 시스템의 운영방식에 있어 매우 효율적임.
- 도로와 철도를 연결하는 세미 트레일러(semi-trailer) 방식으로 공로 시스템의 구현이 가능함.
- 현재 적용사례가 많지 않아 기술력 확보 및 관련기술 정보가 많지 않음.
- 차체구조가 기존의 방식과 달리 트레일러 시스템을 다시 설계해야 하는 경우도 있음.
- 현재 표준화가 되어 있지 않아 국가 간의 연동방안이 요구됨.

◦ 결론

- 현재 시험 및 연구 단계 수준에 있으나 미래형 운송방식으로 고려할 수 있음.
- 운영비용 및 유지보수 면에서 기존의 것보다 매우 경제적이며,
- 물류 처리 시간 및 방법면에서도 매우 효율적인 미래 지향적인 시스템이라 할 수 있음.
- 아직 적용사례가 많지 않지만 지금 도입단계에서 기술력을 확보로 인해,
- 미래 기술경쟁력의 우위를 가름할 국가기간기술임.

3.3.4.2 플렉시웨건(Flexiwaggon) 시스템

◦ 시스템 특징

- 모달로와 유사히 화차의 일부분이 회전하여 트럭 자체를 이·적재하는 방식임.
- 화차는 앞부분의 대차와 가이드를 따라 분리되며, 뒷부분의 화차를 축으로 회전하도록 되어 있음.
- 회전된 화차에서 도로방향으로 가이드가 나와 화차를 지지하여 회전시킴.
- 회전된 화차의 받침대가 아래 방향으로 돌출하여 화차전체를 지지함.
- 화차에서 도어 개방 및 가이드가 내려와 트럭 진입 및 반출 중 한 가지를 수행함.



<플렉시웨건에 트럭 진입 및 반출 장면>



<기존 단방향 회전식>



<양쪽 가이드를 이용한 수평 돌출식>



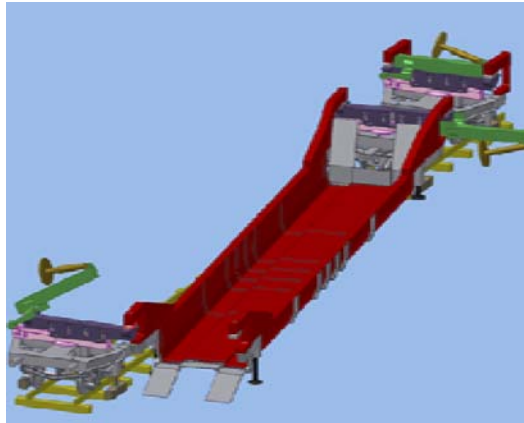
<중양 회전식>

◦ 시스템 구성

- 화차에는 유압구동식 가이드와 가이드를 받칠 수 있는 유압 받침대, 그리고 화차 회전

을 위한 축으로 이루어져 있음.

- 회전 화차에는 회전 후 유압으로 동작되는 화차 받침대와 트럭진입을 위한 가이드가 올라고 내릴 수 있는 구조로 되어 있으며, 화차 회전을 위한 구동장치와 고정을 위한 장치가 장착되어 있음.



<플렉시웨건의 구성 요소들>

◦ 운영사례

스웨덴 Flexiwaggon AB에서 개발 중이며, 현재 상용화되지는 않았음.

◦ 장단점

- 터미널이 없어도 이적재가 가능하도록 개발 중이나, 이를 위해서 화차에 여러 부수적 장치가 요구되며, 기계 구조적으로 안전하지 못한 단점이 있음. 따라서, 유지보수 비용이 많이 듦.
- 단방향 회전식의 경우, 이적재가 동시에 이루어질 수 없음.
- 이후 개발되고 있는 두 가이드를 이용한 수평형 돌출식은 더욱 구조가 복잡하여 안전적으로 문제가 예상되며, 트럭 대기 및 터미널 내부 동선이 더 많이 요구됨.
- 모달로와 같이 중앙 회전식으로 바뀐 차후 버전은 동시 이적재를 가능하도록 보완하였지만, 구조적 문제 해결되지 않았음.

◦ 결론

- 개발 중인 미검증 시스템이며, 전용 터미널이 없어도 되는 것을 장점으로 부각시키고 있지만 기존 터미널만큼의 부지는 요구됨. 전용 터미널 건설 대비 화차가 너무 복잡해지며, 구조적으로 불안정하여 유지보수 비용이 많이 들것으로 사료됨. 따라서, 개발할 경우에 기간적으로나 비용적 측면에서 모달로에 비해 나쁘다고 할 수 있음.

3.3.4.3 카고스피드(Cargo Speed) 시스템

◦ 시스템 특징 및 구성요소

- 모달로와 유사하나 카고스피드의 요소는 화차와 내부 프레임인 Wellfloor, 그리고 회전을 위한 Pop-Up 장치로 구분되며, 화차 회전을 선로 내부 깊숙이 설치된 거대한 유압식 Pop-Up 장치를 이용하며, 대차와 화차 외부 프레임은 고정되어 있으나 내부 프레임은 분리되어 Pop-Up 장치와 결합 및 분리될 수 있는 구조임.



(a) Wagon



(b) Wellfloor



(c) Pop-Up

<카고스피드(Cargo Speed) 구성요소>

◦ 시스템 동작 특성

- 동시에 양하역을 위하여 터미널 한쪽은 트럭(트랙터)만 다른 쪽은 화물을 실은 트럭이 대기함.
- 기차가 도착(허용오차 70cm 이내 진입)하여 전체 위치 조절 후 Pop-Up 장치가 상승하여 Wellfloor와 결합함.(그림 a 참조)
- 결합된 Pop-Up은 상승하여 화차 외부 프레임과 내부 Wellfloor를 분리시킴.(그림 b 참조)
- Pop-Up이 회전하여 트럭은 트레일러와 결합하여 이체하고, 대기하던 트럭이 진입하여 적재한 후, 트랙터는 분리됨. 이전 작업을 반대로 수행하여 기차는 출발함.(그림 c 참조)



(a) 도착



(b) Pop-Up 장치 상승



(c) Wellfloor 회전 및 이·적재

<카고스피드 동작특성>

◦ 운영사례

- 영국 Cargospeed International Ltd에서 개발되었으나, 아직 터미널이나 기술적으로 미완성 상태임.

◦ 장단점

- 기존 트레일러 방식을 그대로 사용할 수 있음.
- 화차의 구조가 다소 모달로에 비해 단순하나, 화차와 Wellfloor 간 고정되지 않으며, 트레일러 또한 Wellfloor에 고정되지 않아 안전성면에서 모달로에 비해 떨어짐. 선로 내부에 유압식으로 구동되는 거대한 Pop-Up 장치가 요구됨.

◦ 결언

- 운영은 모달로와 유사하며, 구조적으로 모달로보다는 간단하지만, 아직 검증되지 않은 시스템인 것이 단점임.
- 화차 개발에는 무리가 없으나, Pop-Up 장치 개발과 터미널 공사시 Pop-Up 장치를 위해 깊은 공사가 요구됨.
- 더불어 선로를 양쪽 트럭 구간보다 낮게 건설해야 되는 등 전체적으로 개발, 유지보수 및 운용측면에서 모달로와 유사하지만, 터미널 건설비용이 많이 드는 것이 단점임.

3.3.5 수평 이·적재형 수송시스템

2.3.5.1 카고비머(Cargo Beamer) 시스템

◦ 시스템 특징

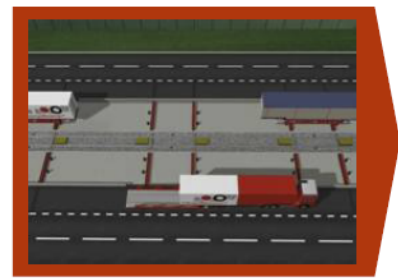
- 터미널 도로에 수평으로 이동할 수 있는 버킷(Bucket)과 구동장치가 각각 설치되어 있고, 버킷에 트레일러가 진입하여 이적재한 후, 버킷은 수평으로 이동하여 선로까지 이동함. 반출의 경우 반대의 순서로 구동됨. (그림 a, b, c 순서 참조)
- 트럭을 위한 도로에서 선로까지 별도의 수평 이동 장치가 요구되며, 선로 부분에서도 버킷을 이동시키기 위해 별도의 이동장치 설치되어 상승 및 하강 운동을 이용해 중심부까지 버킷을 위치시킴. 이적재가 동시에 이루어 질 수 있음. (그림 d, e, f 참조)



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

<카고비머 동작 특성>



basic waggon +
loading platform =

"JetModule"

<카고비머의 Wagon>

◦ 운영사례

- CargoBeameer AG에서 2004년 개념 설계 완료하여 현재까지 개발 중이며, 2009년 상용화를 목표로 진행되고 있음.

◦ 장단점

- 수평이동식으로 병렬 적재가 가능하지만, 상당한 터미널 공사비가 요구됨. 버킷을 이용하지만, 이와 화차와의 결합 구조로 인해 구조가 복잡하고 수평 이동 장치 설치 등으로 인해 터미널 공사비가 많이 요구됨.

◦ 결언

- 이적재를 1회 동시에 수행하기 위해서는 트럭이 양쪽 도로편에 화차길이에 맞춰 순차적으로 진입하는 수밖에 없다. 그렇지 않으면 역순으로 또는 이적재를 따로 하여야 하므로 병렬작업이지만 2회의 작업이 필요함.
- 현재까지 검증되지 않았으며, 시스템 특성상 개발기간 및 시설비 등 터미널 공사비가 많이 드는 단점이 있음.

3.3.5.2 카고도미도(Cargo Domino) 시스템

◦ 시스템 특징

- 스왑 바디형식의 카세트(Cassette) 장치가 요구되며 이를 수평으로 이동시킬 수 있는 장치가 요구됨. 이는 트레일러 샤시 및 화차에 모두 설치되어야 함.
- 트럭은 화차 측면에 정차하게 됨.
- 롤러형식의 컨베이어 장치 및 스왑바디형식의 장치가 요구되며, 적용을 위해서는 트레일러 구조 전체 변경 및 추가 장치 부착 등이 요구됨.
- 차량이 직접 탑재하지 않기 때문에 터널 및 운송한계에는 저촉되지 않음.



<카고도미노 이적재 장면>



<카세트와 롤러를 이용한 수평 이동장치 부분>

◦ 운영사례

- 스위스 SBB Cargo에서 개발되었으며, 2002년부터 운영되고 있음.

◦ 장단점

- 수평으로 이적재방식으로 병렬 및 개별 이적재가 가능하나, 트럭의 완전 수평 정차로 인해 트럭 주차 및 동선에 한계가 발생함. 따라서, 카고비머와 마찬가지로 기차 진입시 전체 화물 동시 이적재를 위해서는 트럭이 순차적으로 진입해야 하며, 그렇지 못할 경우 격순으로 2회 이상의 이적재 시간이 요구된다고 할 수 있음.

◦ 결언

- 카고도미노 적용을 위해서는 터미널은 기존 방식을 이용할 수 있지만 화차를 모두 바꿔야 하며, 트레일러 구조를 모두 본 시스템에 맞도록 다시 개발하여 적용하여야 하는 단점이 있음.

3.4 DMT(Dual Mode Trailer) 수송시스템의 검토결과 및 고찰

3.4.1 시스템간 특성 비교

3.4.1.1 피기백(Piggyback) 수송시스템

◦ 기술적 검토

- 수평하역식(기존평판화차)과 수직하역식(저상화차)으로 나눌 수 있으며, 수평하역식은 국내 차량한계를 벗어나며, 수직하역식도 가장 낮은 대차높이를 갖는 프랑스의 대차를 채택한다 하더라도 높이가 거의 차량한계에 도달하여 적용시 어려움이 있음.
- 기술적으로 볼 때 국내에 수직하역식 피기백시스템을 적용하기 위해서는 트레일러 샴시를 현행 1.4m에서 유럽과 같이 1.2m이하로 낮게 제작을 하여야 함. 또한, 전체 대차를 새로 제작해야 하는 문제가 발생함.
- 따라서 국내에 피기백 시스템을 적용하기 위해 기술적 및 비용적 이점이 없는 것으로 사료됨.

◦ 구동방식 검토

- 수직하역식이라도 국내에 적용했을 경우 [컨테이너+트레일러 샴시]를 같이 양하역 할 수 있는 크레인도 추가로 개발 제작하여 공급되어야 함.
- 이렇게 크레인을 이용하여 작업을 수행할 경우 기존 **철송장에서 처리하는 것보다 시간 이 더 많이 소요**되므로 이득이 없어 보임.
- 이 경우 기존 철송장에서 크레인 또는 리치스태커를 사용하여 컨테이너를 양하역하는 것보다 못한 결론을 얻을 수 있음.
- 또한 컨테이너를 적재한 트레일러 샴시는 1단으로 밖에 쌓아둘 수 없기 때문에 공간적으로 문제가 발생함.
- 즉, door to door의 이점을 제외하고는 오히려 경제적 비용은 상승할 것으로 예상되며, 하역 시간 또한 기존의 방식보다 훨씬 더 많이 걸리고, 향후 미래 확장성 및 안전성에서 문제가 있음.
- 따라서, 이러한 문제점을 안고도 새로운 화차를 개발하여 투자하는 것은 큰 효과나 이점을 찾을 수 없는 것으로 사료됨.

3.4.1.2 바이모달(Bi-modal) 수송시스템

◦ 기술적 검토

- 바이모달은 유압 리프터(lifter)가 달린 보기(bogie)를 개발하여 트레일러 샤시에 바로 연결하여 운행하거나 트레일러 샤시에 보기를 달고 다니다가 레일측으로 내려 운행하는 방식을 취하고 있음.
- 기술적으로 볼 때 국내 차량한계에는 무난히 통과하며, 기존의 터미널을 이용할 수 있는 것이 장점이나 트레일러가 철로도 진입할 수 있는 방법이 모색되어야 함.
- 그러나, 화차의 출발, 운행, 도착 시 트레일러 샤시에 직접적으로 하중이 전달되기 때문에 **기존 샤시의 안전성 검토**를 수행 등이 요구됨.
- 검토결과 샤시의 구조로 보아 기본 구조는 안정성이 확보되지만 보기와의 연결부위에 큰 하중이 집중되므로 이러한 부분에 문제가 발생한다면 **전용 샤시를 제작**해야할 것으로 사료됨.

◦ 구동방식 검토

- 트레일러 샤시에 구조적으로 안전성이 확보된다면, 바이모달은 전용 보기만을 만들면 되고, 터미널도 기존 터미널에서 레일과 지면사이의 높이를 맞추는 정도의 수준에서 수정을 하면 되므로 초기 비용이 적게 드는 장점이 있어 보임.
- 그러나 연결 및 해체 작업시간이 상당히 소요되고 중간의 화물을 하역시 앞뒤에 기관차나 별도의 분리장치를 이용하여야하는 번거로움 등으로 전체 작업시간이 적어도 **기존 철송장보다 2-3배 이상이 소요**될 것으로 예상됨.
- 작업시간을 단축시키려면 여러 조로 나누어 작업을 수행하여야 하며, 이 경우 터미널 공간확보와 작업장비 및 인력의 증가로 비용이 상승하게 됨.
- 이러한 결과는 단기적으로 비교적 용이하게 적용할 수 있지만, 장기적으로 관점에서는 철도를 통한 물동량이 많아지면 시간이 많이 걸리는 문제로 인해 효율이 떨어질 것으로 사료됨.
- 또한, 트레일러 샤시에 보기를 달고 다니는 경우에 있어서는 보기를 이미 트레일러 샤시에 부착하고 있어 작업시간 등이 다소 단축되는 등의 이점이 있어 보이고, 기존터미널을 이용할 수 있는 등의 이점이 있어 보임. 하지만, 차량에 부착될 보기(대차)의 무게가 일반적으로 약 **1.5톤 이상으로 이는 트레일러 샤시의 약 30% 하중**에 해당되어 이를 트레일러 샤시에 부착함에 따른 전체 하중 증가로 인하여 고속도로 운행제약을 받을 수 있음.
- 따라서 고속도로 보호차원에서 중량물의 컨테이너 화물을 전량 철도로 전환하는 시점에서 부적절한 방안으로 사료됨.

3.4.1.3 화차 회전형 수송시스템

- 시스템의 기술적 검토
 - 3가지 시스템, 즉 모달로, 플렉시웨건, 카고스피드 모두 국내 차량한계는 통과함.
- 구동방식 검토
 - 회전식 대차를 만들어야 하고 전용 터미널을 건설하여야 하므로 초기투자비용이 다른 방식에 비해 많이 드는 단점이 있음. 하지만, 예상 건설비용을 산출한 결과 기존의 터미널을 신축하는 비용과 대등함.
 - 그러나 트레일러 샤프를 대차에 싣고 가기 때문에 바이모달에 비해서 구조적으로 안정되고 **여러 대가 동시에 작업이 가능**하기 때문에 현재 나와 있는 기술로는 30분 만에 모든 대차의 양하역이 가능하므로 기존 철송장에 비해서 시간적으로 장점을 갖고 있음.
 - 뿐만 아니라, 양하역시 트레일러 샤프와 트렉터만 연결하면 되므로 **철도-공로 연계**가 직접적으로 가능하여 **door-to-door** 및 **JIT** 서비스가 가능함.
- 적용을 위한 시스템 비교
 - 플렉시웨건은 터미널 구조상 복잡하여 개발 및 그 후에도 유지보수의 문제가 빈번히 발생할 것으로 사료됨. 또한, 이로 인해 이적재 절차가 시간적 소모로 발생되고, 이적재 동시에 처리하기 힘든 특성이 있음. 따라서, 모달로와 카고스피드에 비해 적합하지 못하다고 할 수 있음.
 - 카고스피드는 Pop-Up 장치와 터미널 건설시 추가비용 외 운영적 측면에서 모달로와 동일함. 따라서, 카고스피드에 비해 상용화로 검증이 확인되고 있는 것을 포함하여 고려한다면 **모달로가 가장 적용 가능성이 높**다고 볼 수 있음.

3.4.1.4 수평 이적재형 수송시스템

- 구동방식 검토
 - 수평 이적재형 수송시스템은 화차 바로 옆으로 트레일러가 모두 정차 대기하여야 함. 따라서, 이적재를 동시에 하기위해서는 동선을 고려하여 순차적 진입 외에는 격순으로 2회에 걸쳐 작업을 수행해야 하는 단점이 있음.
 - 따라서, 국내 물류증가와 배차시간 증가를 고려하면 회전형 이적재 수송시스템보다 효율이 낮다고 할 수 있음.

3.4.1.5 결 언

- 이상의 검토결과를 토대로 볼 때, 수평 이적재형은 회전형에 비해 개발 기간 및 비용, 시설 및 유지보수면, 그리고 검증면에서 안전성 등 현재로서는 개선해야할 바가 많으므로 제외하고, 회전형의 경우 세 시스템 중 모달로가 각 시스템의 장점을 모두 가지고 있으므로, 기술적 측면의 비교대상을 기존, 피기백, 바이모달, 모달로로 한정하여 분석할 수 있음.

3.4.2 DMT 운송 시스템별 비교 분석

방 식 항 목		기존 방식	Piggyback		Bi-modal	화차 회전식			평행 이적재식	
			수평 하역 방식	수직 하역 방식		Modalohr	Cargo Speed	Flexiwaggon	Cargo Beamer	Cargo Domino
부 담 하 중	표준활하중 (LS-18)이하	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	기관차축중 (25t)이하	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	화차축중 (22t)이하	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	화차평균중량 (7t/m)이하	○	○	○	○	○	○	○	○	○
차량한계 저촉여부		○	× (766 mm)	△	○	○	○	○	○	○
현 화차 활용가부		○	○	×	△	×	×	×	×	△
기존 트레일러채시 활용가부		○	○	○	△	○	○	○	○	×
실제 적용례		○	○	○	○	○	×	×	×	○
기차 전체 작업완료 시간 (25량기준)		long	long	long	very long	Very short (자동화시 아주 짧음)		Short (동시 이적재 불가능)	short (동시 이적재시 트럭 2회 차선 변경)	
작 업 시 간	작업 준비시간	2시간	×	2시간	15분	15분		15분	20분	
	양하역 시간	1시간 30분	×	2시간	2시간 10분	30분 (자동화시 20분 이하 가능)		50분	45분	
	합계	3시간 30분	×	4시간	2시간 30분	45분		1시간 5분	1시간 5분	
1일 최대 배차 회수 (터미널 1선로 기준)		6회		6회	8회	26회		22회	22회	
Door to door		×	○	○	○	○		○	○	
하 역 방 식	수직/수평	수직	수평	수직	수평	수평			수평	
	S (sequential) /P (parallel)	P	S	P	S	P			P	
임의 또는 개별 트레일러 하역 가능 여부		○	×	○	×	○			△ (트럭과 트럭 사이로 진입하기 힘들)	
공로 연계성		×	○	○	○	○			○	
Ro-Ro 연계성		×	○	△	△	○			○	
차량개발 가능여부		-	○	○	○	○	△	△	△	○
실현 가능성		-	×	○	○	○	△	△	△	○
확장성 및 미래지향성		낮음	낮음	낮음	보통	높음	높음	보통	높음	보통
생산성		낮음	낮음	낮음	낮음	높음	높음	약간높음	약간높음	약간높음
하역시간		늦음	늦음	늦음	늦음	빠름	빠름	약간빠름	보통	보통
실적용시 기술난이도		-	낮음	보통	보통	보통	보통	약간높음	높음	보통
운영비		높음	높음	높음	높음	보통	보통	보통	보통	보통
시설투자비		적음	보통	보통	보통	보통	높음	높음	높음	높음
유지보수비		낮음	낮음	낮음	보통	보통	보통	보통	보통	높음
물류(유통)비		높음	보통	보통	적음	보통	보통	보통	보통	낮음

- 부담하중의 경우 모든 후보 방식이 만족하였으나, Piggyback방식 중 수평하역방식의 경우 국내 터널 높이를 초과하여 적용이 불가능함.
- 현 화차활용 가부에 대하여는 기존을 제외하고 Bi-modal과 Cargo Domino의 경우 개조가 필요하며, 그 외에는 모두 새로운 화차를 개발하여 적용하여야 함.
- 현 트레일러 새시 활용 가부에 대하여는 Bi-modal의 경우 Bogie 장착을 위해 개조하여야 하며, Cargo Domino 역시 스왑바디 형식의 새시 추가와 컨베이어를 위한 추가 장치가 요구됨.
- 기존 방식을 제외하고 Piggyback, Bi-modal, Modalohr 외에는 상업화된 바 없음. 그 중 Modalohr가 가장 최근 상업화 운영되고 있음.
- 작업시간은 준비시간 및 양하역시간을 포함하여 동시에 양하역이 가능하며 자동화의 이점으로 화차회전식의 Modalohr와 Cargo Speed가 가장 빠른 것으로 분석되었으며, 평행 이적재 방식의 경우 주차 및 동선의 문제로 전체 화차에 이적재를 동시에 할 수 없는 것으로 검토되었음.
- 기존 및 Bi-modal은 Parallel 방식이 되지 않는 단점이 있음. 이는 장대화시 큰 단점으로 작용하는 것으로 분석됨.
- 임의의 개별 트레일러 또는 화차만 작업이 가능한 것은 기존방식과 Piggyback 수직하역, 그리고 Flexiwaggon을 제외한 화차 회전식에서만 가능함. 평행 이적재식의 경우 주차문제로 인해 이를 가능하게 하기 위해서는 전후 양쪽의 트레일러가 없을 경우에만 가능한 단점이 있음.
- 기존 방식 외에는 모두가 Door to Door, 공로 연계성을 만족하며, 그 중 Piggyback 수직하역방식 및 Bi-modal을 제외하고는 연안운송과의 연계와 Ro-Ro 연계가 가능함.
- 차량개발 가능성 및 실현성에서는 국내 기술력으로 모두 가능할 것으로 예상되지만, 아직 상업적으로 적용되지 않은 시스템의 경우 그 불확실성으로 인해 단언할 수 없음.
- 확장성 및 미래지향성의 경우 시스템의 복잡성이 낮고 생산성이 좋으며 신뢰성과 타시스템과의 연계성이 중요시 되므로, Modalohr와 Cargo Speed, Cargo Beameer가 높다할 수 있음. 그 중 실적용된 이점을 제외하면 Modalohr와 Cargo Speed의 경우 가장 높다고 할 수 있음.
- 생산성과 하역시간에 대하여는 화차회전식이 Parallel 방식, 간편한 절차, 이적재 동시 가능한 방식의 이점 등으로 가장 좋은 것으로 검토됨.
- 기술 난이도는 화차 설계시 난이도는 대부분이 크게 차이가 없으나 Flexiwaggon이 그 복잡성에 의해 가장 높을 것으로 사료되며, 터미널 건설의 경우 Cargo Speed와 Cargo Beamer의 경우 핵심기술의 난이도가 비교적 높게 분석되었음.
- 운영비측면에서는 기존방식과 Piggyback, Bi-modal의 경우 자동화의 어려움으로 운영비가 비교적 많이 드는 것으로 분석되며, 시설투자비의 경우 Cargo Speed, Flexiwaggon, Cargo Beamer, Cargo Domino가 비교적 타 시스템에 비해 높은 것으로 나타남.
- 유지보수비는 Cargo Domino의 경우 기존 새시와 부가적 장치들이 트레일러 수만큼 고려되어야 하므로 가장 높은 것으로 보여짐. 유통비의 경우 중량저하의 장점으로 인해 Bi-modal과 Cargo Domino가 약간 나은 것으로 보여짐. 그러나 대부분이 비슷한 수준임.

3.4.3 결론

- 피기백 평판화차방식은 건축한계문제가 대두되는 만큼 DMT 시스템의 선정에서 제외되어야 하고 저상화차 또한 크레인을 이용하여 트레일러 샤시를 운반해야하므로 기존 방식대비 나은 점이 없는 것으로 평가됨.
- 바이모달의 경우는 초기투자비용이 적게 드는 이점은 있지만, 양하역 작업에 대한 불편함을 감수하거나 작업시간에 따라 향후 늘어나는 물동량을 수용하기에는 부적절한 시스템으로 사료됨. 즉, 새로운 철도 운송 시스템으로 채택되려면 기존 철송장보다 시간적 또는 운영상의 이점을 가지고 있어야 함.
- 따라서, 세 가지 DMT 시스템 중 기술적으로 모달로가 가장 안정되고 빠른 작업시간을 가질 것으로 예상됨. 하지만, 초기 투자비용이 많이 드는 단점이 있으나, 향후 물동량 증가에 따른 대책으로 볼 때, 어차피 새로운 터미널을 건설이 요구되므로 이를 기존방식과 모달로를 겸할 수 있는 형태로 건설한다면 초기 투자비용에 대한 해결이 가능할 것으로 봄. 특히, 향후 모든 철도가 전기구동방식으로 변경될 경우 전기공급선인 공중가선의 간섭으로 인하여 철도화차에서 수직 양하역이 불가능해지므로 수평방향의 양하역방식이 개발되어야 한다면 모달로와 같은 시스템 개발이 불가피함.

IV. DMT 시스템 경제성 분석

4.1 컨테이너 물동량 예측

4.1.1 물동량 예측 개요

- 부산항에서 처리되는 물동량은 크게 수출입물동량, 환적물동량, 연안물동량으로 구분되며, 각 구분별 화물발생요인은 동일하지 않음
- 수출입 컨테이너물동량 예측기법으로는 가장 많이 사용되는 방법은 국내총생산(GDP)을 설명변수로 사용하여 국내 항만으로 수출입 되는 컨테이너 물동량을 예측하는 기법임
- 본 연구에서는 거시경제지표인 GDP보다 물동량 증감에 보다 영향을 끼칠 것으로 판단되는 수출입 규모를 바탕으로 수출입 컨테이너 물동량을 예측함
- 환적 컨테이너물동량은 기존의 환적화물의 대표적인 기종점인 중국과 일본의 시설 대비 물동량 예측을 바탕으로 시설의 과부족을 평가하여 부족분을 국내 항만이 흡수한다는 가정 하에 이뤄지고 있음
- 그러나 중국 및 일본의 지속적인 항만개발 의지 및 개발현황을 살펴보면 이러한 기법을 통한 환적화물 예측은 재고되어야 할 것임
- 일본은 2002년 11월 교통정책심의회답신에서 일본 컨테이너항만의 국제경쟁력을 강화시키며 물류분야에서 일본경제의 활성화를 도모하기위한 정책의 일환으로 제안되었음¹⁾
- 슈퍼중추항만으로 지정된 교하마항(도쿄항·요코하마항), 이세만(나고야항·요카이치항), 한신항(고베항·오사카항)이 슈퍼중추항만으로 지정하여 개발중에 있으며, 항만비용측면에서도 경쟁항만인 부산항, 카오슝항 수준으로 낮추기 위해 30% 삭감시키고 리드타임을 싱가포르 수준인 1일 정도까지 단축하는 것을 목표로 추진 중임
- 중국항만의 경우 대규모의 터미널건설이 진행중에 있으며 향후 이러한 일본과 중국 항만의 시설부족으로 인한 환적화물 수요예측은 한계가 있음
- 또한 회귀분석의 방법론적 문제점인 독립변수를 다시 예측해야 하는 점을 감안할 때 단일변수에 의한 시계열예측기법을 사용하여 향후 환적물동량을 추정함

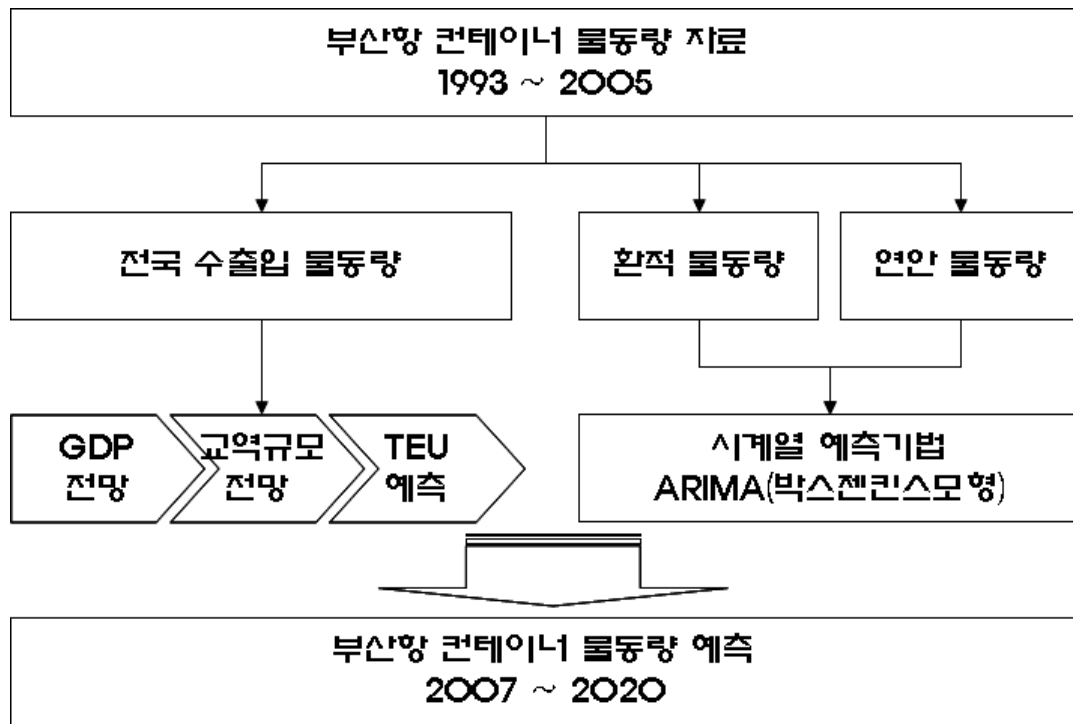
1) 社團法人 日本港湾協會, <http://www.phaj.or.jp/>

<동북아 주요 항만의 중장기 개발계획>

구 분	항 만	현 선석	단기 개발계획	중·장기 개발계획	비 고
일본	고베	42		‘11년까지 10선석	단기적으로 기존 부두 재정비 집중
	요코하마	27		‘11년까지 10선석	재정비 8선석, 신규 2선석
	도쿄	16		‘13년까지 7선석	재정비 포함
	히비키	4		‘20년까지 12선석	
중국	상해	31	‘06년 4선석	‘11년까지 21선석 ‘20년까지 22선석	‘05년말 양산항 1단계 5선석 개장
	닝보	7	‘07년까지 18선석	-	
	대련	5	‘07년까지 6선석 (대요만 2선석)	‘10년까지 7선석 (대요만 3선석)	‘10년까지 총 13선석 개발예정
	천진	8	‘04~‘07년 5선석	‘06-‘10 5선석	‘10년까지 총 10선석 개발예정
	청도	8	‘06년까지 3선석	‘10년까지 5선석	‘10년까지 총 8선석 개발예정
	선전	14	안티안 ‘06년까지 4선석 세코우 ‘08년까지 5선석	14선석	교통부 향후 32선석 건설 검토
대만	카오슝	26	‘07년까지 8선석	15선석	
	키룽	14	-	-	
홍콩	콰이청	27		‘10년까지 4선석	란타우섬에 향후 17개 선석

자료 : 해양수산부 내부자료. 2006.

- 연안 컨테이너물동량은 최근 한진해운의 사업축소 및 철회로 그 물량이 2002년의 급격한 감소패턴과 동일하게 나타나고 있으며, 정부의 modal shift 정책에도 불구하고 증가는 거의 없는 실정임
- 따라서 본 연구에서는 수출입 컨테이너 화물의 경우 국내 경제전망 및 수출입전망을 살펴보고 이를 컨테이너물동량으로 환산하여 향후 물동량을 예측하였으며, 환적과 연안 화물의 경우에는 대표적인 시계열 예측기법인 ARIMA 모형을 통해 예측하였음



<물동량 예측 흐름도>

- 시계열 예측기법에는 ARIMA모형 외에 브라운 선형지수평활법(Double Exponential Smoothing), 윈터스모형(winters method) 등 다양한 기법들을 적용해 본 결과 ARIMA 모형이 예측력이 보다 높게 나타나 본 연구에 가장 적합한 것으로 선택되었음
- 일반적으로 ARIMA모형은 시계열예측기법 중에서 가장 높은 예측 설명력을 보여왔다는 학계와 일반 기업체의 많은 연구에서 나타나고 있으며 거시경제지표 등의 예측이나 주식시세예측 등 그 적용사례가 매우 다양함
- ARIMA모형은 예측의 정확성이 매우 높고 모형의 적합성을 검증할 수 있는 통계적 검진이 가능하며 예측의 신뢰구간설정이 가능한 장점이 있는 반면
- 상대적으로 많은 양의 데이터가 필요하며²⁾ 새로운 데이터가 투입될 때 모형의 모수를 쉽게 업데이트할 수 있는 방법이 만족스러운 모형을 개발하기 위해서는 많은 비용(시간과 자원)이 필요함
- 본 연구에서는 1993년 1월 ~ 2005년 12월 까지 부산항에서 처리된 환적컨테이너 물동량 156개의 관측값을 사용하여 충분히 검증 가능한 데이터를 확보하였음
- 박스젠킨스모형(ARIMA모형)은 정상적, 비정상적 시계열을 모두 다룰 수 있어서 매우 융통성이 있으며, 모형의 적합성에 대한 통계적 검정이 가능하기 때문에 이론적으로 견고하고, 예측력 또한 상대적으로 우수하다고 평가됨. 그러나 복잡한 수학적 방법과 통계적 방법 그리고 주관적 판단을 필요로 하기 때문에 경험을 필요로 함

2) 예를들면 12개월의 계절패턴을 가정할 때 72개 이상의 데이터를 필요로 함

- 박스젠킨스모형은 시계열자료가 추세나 계절성을 띠는 경우 이를 제거하여 정상적(stationary) 계열로 변환한 후, 자기회귀모형(autoregressive; AR), 이동평균모형(moving average; MA), 자기회귀이동평균모형(autoregressive moving average; ARMA) 중에서 가장 적합한 모형을 선택할 수 있게 함
- AR모형은 아래 식 (1)과 같이 과거의 관측값들을 기반으로 미래를 예측하는데 반해, MA모형은 식 (2)에서 알 수 있듯이 과거의 오차값들을 기반으로 미래를 예측하는 방법임
- 차수가 p인 자기회귀모형은 AR(p)의 형태로 아래 식(1)과 같이 표현됨

$$y_t = \Phi_1 y_{t-1} + \Phi_2 y_{t-2} + \cdots + \Phi_p y_{t-p} + \epsilon_t \quad \text{..... (1)}$$

y_t : 종속변수, $y_{t-1}, y_{t-2}, y_{t-p}$: 독립변수,

Φ_1, Φ_2, Φ_p : 자기회귀계수, ϵ_t : 잔차(백색잡음)

- 이동평균모형은 MA(q)의 형태로 아래 식(2)과 같이 표현됨

$$y_t = \epsilon_t - \Theta_1 \epsilon_{t-1} - \Theta_2 \epsilon_{t-2} - \cdots - \Theta_q \epsilon_{t-q} \quad \text{..... (2)}$$

y_t : 종속변수, $\epsilon_{t-1}, \epsilon_{t-2}, \epsilon_{t-q}$: 잔차의 이전값,

$\Theta_1, \Theta_2, \Theta_q$: 이동평균계수

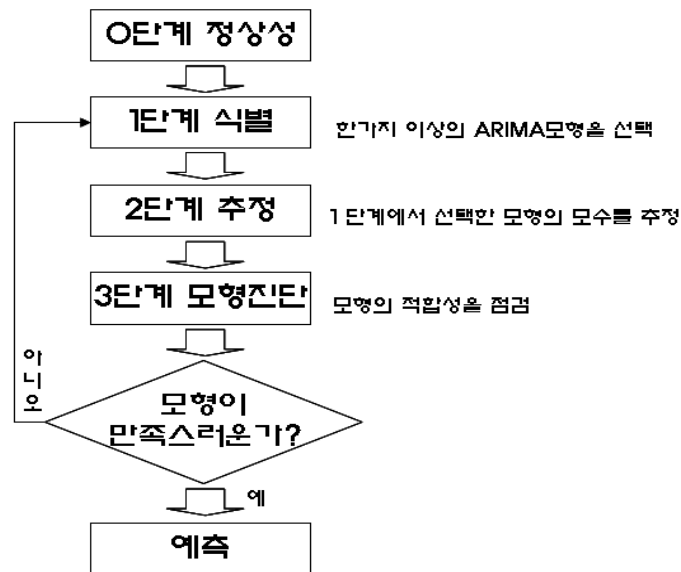
- ARMA모형은 AR과 MA를 혼합시켜 놓은 모형으로 차수가 p와 q인 경우에는 ARMA(p, q)의 형태로 식 (3)과 같이 표현됨. 즉 과거의 실제값의 오차값을 동시에 고려하여 미래를 예측하는 것임

$$y_t = \Phi_1 y_{t-1} + \Phi_2 y_{t-2} + \cdots + \Phi_p y_{t-p} + \epsilon_t - \Theta_1 \epsilon_{t-1} - \Theta_2 \epsilon_{t-2} - \cdots - \Theta_q \epsilon_{t-q} \quad \text{..... (3)}$$

y_t : 종속변수, $y_{t-1}, y_{t-2}, y_{t-p}$: 독립변수, Φ_1, Φ_2, Φ_p : 자기회귀계수,

ϵ_t : 잔차(백색잡음), $\epsilon_{t-1}, \epsilon_{t-2}, \epsilon_{t-q}$: 잔차의 이전값, $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_q$: 이동평균계수

- ARIMA 모델을 설정하기 위해 필요한 절차는 아래 그림과 같음



<ARIMA모형의 분석 절차>

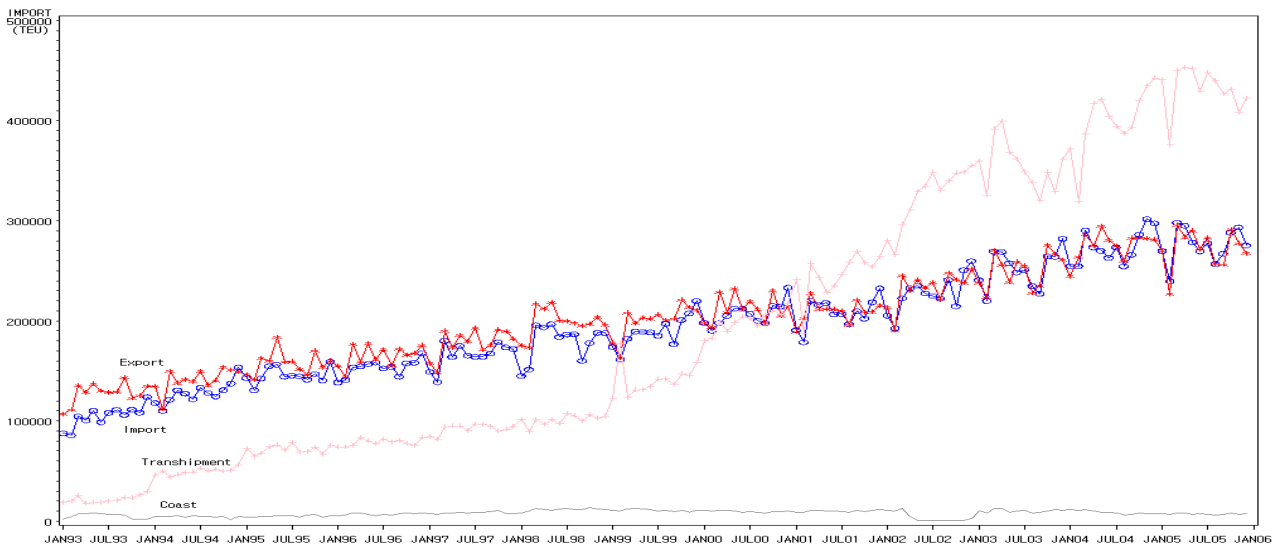
- 0단계 : 계열의 평균과 분산을 정상적(stationary)³⁾으로 변경시킴
- 1단계 : 일변량 자료계열의 상관관계를 자기상관함수(ACF, PACF)를 파악하고 ARIMA의 차수를 선택함
- 2단계 : 1단계에서 선택한 모형의 계수(들)를 정확히 추정하며, 모형적합성에 관한 몇 가지 경고신호를 탐지하여 계수들이 주어진 수학적인 부등식 조건을 만족하지 못하면 그 모형은 기각함
- 3단계 : 추정된 모형이 통계적으로 적절한지를 결정하며, 이 단계에서 나타난 결과들을 통해 모형이 얼마나 좋은지를 판단함(AIC, SBC 등을 통해)
- 이 3단계를 반복적으로 적용하여 가장 적절한 모형을 선택하여 예측시점들에 대한 예측을 실시함

3) 정상성(stationarity)은 확률과정에서 n 개의 시계열 $y_{t_1+k}, y_{t_2+k}, \dots, y_{t_n+k}$ 의 결합확률분포 $P(y_{t_1+h}, y_{t_2+h}, \dots, y_{t_n+k})$ 이 $t_1, t_2, \dots, t_n$ 및 h 와 관계없이 동일하다는 성질을 의미함

4.1.2 부산항 수출입 컨테이너 물동량 예측

1) 전국 컨테이너 물동량 예측

- 기존에 진행된 부산항관련 물동량 예측기법은 다양하게 이뤄져 왔으나 많은 경우 GDP 규모가 물동량을 가장 주된 요인으로 고려하였으며 국내외 경제전망을 설명변수(explanatory)로 하여 인과모형(causal model)을 통해 예측되어 왔음
- 물동량에 영향을 미치는 대표적인 경제변수는 GDP와 수출입 교역규모를 들 수 있으며 본 연구에서는 국내 GDP예측을 통해 장래 수출입 교역규모를 예측하여 이를 수출입 물동량 예측에 사용하는 3단계 방법을 사용함
 - 만약 두 경제변수 모두를 고려한 회귀모형을 적용할 경우 심각한 다중공선성(multicollinearity)⁴⁾ 문제가 발생함
- 간략히 본 연구방법을 설명하면 다음과 같음
 - 1) 주요 국내외 연구기관의 GDP예측치를 통해 장래 수출입 교역규모를 산정함
 - 2) 과거의 수출입 교역규모와 컨테이너 물동량과의 관계모형을 통해 향후 교역규모와 컨테이너 물동량의 비율을 추정함
 - 3) 1단계와 2단계에서 추정된 향후 수출입 교역규모에 컨테이너 환산비율을 통해 향후 전국 컨테이너 물동량을 추정함

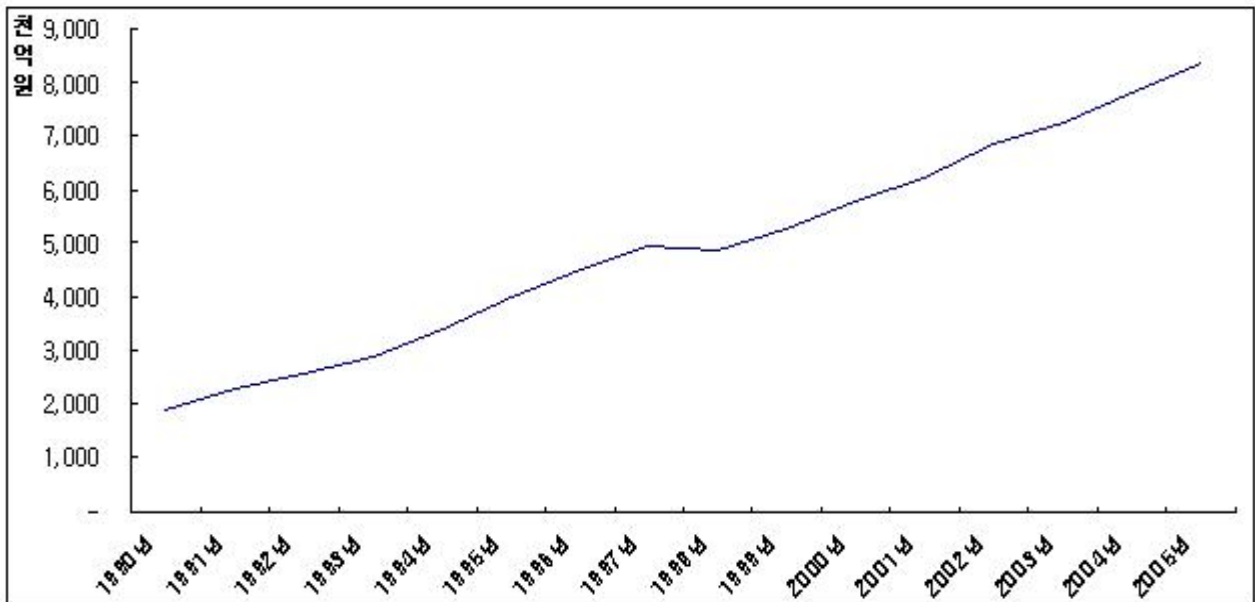


<부산항 컨테이너 물동량 동향(1993~2005)>

4) 회귀분석의 독립변수간의 독립성이 보장되지 않음

(1) 경제(GDP)전망

- 본 연구에서는 장래 GDP성장률은 경제관련 국내주요연구기관인 한국개발연구원(KDI)과 International Monetary Fund(IMF), Wharton Econometric Forecasting Associates (WEFA), Asian Development Bank(ADB) 등의 향후 국내 경제전망에서 제시된 수준으로 적용함



자료 : 통계청(2005), 한국은행(2005)

주 : GDP 2000년기준 불변가격

<GDP 규모 증감 추세변화(1990~2005)>

- 2004년 GDP증가율은 3.7%를 기록하여 전년대비 소폭증가함. 2006년 증가율은 5%로 잠정 집계됨
- 기존의 증감추세와 국내외 연구기관의 경제전망을 토대로 경제전망을 살펴보면 ~ 2014년까지 년평균 4.5%로 이후 ~ 2020년까지 4.00%, 2020년 이후에는 3.5%의 성장을 적용함

<GDP 증가율 전망>

단위 : 십억원

구분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
GDP명목-전국	578,665	622,123	684,264	724,675	779,380	806,621

구분	2005	2007	2011	2015	2020	2020 이후
GDP성장률	4.00%	4.50%	4.50%	4.00%	3.50%	3.50%

자료 : KDI, WEFA, IMF 국내 경제전망 보고서, 2005.

(2) 교역(Trade)전망

- 수출입 교역규모는 2004년에 전년대비 25%의 높은 성장을 보여 4,783억불로 타났고 이 중 수출이 53%인 2,538억불, 수입이 2,244억불로 나타남

<전국 수출입 교역규모 추세>

단위 : 백만불

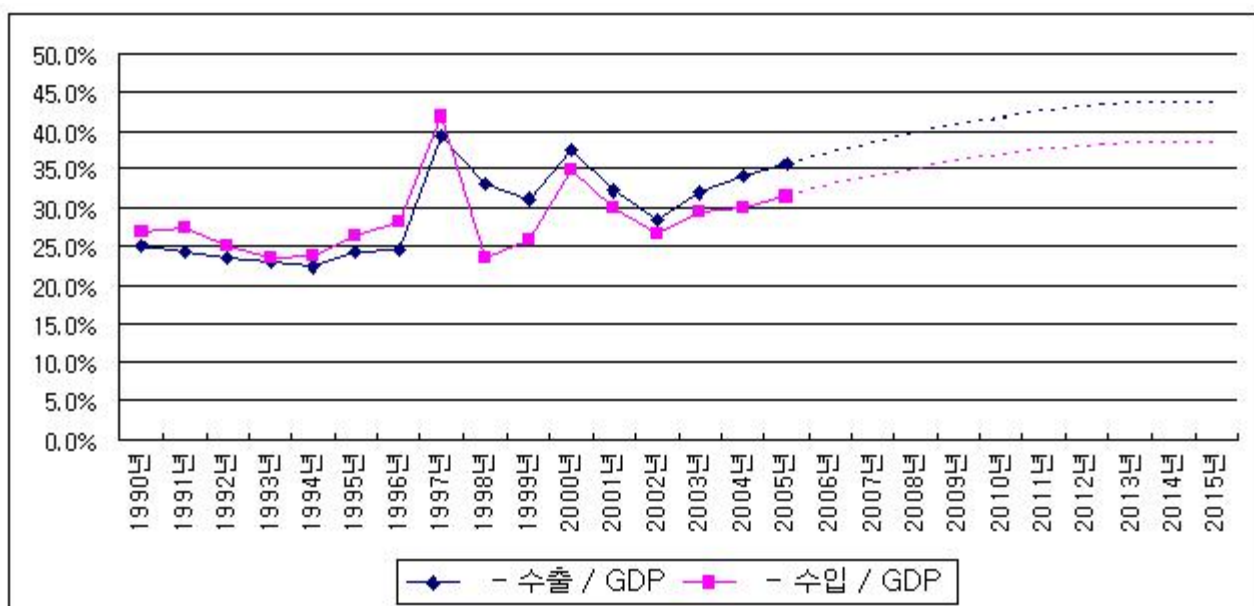
구분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
수출입 규모(전국)	332,749	291,537	314,597	372,644	478,307	545,657
- 수출	172,268	150,439	162,471	193,817	253,845	284,419
- 수입	160,481	141,098	152,126	178,827	224,463	261,238
전국(증가율)	26.3%	-12.4%	7.9%	18.5%	28.4%	14.1%

- 과거 교역규모가 국내총생산에서 차지하는 비율은 2004년 기준으로 수출은 GDP의 34.0%, 수입은 30.1%의 비중을 차지하고 있음. 수출과 수입의 비중은 1.13으로 수출이 다소 높은 것으로 나타남

<교역규모/GDP의 추세>

구분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
Trade/GDP	72.4%	62.1%	55.2%	61.6%	64.1%	67.0%
수출/수입	1.07	1.07	1.07	1.08	1.13	1.08

- 현재 국내 경제규모, 인구, 교역추세와 향후 동북아시아 경제의 역동성, 아시아지역 및 BRICs와의 무역확대, FTA의 지속적인 확대, 세계의 공장인 중국의 영향 등을 감안할 때 향후 GDP에서 수출·입 교역금액의 비중은 81% 수준으로 점차 증가될 것으로 예측함



주 : 점선은 예측치

<GDP 중 수출입 규모 변화와 전망>

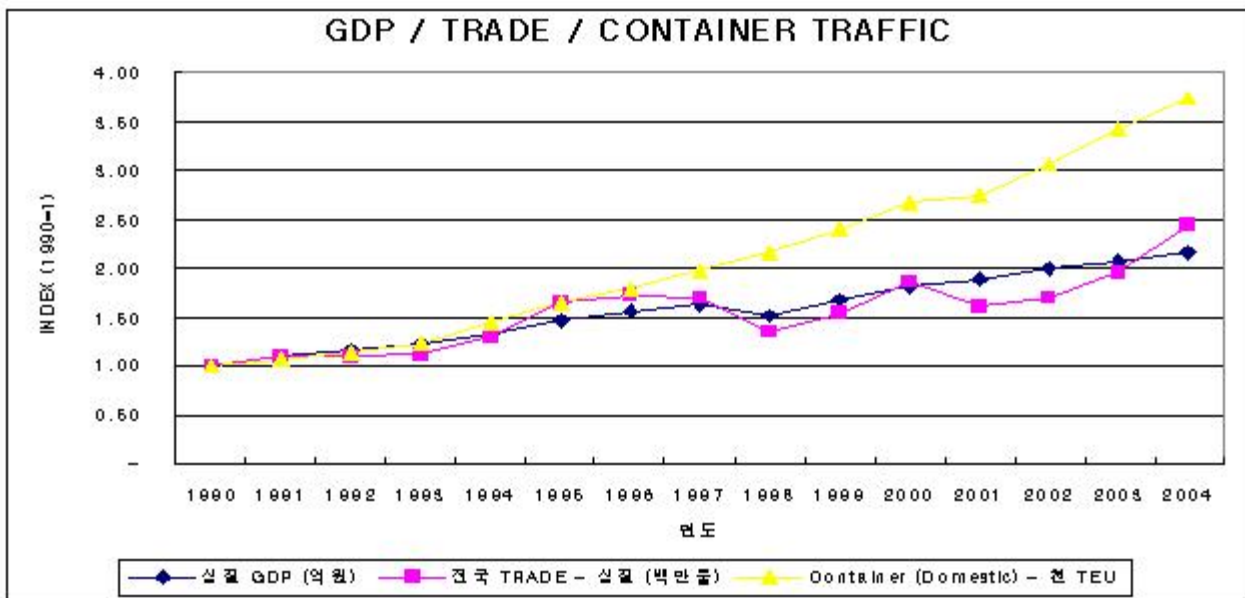
◦ 향후 GDP 대비 수출입 교역규모는 다음 표와 같이 전망함

<교역규모/GDP의 향후 전망>

구분	2005년	2009년	2010년	2011년	2015년	2020년	2025년
Trade / GDP	67.0%	76.5%	78.3%	79.7%	81.83%	81.83%	81.83%
- 수출 / GDP	35.6%	40.6%	41.5%	42.3%	43.4%	43.4%	43.4%
- 수입 / GDP	31.5%	35.9%	36.7%	37.4%	38.4%	38.4%	38.4%

(3) GDP, Trade를 통한 컨테이너비율 추정

- 본 연구에 사용될 GDP와 Trade, 컨테이너물동량의 관계를 살펴보면 아래 그림과 같음
- GDP의 성장추세보다 컨테이너 물동량의 성장속도가 더 빠른 것으로 나타났으며 Trade 규모의 증가는 국내 및 세계 경기 변동에 따라 다소 등락을 보임



자료 : 통계청(2005), 무역협회(2005), 컨테이너부두공단(2005)

주 : 1990년을 기준으로 1로 환산하여 년도별 증가율 산정. 컨테이너 물동량은 적컨테이너기준

<GDP, 교역(Trade)금액, 컨테이너 물동량 증가추세 비교>

- 교역규모와 물동량과의 관계를 살펴보면 2005년 기준으로 수출화물이 1TEU당 7.22만 불, 수입화물은 9.30만불로 수출입화물 1TEU를 교역금액으로 산정하면 7.38만불로 나타나 다소 증가추세임을 알 수 있음

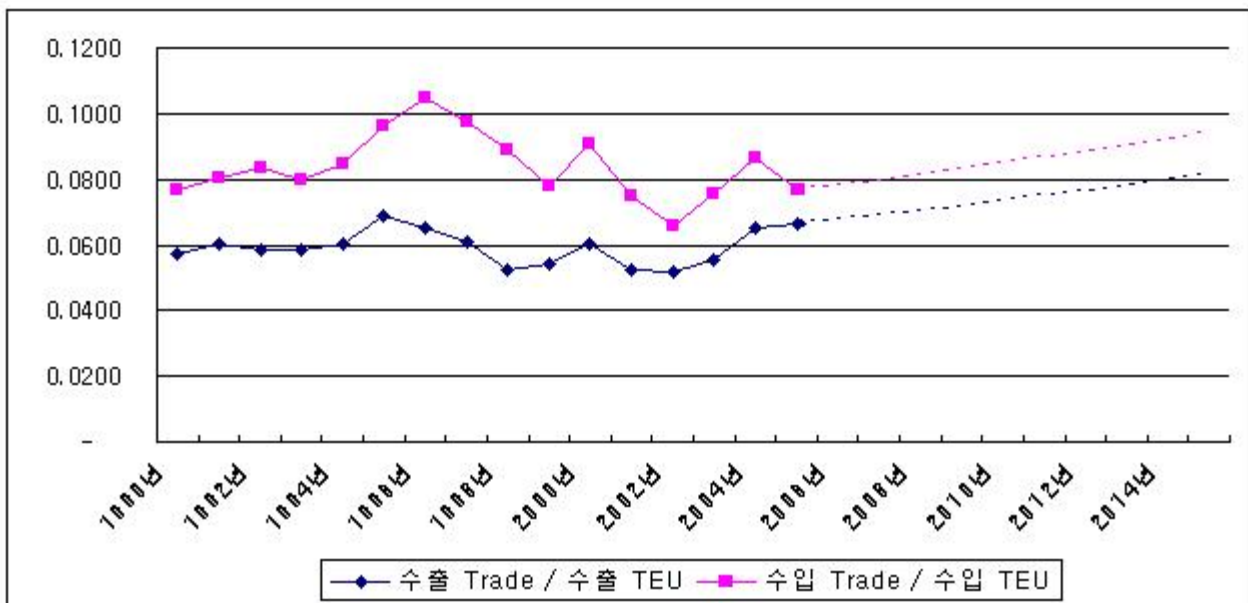
<교역규모와 물동량간의 관계>

(단위 : 만불/TEU)

구분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
전체	7.22	6.11	5.77	6.37	7.38	8.09
수출	6.05	5.21	5.16	5.56	6.53	7.22
수입	9.10	7.48	6.59	7.55	8.64	9.30

※ 주 : 산정방법은 교역규모(만불) ÷ 수출입컨테이너물동량(TEU)
 자료 : 무역협회(2006), 컨테이너부두공단(2006)

- 과거 증가 추세를 감안하여 향후 교역금액과 물동량간의 관계를 전망함



주 : 점선은 예측치

<수출입 교역규모(Trade)와 수출입 물동량(TEU)의 관계변화와 전망>

(4) 전국 물동량(TEU) 산정

- 앞서의 GDP, Trade규모와 수출입 컨테이너물동량과의 관계를 토대로 향후 전국 수출입 물동량을 추정하였음
- 2015년 기준 전국 수출입 물동량은 2,008만TEU로 예측되었으며, 이 중 수출물동량은 1,014만TEU, 수입물동량은 994만TEU로 예측되었음

<전국 수출입 물동량 전망>

(단위 : 천TEU)

구분	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2015년	2020년
전국 물동량	11,922	12,925	13,943	14,953	16,016	20,082	25,529
수출	5,936	6,423	6,957	7,488	8,034	10,140	12,890
- Full - Empty	5,434 502	5,932 491	6,441 516	6,950 538	7,466 568	9,463 677	12,030 860
수입	5,986	6,501	6,986	7,465	7,982	9,942	12,638
- Full - Empty	4,154 1,832	4,535 1,966	4,924 2,062	5,313 2,152	5,708 2,274	7,234 2,708	9,196 3442

2) 부산항 컨테이너 물동량 예측

- 앞서 예측된 전국 수출입 물동량 중 부산항의 물동량을 예측하기 위해서는 과거 전국 컨테이너 물동량과 부산항 컨테이너 물동량과의 관계를 살펴볼 필요가 있음
- 부산항에서 처리된 수출입 물동량은 1990년 초에 95%를 넘었으나 1999년 이후 광양항 울산항 등의 영향으로 점유율이 감소하고 있으며, 2005년에는 69.9%로 그 위상이 점차 감소되고 있음

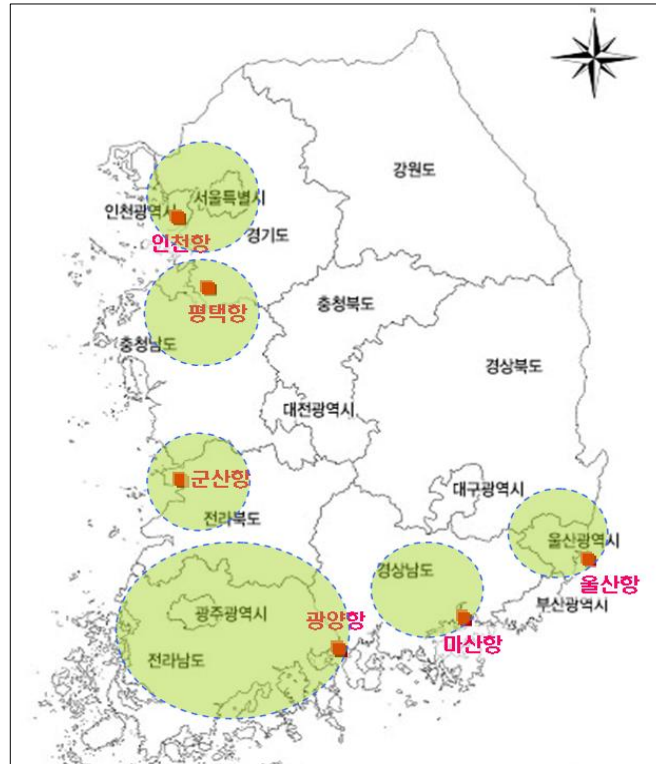
<부산항의 위상 변화>

(단위 : TEU)

구분	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
부산항(A)	4,678,191	5,034,915	5,010,641	5,521,731	6,035,003	6,594,970	6,579,238
인천항	447,162	483,342	536,631	650,505	709,932	828,404	1,056,054
평택항	-	988	20,938	66,130	152,091	190,078	226,955
울산항	149,493	236,380	258,468	276,537	318,131	301,352	312,789
광양항	387,319	551,198	645,451	718,071	802,672	955,541	1,116,664
기타항	70,605	81,704	118,621	122,636	164,424	154,161	120,126
전국(B)	5,732,770	6,388,527	6,590,750	7,355,610	8,182,253	9,024,506	9,411,826
부산항비중 (A/B)	81.60%	78.81%	76.03%	75.07%	73.76%	73.08%	69.90%

※ 주: 수출입 물동량(환적, 연안 제외)

- 부산항의 이러한 비중 감소 추세는 신규 항만의 개설로 개설된 항만 인근지역의 물동량이 부산항이 아닌 인접항만을 이용함으로 감소된다 하겠음
- 광양항의 경우 양항정책으로 인해 전라남도권역의 물량확보에 나섰고 평택, 인천항은 수도권권역의 중심항만으로 주로 대중국 화물의 처리에 중점을 두고 있음
- 군산항과 마산항은 비교적 작은 규모의 컨테이너 처리능력을 보이고 있으나 각각 충청권과 전남권을 배후로 하고 있어 부산항의 기존 물량을 흡수할것으로 보임
- 울산항의 경우 현재 울산지역의 물량을 대부분 처리하고 있으나 이미 시설능력의 한계에 다달았으며 인근지역의 포항영일만신항의 개발도 계획되어있어 부산항 물량감소가 예상됨



※ 주: 부산항을 제외한 각 항만별 주요 배후단지

<국내 주요항만별 내륙기종점 현황>

- 향후 전국항만의 컨테이너 부두 개발계획을 살펴보면 다음과 같음
- 2011년에는 부산항의 시설능력이 전국항만 대비 55.87%에서 2015년에 49.30%, 2020년에는 48.07%로 점차 축소될 것으로 전망됨

<향후 전국항만 컨테이너 부두 개발계획>

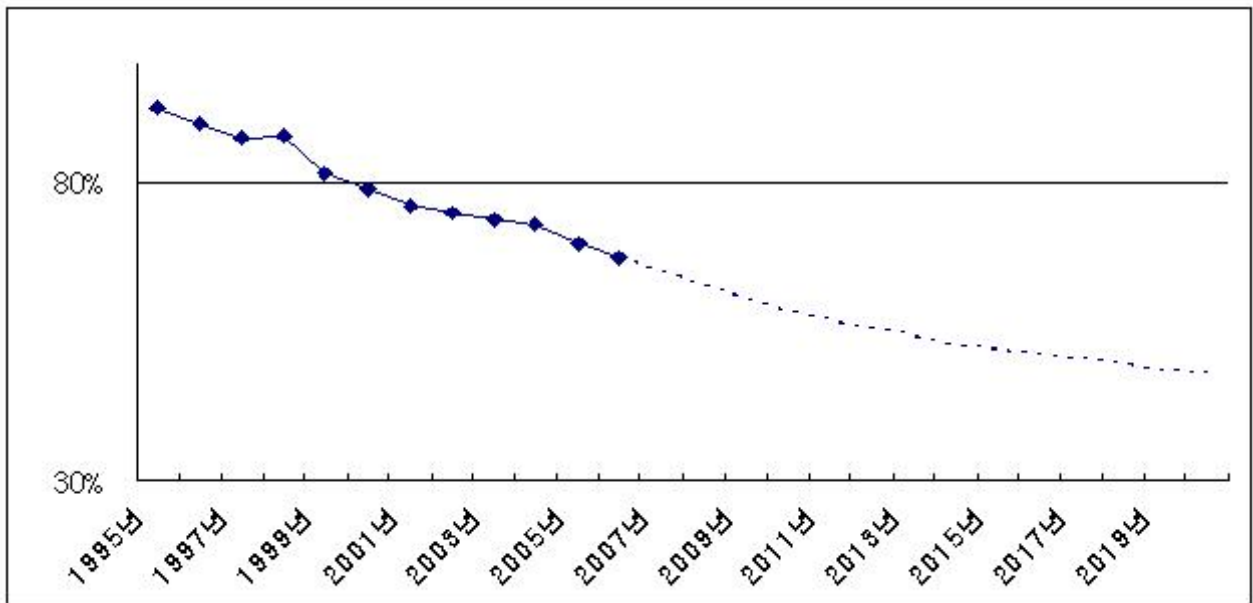
(단위 : 천TEU)

구 분	2011년	2015년	2020년
부산항	16,760	17,150	23,030
인천항	3,130	3,890	5,370
평택항	1,240	2,520	4,200
울산항	650	650	890
광양항	6,850	8,850	12,450
기타항	1,370	1,730	1,970
전국	30,000	34,790	47,910

※ 자료 : 해양수산부 내부자료, 2006. 12.

- 과거 부산항의 전국대비 시설능력에 기초한 부산항의 물동량 실측치는 추정치에 비해 4~5%가량 낮게 나타났으며 최근에는 부산항의 처리능력이 정체를 보이고 있고 인천, 평택항의 전용부두 개장으로 급격한 비중감소가 있었음 따라서 시설능력에 따른 부산항의 비중이 이러한 추가감소 요인을 고려하여 다음 그림과 같이 장래 부산항의 비중

을 추정하였음⁵⁾

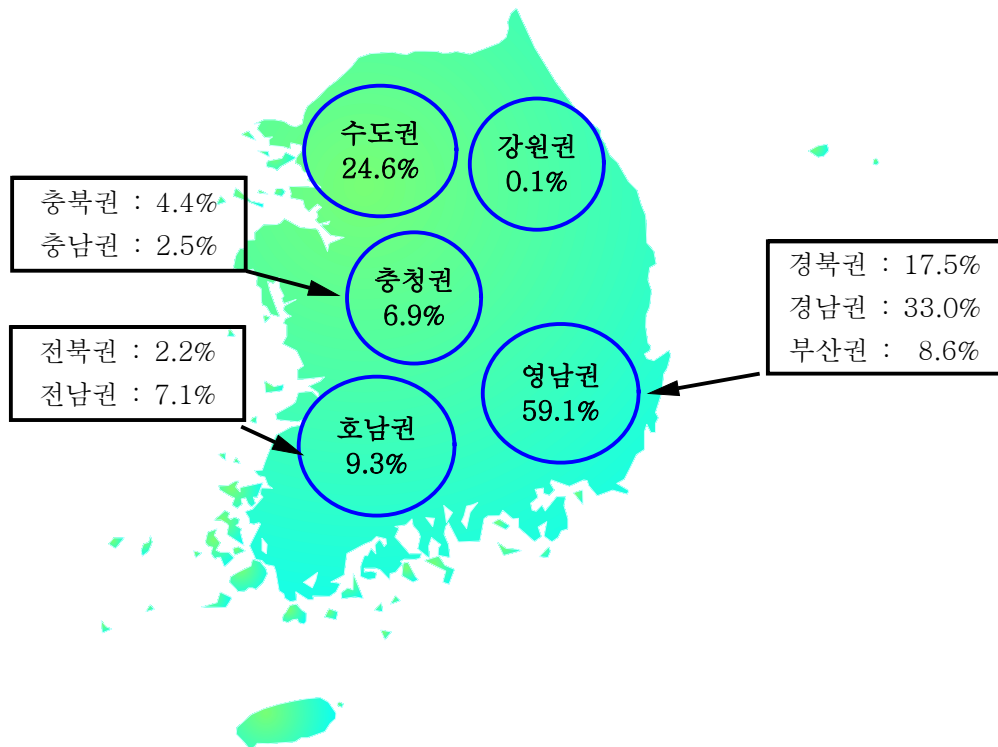


※ 주 : 점선은 예측치

<시설 처리능력을 감안한 부산항의 비중(부산/전국)>

- 부산항에서 처리되는 화물의 권역별 분포를 살펴보면 다음 그림과 같이 나타나며 대부분의 화물은 영남권에서 유출입되며 전체 화물의 59.1%를 차지함을 알 수 있음 다음은 수도권화물로 전체의 24.6%를 차지함
- 앞서 언급한바와 같이 내륙운송비가 수출입화주의 항만선택시 가장 큰 고려사항임을 볼 때 향후 부산항의 주요 화물의 내륙기종점은 영남권 중 부산과 경남권역이 될 것으로 보임

5) 2011년에 51.4%, 2015년에 47.4%, 2020년에 40.7%로 추정함



※ 자료 : 우리나라 수출입 컨테이너의 내륙 기종점 분석 및 시사점, 2002. 7. 한국해양수산개발원

<부산항 처리화물의 권역별 분포>

- 부산항 비중의 과거추세와 향후 년도별로 그 비중의 변화를 추정한 결과는 다음 표와 같음

<부산항 비중의 변화와 예측치>

년도	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
부산항 비중(%)	92.4 %	89.6 %	87.6 %	88.0 %	81.6 %	78.8 %	76.0 %	75.1 %	73.8%	73.1%	69.9%	63.1%	60.5%
년도	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
부산항 비중(%)	58.1 %	55.8 %	53.6 %	51.4 %	50.4 %	49.4 %	48.4 %	47.4 %	46.0%	44.6%	43.3%	42.0%	40.7%

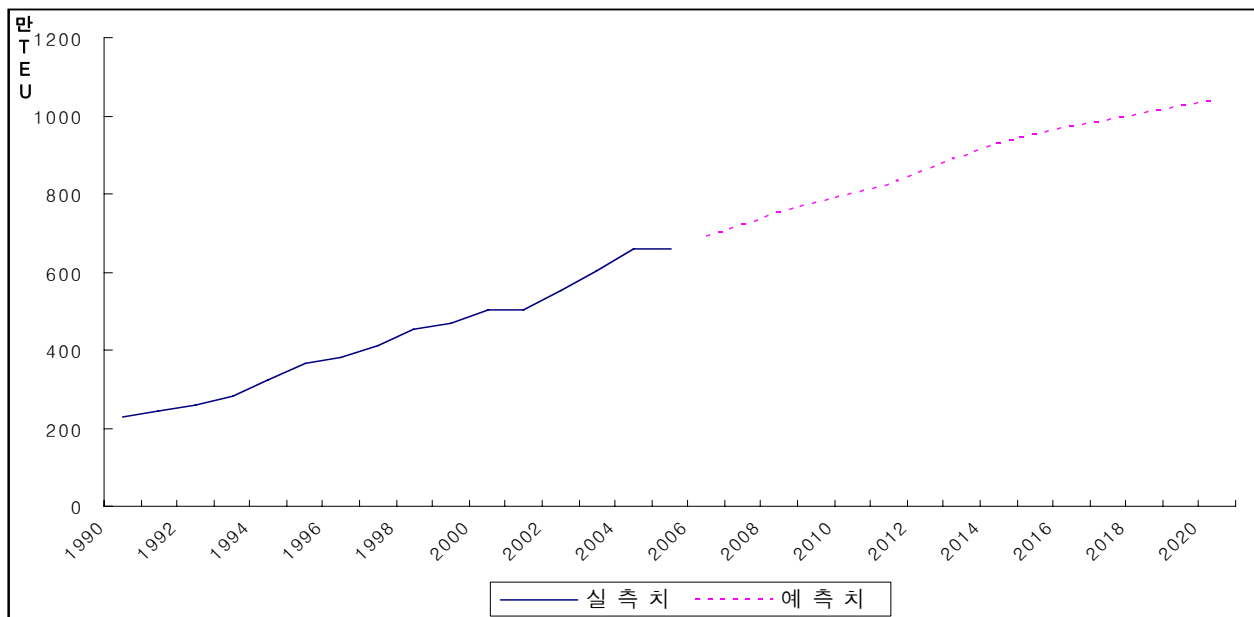
- 전국 물동량과 부산항의 비중전망을 통해 예측한 향후 부산항 수출입 물동량은 아래 표와 같음

<부산항 수출입 물동량 전망>

(단위 : 천TEU)

년 도	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
수출입물동량	7,216	7,511	7,778	8,008	8,234	8,606	8,955
년 도	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
수출입물동량	9,277	9,523	9,701	9,882	10,067	10,255	10,396

- 장래 부산항 수출입 물동량을 그림으로 나타내면 다음과 같음



※ 주 : 점선은 예측치

<부산항 수출입컨테이너 예측결과>

4.1.3 부산항 환적 컨테이너 물동량 예측

- 부산항에서 처리된 환적컨테이너는 2001년 294만TEU에서 2005년에는 518만TEU로 급증하였음
- 그러나 그 증가추세는 최근 중국항만으로의 직기항과 대규모 항만개발로 인해 증가율이 둔화됨
- 2006년 환적화물 처리실적의 경우 증가율이 1%미만으로 잠정 집계됨

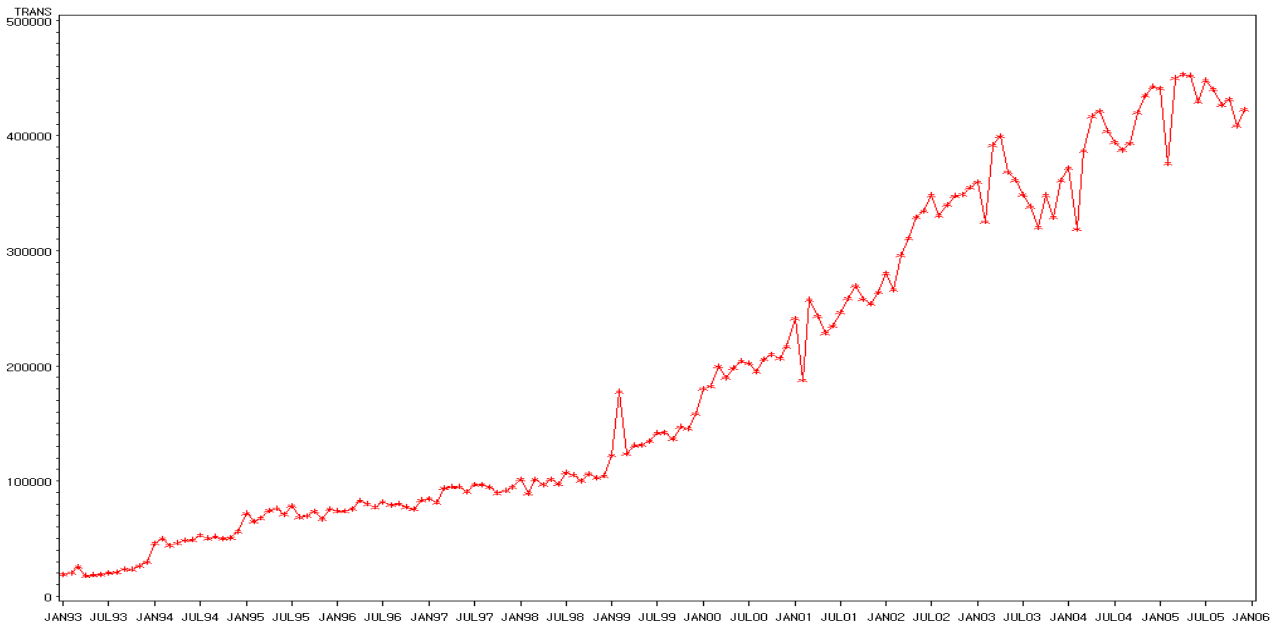
<부산항 환적화물 처리실적(부두별)>

단위 : TEU

구 분	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
계 (증가율)	2,942,983 (23.1)	3,887,457 (32.1)	4,251,076 (9.4)	4,791,942 (12.7)	5,178,798 (8.1)
자 성 대 (비 중)	486,704 (16.5)	679,373 (17.5)	717,433 (16.9)	821,297 (17.1)	928,476 (17.9)
신 선 대 (비 중)	453,081 (15.4)	668,364 (17.2)	804,297 (18.9)	936,707 (19.5)	1,002,355 (19.4)
우암부두 (비 중)	139,665 (4.7)	171,792 (4.4)	206,297 (4.9)	231,571 (4.8)	257,813 (5.0)
감만부두 (비 중)	691,879 (23.5)	937,206 (24.1)	1,031,863 (24.3)	1,110,821 (23.2)	1,365,133 (26.4)
신감만부두 (비 중)	- (-)	176,129 (4.5)	302,303 (7.1)	371,247 (7.7)	435,280 (8.4)
감천한진 (비 중)	176,999 (6.0)	225,535 (5.8)	225,653 (5.3)	243,597 (5.1)	200,048 (3.9)
일반부두 (비 중)	994,655 (33.8)	1,029,058 (26.5)	963,230 (22.7)	1,076,702 (22.5)	989,693 (19.1))

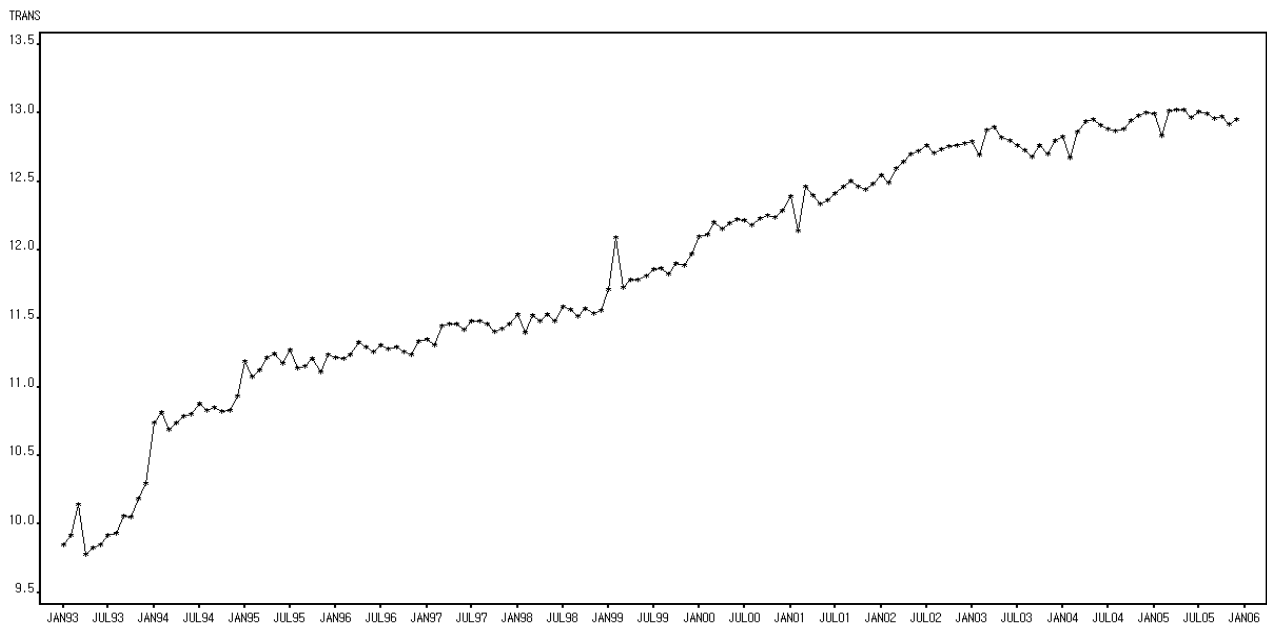
※ 자료 : 2005년도 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송통계, 부산항만공사, 2006.

- 환적컨테이너 처리실적의 시도표(time plot)를 통해 분석한 결과 시간의 경과에 따른 분산이 커지고 있어 우선 자료에 log변환을 취함
- 사용된 자료는 1993년 1월 ~ 2005년 12월 까지 부산항에서 처리된 환적컨테이너 물동량 156개의 관측값을 사용함



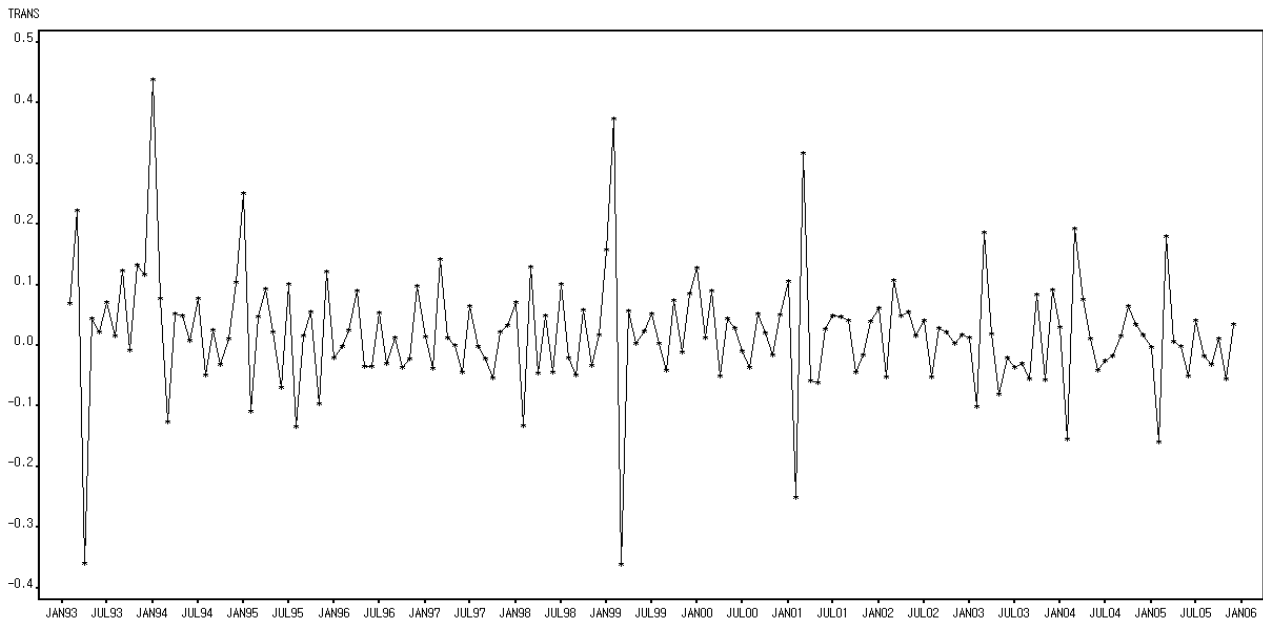
<부산항 환적컨테이너 물동량 변화>

- 로그변환된 시계열 자료의 시도표에 증가 추세(Trend)가 발견되어 1차 차분(Difference)을 실시함



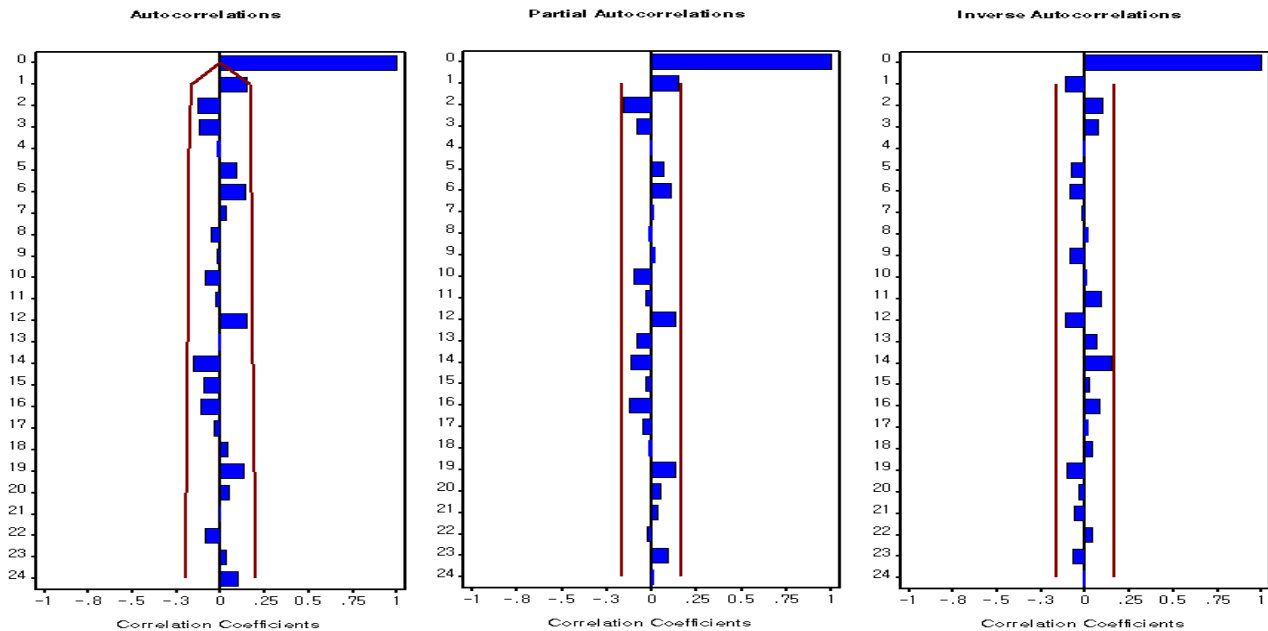
<부산항 환적컨테이너 물동량 로그변환>

- 이후 나타난 시도표에서 계절성이 발견되어 계절차분을 하고 정상성(stationary)을 확인하기 위해 ACF, PACF를 확인하고 다양한 ARIMA모형을 적용함



<부산항 환적컨테이너 물동량 로그변환+차분>

- 모형의 정상성 검정을 위해 white-noise test, 단위근검정(DF, ADF)을 실시하여 이상 유무를 판단하고 적합한 모형 중 다양한 통계적 검정방법을 통해 최적 모형인 비상수형 ARIMA(0,1,2)(0,1,1)를 선택함



<부산항 환적컨테이너 물동량 ACF, PACF>

- 보통 좋은 모형은 평범하며 모수의 수를 절약하는 원칙에 근거하여 얻을 수 있으며 이를 판단하기 위해 AIC(Akaike Information Criterion), SBC(Schwarz Bayesian Information Criterion)을 비교하여 이 값이 적고 보다 예측력이 높은 모형을 선택함
- ARIMA(0,1,1)(1,0,0) 비상수형은 그 추세가 변동폭이 없는 일정한 상수값으로 수렴하여 모형의 적합성에서는 높게 나타났으나 제외시킴

<환적화물 예측 ARIMA모형 비교>

모 형	R-Square	AIC	SBC	Mean Absolute % Error
ARIMA(0,1,1) 비상수형	0.686	822.0	823.5	19.71
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) 비상수형	0.673	728.4	731.6	5.04
ARIMA(2,1,0)(0,1,1) 비상수형	0.673	730.4	735.1	5.21
ARIMA(0,1,2)(0,1,1) 비상수형	0.690	728.5	733.2	5.06

- 환적화물 ARIMA(0,1,2)(0,1,1)s에 대한 모수추정치는 아래와 같이 나타남
- 추정치 중 Lag 2의 MA변수의 T값이 다소 상이하게 나타났으나 모형에서 적용된 로그 변환, 차분을 감안할 때 검정력에는 큰 문제가 없는 것으로 판단함

<환적화물 ARIMA(0,1,2)(0,1,1)s 비상수형 모형의 모수 추정치>

Model Parameter	Estimate	Std. Error	T value	Prob> T
Moving Average, Lag 1	0.587	0.0923	6.3532	<.0001
Moving Average, Lag 2	-0.108	0.0948	-1.1363	0.2640
Seasonal Moving Average, Lag 12	0.797	0.1454	5.4806	<.0001

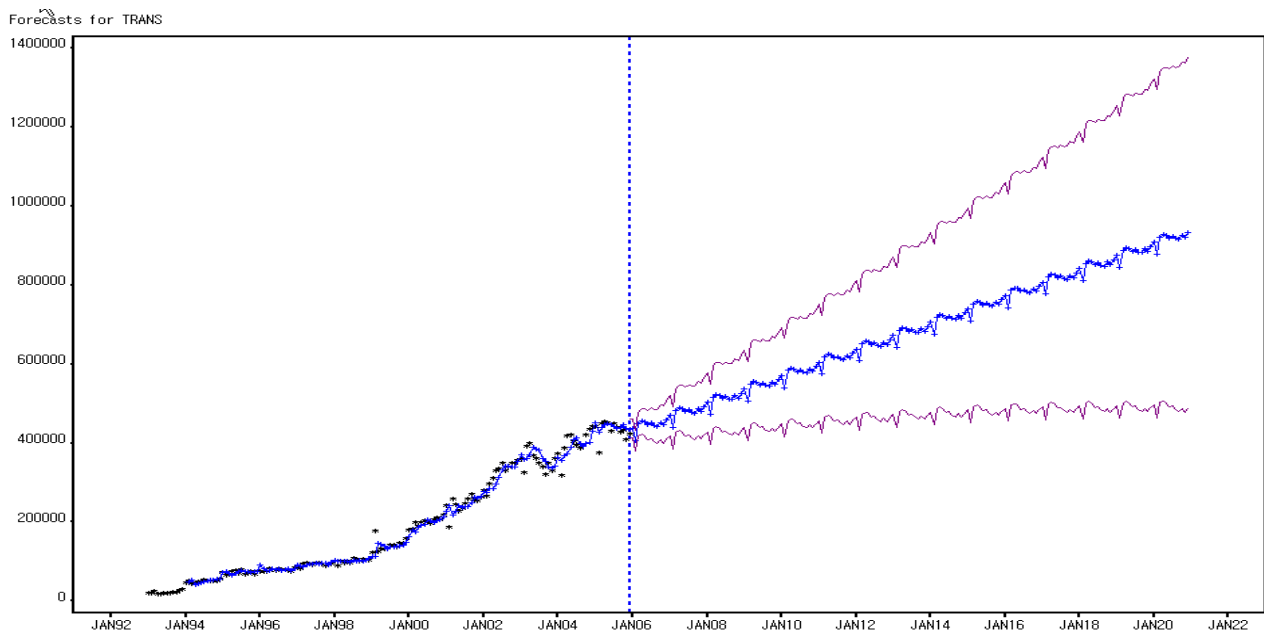
◦ ARIMA모형을 통한 부산항 환적화물 예측결과는 다음 표와 같음

<부산항 환적 물동량 전망>

단위 : 천TEU

년 도	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
환적물동량	5,745	6,151	6,557	6,962	7,368	7,774	8,180
년 도	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
환적물동량	8,585	8,991	9,397	9,803	10,208	10,614	11,020

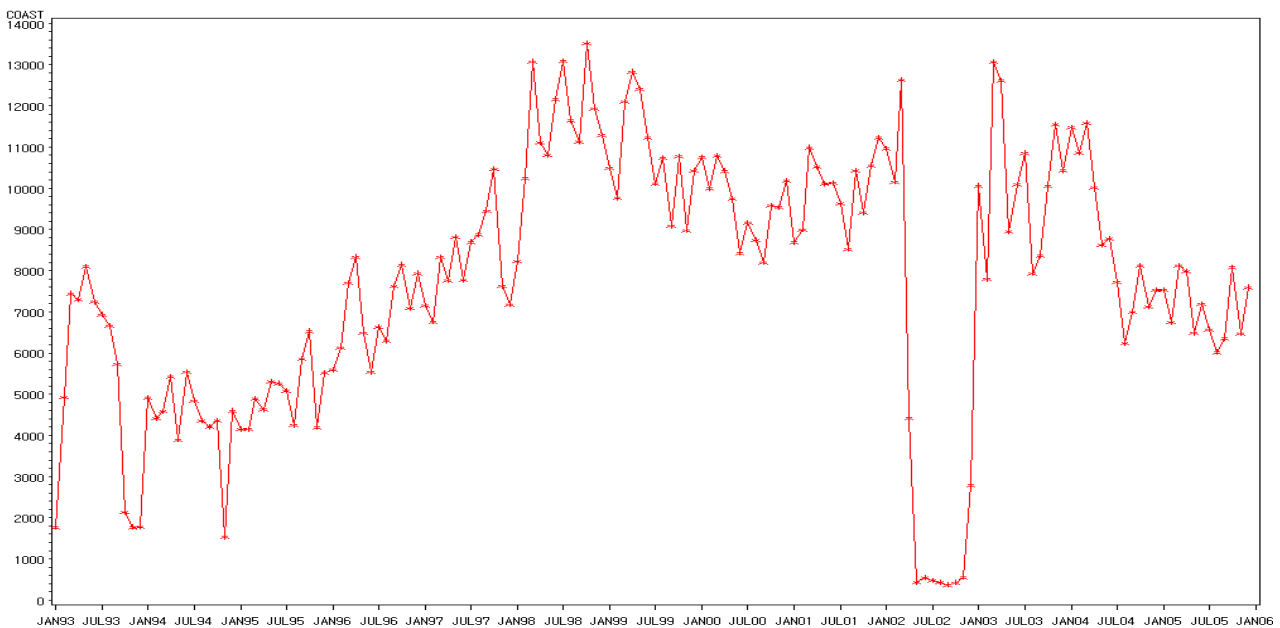
◦ 부산항 환적화물 예측결과를 그림으로 나타내면 다음 그림과 같음



<부산항 환적컨테이너 물동량 예측(2006~2020)>

4.1.4 부산항 연안 컨테이너 물동량 예측

- 연안화물은 아래 시도표에도 잘 나타나 있지만 그 증감패턴이 매우 불확실하게 나타나고 있음
- 2002년도의 급격한 물동량 감소와 2006년 잠정 집계된 물동량이 3만TEU 미만인 것으로 나타나 향후 물동량의 증감은 매우 불투명한 상황임



<부산항 연안컨테이너 물동량 변화>

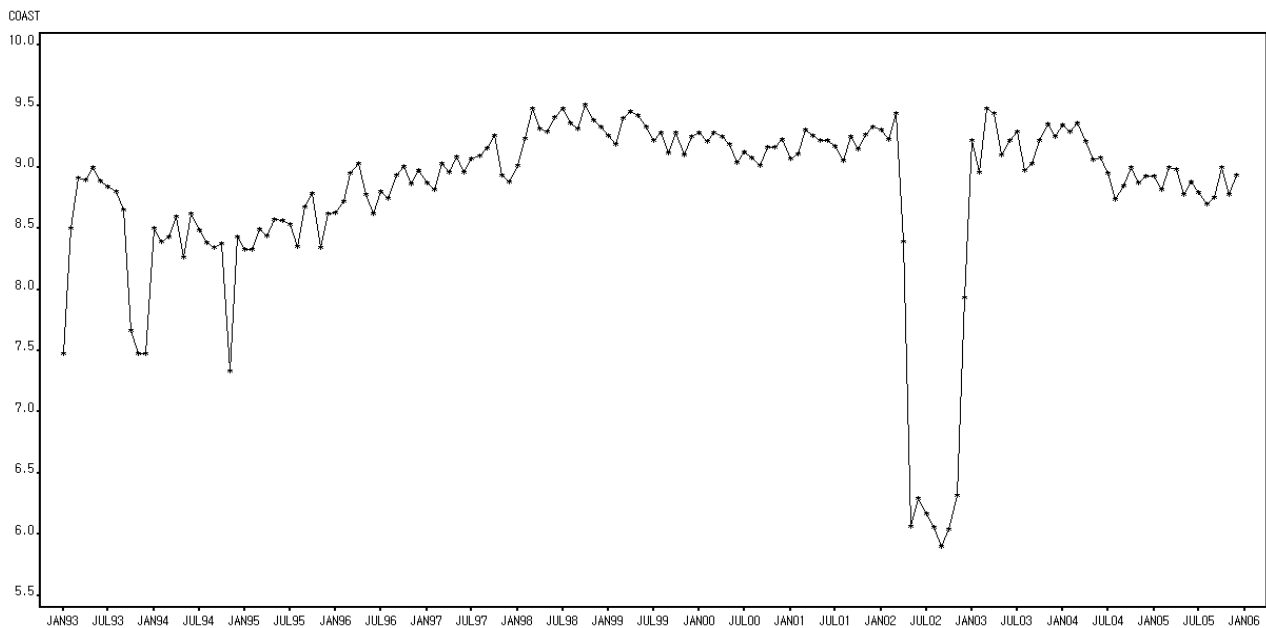
- 아래 표는 정부의 연안선석개발 검토 중에 있는 계획들로 정부의 이러한 계획들 역시 그 실효성이 매우 불확실하다고 판단됨
- 이러한 이유로 앞서 환적화물예측에 사용된 방법론(ARIMA모형)을 사용하여 연안화물을 예측함

<연안선석 개발예정 현황>

항 별	개 발 계 획
합 계 (8개항만)	◦ 3천톤급: 3선석 ◦ 5천톤급: 4선석 ◦ 2만톤급: 7선석 ◦ 수리전용부두: 978m
부산항	◦ 유라시아 게이트와 연계 북항 재개발(1~4부두)을 계획 중에 있으므로 동 계획(북항 기능 → 8부두 이전, 8부두 기능 → 2011년에 신선대 부두로 이전)에 따라 8부두에 내항선 전용부두 확보 ◦ 시설규모 / 기능이전 시기 - 5천톤급 1선석 / '11년까지
	◦ 감천항 서방파제 내측에 소형선 수리전용부두 개발 ◦ 시설규모 - 5천톤급 이하(연장 978m, 약 12천평, 준공목표: '11년까지)
	◦ 감천항내 시멘트부두 남측에 모래 전용부두 개발 ◦ 시설규모 - 3천톤급 1선석(준공목표: '11년까지)
인천항	◦ 당초 인천항의 기본계획대로 연안항내 기존 국제여객부두 기능을 남항으로 이전하고 동 위치에 내항선 전용부두 확보로 연안운송 활성화 도모 ◦ 시설규모 / 기능이전 시기 - 5천톤급 2선석 / '11년까지
통영항	◦ 여객부두 동측 일반화물부두를 내항선 전용부두로 연계운영 ◦ 시설규모: 5천톤급 1선석

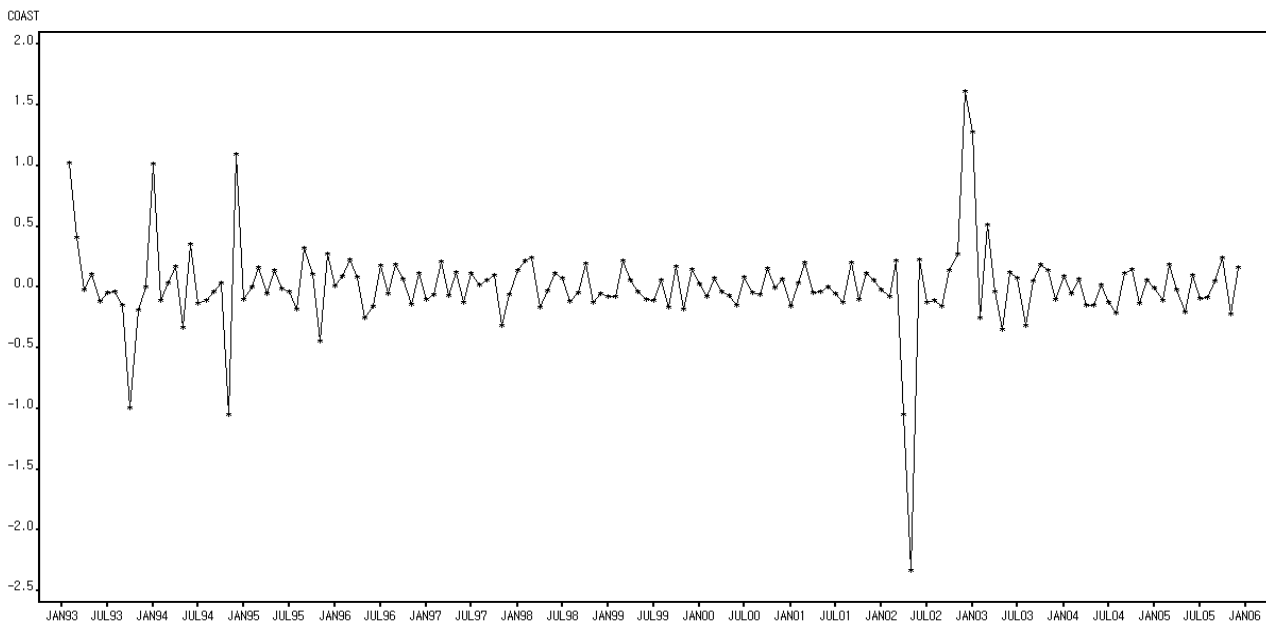
※ 주 : 전국무역항 기본계획 정비용역 시 검토 중
자료 : 해양수산부 내부자료. 2006.

- 연안화물의 시도표 분석을 통해 우선 분산의 안정화를 위해 시계열 자료에 로그변환을 실시하였음. 시도표의 변화는 다음 그림 참조



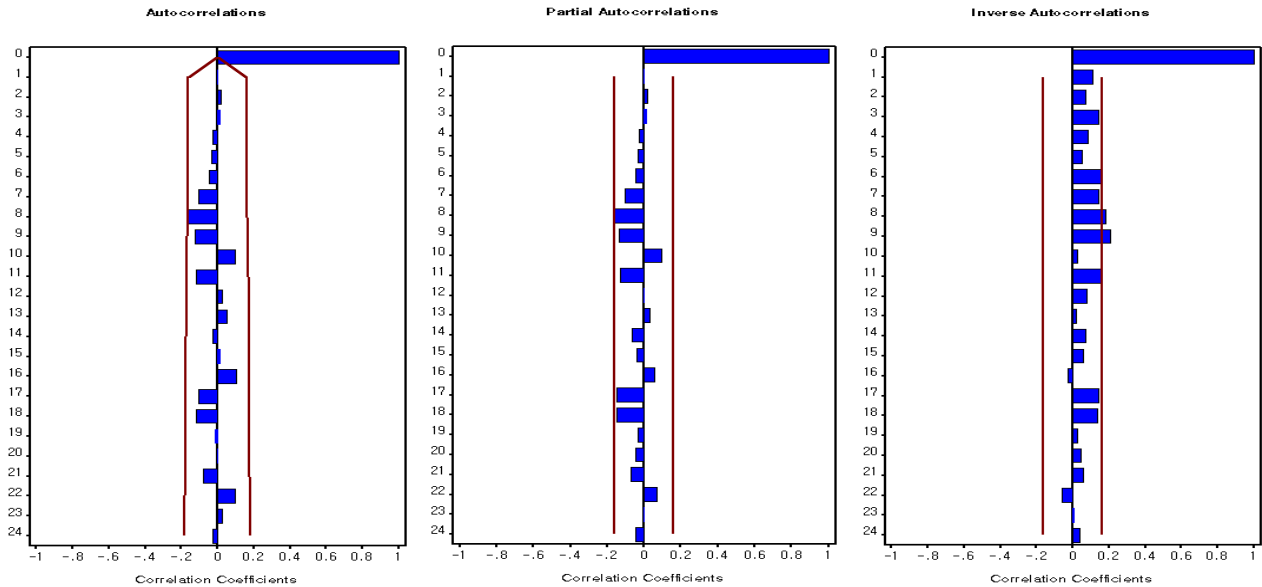
<부산항 연안컨테이너 물동량 로그변환>

- 장기적으로 시도표의 증가추세가 약하게 나타나고 있어 1차 차분을 실시함
- 통계적 검정을 통해 계절성이 다소 의심되어 계절차분을 실시하였고 정상성 (stationary)을 확인하기 위해 ACF, PACF를 확인하고 다양한 ARIMA모형을 적용함



<부산항 연안컨테이너 물동량 로그변환+차분>

- 모형의 정상성 검정을 위해 white-noise test, 단위근검정(DF, ADF)을 실시하여 이상 유무를 판단하고 적합한 모형 중 다양한 통계적 검정방법을 통해 최적 모형인 비상수형 ARIMA(0,1,2)(0,1,1)를 선택함



<부산항 연안컨테이너 물동량 ACF, PACF>

- AIC(Akaike Information Criterion), SBC(Schwarz Bayesian Information Criterion)를 비교하여 이 값이 적고 보다 예측력이 높은 모델을 선택함

<연안화물 예측 ARIMA모형 비교>

모 형	R-Square	AIC	SBC	Mean Absolute % Error
ARIMA(0,1,1) 비상수형	-0.160	2330.9	2333.9	124.64
ARIMA(0,1,1)(1,0,0) 비상수형	0.733	2286.0	2292.1	25.40
ARIMA(2,0,0)(1,0,0)	0.738	2304.7	2316.9	33.50
ARIMA(0,1,2)(0,1,1) 비상수형	0.707	2121.8	2130.7	26.92

- 연안화물 예측에 사용된 ARIMA(0,1,2)(0,1,1)s에 대한 모수추정치는 아래와 같이 나타남
- 추정치 중 계절이동평균을 제외한 변수의 T-value가 통계적으로 유의하지 않게 나타났으나 모형에서 적용된 로그변환, 차분을 감안할 때 검정력에 큰문제가 없는 것으로 판단함

<연안화물 ARIMA(0,1,2)(0,1,1)s 비상수형 모형의 모수 추정치>

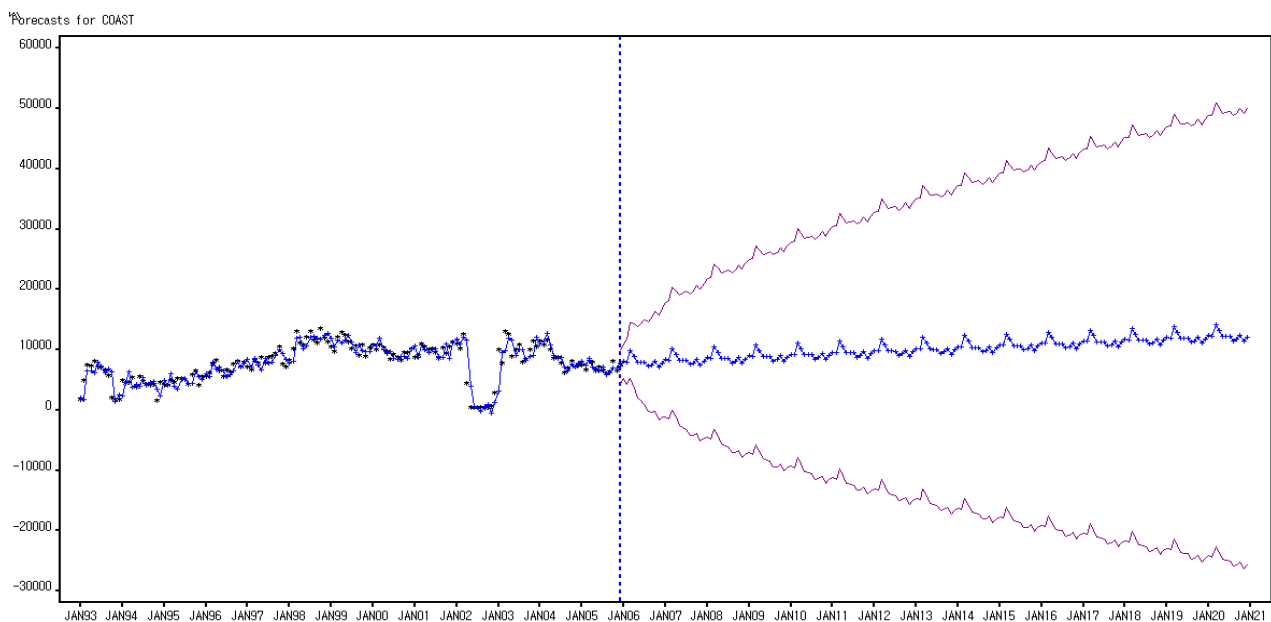
Model Parameter	Estimate	Std. Error	T value	Prob> T
Moving Average, Lag 1	0.074	0.0807	0.9181	0.3602
Moving Average, Lag 2	-0.009	0.0791	-0.1125	0.9106
Seasonal Moving Average, Lag 12	0.810	0.0758	10.6837	<.0001

◦ ARIMA모형을 통한 부산항 연안화물 예측결과는 다음 표와 같음

<부산항 연안 물동량 전망>

(단위 : 천TEU)

년 도	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
연안물동량	100	104	108	111	115	119	122
년 도	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
연안물동량	126	130	134	137	141	145	148



<부산항 연안컨테이너 물동량 예측(2006 ~ 2020)>

4.1.5 물동량 종합

- 예측 결과 2011년 부산항 컨테이너 물동량은 약 1,572만TEU로 전망되며 2015년에는 약 1,864만TEU, 2020년에는 약 21,564만TEU에 달할 것으로 추정됨
- 수출입 물동량은 2011년에 전체 물량의 52.4%인 약 823만TEU를 차지해 가장 높은 비중을 차지할것으로 예측되며 2015년과 2020년에 각각 51.1%, 48.2%를 차지해 전체

물량대비 비중은 미세한 감소추세가 나타남

- 이런 감소추세는 환적화물의 증가추세로 인해 발생에 따른 것으로 해석되며 환적화물은 2011년에 약 737만TEU에서 2015년에 약 899만TEU, 2020년에는 약 1,102만TEU로 그 비중이 다소 증가(46.9%→51.1%)되어 2018년 이후에는 수출입비중보다 환적화물의 비중이 더 클것으로 예측되었음
- 연안화물은 그 성장률이 수출입과 환적화물에 비해 낮게 나타나 2011년에 약 12만TEU에서 2015년에 약 13만TEU, 2020년에는 약 15만TEU로 큰 변동은 없을 것으로 예측됨

<부산항 물동량 예측 종합>

(단위: 천TEU)

구분	수출입물동량	환적물동량	연안물동량	총 물동량
2007	7,216	5,745	100	13,062
2008	7,511	6,151	104	13,766
2009	7,778	6,557	108	14,443
2010	8,008	6,962	111	15,082
2011	8,234	7,368	115	15,717
2012	8,606	7,774	119	16,498
2013	8,955	8,180	122	17,257
2014	9,277	8,585	126	17,989
2015	9,523	8,991	130	18,644
2016	9,701	9,397	134	19,231
2017	9,882	9,803	137	19,822
2018	10,067	10,208	141	20,416
2019	10,255	10,614	144	21,013
2020	10,396	11,020	148	21,564

- 해수부의 수정 항만기본계획의 물동량 산정 자료와 비교한 표는 다음과 같음
- 전체 물동량 기준 본 연구와 OSC의 예측치와는 2015년 이전 예측치에서는 5%미만의 근소한 차이를 보였고 2020년 기준으로는 본연구의 예측치가 5.7%가량 낮게 예측되어 큰 차이는 없는 것으로 나타남
- 수출입, 환적, 연안물동량으로 구분하여 본 결과 다소 차이가 나타남

- OSC의 예측치는 수출입과 환적화물의 비중이 2011년에 수출 : 환적이 47.3% : 50.77%로 환적물량이 다소 높게 책정된 것으로 나타났고 이후 비중이 2015년에 47.4% : 50.3%, 2020년에는 42.2% : 55.1%로 본 연구에 비해 환적물량의 성장가능성을 높게 평가한 것으로 나타남
- 연안물동량의 경우 그 비중이 2020년 기준 2.6%로 본 연구(0.7%)에 비해 다소 높게 예측된 것으로 나타남

<수정 항만 기본계획 예측치와의 비교>

(단위 : 천TEU)

년 도	OSC 수정 항만 기본계획(2006)				본 연구			
	소계	수출입	환적	연안	소계	수출입	환적	연안
2011년	16,093	7,612	8,171	310	15,717 (97.7%)	8,234 (108.2%)	7,368 (90.2%)	115 (37.1%)
2015년	18,790	8,901	9,453	436	18,644 (99.2%)	9,523 (106.9%)	8,991 (95.1%)	130 (29.8%)
2020년	22,867	9,660	12,604	603	21,564 (94.3%)	10,396 (107.6%)	11,020 (87.4%)	148 (24.6%)

※ 주 : 괄호안의 비율은 본연구예측치 ÷ OSC예측치로 계산함

자료 : 제2차 (2006 ~ 2011) 전국항만 기본계획 수정계획(무역항), 해수부, 2006. 12.

- 가장 큰 차이를 보인 환적화물의 비중은 기존의 항만기본계획에서 1999년과 2001년, 그리고 최근의 OSC·GLORI 보고서에서와 같이 점차 그 규모가 커져 2020년에는 수출입과 환적화물의 규모비중이 역전될것으로 예측함
- 또한 환적물동량의 규모도 거듭되는 예측을 통해 점차 커지고 있음

<과거 항만기본계획의 환적화물 비율변화>

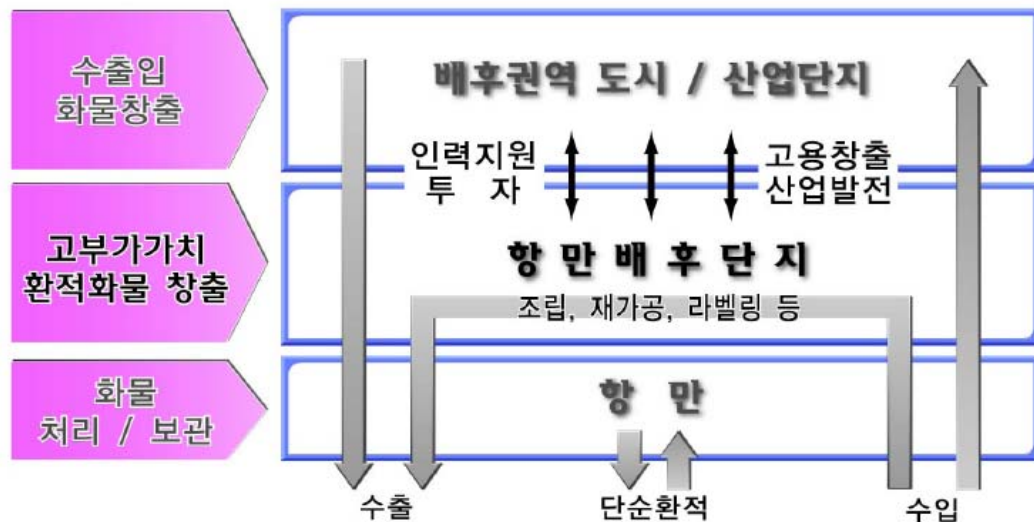
구 분		2006년		2011년		2020년	
		천TEU	%	천TEU	%	천TEU	%
항만기본계획 재정비(1999)	수출입	4,881	66.0	5,599	62.5	9,907	56.5
	환적	1,881	25.4	2,594	28.9	6,073	34.7
	연안	629	8.5	769	8.6	1,542	8.8
	소계	7,391	100.0	8,962	100.0	17,522	100.0
수정항만기본계획 (2001)	수출입	5,655	51.0	6,344	45.2	11,130	49.1
	환적	5,203	46.9	7,246	51.6	10,464	46.1
	연안	236	2.1	448	3.2	1,094	4.8
	소계	11,094	100.0	14,038	100.0	22,688	100.0
GLORI OSC (2006)	수출입	-		7,612	47.3	9,660	42.2
	환적	-		8,171	50.8	12,604	55.1
	연안	-		310	1.9	603	2.6
	소계	-		16,093	100.0	22,867	100.0

※ 자료: 1. 해양수산부, 항만기본계획재정비, 1999
 2. 해양수산부, 수정 항만개발계획, 2001.
 3. 제2차 (2006 ~ 2011) 전국항만 기본계획 수정계획(무역항), 해수부, 2006. 12.

- 본 연구의 시계열 예측에 따른 물동량은 과거 추세를 바탕으로 향후 추세를 예측하는 기법으로 2020년 기준으로 본 예측치를 크게 초과하는 물량에 대해서는 정부에서 추진 중인 항만배후단지개발계획에 있다 하겠음
- 최근 국토연구원에서 발표한 전국항만배후단지 개발 종합계획 항만기본계획과 연계, 2020년까지 배후단지수요를 반영하여 5년 단위('11년, '15년, '20년)로 제시하였음
- 2020년까지 수요면적(목표연도 2020년)은 26,994천㎡(816만평)이며, 2015년까지 수요면적은 19,638천㎡(594만평)임
- 주요 4개항 23,344천㎡(706만평), 기타 4개항 3,650천㎡(110만평)
- 항만배후단지는 단계별 부지 조성계획을 반영하여 항만별로 2015년까지 필요한 소요면적을 지정·고시함
- 항만배후단지 지정면적(목표연도 2015년)은 20,306천㎡(614만평)임
- 주요 4개항 18,356천㎡(555만평), 기타 4개항 1,950천㎡(59만평)임

구 분	2011년	2015년	2020년
합 계	15,759 (4,766)	20,306 (6,143)	26,671 (8,068)
부산항 신항	4,650 (1,406)	6,703 (2,028)	7,890 (2,387)
광양항	3,878 (1,173)	3,878 (1,173)	5,465 (1,653)
인천항	4,143 (1,253)	5,147 (1,557)	6,665 (2,016)
평택·당진항	1,405 (425)	2,628 (795)	4,479 (1,355)
울산항	456 (138)	456 (138)	456 (138)
목포항	473 (143)	473 (143)	473 (143)
포항항	423 (128)	690 (209)	912 (276)
마산항	331 (100)	331 (100)	331 (100)

- 따라서 최근 OSC예측에서 환적화물의 증대는 이러한 배경에서 이뤄졌다고 할 수 있으며 본 연구에서는 이러한 배후단지에서 창출되는 고부가가치 환적화물의 규모를 보다 보수적인 측면에서 예측하였음
- 배후단지개발계획을 검토한 결과 정부의 환적화물 예측치에 맞춘 배후단지 규모산정에 초점을 맞추고 있어 향후 보다 구체적인 계획이 수립시에 물동량 상향이 가능할 것으로 전망함



<환적화물창출형 배후단지개발계획안>

4.2 부산항 신항 물동량 예측

- 해수부의 수정 항만기본계획(2006)에서는 2001년 전국무역항 기본계획에 대한 타당성 및 개발수요 재검토를 위하여, KMI에서 물동량 예측을 실시(2004.12)하였으며, 그 결과에 대해 영국의 OSC 등에서 재점검을 통하여 물동량을 확정 하였음(2005.11)
- 2006년 정비안 수립 결과, '01년 기본계획에 비해 항만 개발수요 감소
- 2001년 물동량 예측에 비해 컨테이너 9%, 총화물 7% 감소(2011년 기준)하고, 컨테이너부두의 생산성 증가로 선석당 적정하역능력 증가됨
- 예 : 5만톤급 1선석 : 30 → 40만TEU/년 (33.3% 증가)
- 이에 따라, 2011년 기준 컨테이너 선석은 14선석 감소(96→82선석)하고, 전체적으로 60선석이 감소됨(364→304선석)

<전국 항만별 컨테이너 선석 개발계획>

구 분	컨테이너			년차별 컨테이너 처리능력 (천TEU)		
	2001계획(a)	2006정비(b)	b-a	2011	2015	2020
계	96	82	-14	30,000	34,790	47,910
부산항	33	30	-3	16,760	17,150	23,030
광양항	29	16	-13	6,850	8,850	12,450
인천항	9	12	3	3,130	3,890	5,370
평택·당진항	4	8	4	1,240	2,520	4,200
기타	21	16	-5	2,020	2,380	2,860

※ 주 : 2006정비계획과의 비교에서 선석수는 2011년 기준임
 자료 : 수정 항만기본계획, 해양수산부, 2006.

4.2.1 부두별 처리능력 산정

1) 선석당 처리능력

- 수정항만기본계획(2006)을 토대로 부산항 개발 기본방향을 살펴보면 단계별 항만 물동량의 원활한 처리를 위한 항만시설 확충, 부두기능 재배치를 통한 항만의 재정비 및 항만운영의 효율성 제고, 신항과 연계한 부산 서남권의 국제물류 거점화, 부산항 부두운영 효율성 제고 및 항만공간의 토지이용 효율성 증대에 있음
- 2001년 전국무역항 항만기본계획 용역보고서에서는 5만톤급 선석 1개당 30.4만 TEU, 2만톤급 선석 1개당 10.7만 TEU의 하역능력이 있을 것으로 산정함
- 하역능력 산정시 적용된 선석점유율을 42%(5만톤급), 26%((2만톤급)에 불과하여 현실과 괴리가 있어 조정이 필요함
- 선박입항 및 작업시간 분포에 대한 시뮬레이션 결과에 따르면 운용선석 단위 3개를 기준으로 40만TEU가 되는 것으로 나타났고 실제로 부산항 처리실적을 기준으로 했을 경우 선석당 약 43만TEU를 처리하고 있고 부두별 편차가 매우 심한 것으로 나타남
- 아시아지역 및 유럽 항만의 경우 선석당 40만TEU이상을 처리하는 것으로 계획되어 있음
- 홍콩 HIT터미널은 홍콩항 4, 6, 7, 9번 컨테이너터미널 12개 선석 및 COSCO와 합작투자한 8번 터미널 2개 선석, 총 14개 선석을 운영하고 있으며 선박당 Quay Crane 평균 4~5대가 할당되며 월평균 1,050대의 선박이 입항함
- 선전 YICT는 1994년에 약 1만TEU를 처리했으나 2005년기준 1,620만TEU로 급격한 성장세를 보임
- 2004년 기준 선전항 전체 1,380만TEU 가운데 절반을 YICT에서 처리함
- 두 항만 모두 최신하역장비와 운영능력으로 선석당 처리능력은 60만TEU로 매우 높게 나타났음

<중국 항만의 주요제원 및 컨테이너 처리능력>

구분	홍콩 HIT	선전 YICT
선석수	14	9
총 선석길이(m)	5,080	3,750
총면적(ha)	131	208
수심(m)	12.5 ~ 15.5	14 ~ 16
Quay Cranes	51(32 twin lift, 3.6/Berth)	38(18 twin lift, 4.5/Berth)
Dwell Time(days)	3 ~ 4	2 ~ 7
Yard Cranes	163(11/Berth)	166(19/Berth)
Throughput/Berth(TEU)	600,000	600,000
Yard Density(%)	70	60
QC Movements/Hour	35	35
Trucks/QC	5 ~ 6	5 ~ 6
Stacking Height	5.5	~ 8

- 최근 정부에서 발표된 「수정 항만기본계획」에서는 이러한 선석당 과소추정된 처리능력을 보정하기 위해 연구용역을 추진한 결과 5만톤급 선석을 기존 처리능력보다 33.3%증가된 선석당 40만TEU로 산정함
- 그러나 증가된 선석당 처리능력으로도 현재 부산항에서 처리되고 있는 물동량에 대해서는 설명력이 부족하며 향후 고도화된 하역장비를 통한 생산성향상이 고려되지 못하고 있음
- 따라서 이러한 추세 등을 감안하고 최근 선석당 처리능력산정을 위한 연구자료를 토대로 5만톤급 선석의 처리능력을 **45만TEU로 상향 조정하여 적용함**

<중국과 국내 항만의 선석 처리능력비교>

구분	중국	한국	비고
Throughput/Berth(TEU)	600,000	500,000	
Movement/Ship.hours(VAN)	150 ~ 290	80 ~ 120	
Quay Cranes per berth	3.6 ~ 4.5	3 ~ 3.75	47 ~ 60%가 twin lift(중국)
Yard Crane	11 ~ 19	7 ~ 10	
Truck/QC	5 ~ 6	4.6 ~ 5.3	YT Pooling 시스템 구축(허치슨)
QC Movements/Hour	35	26 ~ 30	

※ 자료 : 유비쿼터스기술의 적용효과(컨테이너터미널 프로세스 개선), 차세대물류혁신연구회, 2006. 12.

2) 재래부두 재개발계획

- 재산정된 하역능력을 통해 각 부두별 하역능력을 산정하고 재래부두 재개발계획의 공

사착공 연차별계획에 따라 시설능력을 삭감하여 산정함

- 1단계 재개발계획에 따라 2008년과 2016년에 중앙부두와 2, 3, 4부두가 폐쇄될 계획에 있어 북항 시설능력에서 제외시킴
- 2단계 계획을 반영하여 1부두와 연안 및 국제여객부두는 2016년 이후 시설능력에서 제외시킴

<하역능력 재산정 및 조정 하역능력 >

부두명	하역능력(천TEU)	조 정 방 안
1부두	244	2016년이후 244천TEU 감소
2부두	230	2008년이후 230천TEU 감소
중앙부두	419	2008년이후 419천TEU 감소
3부두	550	2012년이후 550천TEU 감소
4부두	872	2012년이후 872천TEU 감소
7부두	282	
일반부두 기타	167	2016년이후 167천TEU 감소
자성대	1,685	
우암	256	
신감만	843	
감만	1,600	
신선대	2,000	
감천	667	
합계	9,815	

※ 주:1,2중앙,3,4,7부두와 일반부두 기타 물동량은 최근 3년간(2003~2005) 평균 처리량 기준

3) ODCY 관련

- 2009년 이후 ODCY가 폐쇄된다는 가정하에 각 부두별 처리능력은 안벽과 장치장의 능력에 의해 처리능력이 산정되며 신선대와 우암부두를 제외한 자성대, 감만, 신감만, 감천항은 모두 장치능력의 부족을 겪을 것으로 전망함
- 자성대부두는 선석능력이 5만톤급 4선석, 1만톤급 1선석으로 선석처리능력은 2,085천TEU로 나타났으나 장치장 능력이 현저히 낮게 나타나 1,371천TEU를 처리할 수 있어 부두 능력이 현저히 떨어질 것으로 전망됨
- 이런 예상에 일부 항만관계자들은 북항재개발사업에 자성대부두를 포함시키는 방안을 내놓고 있으나 본 연구에서는 확정되지 않은 정책으로 판단하여 본 연구의 고려사항에서 제외함
- 또한 2012년에 폐쇄될 예정의 3번과 4번 재래부두의 경우도 마찬가지로 장치능력이 부족할 것으로 전망해 2009년 이후 처리능력을 다음과 같이 산정함
- 3, 4부두 확보 TGS = $36,000/38.4 = 937.5$ (약 938TGS)

- 장치장능력 = 938 × 365일 × 3.5단/(1.2(분리계수)×1.3(피크계수)×7(평균장치일수))
 ≒ 110,000TEU(3, 4부두 합계)

<부산항 컨테이너 터미널의 안벽과 장치장 처리능력 비교>

구 분	안벽			장치장		Bottleneck 구간
	안벽길이(m)	C/C 대수	선석능력 (천TEU)	TGS	장치장 능력 (천TEU)	
자성대	1,477	14 3.3/Berth	2,085	11,000	1,371	장치장
신선대	1,550	15 3.0/Berth	2,250	18,000	2,809	안벽
감만	1,400	15 3.75/Berth	1,800	12,200	1,706	장치장
신감만	826.5	7 3.0/Berth	842	4,374	595	장치장
우암	500	5 3.6/Berth	256	2,500	339	안벽
감천	600	5 3.3/Berth	750	3,535	480	장치장

- ※ 주 : 1. 선석처리능력은 5만톤급 : 45만TEU, 2만톤급 : 17만TEU, 1만톤, 5천톤급은 각각 8.5만TEU, 4.3만TEU로 계산함.
 2. 하역능력은 크레인 3기 기준 45만TEU를 산정하였으나 감천부두의 경우 2개 선석에 크레인이 5기인 관계로 1개 선석은 45만TEU를 적용하며, 잔여 1개 선석은 45만TEU/3기 × 2기 = 15만TEU로 산정하여 따라서 감천부두의 하역능력은 75만TEU로 산정함
 3. 신선대 부두는 2004년 1개 선석을 추가 개장하여 총 5개 선석으로 운영하고 있으므로 하역능력은 235만TEU임
 4. 장치능력은 모두 On-Dock 처리됨을 가정함

※ 자료 : 전국항만 표준하역능력 산정 워크샵 ,해양수산부, 2005.
 부산 북항과 신항의 연계 활성화 방안 연구, 부산항만공사, 2005. 5.
 부산항 비전 2020. 부산항만공사. 2006.

◦ 재래부두 재개발과 향후 ODCY 계획을 반영한 북항의 장래 컨테이너 처리능력은 아래 표와 같이 산정함

- 2006년에 북항 처리능력은 약 10,647천TEU로 2009년이후 ODCY 운영중단과 재개발 사업으로 인해 2020년에는 6,938천TEU로 능력저하가 예상됨

<북항 처리능력 전망>

(단위 : 천TEU)

구 분	2006년	2011년	2015년	2020년
일반부두	2,764	803	693	282
컨테이너부두	7,883	6,656	6,656	6,656
합 계	10,647	7,459	7,349	6,938

- 따라서 향후 처리물동량은 현재 북항의 하역능력이 포화상태임을 감안할 때 이후에도 앞서 산정된 선석당 하역능력을 기준으로 북항의 물동량을 산정함
- 장래의 북항관련 개발계획을 검토한 결과 추가적인 시설은 고려되지 않고 있음
- 향후 재래부두 재개발과 ODCY폐쇄 등의 요인으로 북항의 처리물동량은 점차 감소할 것으로 전망됨

<북항 부두별 물동량 전망>

(단위 : 천TEU)

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016~2020
1부두	244	244	244	244	244	244	244	244	244	0
2부두	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0
중앙부두	419	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3부두	550	550	55	55	55	0	0	0	0	0
4부두	872	872	55	55	55	0	0	0	0	0
7부두	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282
일반기타	166	166	166	166	166	166	166	166	166	0
자성대	1,885	1,885	1,371	1,371	1,371	1,371	1,371	1,371	1,371	1,371
우암	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256
신감만	943	943	594	594	594	594	594	594	594	594
감만	1,800	1,800	1,706	1,706	1,706	1,706	1,706	1,706	1,706	1,706
신선대	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250
감천	750	750	480	480	480	480	480	480	480	480
합계	10,648	9,998	7,459	7,459	7,459	7,349	7,349	7,349	7,349	6,939

4.2.2 신항만 시설소요

- 앞서 예측한 부산항의 물동량 예측치에서 향후 북항의 처리능력을 제외한 물동량을 신항의 잠재물동량으로 가정하여 물동량을 계산하면 다음 표와 같음
- 2007년 기준 신항의 물동량은 2,414천TEU이며, 2011년은 7,623천TEU, 2020년에는 14,625천 TEU로 예측되었음

<신항만 시설소요 전망>

년도	부산항물동량예측치 (천TEU)	북항능력 (천TEU)	신항물동량 (천TEU)
2007	13,062	10,648	2,414
2008	13,766	9,998	3,768
2009	14,443	7,459	6,984
2010	15,082	7,459	7,623
2011	15,717	7,459	8,258
2012	16,498	7,459	9,039
2013	17,257	7,459	9,798
2014	17,989	7,459	10,530
2015	18,644	7,459	11,185
2016	19,231	6,939	12,292
2017	19,822	6,939	12,883
2018	20,416	6,939	13,477
2019	21,013	6,939	14,074
2020	21,564	6,939	14,625

※ 주 : 1. 신항물량은 물동량예측 - 북항능력
2. 선석소요는 5만톤급(40만TEU)을 기준으로 산정함

4.3 수도권-부산항 철도 물동량 예측

4.3.1 철도 이용 물동량 현황

- 부산항과 수도권간 철송 물동량은 2001년 이후 2006년까지 5년간 약 7.1%씩 꾸준히 증가하고 있음
- 부산항에서 발송한 물동량과 부산항으로 도착한 물동량 비율을 검토한 결과 발송 비율은 점차 감소되고 있으며, 도착비율은 점차 증가하고 있는 것으로 나타나 수출 컨테이너의 철도 이용비율이 점차 증가하고 있는 것으로 파악됨

<철도 물동량 처리 현황(부산항 - 수도권)>

구분	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년 (1~9월)
발송	311,315	316,781	335,374	317,995	344,919	378,680	209,692
발송비율	58.1%	54.4%	52.9%	50.0%	50.1%	50.3%	41.4%
도착	224,216	266,036	298,443	318,133	344,212	374,841	297,001
도착비율	41.9%	45.6%	47.1%	50.0%	49.9%	49.7%	58.6%
합계	535,531	582,817	633,817	636,128	689,131	753,521	506,693
전년대비 증가율	-	8.8%	8.8%	0.4%	8.3%	9.3%	67.2%

※ 자료 : 철도공사 전산자료 정리, 2007년 10월

- 부산항의 전체 수출입 컨테이너 화물 중 부산항과 수도권간 철도 이용 물동량은 2006년 기준 수입화물은 11%를 점유하였으며, 수출화물의 경우 11.1%를 점유하고 있는 것으로 나타남
 - 5년간 점유율의 평균치는 발송화물의 경우 10.8%, 도착화물의 경우 10.1%
- 최근 3년간(2004년 ~ 2006년)의 증가율은 발송의 경우 0.6%, 도착의 경우 0.75%임

<부산항 수출입 처리량 대비 철도 이용 물동량 현황(부산항 - 수도권)> (단위 : 천TEU)

구분	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년
수입 총계	2,729,332	3,029,020	3,286,361	3,309,202	3,427,256
발송	316,781	335,374	317,995	344,919	378,680
발송비율	11.6%	11.1%	9.7%	10.4%	11.0%
수출 총계	2,792,399	3,005,983	3,308,609	3,270,036	3,374,777
도착	266,036	298,443	318,133	344,212	374,841
도착비율	9.5%	9.9%	9.6%	10.5%	11.1%

4.3.2 철도 이용 물동량 예측(수도권-부산항)

- 부산신항 물동량의 각 화물 유형별 물동량 비중은 다음과 같음
 - 수출입 화물의 비중은 2007년 55.2%에서 2020년 48.2%를 점유할 것으로 예측되고 있음

<부산항 수출입 처리량 대비 철도 이용 물동량 현황>

구분	수출입 화물	환적화물	연안화물
2007년	55.2%	44.0%	0.8%
2008년	54.6%	44.7%	0.8%
2009년	53.9%	45.4%	0.7%
2010년	53.1%	46.2%	0.7%
2011년	52.4%	46.9%	0.7%
2012년	52.2%	47.1%	0.7%
2013년	51.9%	47.4%	0.7%
2014년	51.6%	47.7%	0.7%
2015년	51.1%	48.2%	0.7%
2016년	50.4%	48.9%	0.7%
2017년	49.9%	49.5%	0.7%
2018년	49.3%	50.0%	0.7%
2019년	48.8%	50.5%	0.7%
2020년	48.2%	51.1%	0.7%

- 부산신항 물동량에 [표 6-3]의 화물별 점유비율을 곱하여 유형별 물동량을 산정한 결과 다음과 같이 나타남

<부산항 수출입 처리량 대비 철도 이용 물동량 현황>

(단위 : TEU)

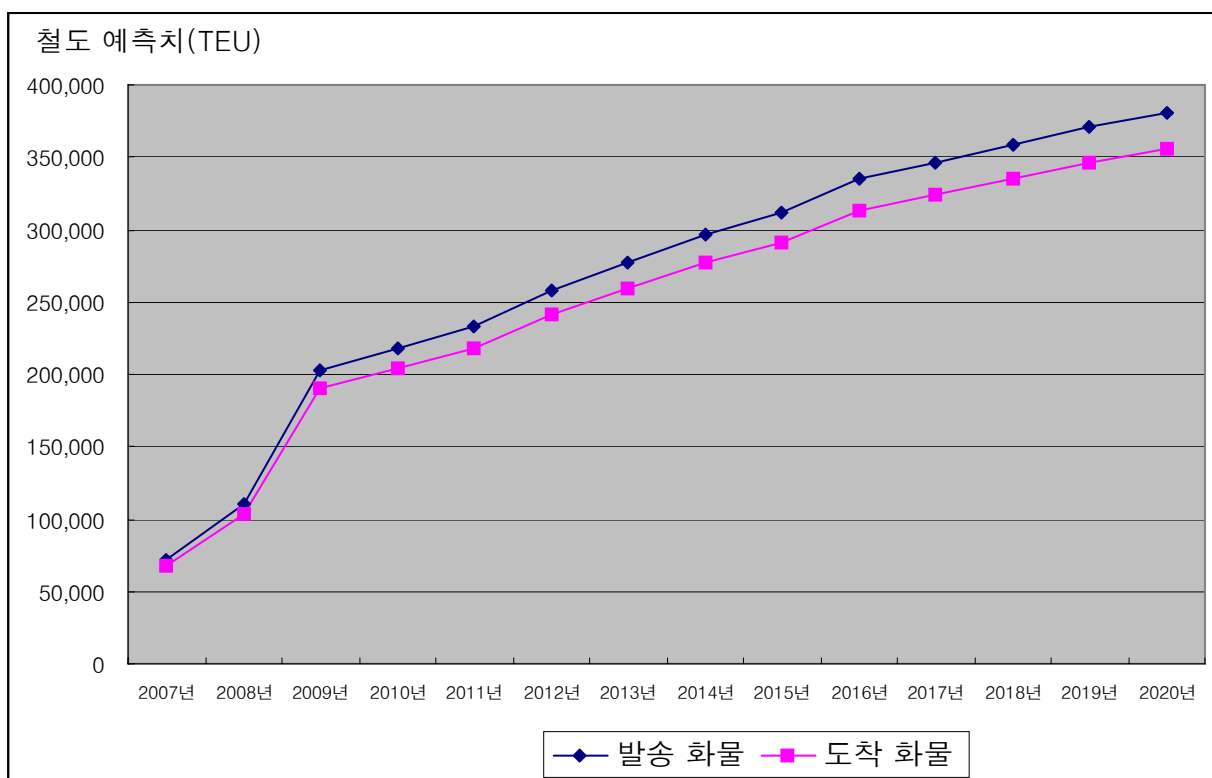
구분	부산신항 화물	수출입 화물	환적화물	연안화물
2007년	2,414,259	1,333,805	1,061,898	18,558
2008년	3,767,513	2,055,571	1,683,458	28,485
2009년	6,983,366	3,760,991	3,170,277	52,099
2010년	7,622,364	4,047,236	3,518,815	56,314
2011년	8,258,011	4,326,281	3,871,258	60,473
2012년	9,148,963	4,772,195	4,310,906	65,863
2013년	9,907,469	5,141,114	4,696,058	70,298
2014년	10,639,298	5,486,957	5,077,750	74,592
2015년	11,294,606	5,769,144	5,446,834	78,629
2016년	12,292,255	6,200,662	6,006,285	85,309
2017년	12,882,790	6,422,661	6,370,999	89,132
2018년	13,476,708	6,645,094	6,738,662	92,954
2019년	14,074,071	6,868,245	7,109,052	96,775
2020년	14,624,721	7,050,506	7,473,731	100,485

- 수입화물 : 수출화물의 비중은 약 50%:50%로 거의 비슷한 수준이므로 표 6-5의 수출입 화물에 수입, 수출 비중을 곱하여 수입화물과 수출화물을 구분함
- 부산항-수도권간 발송화물과 도착화물 비율은 [표 6-2]를 참고로 발송화물 비율 10.8%와 도착화물 비율 10.1%를 각각 적용하여 수도권-부산항간 발송화물 및 도착화물을 예측함
 - 발송화물 및 도착화물의 물동량 예측 결과치는 [표 6-5]와 같으며, 추이는 [그림 6-1]과 같이 예측됨
 - 운영기간을 30년으로 볼 때 터미널 운영기간은 2011년~2040년이며, 2020년 이후 예측물동량은 [그림 6-1]과 같은 패턴으로 증가하는 것으로 전제

<수도권 - 부산항간 발송화물 및 도착화물 예측>

(단위 : TEU)

구분	수입 화물	발송 화물	수출화물	도착 화물
2007년	666,903	72,026	666,903	67,357
2008년	1,027,786	111,001	1,027,786	103,806
2009년	1,880,496	203,094	1,880,496	189,930
2010년	2,023,618	218,551	2,023,618	204,385
2011년	2,163,141	233,619	2,163,141	218,477
2012년	2,386,098	257,699	2,386,098	240,996
2013년	2,570,557	277,620	2,570,557	259,626
2014년	2,743,479	296,296	2,743,479	277,091
2015년	2,884,572	311,534	2,884,572	291,342
2016년	3,100,331	334,836	3,100,331	313,133
2017년	3,211,331	346,824	3,211,331	324,344
2018년	3,322,547	358,835	3,322,547	335,577
2019년	3,434,123	370,885	3,434,123	346,846
2020년	3,525,253	380,727	3,525,253	356,051



<수도권 - 부산항간 철도 발송화물 및 도착화물 예측>

4.3.3 비용 편익 분석

- 모달로 시스템을 적용할 때의 비용 편익 분석은 기존 시스템인 T/C를 활용 방식과 비교 검토를 통해 비용-편익 분석을 실시함
- 사회적 할인율

1) 비용 분석

(1) 비용 항목의 설정

- 모달로 시스템을 적용할 때 발생하는 비용 항목은 다음과 같음
 - 토지 보상비 : 모달로 터미널을 구축하기 위해 필요한 토지의 보상 비용
 - 터미널 건설비 : 모달로 터미널을 구축하는데 소요되는 비용
 - Wagon 투입 비용
 - 해당 년도의 물동량을 처리하기 위해 투입되는 Wagon(화차)의 비용으로 해당 년도 물동량 처리를 위한 Wagon 제작을 위해 전년도 지출비용으로 가정하되, 투입량은 유지/보수/예방정비를 위해 2편성 분량을 추가
 - 발송 및 도착 편도 물동량 중 많은 물동량 처리를 위해 필요한 투입량
 - 트레일러 투입비용 : 모달로 방식을 적용하기 위해 투입되는 트레일러 구입 비용으로 년차별 Wagon 소요 대수와 동일하게 투입
 - 연구개발비 : 모달로 방식의 화차를 개발하기 위해 투입되는 연구개발비
 - 운영유지비 : Wagon의 유지 및 보수, 운영을 위해 투입되는 비용으로 Wagon 투입 비용의 2%로 가정(예비타당성 지침서 제 4판 참조)

(2) 비용 분석

- 토지보상비
 - 모달로 터미널은 부산신항 배후 녹산역과 의왕ICD에 각각 구축하는 것으로 가정
 - 현재 녹산역은 조성공사 중이고, 의왕ICD는 운영 중으로 초기 터미널 구축에 필요한 부지는 확보된 것으로 판단하여 토지보상비는 계상하지 않음
 - 반면 물동량 증가에 따라 모달로 터미널의 추가 확장이 필요한 경우에는 토지보상비를 계상하며, 기종점간 두 개 터미널의 토지보상비는 119억원을 적용

<토지보상비 계상>

구분	내용	비고
부지면적	$350\text{m} \times 65\text{m} = 22,750\text{m}^2$	·350m = 20량 × 15m + 20m(기관차) + 차량 운행 및 여유구간 ·65m = 50m(터미널 구축)+15m(CY 조성)
토지 보상비용 (1개 터미널)	$261,700\text{원}/\text{m}^2 \times 22,750\text{m}^2 = 59.5\text{억원}$	· m^2 당 토지보상비는 한국토지공사 실제 보상가(녹산 잡종지, 전답의 평균가격) 적용 · $(400,000\text{원}+134,000\text{원}) \div 2 = 261,700\text{원}$
2개 터미널 토지 보상비	$59.5\text{억원} \times 2\text{개 터미널} = 119\text{억원}$	

◦ 터미널 구축비

- 터미널 구축비는 모달로 터미널을 구축하는데 소요되는 비용으로서 1개 터미널의 구축 비용은 프랑스 Lohr의 실질 구축비용 43.85억원에 설계비 및 예비비, 환경영향 평가, 교통영향평가를 위한 비용소요를 고려하여 구축비용의 30%를 계상
- 터미널 구축비 = $43.85\text{억원} \times 130\% = 57.0\text{억}$

◦ Wagon 투입 비용

- 해당 년도의 물동량을 처리하기 위해 투입되는 Wagon(화차)의 비용으로 해당 년도 물동량 처리를 위한 Wagon 제작을 위해 전년도에 지출비용
- Wagon의 투입댓수 산출을 위한 전제조건은 다음과 같음
- 의왕ICD와 부산진역의 작업상황과 Wagon의 자중 및 Trailer 중량 등을 고려하여 1편성당 20량을 수송하는 것으로 가정
- 1편성당 작업소요시간은 출·도착시간 등 제반시간을 포함하여 50분(프랑스 모달로 터미널 실작업시간 기준)으로 가정
- 실제 투입량은 운송에 필요한 투입량과 유지/보수/예방정비를 위해 2편성 분량을 추가
- 운행횟수 = $\text{물동량 예측치} \div 20\text{량}(1\text{편성당}) \div 2\text{TEU}(1\text{량당}) \div 300\text{일}(\text{년간 운행일수})$

<Wagon 투입대수 산정>

구분	물동량 예측 (TEU)	운행횟수 (편도, 통행)	운송 투입량 (편도, 통행) (A)	실제 투입량 (예방/유지(+2)) (B) = (A) + 2	연차별 소요량 (누적, wagon) (C) = (B × 20량)	연차별 투입량 (년차별, wagon)
2010년	—	—	20.0	22.0	440.0	440.0
2011년	233,620	19.5	22.0	24.0	480.0	40.0
2012년	257,699	21.5	24.0	26.0	520.0	40.0
2013년	277,621	23.1	25.0	27.0	540.0	20.0
2014년	296,296	24.7	26.0	28.0	560.0	20.0
2015년	311,534	26.0	28.0	30.0	600.0	40.0
2016년	334,836	27.9	29.0	31.0	620.0	20.0
2017년	346,824	28.9	30.0	32.0	640.0	20.0
2018년	358,836	29.9	31.0	33.0	660.0	20.0
2019년	370,886	30.9	33.0	35.0	700.0	40.0
2020년	395,580	33.0	35.0	37.0	740.0	40.0
2021년	412,737	34.4	36.0	38.0	760.0	20.0
2022년	429,894	35.8	38.0	40.0	800.0	40.0
2023년	447,051	37.3	39.0	41.0	820.0	20.0
2024년	464,208	38.7	41.0	43.0	860.0	40.0
2025년	481,365	40.1	42.0	44.0	880.0	20.0
2026년	498,522	41.5	43.0	45.0	900.0	20.0
2027년	515,679	43.0	45.0	47.0	940.0	40.0
2028년	532,836	44.4	46.0	48.0	960.0	20.0
2029년	549,993	45.8	48.0	50.0	1,000.0	40.0
2030년	567,150	47.3	49.0	51.0	1,020.0	20.0
2031년	584,307	48.7	51.0	53.0	1,060.0	40.0
2032년	601,464	50.1	52.0	54.0	1,080.0	20.0
2033년	618,621	51.6	53.0	55.0	1,100.0	20.0
2034년	635,778	53.0	55.0	57.0	1,140.0	40.0
2035년	652,935	54.4	56.0	58.0	1,160.0	20.0
2036년	670,092	55.8	58.0	60.0	1,200.0	40.0
2037년	687,249	57.3	59.0	61.0	1,220.0	20.0
2038년	704,406	58.7	61.0	63.0	1,260.0	40.0
2039년	721,563	60.1	62.0	64.0	1,280.0	20.0
2040년	738,720	61.6	0.0	0.0	0.0	0.0

- Wagon 투입비용 = 연차별 투입량 × 2.5억원/wagon

- 재투자 비용은 장비의 내용연수인 15년 경과시점에 Wagon 교체 투입되는데 따른 비용

<Wagon 투입비용>

구분	연차별 투입량 (년차별, wagon)	wagon 투입비용 (억원)	재투입 비용 (억원)	합계
2010년	440.0	1,100.0		1,100.0
2011년	40.0	100.0		100.0
2012년	40.0	100.0		100.0
2013년	20.0	50.0		50.0
2014년	20.0	50.0		50.0
2015년	40.0	100.0		100.0
2016년	20.0	50.0		50.0
2017년	20.0	50.0		50.0
2018년	20.0	50.0		50.0
2019년	40.0	100.0		100.0
2020년	40.0	100.0		100.0
2021년	20.0	50.0		50.0
2022년	40.0	100.0		100.0
2023년	20.0	50.0		50.0
2024년	40.0	100.0		100.0
2025년	20.0	50.0	1,100.0	1,200.0
2026년	20.0	50.0	100.0	200.0
2027년	40.0	100.0	100.0	300.0
2028년	20.0	50.0	50.0	150.0
2029년	40.0	100.0	50.0	250.0
2030년	20.0	50.0	100.0	200.0
2031년	40.0	100.0	50.0	250.0
2032년	20.0	50.0	50.0	150.0
2033년	20.0	50.0	50.0	150.0
2034년	40.0	100.0	100.0	300.0
2035년	20.0	50.0	100.0	200.0
2036년	40.0	100.0	50.0	250.0
2037년	20.0	50.0	100.0	200.0
2038년	40.0	100.0	50.0	250.0
2039년	20.0	50.0	100.0	200.0
2040년	0.0	0.0	0.0	0.0

◦ 트레일러 투입비용

- 모달로 방식을 적용하기 위해 투입되는 트레일러 구입비용으로 연차별 Wagon 소요 대수와 동일하게 투입하되 예방, 유지보수를 위해 추가되는 2편성분은 계상에서 제외
- 트레일러 투입비용 = Wagon 연차별 투입량 × 0.2억원/Trailer

<Trailer 투입대수 및 비용 산정>

구분	연차별 투입량 (연차별, Trailer)	Trailer 투입비용 (억원)
2010년	400	87.6
2011년	40	8.0
2012년	40	8.0
2013년	20	4.0
2014년	20	4.0
2015년	40	8.0
2016년	20	4.0
2017년	20	4.0
2018년	20	4.0
2019년	20	4.0
2020년	100	20.0
2021년	20	4.0
2022년	40	8.0
2023년	40	8.0
2024년	40	8.0
2025년	40	8.0
2026년	20	4.0
2027년	40	8.0
2028년	40	8.0
2029년	40	8.0
2030년	40	8.0
2031년	20	4.0
2032년	40	8.0
2033년	40	8.0
2034년	40	8.0
2035년	40	8.0
2036년	20	4.0
2037년	40	8.0
2038년	40	8.0
2039년	40	8.0
2040년	0	0.0

◦ 연구개발비

- 모달로 방식의 화차를 개발하기 위해 투입되는 연구개발비 97억원은 2007년 ~ 2009년까지 순차적으로 투입

<연차별 연구개발비>

구분	연차별 연구개발비
2007년	33.5
2008년	45.0
2009년	18.5
합계	97.0

◦ 운영유지비

- Wagon의 유지 및 보수, 운영을 위해 투입되는 비용으로 Wagon 투입비용의 2%로 가정(예비타당성 지침서 제 4판 참조)
- 운영유지비에는 유지 및 보수를 위한 비용과 운영을 위해 필요한 인건비 등을 포함하는 것으로 가정함

<운영 유지비용>

구분	wagon 투입비용 (억원)	wagon 투입비용 누적 (억원)	운영, 유지비용 (억원)
2010년	1,100.0		
2011년	100.0	1,100.0	22.0
2012년	100.0	1,200.0	24.0
2013년	50.0	1,300.0	26.0
2014년	50.0	1,350.0	27.0
2015년	100.0	1,400.0	28.0
2016년	50.0	1,500.0	30.0
2017년	50.0	1,550.0	31.0
2018년	50.0	1,600.0	32.0
2019년	100.0	1,650.0	33.0
2020년	100.0	1,750.0	35.0
2021년	50.0	1,850.0	37.0
2022년	100.0	1,900.0	38.0
2023년	50.0	2,000.0	40.0
2024년	100.0	2,050.0	41.0
2025년	50.0	2,150.0	43.0
2026년	50.0	2,200.0	44.0
2027년	100.0	2,250.0	45.0
2028년	50.0	2,350.0	47.0
2029년	100.0	2,400.0	48.0
2030년	50.0	2,500.0	50.0
2031년	100.0	2,550.0	51.0
2032년	50.0	2,650.0	53.0
2033년	50.0	2,700.0	54.0
2034년	100.0	2,750.0	55.0
2035년	50.0	2,850.0	57.0
2036년	100.0	2,900.0	58.0
2037년	50.0	3,000.0	60.0
2038년	100.0	3,050.0	61.0
2039년	50.0	3,150.0	63.0
2040년	0.0	3,200.0	64.0

2) 편익 분석

(1) 편익항목의 설정

- 모달로 시스템을 적용할 때 발생하는 편익 항목은 다음과 같음
 - 시설물 잔존가치 : 시설물의 잔존가치는 운영시점 30년 이 후 운영이 종료되는 시점에 잔존하는 장비를 제외한 토지에 대한 잔존가치로서 예비타당성 지침서에 의거 토지보상비의 90%에 해당하는 비용은 운영기간 최종년도에 배분하고, 10%는 최종년도를 제외한 운영기간에 일률적으로 배분
 - 하역비용 절감 편익 : 모달로 시스템을 이용함으로써 하역장비를 사용하지 않는 데 따르는 상/하차 비용 절감편익과 화물의 직반출/입에 따라 기존 CY를 사용하지 않는데 따르는 CY 사용료 절감편익의 합계

(2) 편익 분석

- 시설물 잔존가치
 - 시설물의 잔존가치는 운영시점 30년 이 후 운영이 종료되는 시점에 잔존하는 장비를 제외한 토지에 대한 잔존가치로서 예비타당성 지침서에 의거 토지보상비의 90%에 해당하는 비용은 운영기간 최종년도에 배분하고, 10%는 최종년도를 제외한 운영기간에 일률적으로 배분
 - 시설물 잔존가치 = (토지보상비×10%)÷(운영잔여기간-1년)+(토지보상비×90%)

<시설물 잔존가치>

년도	토지보상비 (억원)	시설물 잔존가치 (억원)	년도	토지보상비 (억원)	시설물 잔존가치 (억원)
2009년			2025년		0.5
2010년			2026년	119.1	0.5
2011년			2027년		1.4
2012년	119.1		2028년		1.4
2013년		0.5	2029년		1.4
2014년		0.5	2030년		1.4
2015년		0.5	2031년		1.4
2016년		0.5	2032년		1.4
2017년		0.5	2033년		1.4
2018년		0.5	2034년		1.4
2019년		0.5	2035년		1.4
2020년		0.5	2036년		1.4
2021년		0.5	2037년		1.4
2022년		0.5	2038년		1.4
2023년		0.5	2039년		1.4
2024년		0.5	2040년		214.3

◦ 하역비용 절감 편익

- 하역비용 절감 편익은 모달로 시스템을 이용함으로써 하역장비를 사용하지 않는 데 따르는 상/하차 비용 절감편익과 화물의 직반출/입에 따라 기존 CY를 사용하지 않는데 따르는 CY 사용료 절감편익의 합계

<모달로 시스템 운영시 하역비용 절감액>

구분	부산진	의왕ICD	합계
당초 하역비	7,000	8,634	15,634
변경 하역비	3,000	3,000	6,000
하역비 절감액	4,000	5,634	9,634
CY 사용료	5,000	23,000	28,000
CY 변경	0	0	0
CY 사용료 절감액	5,000	23,000	28,000
총 하역비용 절감액			37,634

- 하역비용 절감편익 = 물동량 합계(도착+발송) × 37,634원(총 하역비용 절감액)

3) 비용-편익 분석 결과

- 비용 편익 분석 결과 비용은 7,479.8억원이 발생하고 편익은 10,733.8억원이 발생하는 것으로 나타남
- 사회적 할인율 6.5%를 적용할 때 비용의 현가는 2,991.3억원이며, 편익의 현가는 3,043.3억원으로 B/C Ratio는 1.02, NPV는 52.1억원으로 분석되어 본 사업은 경제성이 있는 것으로 판단됨

<비용 편익 분석 결과>

구분	내용	단위
비용합계	7,479.8	억원
비용현재가	2,991.3	억원
편익합계	10,733.8	억원
편익현재가	3,043.3	억원
B/C Ratio	1.02	
NPV	52.1	억원

<비용 편익 분석 결과 세부 내역>

(단위 : 억원)

구분	비용분석									편익분석			
	wagon 투입비용	재투자비용	운 영 유지비 (2%)	트레일러 추가비용	토 지 보상비	연 구 개발비	터미널 건설비	비용합 계	비용현가	시설물 잔존가치	하역비 절감편익	편익 합계	편익 현가
2007년						33.5		33.5	31.5				
2008년						45.0		45.0	39.7				
2009년						18.5		18.5	15.3				
2010년	1,100.0			87.6			114.0	1,301.6	1,011.8				
2011년	100.0		22.0	8.0				130.0	94.9		170.1	170.1	124.2
2012년	100.0		24.0	8.0	119.1			251.1	172.1		187.7	187.7	128.6
2013년	50.0		26.0	4.0			114.0	194.0	124.8	0.5	202.2	202.6	130.4
2014년	50.0		27.0	4.0				81.0	48.9	0.5	215.8	216.2	130.7
2015년	100.0		28.0	8.0				136.0	77.2	0.5	226.9	227.3	129.0
2016년	50.0		30.0	4.0				84.0	44.7	0.5	243.9	244.3	130.2
2017년	50.0		31.0	4.0				85.0	42.5	0.5	252.6	253.0	126.6
2018년	50.0		32.0	4.0				86.0	40.4	0.5	261.3	261.8	123.0
2019년	100.0		33.0	8.0				141.0	62.2	0.5	270.1	270.6	119.3
2020년	100.0		35.0	8.0				143.0	59.2	0.5	277.3	277.7	115.0
2021년	50.0		37.0	4.0				91.0	35.4	0.5	296.3	296.7	115.4
2022년	100.0		38.0	8.0				146.0	53.3	0.5	308.2	308.6	112.7
2023년	50.0		40.0	4.0				94.0	32.2	0.5	320.1	320.5	109.9
2024년	100.0		41.0	8.0				49.0	15.8	0.5	332.0	332.4	107.0
2025년	50.0	1,150.0	43.0	4.0				1,197.0	361.8	0.5	343.9	344.3	104.1
2026년	50.0	150.0	44.0	4.0	119.1			317.1	90.0	0.5	355.8	356.2	101.1
2027년	100.0	200.0	45.0	8.0			114.0	367.0	97.8	1.4	367.7	369.1	98.3
2028년	50.0	100.0	47.0	4.0				151.0	37.8	1.4	379.6	381.0	95.3
2029년	100.0	150.0	48.0	8.0				206.0	48.4	1.4	391.5	392.9	92.3
2030년	50.0	150.0	50.0	4.0				204.0	45.0	1.4	403.4	404.8	89.3
2031년	100.0	150.0	51.0	8.0				209.0	43.3	1.4	415.3	416.7	86.3
2032년	50.0	100.0	53.0	4.0				157.0	30.5	1.4	427.2	428.6	83.4
2033년	50.0	100.0	54.0	4.0				158.0	28.9	1.4	439.1	440.5	80.4
2034년	100.0	200.0	55.0	8.0				263.0	45.1	1.4	451.0	452.4	77.6
2035년	50.0	150.0	57.0	4.0				211.0	34.0	1.4	462.9	464.3	74.8
2036년	100.0	150.0	58.0	8.0				216.0	32.7	1.4	474.8	476.2	72.0
2037년	50.0	150.0	60.0	4.0				214.0	30.4	1.4	486.7	488.1	69.3
2038년	100.0	150.0	61.0	8.0				219.0	29.2	1.4	498.7	500.0	66.7
2039년	50.0	150.0	63.0	4.0				217.0	27.2	1.4	510.6	511.9	64.1
2040년	0.0	0.0	64.0	0.0				64.0	7.5	214.3	522.5	736.8	86.6
합계								7,479.8	2,991.3		10,495.2	10,733.8	3,043.3

V. 전문가 설문조사 결과

5.1 수요조사 방식

- 물류업체, 관련 공공기관 외에도 관련 기술회사 등을 방문하여 설문뿐만 아니라 개발시스템에 대한 presentation도 실시하였으며, 기술적인 자문과 회의 또한 실시하였음.(별첨#2 회의록 참조)
- 설문조사는 두 번에 걸쳐 각각 다른 내용에 대하여 51개의 설문 응답지 확보
- 현행 운송 방식 및 운행체제 그리고 DMT 시스템에 대하여 프레젠테이션 실시
- 전문가들과 자유로운 의견 교환 및 본 시스템에 대한 의견 수렴
- 준비한 설문양식에 대하여 전문가들의 의견 및 조언을 수렴

5.2 수요조사 방문기관 및 업체

- 정부 및 공공기관(6곳)

기관명	설문지 개수	비고
한국철도공사	4	
한국철도시설공단	2	
도로공사	4	
양산 ICD	4	
부산항만공사	4	
한국컨테이너부두공단	3	
합계	21	

- 물류업체(11곳)

기관명	설문지 개수	비고
KCTC	4	부산진역임주업체
세방	4	“
국보	2	“
국제통운	2	“
삼익	3	“
천일	4	“
코레일로지스	3	“
한진	3	“
대한통운	2	“
21C 물류	1	일반물류업체
대성종합물류	2	“
합계	30	

5.3 수요조사내용 요약 및 결론

- 설문조사 주요내용: 두 번에 걸쳐 각각 다른 내용에 대하여 설문조사를 실시하였으며 주된 설문내용은 다음과 같음.
 - 현 물류 운송체계의 문제점과 개선방안
 - 복합운송 시스템과 DMT 시스템에 관한 내용
 - 여러 DMT 시스템(Piggyback, Bi-modal, Modalohr)과 현 철도시스템과의 비교분석
 - 향후 물동량 증가와 운임에 따른 육송과 철송의 이용에 관한 내용
- 물류방식의 가장 큰 장애요인으로 생각하는 점은 신속한 운송체계를 선택하였으며, 이를 해결하기 위해서는 우선적으로 물류체계의 개선이 이루어져야 한다는 조사결과가 나타남.
- 뿐만 아니라 대부분의 전문가는 물류체계의 개선이 필요하다고 하는 반면에 개선의 가능성에 대해서는 그리 높지 않은 반응을 보였음. 그 이유는 초기 투자비와 현 시스템의 수정 등에 따른 부담이 주된 요인으로 분석됨.
- 복합운송시스템과 같은 새로운 방식의 도입에 대하여
 - 복합운송에 대해서는 약 55%이상의 비율이 필요한 것으로 조사되었으며, 연계운송방식 중 가장 적합한 시스템으로 철도시스템으로 나타났음.
- DMT 시스템에 관한 질문에 대하여
 - DMT 도입시 물류 절감효과는 그리 높지 않다고 조사되었지만, 서비스의 질적 향상을 가져올 것이라는 답변이 60% 정도로 매우 높게 나타났음. 이는 현행 물류체계에 대한 많은 문제점과 개선에 대한 Needs를 내포하고 있다고 보여짐.
 - 뿐만 아니라 DMT 시스템이나 복합운송방식은 육송시 가장 큰 문제로 대두되는 도로 체증을 감소하는 매우 효과적인 방안으로 평가함.
 - 사업의 주체는 공공기관이 약 42%였고 민간기관이 주가 되어야 한다는 설문도 약 23% 정도로 조사됨.
 - 전반적으로 DMT와 같은 새로운 시스템이 향후 운송체계의 문제점을 개선할 것으로 생각하니 시스템 구조와 운영의 변경에 따른 기간과 비용에 대하여 매우 부담을 생각하고 있는 것으로 설문조사 되었음.
- 새로운 방식중 대표적인 시스템인 Piggyback, Bi-modal, Modalohr에 대한 비교 설문에 대해서는
 - 운송관계업자의 경우, 시스템 구조나 운영의 변경에 대한 부담으로 인하여 기존 운송방식을 다소 고수하는 성향의 설문결과가 나타났으며,
 - 물류를 의뢰하는 화주들의 입장에서는 새로운 방식의 도입을 희망하는 것으로 결과가 나타났음. 이러한 결과는 운송업자의 경우, 현행 시스템 변경에 따른 리스크에 대한 부담을 느끼는 것으로 분석되며, 화주는 새로운 방식의 도입에 따른 물류비절감 등의 효과를 기대하는 것으로 분석됨.
 - 반면에 도로체증 완화나 환경오염 등에 대해서는 새로운 방식이 크게 기여할 수 있을 것으로 분석되었음.

- 기존 철송과 육송의 장점을 모두 살리는 JIT 및 door to door 서비스는 모달로 방식을 채택하였을 경우 가장 잘 해결할 수 있는 시스템으로 조사됨.
 - 도로체증 저감, 환경오염 저감 등에 대해서도 모달로 방식이 가장 우수한 것으로 조사됨.
- 특히, 초기 시설비와 기존의 형식에서 새로운 시스템으로 전환하기 위한 투자비 등의 경제적 문제가 크게 대두되었음. 따라서 정부나 유관기관의 보조금 및 경제적 지원이 있다면 새로운 시스템의 도입에 대하여 긍정적인 것으로 조사되었음.
- 향후 물동량 증가 및 운임에 따른 육송과 철송의 이용에 대한 설문조사
- 우선, 육송의 가장 큰 문제는 대다수가 높은 운송비를 답하였으며 운송 중 발생할 수 있는 안전사고나 위험이 그 뒤를 이었으며 수송시간의 불확실과 차량수배의 어려움의 순으로 조사되었음
 - 향후 국내 전체의 물동량 증가에 대비한 각 회사의 물동량 증가에 대한 내용으로, 2011년에는 10-20%, 2015년에는 20-40%, 그리고 2020년에는 30-70% 정도가 물동량이 증가할 것으로 조사되었음
 - 이는 향후 물동량 증가는 확실한 것으로 예상되며 그 비율 또한 국내 컨테이너 물동량의 추이와 거의 비슷한 것으로 분석됨
 - 향후 물동량 증가에 따른 철송 시스템의 이용에 대한 설문은 30%, 50% 그리고 70% 정도를 철송으로 이용하겠다는 설문이 동일한 분포로 조사되었음
- 컨테이너 화물의 철도수송에 대한 설문에서 철송시스템은 육로에 비하여 운송시간이 많이 걸리는 점과 수송단계가 복잡한 것을 주 단점으로 조사되었으며 또한 배차시간이 부족하여 이용도가 낮은 것으로 조사되었음. 반면 육로의 주 단점인 운송비는 철송에서는 큰 문제점이 아닌 것으로 분석됨
- 긴급한 물동의 철송 이용에 대한 조사는, 요금을 더 지불하고 철송을 이용하겠다는 응답보다는 기존의 육송을 그대로 이용하겠다는 응답이 대다수였음. 이 응답으로부터 기존의 육송이 아무리 긴급한 물동이라할지라도 어느 정도 JIT 서비스가 가능하며 또한 편리한 수송절차가 육송이용의 지배적인 이유로 분석됨. 따라서 기존 철송의 장점을 유지하면서 육송서비스의 장점을 접목한 새로운 운송서비스가 경쟁력있는 미래의 운송서비스임을 알 수 있음
- 선적화물의 작업완료시간에 대한 설문은 대다수가 2-3일전에 작업을 완료하여 선적을 기다리는 것으로 조사되었음. 선적물은 일반적으로 이 기간동안 선적대기를 하고 있으며 시간적 loss가 이곳에서 발생하는 것으로 분석됨.
- 수요조사 통계분석 및 설문조사문항 : # 별첨 1 참조

VI. 철도 및 공로 연계 수송시스템 구축 방안

6.1 기존 화물수송 시스템

6.1.1 기존 물류 수송 체계

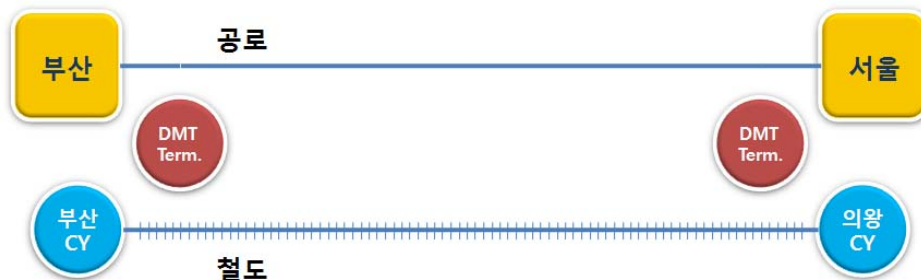
- 기존 화물수송은 철도와 육로가 구분되어 운영되고 있음.
- 물류업체가 화주로부터 화물을 넘겨받으면, 육로로 수송할 것인지 철도로 수송할 것인지 결정하여 처음부터 끝까지 철도와 육로가 독립적으로 수송을 하게 됨.

6.1.2 기존 철도수송 작업방법

- 트레일러 기사가 화물을 싣고 철송장에 들어오면,
- 크레인 또는 리치스태커를 사용하여 화물을 야적장에 4단까지 쌓아 둠.
- 기차가 들어오면,
- 리치스태커를 이용하여 야적장에 놓인 컨테이너를 트레일러에 적재한 후,
- 트레일러 기사가 RTGC 밑으로 들어오고,
- RTGC의 스프레더를 사용하여 컨테이너를 기차의 화차위에 적재함.
(작은 철송장 또는 야적장 등에서는 리치스태커만으로 작업을 함.)
- 반대로 기차위에 놓인 컨테이너를 트레일러에 양하함.

6.1.3 기존 육로수송 작업방법

- 컨테이너 터미널 또는 ICD에서 컨테이너를 트레일러에 적재하게 되면
- 목적지까지 육로를 통해서 이동하게 됨



<기존 공로 및 철도 수송>

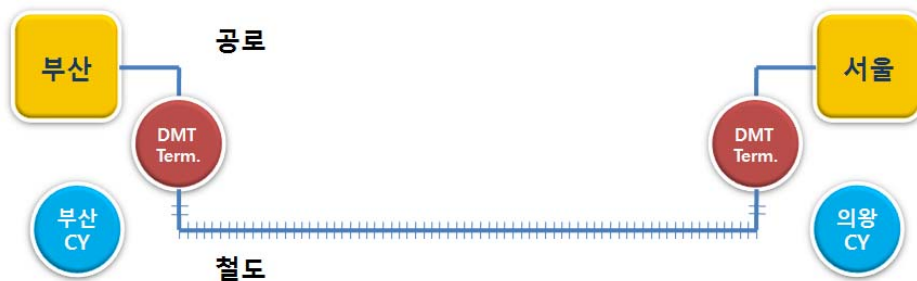
6.2 DMT 수송시스템 운영방안

6.2.1 DMT 수송시스템 작업방법

- 터미널에 트레일러 샷시를 실은 전용차량이 들어오면,
- 대기하고 있던 트랙터가 트레일러 샷시를 Loading 또는 Unloading함.
- 필요에 따라서는 크레인이 필요하지만, 대부분 크레인 없이 바로 작업이 가능함.

6.2.2 DMT 터미널 운영방안

- 기존 철도수송 터미널을 DMT전용 터미널로 완전히 바꾼다는 것은 초기 투자비용 과다 및 공간 확보의 어려움 등 많은 문제를 발생시킬 수 있음.
- 따라서 기존 철송장을 그대로 두고 철송과 육송을 연계하기 위한 방안으로 주요 지점에 DMT전용 터미널을 따로 설치한 후 점진적으로 늘려나가는 것이 필요함.



<DMT 전용 터미널을 통한 수송>

6.3 기존 철도 수송시스템 및 공로와의 연계방안

6.3.1 기존 철도차량과 DMT 전용 철도차량

- 기존 철송장의 장비(크레인, 리치스태커 등) 및 시설은 그대로 사용 가능함.
- DMT용 철도차량을 제작하여 점진적으로 기존 철도차량을 대체해 나감.
- 당분간은 기존 철도차량과 DMT 전용 철도차량을 동시에 사용하도록 함.

6.3.2 기존 철도 수송시스템과의 연계방안

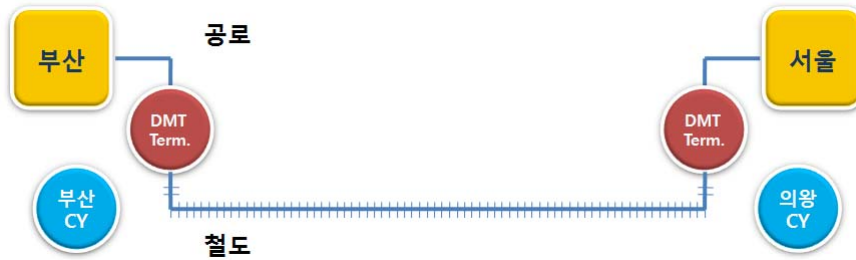
- DMT 전용 터미널에서 컨테이너를 실은 트레일러 또는 공 트레일러를 DMT 전용 차량에 장착하고 기존 철송장으로 들어감.
- 철송장에 있는 기존 하역장비(RTGC, 리치스태커 등)를 이용하여 컨테이너만 적재 또는 양하 가능함.
- 작업이 끝난 DMT 전용 철도차량은 철도수송을 통해 다른 철송장으로 들어가거나 DMT 전용터미널에 들어가서 육로수송으로 연계됨.

6.3.3 기존 공로와의 연계방안

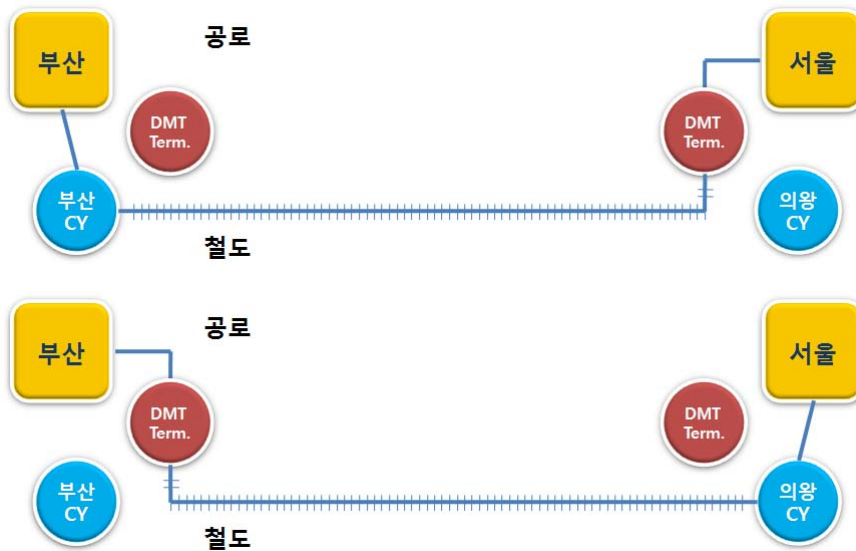
- 기존 공로를 이용하여 수송하던 화물을 DMT 터미널을 통해 흡수함.
- 주요 지점에 물류허브 형태의 DMT 터미널을 설치하여 지역적으로 차량수송을 활성화함.
- 이렇게 되면 오로지 육로로만 화물을 수송하는 트레일러도 있을 것이고 지역적으로 이동하는 차량도 있게 됨.
- 따라서 육로수송을 통한 도로정체의 혼잡비용을 절감할 수 있는 효과를 얻을 수 있음.

6.4 기존 철도 및 공로 연계를 고려한 예상되는 가상 시나리오

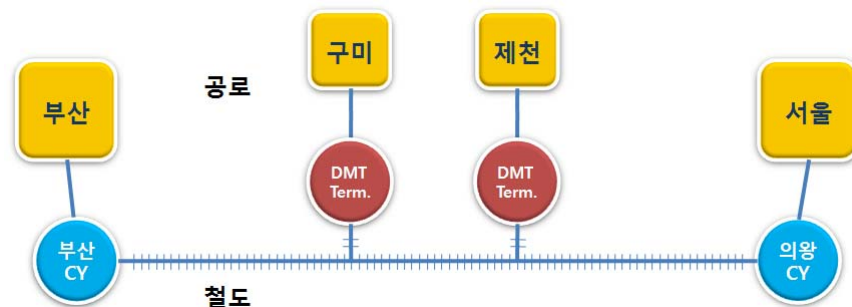
6.4.1 부산·경남 ↔ DMT ← (철도) → DMT ↔ 서울·경기



6.4.2 부산·경남 ↔ 부산CY ← (철도) → DMT ↔ 서울·경기 (또는 부산·경남 ↔ DMT ← (철도) → 의왕CY ↔ 서울·경기)



6.4.3 부산·경남 ↔ 부산CY ← (철도) → DMT ↔ 경북 또는 충청도 (경북 또는 충청도 ↔ DMT ← (철도) → 의왕CY ↔ 서울·경기) (경북 또는 충청도 ↔ DMT ← (철도) → 부산CY ↔ 부산·경남)



VII. 본 과제를 위한 기획

7.1 기술개발 개요

- 물류 증가 추세와 새로운 패턴에 대비하고 철도물류 활성화를 위한 국내형 DMT (Dual Mode Trailer) 기술 개발하고, 이에 대한 테스트 베드 제작 및 실제 시스템에 적용을 통한 테스트를 수행하고, 이후 확장하여 상업화 기반을 이룰 수 있어야 함.
- 기존의 철도 수송 시스템을 개선하고 수요자들이 공통적으로 바라는 서비스를 위해서는 다음과 같은 요구사항을 해결할 수 있는 시스템이 요구됨.
 - Door to door 및 JIT 서비스의 동시 만족(공로와 철도 운송의 장점만 유지)
 - 향후 모든 철도의 전철화로 인한 수직양하역방식(크레인 및 리치스태커 등)의 문제를 해결할 수 있는 시스템
 - 새로운 개념의 신속한 양·하역 시스템(동시 이적재 가능 시스템)
 - 유동성을 위해 개별 화물 조작이 용이한 parallel 양·하역 시스템
 - 기존 국내 물류체계에 적용이 용이한 시스템
 - 양·하역 절차의 간소화로 유통비 절감효과와 설치 및 유지보수 및 운영비용이 저렴한 시스템
 - 향후 물류정보 통합시를 대비하여 자동화 및 확장이 용이하며, 환경 친화적 미래형 운송 시스템 등
- 이에 기획과제에서는 기존 크레인 시스템과 더불어 Piggyback, Bi-modal, 화차 회전형 시스템 및 평행 이적재형 시스템을 기술적으로 비교 분석하였음.
- 기술적으로 최근 적용 또는 제안 되고 있는 시스템은 화차 회전형과 평행 이적재형 시스템을 들 수 있으나, 평행 이적재형의 경우 시설투자비가 많이 들며 트레일러 진입과 동선의 문제점으로 인해 대기하고 있는 전체 컨테이너를 동시에 이적재 할 수 없는 단점으로 인해, 사전으로 진입하는 화차 회전형에 비해 성능이 좋지 못한 것으로 분석되었음.
- 화차 회전형에는 Modalohr, Cargo Speed, Flexiwaggon이 있으나, Modalohr 시스템 외에는 모두 실적용된 바 없으며 현재까지 개발 중인 상태로서, 현재 화차 회전형에서는 Modalohr 시스템이 가장 신뢰성면에서 우수하다고 할 수 있음.
- Modalohr 시스템 개발을 위해서는 국제 특허 등으로 인해 원천적인 기술의 도입이 우려되고 있으나, 본과제 개발시 일부는 기술도입하고, 되도록 개선할 수 있는 방법 등을 자체 개발하여 제작까지 할 경우 개발 비용대비 성과가 더욱 효과적일 것임.
- 그러나, 본 과제에서 Modalohr 시스템만을 개발할 경우 해당 시스템을 개발한 회사(Lohr 사)에서 많은 특허출원을 한 상태이어서 이에 대한 상당한 기술도입비용 지불이 불가피 할 것으로 사료됨. 따라서, Modalohr 시스템을 기본으로 하되 회전형 방식의 장점만을 살려 독자적 기술개발을 하는 것이 가장 효과적이고 경제성이 있는 본 과제 개발이라 여겨짐.
- 화차회전형 DMT 수송시스템 개발 시 기술의 외국 의존도를 최소화하기 위해 기존 회전방식과 다른 구동방식을 택하여 개발해야 함. 만약 부득이 하게 외국의 방식을 고수할 경우 KTX와 같은 방식으로 초기 제품 도입 시 기술이전을 함께 추진하여 점차 기술의 국산화를 꾀해야 함
- 또한, 현재의 물류 서비스를 개선하고 향후 증가될 물동량 처리를 원활히 할 수 있는 국내 실정에 적합한 DMT 시스템 개발을 위해서,
- 다음과 같은 요소 분류와 절차를 통해 상용화 이전 국내 적용시 적합성을 확인 및 사업화

준비를 위한 Test Bed가 필요하다고 할 수 있음.

- 차체 설계 및 개발
- 구동 및 제어시스템 설계 및 개발
- DMT용 터미널 설계 및 구축
- DMT 터미널 운영시스템 개발
- 테스트베드 제작 및 시험운영

7.2 수요조사분석을 통한 본 과제의 추진방안

1) 한국형 DMT 시스템의 개발 및 도입

- 대다수의 전문가들은 새로운 운송 시스템의 도입은 현 운송 시스템의 변경 및 개조에 대한 문제가 대두될 것으로 보고 있으며 이에 대한 해결이 시급한 것으로 전망하고 있음
- 따라서 본 과제에서 새로운 운송시스템의 개발 시 현재 운행중인 운송 시스템과 연동이 가능한 시스템으로 개발해야 하며 기존의 차체 구조나 기계적 구조의 변경이 거의 없는 시스템의 구조를 개발하여야 함
- 또한 이러한 시스템 연동은 기존 시스템에서 새로운 시스템의 변경에 따른 초기 설치비 및 도입비의 절감을 가져오며 따라서 기존의 운임비를 고수할 수 있는 방안임
- 선진국에서 이미 개발 및 운행 중인 시스템을 도입하더라도 국내 기술로서 제작할 수 있는 부분을 면밀히 검토하여 기술 개발비의 경제성을 유지하는 한국형 DMT 시스템의 개발에 우선 초점을 두어야 함

2) DMT 터미널 및 시스템 적용할 적합한 장소 물색

- 전문가들은 국내의 향후 물류체계의 혁신적인 변화를 예상하고 있으며 이에 대한 대비책을 수년 내에 마련해야 한다고 주장함. 본 과제에서는 국내의 향후 물류 동향 및 추이에 알맞는 DMT 시스템의 개발 및 운행 프로그램을 개발하여야 함
- 국내의 철송 및 항만 터미널의 향후 물동량 추이를 면밀히 분석하고, 초기 DMT 시스템의 시범 설치 및 사업을 위한 부지 선정에 전문가 및 공청회를 통하여 검증하여야 함
- 투자 초기에 시범 사업을 시작으로 하여 국내 철송 터미널에 확대 설치를 위하여 철저한 물류 조사 및 분석을 통하여 DMT 시스템의 적용 타당성을 검증하여야 함

3) 새로운 DMT 운영프로그램 개발 및 사업주체의 선정

- 잘 만들어진 DMT 시스템이라 할지라도 그 운영방식이나 프로그램이 미비하면 그 효율성을 극대화할 수 없으며 따라서 효율적인 DMT 운영이나 프로그램 또한 중요한 설비중 하나임
- 본 과제에서 기존의 잘 구성된 국내의 철송 및 육송의 운영 프로그램과 연동이 가능하며 DMT 시스템 운영을 100% 활용할 수 있는 전문 운영프로그램을 개발하여야 함
- DMT 운영의 사업 주체 선정은 사업의 수익률과 국가 운영체제의 개선 또는 국민의 운송 부담을 감소 등과 같은 여러 가지 조건을 만족할 수 있는 주체를 선정할 것이며 국가 물류체제의 혁신적 발전을 가져올 시스템 개발 및 운영을 개발하여야 함

7.3 국내 연구 시설 및 인력에 대한 SWOT 분석

o 강점 (Strength)	o 약점 (Weakness)
- DMT 시스템 최종 설계 완료시 기술적 개발력은 국내 기술력으로 충분히 구현이 가능함. - 그러나, 새로운 시스템이며 기 개발된 시스템의 노하우와 특허문제와 관련하여 기술적 지식과 문제해결을 위해, 기술 보유 단체와의 신뢰적 관계 형성 및 협상 능력이 있는 인력 확보가 성공적 개발의 핵심이 될 수 있음. - 본 기획 연구에서 국내 적용시 가장 효율적 시스템으로 대두된 모달로의 경우 국내 연구진에 호의적 관계를 보임. - 토목 관련 기술은 국내 업체 중 터미널 및 항만 관련 개발 사례 조사 결과, 국내 기술로 충분히 개발 가능할 것으로 사료됨. - 차체 설계 및 제작기술의 경우, 기계 및 전기 등 국내 기술 활용시 충분히 설계 및 개발이 가능함. - 철도에 한정된 기술에서 벗어나, 물류 운영, 운송, 토목 관련 업체 등과 관련 새로운 물류 기술 개발 사례가 있는 연구 단체와 컨소시엄 구성시 그 시너지효과가 클 것임.	- DMT 적용시 복합화물 시스템과 전용 터미널이 요구됨. - 국내 물류 시스템상 문제점은 전체 물류에 대한 정보 공유 및 통합이 되지 않고 있음. - 대부분의 물류 관계자들의 공통된 의견은 새로운 물류 체계로 보이지 않는 비용을 줄이고자 하나, 실제 적용에 대한 부담으로 인해 개발이 지연되고 있음. - 도로 및 철도 운송 관련 불완전 시장 구조로 인해 물류관련업 및 도로·철도 운영 주체의 부담과 신설 부두 주변 시설 계획과의 차질로 인해 적극적 개발의 장애가 우려되고 있음. - 물류, 시스템 기술, 정책 및 사업적 전문가 는 있으나 처음 적용되는 DMT 분야에 전문화된 인력은 미비한 실정임. - 국가 기술력 및 R&D 예산 대폭확대에도 불구하고, 비전 및 관리체계 등 지원환경 미비함. - 미국, 일본, 유럽 다수 국가에서는 이미 DMT 적용 및 개발이 활발하나, 국내의 경우 제반 핵심 요소 기술 및 유사 시스템 개발 사례, 연구조직 또한 구성된 바 없음.

o 기회 (Opportunity)	o 위협 (Threat)
- 본 과제 종료 시점과 KTX 전용선로화로 인한 화물차선 배차 증가시점이 거의 일치하고 있음. 따라서, 그 시점에서 시범적으로 적용하여 확장할 수 있는 기술연구 개발의 절호의 기회라 할 수 있음. - 또한, 지속적으로 증가하는 물류에 의해 증가되고 있는 도로 체증율을 제한 할 수 있는 기술로 현재가 가장 적절한 시기임. - 기타 제안되고 있는 물류 개선 기술의 기반으로 향후 복합 운송 개발의 촉발제의 역할이 기대됨. - 개발 및 적용시 부가적 물류 효과 및 기술확보의 기회임. - 개발초기단계로서 기술표준화를 이룰 수 있음. - DMT 시스템의 특성은 기초 과학 기술보다 물류 체계 및 기계 구조, 제어 방법 등에 주요 핵심 기술이 있는 만큼, 개발 과정에서 본 기술과 관련하여 새로운 기술 개발에 대한 특허 등의 부가적 이익이 발생할 것으로 예상됨.	- 기개발 및 적용국의 기술보호와 개발도상국 증가로 개발 시급시점임. - 각국의 기술 개발 활성화 시기인 현재 시점에서 늦어질 경우, 증가하는 물류로 인해 교통 체증의 증가 및 물류 중심 국가 입지에 위협이 될 수 있음. - 최근 세계적으로 DMT 시스템 적용 및 개발 사례가 활발하며, 이로 인한 기술 특허화가 지속적으로 증가하고 있음. 따라서, 개발이 지연될수록 DMT 국내 기술화의 어려움과 다양한 분야의 지속적 비용 낭비로 돌아올 것임. - 기존 도로 및 철도 관련 방식 고수 및 확장으로는 물류증가에 대한 대비책이 될 수 없음에도 불구하고, 새로운 방식 적용시 많은 문제 해결의 장점과 부가적 비용 절감 등의 그 효과에 대한 인식 부족과 관계업의 이권 문제 등이 연구개발 추진에 대한 장애로 작용하고 있음. - 국내 철도의 장대화과 전철화 대비 하역기술이 없는 실정임. 본과제 추진에 의해 DMT 개발 및 실적용시 모두 해결이 가능함.

- 따라서, DMT 기술은 국내 기술력만으로도 충분히 개발이 가능하나, 조사된 바와 같이 기술은 어떤 방식으로든 원천적으로 국제 특허 등 개발측면에서 제약이 따르는 것이 문제점임. 그러므로 본 연구에서 결정된 시스템에 대한 원천적 기술을 제외하고는 더욱 업데이트된 기술을 개발하여야 도입비용을 줄일 수 있을 것임. 또한 제약된 기술에 대해서는 협상력이 요구되며, 그 외의 개발기술을 원활히 다루고, 개발할 수 있는 능력의 적극적 개발진이 요구됨. 그리고 본과제 수행을 시간적, 비용적, 질적으로 효율화하기 위해서는 산·학·연의 구성으로 팀 간 긴밀한 협조로 수행되어야만 됨.
- 기술개발의 생산성을 높이기 위하여 관련 핵심기술을 가진 선진업체와의 협력연구를 실시하여야 하며, 또한 향후 원활한 생산을 위하여 민간업체와의 협력투자 방안을 적극적으로 반영하여야 함.
- 구성된 팀은 기술개발 및 경제적 사항 고려하여 개발 가능하여야 하며, 터미널 내·외 운영적 측면까지도 고려할 수 있는 능력이 요구됨.
- 또한, 현재 물류 증가 환경과 관련 기술의 개발이 단기간 내 가능하여 기술 봉쇄가 우려되는 시점으로 고려했을 때, 현재가 개발의 최적시기임. 따라서, 빠른 연구 성과를 낼 수 있도록 추진되어야 할 것임. KTX 전용화 및 전철화에 맞도록 4년 이내에 Test-bed를 개발하고 시험하여 바로 투입하여 상용화 할 수 있어야 할 것임.

7.4 DMT 시스템 개발의 필요성

- 1) 향후 증가하는 컨테이너 물동량을 대비하고 철송의 수용능력의 한계를 극복하기 위한 새로운 운송시스템으로서 DMT 시스템을 개발하여야 함
- 2) 육송의 장점인 door to door 서비스와 철송의 JIT 서비스를 모두 만족하는 신 운송방식을 DMT 시스템을 적용하여 해결하여야 함
- 3) 현행의 복잡한 물류 운송체제를 개선하여 물류비의 감소와 운송 효율화를 위한 새로운 물류 운송 시스템인 DMT 방식이 필수임
- 4) 향후 국내 기관차의 전차화에 대비한 새로운 철도 운송 시스템이 요구되며 이는 DMT 방식의 도입으로 인하여 해결할 수 있음
- 5) 향후 엄청나게 늘어나는 물류를 완벽하게 처리할 수 있는 CY나 배후 시설의 한계를 맞이할 것이며 이러한 문제를 해결할 수 있는 미래형 해결방안으로 DMT 시스템의 도입이 필수적임

7.5 경제적 분석을 통한 본 과제의 연구방향

- 1) 경제성 분석의 결과를 비추어보면 DMT 시스템의 제작비는 현재 철도시스템의 제작 및 설비비용에 비해 비슷하거나 저렴하여야 사업성이 있으므로 기초 투자비 및 설치비가 경제적인 DMT 시스템의 개발이 우선시 되어야 함
- 2) 이를 달성하기 위하여 DMT 시스템의 제작에 있어 전반적인 해외 기술도입보다는 국내 자재로 개발할 수 있는 부분을 면밀히 검토하여 로얄티나 기술이전으로 인해 발생하는 비용을 최소화하는 방향으로 연구진행이 되어야 함
- 3) 기획과제에서 향후 물동량 추이는 과거의 데이터를 잘 알려진 추정알고리즘에 적용한 실험적(experimental) 데이터를 이용하였으나, 본 과제에서는 보다 구체적이고 실질적인 분석방법을 통하여 국내의 각 터미널 및 항만 부두의 물동량 추이 및 변화를 예측하여야 함
- 4) 이러한 분석결과는 향후 DMT 운송 사업시 초기 투자할 부지 및 터미널의 선정에 있어 대단히 중요한 요소가 되며 또한 나아가 수익성에 지대한 영향을 줌
- 5) 또한 사업주체의 효율적인 운영이 사업성에 지대한 영향을 미치며 효율적인 DMT 시스템의 운영과 적절한 터미널에 설치하는 것을 본 과제에서는 보다 더 면밀히 검토가 되어야 함

VIII. RFP 및 소요 연구비

8.1 로드맵

- 화차 회전형 DMT 수송시스템 개발을 위해서는 크게 회전이 가능한 화차(Wagon)의 개발, 화차 회전을 위한 구동시스템 개발, 트레일러 수송을 위한 전용 터미널 건설 및 운영시스템 개발의 연구로 구분할 수 있음.
- 먼저 회전이 가능한 화차를 개발하기 위해서는, 화차가 철로를 다닐 수 있도록 하는 장치인 보기(Bogie)가 요구됨. 또한, 화차는 크게 두 부분으로 나뉘는데 보기와 연결되는 차체 중심부와 그 위에서 회전하여 트레일러가 진입하고 다시 회전하여 이적재가 가능하도록 하는 회전형 버킷(Bucket)이 요구됨.
- 그 중 중요한 부분은 회전 버킷인데 이는 경량화와 고강도 및 유연하게 제작되어야 하며, 자유로이 회전할 수 있는 구조로 설계되어야 함. 그리고, 보기와 이 버킷을 고정시키기 위한 유압식 고정장치가 추가적으로 보기에 장착되어야 함.
- 다음으로 화차 회전형 DMT 터미널에서 트레일러 새시를 적재 또는 적하하기 위해서 화차를 작업위치에 정확히 놓이도록 하기 위해 기차 전체를 위치조정 가능하도록 하는 시스템인 미세 조정 시스템이 요구됨. 또한, 동력이 없는 버킷을 회전시키기 위한 철로 상에 설치될 회전 구동시스템 개발이 요구됨. 차체 및 보기와 버킷, 트레일러 새시를 동시에 결속할 수 있는 구동시스템이 요구됨.
- DMT 전용 터미널을 건설하기 위해서는 부지를 확보해야 하며, 처리 물동량에 따라서 터미널의 규모를 산정하고 터미널 건설시 토목공사와 함께 각 구동시스템을 구동시키기 위한 배선 및 매설 시설을 고려하여 설계되고 시공되어야 함.
- DMT 전용터미널의 운영을 위해서는 컨테이너뿐만 아니라 트레일러 새시의 위치와 정보를 함께 파악해야 하므로 이러한 정보를 파악하고 트레일러의 동선을 결정하고 운영할 수 있는 운영시스템 개발이 필수적이며, 타 시스템 및 터미널 등과 정보를 교환할 수 있도록 표준화된 운영시스템이 개발되어야 함.
- 각 부분별로 개발이 완료되면, 테스트베드를 구축하여 시험운행을 통해 성능을 평가하고 문제점을 보완하여 본 사업을 수행할 수 있어야 함.
- 따라서, 전체적으로 크게 DMT 차체 개발, 구동 및 제어시스템 개발, DMT 터미널 건설, 터미널 운영시스템 개발로 분야를 크게 분류할 수 있으며, 각 기술들의 상호간 연관성을 고려하여 진행 기간을 나타내면 다음의 로드맵과 같이 나타낼 수 있음.

◦ 로드맵

연구개발 내용	2007년	2008년	2009년	2010년
DMT 차체 개발	차체 및 회전 버킷(Bucket) 설계 및 제작 보기(Bogie) 및 기타 부속 설계 및 제작		차체 조립 및 배치 운행시 구조 안정성 평가	
구동 및 제어 시스템 개발	미세조정 시스템 설계 및 제작 버킷 회전 시스템 설계 및 제작	결속 및 해제 시스템 설계 및 제작	선로상 구동 시스템 가설	개별 동작 테스트
DMT 터미널 건설	터미널 Layout 및 동선 설계 터미널 세부 설계	진입선로 및 터미널 토목 공사 게이트 및 운영실 건설	연동 기반 시설 설치 전체 시스템 연동 테스트	
터미널운영 시스템 개발	터미널 및 사업운영방안 확립 타 시스템과 연계방안 확립 물류 및 트레일러 운영 체계 설계	물류 및 장치간 동기화 모니터링 및 운영 인터페이스 제작		성능 평가 지표 마련 운영 시스템 평가
기타	기술 도입 및 분석		경제성 분석 정보 수집 및 연구 활동	테스트 부대비용 전체 성능평가 및 보완

8.2 소요 연구비

· 개발 기술 및 기간별 연구개발비

(단위: 백만원)

개발 내용	세부항목	기 간				비 용	비율 (%)
		2007년	2008년	2009년	2010년		
DMT 차체 개발	◦ 회전형 화차 설계	400	300			700	5.46%
	·차체 및 회전버킷 설계 ·보기 및 기타부속 설계						
	◦ 회전형 화차 제작	100	600	400	100	1200	9.35%
	·차체 및 회전버킷 제작 ·보기 및 기타부속 제작						
	◦ 테스트 및 시운전			100	200	300	2.34%
	·차체조립 및 배치 ·운행시 구조안정성평가						
	합 계	500	900	500	300	2,200	17.15%
구동 및 제어 시스템 개발	◦ 구동 및 제어시스템 설계	400	200			600	4.68%
	·미세조정시스템 설계 ·버킷 회전시스템 설계 ·결속/해제시스템 설계						
	◦ 구동 및 제어시스템 제작	100	400	500	100	1100	8.57%
	·미세조정시스템 제작 ·버킷 회전시스템 제작 ·결속/해제시스템 제작						
	◦ 테스트 및 시운전			100	200	300	2.34%
	·선로상 구동시스템 가설 ·개별 동작 테스트 및 평가						
	합 계	500	600	600	300	2,000	15.59%
DMT 터미널 건설	◦ 터미널 설계	500	100			600	4.68%
	·터미널 Layout 및 동선 설계 ·터미널 세부 설계						
	◦ 터미널 시공	1,000	1,400	700		3,100	24.16%
	·진입선로 등 토목공사 ·게이트 및 운영실 건설						
	◦ 연동 기반 시설 설치			100	100	200	1.56%
	◦ 테스트 및 시운전				250	250	1.95%
	합 계	1,500	1,500	800	350	4,150	32.35%
운영 시스템 개발	◦ 운영시스템 설계	600	100			700	5.46%
	·물류 및 트레일러 운영체계 설계 ·타 시스템과 연계방안 확립 ·터미널 및 사업운영방안 확립						
	◦ 운영시스템 제작	100	500	300		900	7.01%
	·물류 및 장치간 동기화 ·모니터링 및 운영 인터페이스 제작						
	◦ 테스트 및 시운전			200	200	400	3.12%
	·성능평가 지표 마련 ·운영시스템 평가						
	합 계	700	600	500	200	2000	15.59%
기타	◦ 경제성 분석		100			100	0.78%
	◦ 기술 도입 및 분석	500	200			700	5.46%
	◦ 연구 지원 및 정보 활동	100	100			200	1.56%
	◦ 테스트 및 보완시 부대비용				100	100	0.78%
	◦ 간접비 및 기타 비용	470	490	270	150	1,380	10.76%
	합 계	1,070	890	270	250	2,480	19.33%
총 합계		4,270	4,490	2,670	1,400	12,830	100.00%

◦ 연차별 연구개발비

(단위: 백만원)

비목	1차년도 (2007년)		2차년도 (2008년)		3차년도 (2009년)		4차년도 (2010년)		합계	
합 계	4,270		4,490		2,670		1,400		12,830	
출연금 구분	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
	3,200	1,070	3,370	1,120	2,000	670	1,050	350	9,620	3,210

8.3 RFP

과제명	철도물류활성화를 위한 DMT (Dual Mode Trailer) 수송시스템 개발
1. 연구 개발 목표	◦ 물류 증가 추세와 새로운 패턴에 대비하고 철도물류 활성화를 위한 국내형 DMT (Dual Mode Trailer) 기술 개발 ◦ 철도수송의 Door to door, Just In Time 구현가능 기술 개발 ◦ 수평양하역 구조와 컨테이너 동시 작업가능 구조를 갖는 수송시스템 개발 ◦ 테스트 베드 제작 및 실제 시스템에 적용을 통한 테스트를 수행하고, 이후 확장하여 상업화 기반기술 확보 ◦ 정량적 목표 - 중량한계 : (차량) 20ton이하/량, (적재중량) 60ton이하/량 - 적재용량 : 20ft~45ft 컨테이너를 적재한 트레일러 새시 적재 가능 - 작업시간 및 방식 : 10분 이내/1량, 동시작업 가능
2. 연구 개발 필요성	◦ 향후 증가하는 컨테이너 물동량을 대비하고 철송의 수용능력의 한계를 극복하기 위한 새로운 운송시스템으로서 DMT 시스템을 개발하여야 함 ◦ 육송의 장점인 door to door 서비스와 철송의 JIT 서비스를 모두 만족하는 신 운송방식을 DMT 시스템을 적용하여 해결하여야 함 ◦ 현행의 복잡한 물류 운송체제를 개선하여 물류비의 감소와 운송 효율화를 위한 새로운 물류 운송 시스템인 DMT 방식이 필수임 ◦ 향후 국내 기관차의 전차화에 대비한 새로운 철도 운송 시스템이 요구되며 이는 DMT 방식의 도입으로 인하여 해결할 수 있음 ◦ 향후 엄청나게 늘어나는 물류를 완벽하게 처리할 수 있는 CY나 배후 시설의 한계를 맞이할 것이며 이러한 문제를 해결할 수 있는 미래형 해결방안으로 DMT 시스템의 도입이 필수적임

3. 연구 개발 내용

□ 세부과제 1 : DMT 차체 및 구동·제어 시스템 개발

◦ 연구개발 필요성

트레일러 새시를 수평으로 이적재하여 운행이 가능한 회전형 화차 개발을 위해서는 고강도, 저중량, 유연성, 회전구조를 갖는 차체 개발이 요구되며, 이적재시 기차가 정지할 때 정밀 위치제어를 할 수 있는 정지 시스템과 화차를 회전시킬 수 있는 구동 시스템 그리고 이들을 제어할 수 있는 제어 시스템이 요구됨.

◦ 연구개발 내용

• 차체 개발

- 차체 및 회전 버킷(Bucket) 설계 및 개발
- 보기(Bogie) 및 기타 부속 설계 및 제작
- 차체 조립 및 배치
- 운행시 구조 안정성 평가

• 구동 및 제어 시스템 개발

- 미세조정 시스템 설계 및 제작
- 버킷 회전 시스템 설계 및 제작
- 결속 및 해제 시스템 설계 및 제작
- 선로상 구동 시스템 가설
- 개별 동작 테스트

□ 세부과제 2 : DMT 터미널 개발

◦ 연구개발 필요성

DMT 화차가 정차, 화물 및 트레일러 이적재를 위한 회전, 트럭들이 대기할 수 있는 터미널 공간과 부대시설, 그리고 제어실 등 전체적 운영을 위한 공간 등 전용 터미널이 요구됨.

◦ 연구개발 내용

• DMT 터미널 설계

- 터미널 Layout 및 동선 설계
- 터미널 세부 설계

• DMT 터미널 제작

- 진입선로 및 터미널 토목 공사
- 게이트(트럭진입시 화물 사이즈 및 중량 자동 측정) 및 운영실 건축
- 연동 기반 시설 설치
- 전체 시스템 연동 테스트

3. 연구 개발 내용

□ 세부과제 3 : DMT 운영 시스템 개발

◦ 연구개발 필요성

DMT 터미널 내 물류 및 장치간 동기화 네트워크, 터미널 사업적 측면의 운영에 관계되는 사항을 설계 및 제작하여야 함. 또한 사업화시 효과적으로 운영할 수 있는 방안 확립이 요구됨.

◦ 연구개발 내용

• DMT 터미널 운영 시스템 개발

- 물류 및 장치간 동기화 기술 개발
- 모니터링 및 운영 인터페이스 설계 및 제작
- 성능 평가 지표 마련 및 시스템 평가

• DMT 경제성 분석

- 사업화를 위한 수요예측 및 터미널 부지 선정
- NPV, B/C Rate, IRR, 전문가 설문을 통한 AHP 분석

• DMT 사업 운영 시스템 개발

- 터미널 및 사업운영방안 확립
- 타 시스템과 연계방안 확립
- 물류 및 트레일러 운영 체계 설계

4. 추진 방법

- 전체 시스템은 차체, 구동, 터미널, 운영 부분으로 분류되어 추진됨.
- 테스트베드 제작 시 2량의 화차를 기준으로 차체와 구동시스템의 제작비와 터미널 규모를 산정하였으며, 운영시스템을 개발하여 적용함
- 4차년의 총 연구개발 기간에서, 1차년도는 각 시스템별 설계를 위해 국내외 연구동향 조사 및 본격적 연구방향, 그리고 시스템 세부 설계를 완료하고, 2~3차년도에 각 시스템 제작 완료, 3차년에 전체 시스템 취합을 위한 연동에 관한 연구, 4차년도에 터미널에 모든 Test-bed가 설치되어 실제 운영을 목표로 함
- DMT 시스템은 다양한 요소 및 핵심기술과 실용화가 요구되므로 산·학·연의 다양한 연구인력이 참여로 구성되어야 함
- DMT 시스템은 철도시설에서 요구하는 건축한계 및 차량한계가 허용되는 범위내에서 모든 방식의 품목 수송이 가능하도록 개발되어야함.
- 시스템 개발 시 기술의 외국 의존도를 최소화하기 위해 기존 회전방식과 다른 구동방식을 택하여 개발해야 함. 만약 부득이 하게 외국의 방식을 고수할 경우 KTX와 같은 방식으로 초기 제품 도입 시 기술이전을 함께 추진하여 점차 기술의 국산화를 꾀해야 함

5. 사업기간 및 소요예산

- 총사업기간 : 2007. 12. ~ 2011. 9. (45개월)
 - 1차년도 사업기간 : 2007. 12. ~ 2008. 9. (9개월)
 - 사업예산 : 12,830백만원 (정부 9,620백만원 민간 3,210백만원)
 - 당해연도 사업비
 - 정부: 3,200백만원, 민간: 1,070백만원
 - 총사업비 :
- ※ 상기 예산은 정부예산 사정에 따라 조정 될 수 있음

8.4 기대효과

- DMT 시스템의 개발시 기존 철송의 장점인 JIT 서비스를 만족시키는 동시에 door to door 서비스를 제공함으로써 철도운송 활성화 효과가 기대됨
- 기존 철송에 있어 출발지와 목적지 사이 발생하는 복잡한 작업 프로세스(job process)를 간소화할 수 있어, 이에 따른 철송 운임비가 감소와 물류운송의 체계 개선 및 활성화에 기여할 것으로 기대됨
- 기존 컨테이너 CY의 확충을 DMT 시스템에서 전환시 경우 상대적으로 적은 부지와 부대시설이 요구되므로 경제적 이익 창출이 기대됨
- 2011년 KTX 전용선로 완공 후 발생하는 유휴 선로에 DMT 시스템 적용으로 인해 고정비용 절감의 효과와 기타 경제적 손실의 최소화로 국가 경제발전에 기여할 것으로 예상됨
- 남북한 철로의 계통이 이루어질 경우, TSR 및 TCR에 DMT 시스템을 적용하여 일본 및 동남아시아의 물류와 러시아나 중국과 같은 중앙아시아의 물류 운송에 크게 기여할 것으로 전망되며, 유럽까지 확장 이것은 아시아에서 물류 선진국으로 도약하는 계기 마련할 것으로 기대함
- 국제 표준화시 기술 선진화로 핵심 기술 및 노하우 축적 보유가 가능함
- 국내 기관차의 전철화에 따른 수직양하역에 대한 문제를 해결하여 철송장 진입시 예인 기관차 사용시 낭비되는 시간이 절약됨
- 자동화 및 확장이 용이하며, 환경 친화적 미래형 운송 시스템으로 기대됨

참고문헌

- [1] 김보현, 우리나라 택배 서비스업의 경쟁력 강화 방안에 관한 연구, 석사학위논문, 인하대학교, 2002.
- [2] 김정환, 화물 수송론, 문영각, 1999.
- [3] 김현웅, 문대섭, “고속철도 시대의 철도 화물 수송 정책-고속 철도 복합운송을 중심으로,” 춘계 철도학술대회, 2003.
- [4] 최철수, 제자 물류 역할수행의 국제공항 택배 이용에 관한 연구, 박사학위논문, 명지대학교, 1999.
- [5] 국토연구원, 화물 운송체계 개선을 위한 물류산업 발전 방안 연구, 2001.
- [6] 물류기술, 국내 대형 택배사들의 3자 물류서비스 현황과 사례, 2002.
- [7] 한국미래물류연구원, 택배사업 성장화에 따른 철도 택배사업 참여 방안 연구, 2000.
- [8] 한국철도기술연구원, 철도 소화물 수송체계 및 제도개선 연구, 1997.
- [9] 한국철도기술연구원, 철도 시스템 성능 향상 핵심기술 개발 물류분야, 2002.
- [10] 한국철도차량주식회사, 동력 객차 개발 2단계 2차년도 보고서, 2001.
- [11] 한국해사문제연구소, 해운 물류 큰 사전, 2002.
- [12] Claude Soulie, Jean Tricoire, Le Grand Livre du TGV, La Vie du Rail, 2002.
- [13] Maurice Knepper, Claude Pochet, La Poste et le Rail, La Vie du Rail, 1999.
- [14] 한국컨테이너부두공단, 철도화물운송정보시스템, 2005.
- [15] 철도공사, 수출입 예측자료, 2006
- [16] 해양수산부, 전국항만물동량 예측점검, 2006
- [17] 해양수산부, 국가물류체계 개선을 위한 연안해운 육성방안 연구, 2003.
- [18] 한국철도기술연구원, 철도시스템 성능향상 핵심기술개발: 물류분야, 2002.
- [19] 한국해양수산개발원, 동아시아 물류구조 변화와 국제 물류네트워크의 구축방안, 2003.
- [20] 한국교통연구원, 동북아지역 해상수출입화물 기종점통행량 조사, 2006.
- [21] 한국철도기술연구원, 철도물류의 표준화·자동화체계 구축 및 운송방식의 개선, 2001.
- [22] 교통개발연구원, 첨단 물류기술 개발에 관한 연구보고서, 2004.
- [23] 교통개발연구원, 남북간 철도연결에 따른 수도권 및 지역간 철도망의 정비방향(1단계), 2002.