

工學碩士 學位論文

진해-거제 항로 카페리의
통항 안전성 평가에 관한 연구

**A Study on Traffic Safety Assessment of Car Ferry
in the Jinhae ~ Geoje Route**

指導教授 朴 鎮 洙

2006 年 8 月

韓國海洋大學校 大學院

運航시스템工學科

金 容 玉

本 論 文 을 金 容 玉 의 工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

委 員 長 薛 東 一 ㉠

委 員 朴 榮 守 ㉠

委 員 朴 鎮 洙 ㉠

2 0 0 6 年 6 月 23 日

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

목 차

표 목차	iii
그림 목차	vi
Abstract	ix
제 1 장 서론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 방법 및 범위	3
제 2 장 자연환경 조사	5
2.1 기상자료 조사	5
2.2 해상자료 조사	20
2.3 지형 특성	32
제 3 장 교통환경 조사	33
3.1 진해-거제 항로에 취항중인 여객선의 현황	33
3.1.1 여객선의 항로 및 제원	33
3.1.2 운항횟수	34
3.1.3 각 선사의 여객 수송 실적	35
3.2 대상해역의 교통 환경 분석	39
3.2.1 교통 환경 현황	39
3.2.2 가항 통항 폭 분석	44
3.3 A호의 2005년도 상세 수송 실적	46

3.3.1	안골 출항 차량 수송 실적	46
3.3.2	안골 출항 여객 수송 실적	48
3.3.3	간곡 출항 차량 수송 실적	51
3.3.4	간곡 출항 여객 수송 실적	53
3.3.5	2005년도 차량 및 여객 수송 실적	55
제 4 장 대상해역 교통조사 및 혼잡도 추정		57
4.1	대상해역 교통조사 및 분석	57
4.1.1	해상교통량 현장 조사의 개요 및 목적	57
4.1.2	신항 부근의 해상교통량 조사 방법	61
4.1.3	신항내 통항 선박의 제1차 교통량 조사 및 분석 결과 ..	64
4.1.4	신항 부근 해역의 제2차 교통량 조사	78
4.2	대상해역의 혼잡도 추정	88
4.2.1	해상교통량 추정	88
4.2.2	L ² 환산교통량 산출	98
4.2.3	해상교통용량 추정	102
4.3	카페리 추가 증선에 대한 검토	107
4.3.1	증선 예상 선박의 제원 및 항로	107
4.3.2	가항 여부 검토	107
제 5 장 결론 및 제안		115
참고문헌		119

표 목 차

<표 2-1> 부산지방의 천기일수 및 기상 개요	6
<표 2-2> 월별 풍속과 풍향	7
<표 2-3> 월별 풍속 10.0m/sec 이상의 일수	7
<표 2-4> 계절별, 계급별 풍향 출현 횟수에 대한 관측 백분율	9
<표 2-5> 부산지방을 통과한 주요 태풍의 풍향과 풍속	10
<표 2-6> 우리나라 부근을 통과한 태풍 통계	11
<표 2-7> 월별 안개 발생 일수	17
<표 2-8> 월별 기온	17
<표 2-9> 월별 강수량	18
<표 2-10> 월별 해면기압	19
<표 2-11> 가덕수도에서의 월별 평균 유의 파고	24
<표 2-12> 가덕도지역의 조화상수 및 비조화상수	25
<표 2-13> 가덕도 부근의 조류 특성	26
<표 3-1> 여객선의 항로 및 제원	33
<표 3-2> P회사의 여객 및 차량 수송 실적	35
<표 3-3> 진해-거제 항로에 취항중인 선사의 여객 수송 실적	37
<표 3-4> 선박운항자의 앙케이트 조사 내용 및 결과	40
<표 3-5> A호의 항로 현황	44
<표 3-6> A호의 월별 만인 및 만차 현황 실적	56
<표 4-1> 데이터 기록지	62
<표 4-2> 총 통항량 및 시간당 통항 척수	70
<표 4-3> 통항 선박의 선종별 분포	71
<표 4-4> 통항선박의 톤수별 분포	76

<표 4-5> 날짜별 통항량	79
<표 4-6> 선종별 통항 척수	84
<표 4-7> 신항 단계별 개발 계획	89
<표 4-8> 신항만 물동량	90
<표 4-9> 신항의 컨테이너부두 교통량 추정	91
<표 4-10> 연안선의 마산항 교통량 추정	92
<표 4-11> 연안선의 진해항 교통량 추정	93
<표 4-12> 연안선의 고현항 교통량 추정	93
<표 4-13> 원양선의 마산항 교통량 추정	94
<표 4-14> 원양선의 진해항 교통량 추정	95
<표 4-15> 원양선의 고현항 교통량 추정	95
<표 4-16> 각 항별 원양선 교통량	96
<표 4-17> 마산·진해·고현항로 및 신항 항로의 교통량 추정치 (일반화물선)	97
<표 4-18> 마산·진해·고현 항로 및 신항 항로의 교통량 추정치 (컨테이너선)	97
<표 4-19> 일반화물선 톤수별 대표 선박길이와 L^2 환산계수	99
<표 4-20> 컨테이너선의 톤수별 대표 선박길이와 L^2 환산계수	99
<표 4-21> 목표연도별 일반화물선 L^2 환산교통량	100
<표 4-22> 목표연도별 컨테이너선 L^2 환산교통량	101
<표 4-23> 시간당 평균 L^2 환산교통량	102
<표 4-24> 신항 출입항로 교통용량(6knots)	104
<표 4-25> 마산·진해·고현항로 교통용량(10knots)	104
<표 4-26> 마산·진해·고현항로의 교통 혼잡도 예측	105
<표 4-27> 신항 항로 교통 혼잡도 예측	106

<표 4-28> 가항 항로폭 만족 여부	108
<표 4-29> 동계용 운항시간표	109
<표 4-30> Y호 투입에 따른 교통 혼잡도	112
<표 4-31> 마산·진해·고현항로 상에서의 횡단 혼잡도	113

그림 목 차

<그림 1-1> 연구의 방법	3
<그림 2-1> 바람 장미도	8
<그림 2-2> 태풍경로도(1)	14
<그림 2-3> 태풍경로도(2)	15
<그림 2-4> 태풍경로도(3)	16
<그림 2-5> 신항 주변 천해설계파(심해파향 S, T=14sec, Hs=10.1m, 50년빈도)	22
<그림 2-6> 신항 주변 천해설계파(심해파향 S10°W, T=15sec, Hs=10m, 50년빈도)	23
<그림 2-7> 최강 창조류	27
<그림 2-8> 최강 낙조류	27
<그림 2-9> 대표 창조류시 세부역의 유속장(현상태, 1995. 7. 27, 18:00)	28
<그림 2-10> 대표 낙조류시 세부역의 유속장(현상태, 1995. 7. 28, 00:00)	28
<그림 2-11> 대표 창조류시 세부역의 유속장(신항만 개발 후, 1995. 7. 27, 18:00) ...	29
<그림 2-12> 대표 낙조류시 세부역의 유속장(신항만 개발 후, 1995. 7. 28, 00:00) ...	29
<그림 2-13> 해수유통량 및 평균유속의 비교대상 단면	31
<그림 3-1> 여객선 항로도	34
<그림 3-2> A호의 최근 5년간 여객 수송 실적	36
<그림 3-3> A호의 최근 5년간 차량 수송 실적	36
<그림 3-4> B호의 최근 4년간 여객 수송 실적	38
<그림 3-5> C호와 D호의 최근 4년간 여객 수송 실적	38

<그림 3-6> A호의 적재 차량 만차의 장면	39
<그림 3-7> A호의 항로도	44
<그림 3-8> A호의 안골 출항시 월별 차량 수송 현황	48
<그림 3-9> A호의 안골 출항시 월별 여객 수송 현황	50
<그림 3-10> A호의 간곡 출항시 월별 차량 수송 현황	53
<그림 3-11> A호의 간곡 출항시 월별 여객 수송 현황	55
<그림 4-1> 조사장비 설치 장면	62
<그림 4-2> 날짜별 통항량 비교	64
<그림 4-3> 선종별 약어 해설	65
<그림 4-4> 날짜별 통항 항적도(9월 29일 목요일)	66
<그림 4-5> 날짜별 통항 항적도(9월 30일 금요일)	66
<그림 4-6> 날짜별 통항 항적도(10월 1일 토요일)	67
<그림 4-7> 날짜별 통항 항적도(10월 2일 일요일)	67
<그림 4-8> 날짜별 통항 항적도(10월 3일 월요일)	68
<그림 4-9> 날짜별 통항 항적도(10월 4일 화요일)	68
<그림 4-10> 날짜별 통항 항적도(10월 5일 수요일)	69
<그림 4-11> 전체 통항 선박의 누적 항적도	70
<그림 4-12> 선종별 통항 척수	72
<그림 4-13> 선종별 분포도	72
<그림 4-14> 대형작업선 통항 경로	73
<그림 4-15> 작업선/바지선 통항 경로	74
<그림 4-16> 어선 통항 경로	74
<그림 4-17> 통선 통항 경로	75
<그림 4-18> 여객선 통항 경로	75
<그림 4-19> 선박크기별 운항 척수	77

<그림 4-20> 통항선박의 톤수별 분포	77
<그림 4-21> 신항 VTS센터 데이터 수집 장면	78
<그림 4-22> 교통조사 대상 해역	79
<그림 4-23> 2월 7일 항적도	80
<그림 4-24> 2월 8일 항적도	81
<그림 4-25> 2월 9일 항적도	81
<그림 4-26> 전체 통항 항적도	82
<그림 4-27> 마산·진해·고현항 이용 선박의 통항분포	83
<그림 4-28> 날짜별 선종 통항 누계	84
<그림 4-29> 선종별 분포	84
<그림 4-30> 기타 선박의 통항 항적도	85
<그림 4-31> 여객선의 통항 항적도	86
<그림 4-32> 화물선의 통항 항적도	86
<그림 4-33> 투입 예상인 Y호의 항로 및 타 선박과의 조우 가능 지역	110

Abstract

A Study on the Traffic Safety Assessment of Car-Ferry in Jinhae ~ Geoje Route

Yong-Ok Kim

Department of Ship Operation Systems Engineering
Graduate School of Korea Maritime University

This paper deals with the **traffic safety assessment** of **car-ferry** in Jinhae~Goeje route **based** on the **principals** of **marine traffic engineering**.

Though 4 **passenger boats** including **car-ferry** are under operation in Jinhae~Goeje route **at present**, there are **continuous increase** of **passengers** and **cars** to be **carried**. Therefore this paper review the **validity** of the **adding** the **car-ferry** and the **traffic safety assessment** in the **case** considering the **strong demand** to add **car-ferry** in **same route**.

The **results** of the **study** include;

(1) The **shipping route** for the **passenger boats** is not exposed to

adverse weather and natural hazards since the waters are surrounded by islands.

(2) According to the investigation of the statistics, about 30% of the voyages per annum were full load(car & trucks) condition. Therefore it is right to say there are strong demand to add another car-ferry on same route.

(3) Comparing to the international(PIANC) and domestic guidelines for the fairway design, the width of the fairway is more than enough for the passenger boats. However it is strongly recommended that one way traffic is essential under the Ung-cheon bridge. So, the passenger boats must communicate with other traffic and make one-way traffic.

(4) According to the traffic survey, 7.45 ships/hour are passing the route and 26% is passenger ships. The traffic complexity analysis shows that the complexity increases 2.5% point in 8knots of speed when another car-ferry put on the same route. However, the complexity around the breakwater of new port is 59.96% when the ship navigate at the speed of 4.0knots in the year of 2011 when the New Busan Port is full operation.

(5) The **traffic complexity analysis** also shows that the complexity of the Masan ▪ Jinhae ▪ Gohyun fairway is not serious when another car-ferry put on the route. In addition that, the dangerous situation does not come true on the main shipping route, considering the enough waters around the fairway and the efficient operation of VTS(Vessel Traffic Service).

This paper also recommend the following points to enhance the **traffic safety** of the passenger boats.

First, this study recommend that the departure time must be kept strictly, so that the VTS centre could predict the situation and adjust the traffic accordingly.

Second, it is recommended to install AIS (AIS plotter) on the passenger boats to minimize the collision and voice communication.

Third, the VTS is a very useful system to enhance the safety and efficiency of traffic. Therefore it is recommended to use the VTS as much as possible.

This paper calculate the traffic complexity based on the traffic survey and forecasting of traffic volume. Therefore it is strongly recommend another traffic survey should be carried out just after the full operation of Busan New port and analyze the traffic safety.

진해-거제 항로 카페리의 통항 안전성 평가에 관한 연구

운항시스템공학과 김용욱
지도교수 박진수

본 논문은 해상교통공학의 기초 개념을 이용하여 복잡한 항로에 대한 통항 안전성을 평가한 논문이다.

진해(안골)와 거제도(장목)간에는 현재 2척의 카페리가 취항하고 있어 일일 24-28 항차씩 운항하고 있는데, 여객과 차량 운항 수요가 급증하여 카페리의 추가 증선이 필요한 실정이다. 또한, 2011년에 부산 신항이 완전 개장하면 이 해역의 선박 통항량은 급증할 것으로 예상되므로 통항안전성을 평가할 필요성이 대두되었다.

연구의 방법은, 기존 자료 분석을 위주로 자연환경을 조사하고, 현장 조사를 통한 환경조사를 실시한 후에, 실측 결과와 각종 자료의 이론적 검토를 통하여 교통량 조사 및 교통 혼잡도를 추정하여 통항 안전성을 평가 하였다.

교통량 추정은 우리나라 27개 무역항에 대하여 과거 17년간의 선박 크기별 교통량 실적을 기초로 경향식($y=ax+b$)과 로그함수식($y=b+a \log(x-1)$)을 이용하여 산출한 평균값을 이용 하였다. 이렇게 추정된 교통량을 L^2 환산계수를 활용하여 L^2 환산교통량으로 계산하고, 이것과 공식에 의해 계산된 교통용량을 바탕으로 해상교통 혼잡도를 예측 하였다.

그 결과 마산·진해·고현 항로는 선속 6kts시의 혼잡도는 2006년에 24.1%, 2011년에 47.1%이고, 부산 신항은 2006년에 16.8%, 2011년에 36.6%로 예측 되었다.

이러한 결과를 바탕으로 카페리 1척을 증선할 경우의 교통 혼잡도는, 마산·진해·고현 항로는 선속 6kts시에 2.68% 포인트, 부산 신항 항로는 3.37% 포인트 증가 하는 것으로 나타났으며, 최대 혼잡도는 부산 신항 항로의 경우 선속 4kts일 때로서 30.25%에 불과하여 통항 안전성에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 평가되었다.

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

해상교통공학은 해상에서 교통흐름의 실태를 자세히 파악하고, 선박의 행동을 통계적으로 또는 해석적으로 표현하여 그 결과를 항로·항만의 환경 개선에 도움이 되게 하는 기술 분야이다. 다시 말하면 해상교통공학은 먼저 해상교통현상의 조사를 통해 당 해역의 교통흐름을 조사하고 파악된 자료를 분석함으로써 그 해역의 위험성을 보완할 수 있는 대책을 제안하는데 그 의미를 둘 수 있다(박 외, 2005).

이 연구는 이러한 해상교통공학의 기초 개념을 토대로 하여, 선박 운항이 비교적 빈번한 가덕수로 입구 해역인 진해와 거제 간 항로를 대상으로 통항 안전성을 평가하고자 한다. 현재 진해와 거제 간에는 2척의 카페리가 일일 6-7항차씩 총 24-28회를 운항하고 있고, 부산 신항 입출항 선박, 마산·진해·고현항의 입출항 선박 등이 이용하고 있으므로 통항 패턴이 복잡하여 항로의 통항 안전성 확보 여부가 긴요한 실정이다. 또한 부산 신항의 본격적 개장(2011년)에 대비해서 이 해역의 통항 안전성 검토의 필요성이 요구된다.

더구나 진해-거제 간에는 해가 거듭될수록 차량과 여객의 수요가 점차 증가하여 기존의 선박만으로는 늘어나는 수요에 대응할 수가 없게 되었다. 특히 오전 시간대에는 용원에서 거제로 가는 차량과 승객이 집중되고, 오후 시간대에는 반대로 거제에서 용원으로 오는 이용객이 집중하게 됨에 따라, 현재의 선박으로는 집중되는 승객과 차량을 제 시간에 운송하기가 어려운 상황에 이르렀다. 더구나 이와 같은 현상에 따라 발생한 출입항 지연에 대하여

이용자의 불만이 팽배해 있는 실정이다.

또한 연안여객선을 이용하는 고객은 시간적인 집중성과 시간적·계절적 러시아워가 생겨 수요의 평준화를 이루기 어려운 실정이다. 특히 이 항로를 이용하는 수요는 업무상 출퇴근하는 이용객과 관광을 목적으로 하는 이용객이 주요 시간대에 집중하는 경향이 현저하므로 탑승 수요에 따라 선박제공이 탄력적으로 운영되어야 할 것이다.

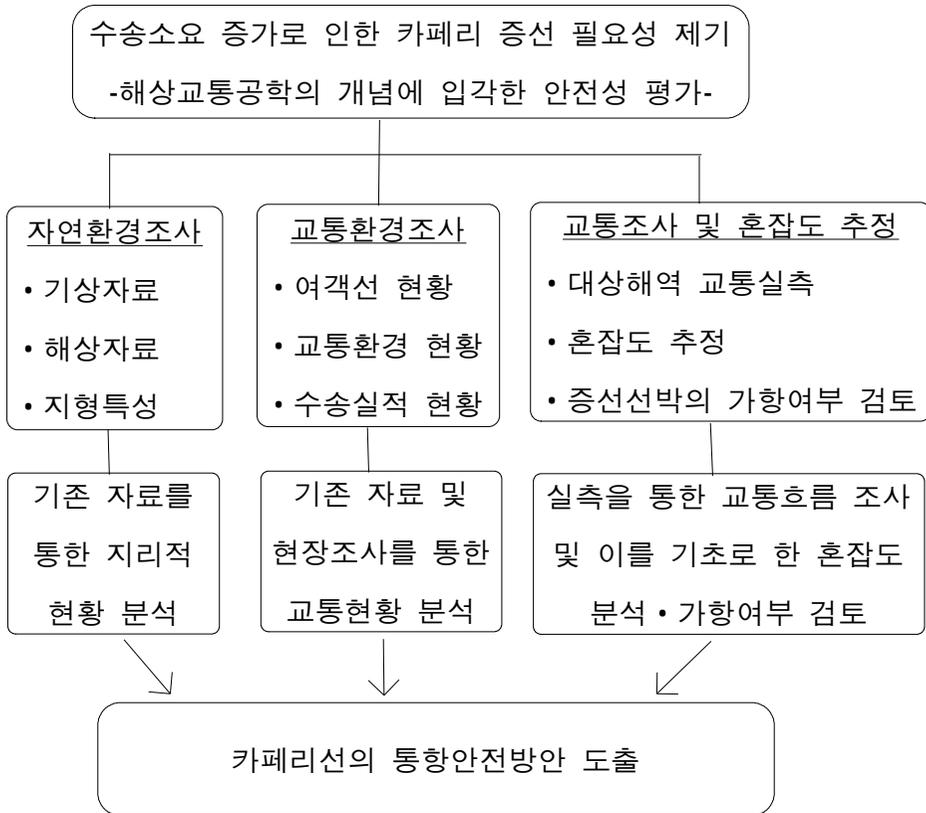
더구나 주 기항지인 거제시의 인구가 날로 증가하고 있는 상황에서 현재의 운항형태로는 선박의 무리한 운항을 가져올 것으로 예상됨에 따라, 동 항로에 카페리 1척을 추가로 투입하려는 움직임이 있다.

그러나 이 항로를 운항하고 있는 카페리는 2011년에 완전 개장을 목표로 건설 중인 신항의 입출항 항로를 이용하게 될 뿐만 아니라, 마산.진해.고현항을 출입하는 항로를 횡단하여 통항하게 되는 관계로 이 항로의 혼잡도 등을 분석하여 항로의 통항 안전성을 확보하는 것이 매우 중요하다.

따라서 이 연구에서는 현재 운항 중인 카페리뿐만 아니라 향후에 카페리를 추가로 투입하게 되는 경우까지를 감안하여 대상해역의 통항 안전성을 검토함과 동시에, 문제점이 발견될 경우 안전 운항 방안을 제시하여 카페리선의 안전운항을 도모하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

이 논문은 해상교통공학의 기초 개념에 입각한 진해-거제간의 항로에 대하여 교통흐름의 실태를 정확하게 파악하기 위하여 해상교통 실측조사를 실시하여 통항하는 선박의 교통환경을 분석하고, 대상해역의 현재 및 신항 개장 이후의 예상 혼잡도를 파악하며, 현재의 항로에 카페리를 추가로 투입하는 경우의 투입 가능성 여부를 판단하였으며, 이에 관련된 안전운항방안을 제안하였다. 연구의 방법을 도식화하면 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 연구의 방법

2장에서는 “자연환경조사”로 선박이 주로 이용하는 항로에 대한 기상자료 및 해상자료를 조사하였으며 대상해역의 지형 및 자연조건의 특성에 대하여 논하였다.

3장에서는 “대상해역의 교통환경 분석”으로 현재 항로에 대하여 카페리에 직접 승선하여 가항수로의 폭, 교량 여부, 어장의 분포 등 항행위해요소를 포함한 항행환경조사를 실시하였으며, 수송실적을 분석하여 항로의 여객 및 차량 운송현황을 파악하여 실질적인 증선이 필요한지에 대한 여부를 조사하여 논하였다.

4장에서는 “대상해역 교통조사 및 혼잡도 추정”으로 대상해역의 현재 상황을 해상교통실측 조사장비 및 전문 분석 프로그램을 이용하여 조사를 하였으며, 이를 기초로 하여 대상해역의 항로의 혼잡도를 추정하여 추가 투입하는 경우의 항로의 혼잡현황을 파악하였다. 또한 카페리가 추가로 투입되어도 현재의 항로를 이용할 수 있는지를 검토하여 논하였다.

5장에서는 “결론”으로 이 연구를 통하여 도출된 내용을 정리하였으며 카페리의 안전운항방안을 제안하였다.

제 2 장 자연환경 조사

2.1 기상자료 조사

부산지방은 우리나라의 동남측 해안에 위치하여 바다와 접하고 북측에는 산악지가 있어, 여름철에는 내륙지방보다 기온이 비교적 낮으며 겨울철에는 기온이 비교적 높아서 연간 기온의 차이가 작다.

부산지방기상청의 기상관측 자료 20년(1982년~2001년) 동안을 정리·분석해보면, 부산지방의 연평균 기온은 14.7℃이며, 1월의 평균기온은 3.1℃로 최저이고, 8월의 평균기온은 26.1℃로 연중 가장 높다. 또한, 연평균 강수량은 1,495.5mm이고, 전체 강수량의 62.2%가 6월에서 9월 사이에 집중되어 여름철의 우기와 겨울철의 건기가 명확히 구분되는 지역이다. 조사기간 중 강수량이 가장 많았던 해는 1985년으로 2,200.5mm이었으며, 가장 적은 해는 1988년으로 강수량이 901.5mm로 나타났다.

연평균 풍속은 3.8m/sec이고, 조사 기간 중 최대풍속은 25.7m/sec(1987년 7월, SSW 방향)이며 풍속 10.0m/sec 이상의 폭풍일수는 68.8일로 조사되었다. 풍향은 겨울철에 북서풍이, 여름철에 남서풍이 우세하며, 연평균 2~3회 정도의 태풍 영향을 받는다. 연간 평균천기일수는 맑음일수 110.3일, 흐림일수 107.3일, 강수일수(10.0mm 이상) 36.8일로 나타나고 있으며, 안개 발생일수는 연평균 16.6일로 주로 5월에서 7월 사이에 발생한다. 부산지방의 천기일수 및 기상개요를 <표 2-1>에 나타내었다.

<표 2-1> 부산지방의 천기일수 및 기상개요

(단위 : 일)

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
맑음	14.6	11.4	8.2	8.5	7.6	2.8	3.5	5.2	6.3	11.2	14.0	17.0	110.3
흐림	4.9	6.1	10.2	9.0	10.4	14.4	15.7	11.3	11.1	6.5	4.6	3.1	107.3
안개	0.1	0.3	0.8	1.7	3.1	4.4	5.1	0.6	0.2	0.1	0.2	-	16.6
강수	1.4	1.6	3.1	3.6	3.7	4.7	5.6	5.2	3.9	1.9	1.3	0.8	36.8
강설	1.5	1.4	0.6	0.1	-	-	-	-	-	-	0.2	0.9	4.7
결빙	23.6	17.1	5.6	0.3	-	-	-	-	-	0.1	3.2	16.2	66.1
뇌전	-	0.3	0.5	0.9	1.4	0.7	2.9	3.1	0.9	0.3	0.5	-	11.5
폭풍	8.1	6.3	7.9	7.2	5.2	3.4	5.9	4.6	3.6	3.9	5.6	7.1	68.8
혹한	1.0	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	1.5

자료) 기상연보(1982~2001), 기상청

(1) 바람

(가) 풍속

조사기간(1982년~2001년)중, 부산지방의 평균풍속은 3.8m/sec로 나타났으며, 최대풍속은 25.7m/sec, 그 때의 풍향은 SSW(1987년 7월)이었다. 순간최대풍속은 1987년 8월에 DINAH 태풍 내습시 43.0m/sec를 기록하였으며, 풍향은 NE로 관측되었다. <표 2-2>는 부산지방의 월별 풍속 및 풍향이며, <표 2-3>은 풍속 10.0m/sec 이상인 일수를 나타낸다.

<표 2-2> 월별 풍속과 풍향

(단위 : m/sec)

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
평균풍속	3.8	4.0	4.2	4.2	3.8	3.5	4.1	3.9	3.7	3.4	3.5	3.7	3.8
최대풍속	17.0 NW	19.0 SSW	17.3 W	25.0 SW	23.3 SW	18.9 SW	25.7 SSW	21.7 SSE	20.0 SW	21.7 SSW	16.7 WSW	18.7 NW	25.7 SSW
최대순간 풍속	28.5 NW	27.4 NNW	28.1 WSW	29.9 SW	27.5 SSW	28.2 SW	42.3 SE	43.0 NE	38.0 N	30.3 SSW	31.6 W	29.0 NW	43.0 NE

자료) 기상연보(1982~2001), 기상청

<표 2-3> 월별 풍속 10.0m/sec 이상의 일수

(단위 : 일)

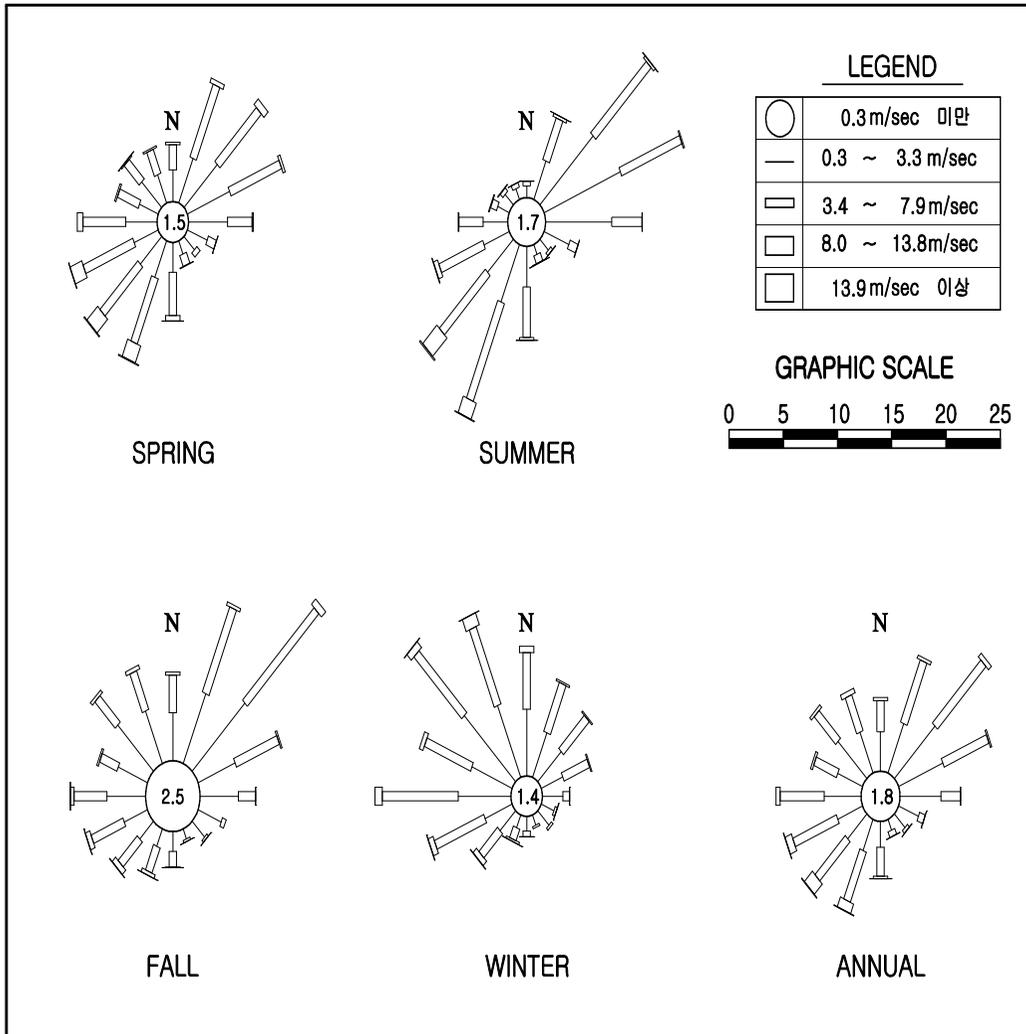
월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
일	8.1	6.3	7.9	7.2	5.2	3.4	5.9	4.6	3.6	3.9	5.6	7.1	68.8

자료) 기상연보(1982~2001), 기상청

(나) 풍향별 풍속별 빈도율

바람은 하절기에는 주로 남서풍, 동절기에는 북서풍이 분다. 부산지방 기상청의 20년간(1978년~1997년) 기상관측자료(풍향별 관측회수 백분율)를 이용하여 풍향별 풍속별 빈도율을 분석하였다.

<그림 2-1> 및 <표 2-4>와 같이 풍향별 출현율은 NE 방향이 11.4%로 가장 높았고, SSE 방향이 1.3%로 가장 적게 나타났다. 계절별 풍향은 동계에는 NW, 춘계에는 NNE, 추계에는 NNE, NE가 우세하고, 하계에는 SSW 방향이 우세하였다.



<그림 2-1> 바람 장미도

<표 2-4> 계절별, 계급별 풍향 출현 횟수에 대한 관측 백분율

(단위: %)

계절	계급	정온	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
봄	0.3 ~ 3.3	1.46	3.44	4.34	4.20	3.59	1.96	1.35	1.01	2.12	2.82	2.77	2.40	2.89	1.86	2.58	2.18	2.25
	3.4 ~ 7.9		5.62	5.41	5.07	2.26	0.80	0.41	0.84	3.10	5.03	4.93	4.95	3.91	2.08	1.96	1.85	1.80
	8.0 ~ 13.8		0.34	0.54	0.22	0.11	0.01	0.0	0.03	0.38	1.32	1.38	1.17	0.55	0.14	0.10	0.13	0.19
	> 13.9		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.07	0.02	0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.0
여름	0.3 ~ 3.3	1.74	2.96	6.94	7.61	6.12	2.47	1.09	0.75	2.89	4.43	3.35	2.51	2.27	1.15	1.06	0.82	0.81
	3.4 ~ 7.9		3.21	7.21	6.01	2.76	0.79	0.25	0.61	3.61	7.55	5.96	4.38	2.24	0.59	0.33	0.36	0.35
	8.0 ~ 13.8		0.22	0.22	0.10	0.03	0.02	0.02	0.03	0.20	1.25	1.86	0.42	0.07	0.05	0.04	0.01	0.03
	> 13.9		0.01	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.01	0.06	0.11	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
가을	0.3 ~ 3.3	2.52	5.40	6.87	3.69	3.52	2.30	1.61	0.78	1.41	1.34	1.80	2.33	3.54	2.92	4.65	4.07	3.45
	3.4 ~ 7.9		6.58	9.32	4.28	1.59	0.37	0.18	0.17	1.13	1.95	2.48	3.17	3.06	1.73	2.66	2.97	2.67
	8.0 ~ 13.8		0.25	0.55	0.14	0.01	0.0	0.01	0.01	0.04	0.28	0.44	0.44	0.31	0.15	0.24	0.30	0.22
	> 13.9		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0
겨울	0.3 ~ 3.3	1.45	3.45	3.06	2.15	1.90	1.25	1.46	0.78	1.03	0.98	2.02	2.70	4.86	4.01	6.70	5.55	4.77
	3.4 ~ 7.9		3.77	3.33	2.54	0.60	0.23	0.20	0.15	0.41	0.89	2.43	4.93	7.00	4.62	6.22	5.97	4.04
	8.0 ~ 13.8		0.13	0.12	0.11	0.01	0.01	0.0	0.0	0.01	0.16	0.44	0.49	0.66	0.36	0.58	0.94	0.43
	> 13.9		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.04	0.01	0.0	0.0	0.01	0.01	0.0
전년	0.3 ~ 3.3	1.79	3.81	5.30	4.41	3.78	1.99	1.38	0.83	1.86	2.40	2.49	2.48	3.39	2.48	3.75	3.15	2.82
	3.4 ~ 7.9		4.80	6.32	4.48	1.80	0.55	0.26	0.44	2.07	3.86	3.95	4.36	4.05	2.26	2.79	2.78	2.21
	8.0 ~ 13.8		0.24	0.36	0.14	0.04	0.01	0.01	0.02	0.16	0.75	1.03	0.63	0.40	0.18	0.24	0.35	0.22
	> 13.9		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.04	0.06	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

자료) 기상연보(1978~1997), 기상청

(2) 태풍

1959년부터 1995년까지 37년간 우리나라 부근을 통과한 태풍 중에서 70여개 (1.9개/1년) 정도가 우리나라에 직접적으로 영향을 미쳤다. 부산지방기상청에서 관측한 주요 태풍 중에서 부산지역에 가장 큰 피해를 입혔던 태풍은 1959년의 Sarah가 있었고, 그 이후로는 1986년의 Vera와 1987년의 Thelma가 있었다(<표 2-5> 및 <표 2-6>, <그림 2-2>~<그림 2-4> 참조).

<표 2-5> 부산지방을 통과한 주요 태풍의 풍향과 풍속

(단위 : m/sec)

태풍명	풍향	최대풍속	태풍명	풍향	최대풍속
WILDA	SSW	21.7	ODESSA	NNE	8.7
ELLEN	ENE	26.7	PAT	NNE	8.7
SARAH	ENE	34.7	BRENDA	NE	12.3
BETTY	SW	22.0	NANCY	SSW	13.3
HELEN	S	17.2	ROGER	SSW	14.3
NORA	SW	30.0	VERA	SSE	21.7
OPAL	SW	22.6	THELMA	SSW	25.7
AMY	SW	16.5	DINAH	NE	18.0
SHIRLEY	SSW	29.0	JUDY	ENE	12.5
HARRIET	SW	17.7	ABE	SW	13.7
BETTY	SSW	19.0	CAITLIN	ENE	18.0
RUBY	SSW	19.7	GLADYS	NNE	15.0
GILDA	ENE	18.3	MIREILLE	N	18.3
DOT	SSW	15.7	ROBYN	NE	16.0
CARMEN	SW	20.0	WALT	NE	7.3
IRVING	SSW	23.3	DOUG	SSW	17.3
CLARA	SSW	15.7	SETH	WNW	27.8
JUNE	SW	10.7			

<표 2-6> 우리나라 부근을 통과한 태풍 통계

No.	호	태풍명	지속기간	최대		최대순간		기압 (hPa)	영향권
				풍향	풍속 (m/s)	풍향	풍속 (m/s)		
1	4	WILDA	1959. 7. 7~8	SSW	21.7	SSW	28.0	994.9	남부
2	5	BILLIE	7. 16~18	S	24.3	S	31.5	995.9	호남(목포)
3	6	ELLEN	8. 6~9	ENE	26.7	ENE	27.6	990.6	남부
4	14	SARAH	9. 15~18	ENE	34.7	ENE	42.7	951.5	전국
5	15	CARMEN	1960. 8. 22~23	SSW	26.7	SSW	30.1	996.4	전국
6	4	BETTY	1961. 5. 28~29	SW	22.0	NW	22.3	992.6	남부
7	10	HELEN	8. 2~4	S	17.2	S	23.2	997.6	남부, 중부
8	23	TILDA	10. 5~6	N	14.9	N	16.7	1002.1	호남(목포)
9	5	JOAN	1962. 7. 9~11	SSW	22.6	SSW	26.9	1004.2	영남, 호남 (울릉도)
10	9	NORA	8. 1~3	SW	30.0	SW	32.0	999.4	남부
11	10	OPAL	8. 8~9	SW	22.6	SW	28.2	1003.9	전국
12	17	AMY	9. 6~8	SW	16.5	SW	24.7	1003.1	전국
13	4	SHIRLEY	1963. 6. 19~20	SSW	29.0	SSW	39.0	990.6	전국
14	5	TRIX	7. 3~6	SW	15.3	SSW	16.6	1000.2	호남(목포)
15	5	BETTY	1964. 7. 6~8	S	14.7	S	21.2	998.6	영남(목포)
16	9	FLOSSIE	7. 28~30	SSW	20.3	S	35.0	998.6	영남(인천)
17	13	HARRIET	1965. 7. 28~29	SW	17.7	SW	21.5	1001.6	전국
18	15	WINNIE	1966. 8. 23~25	NN W	16.7	NNE	23.6	996.6	호남
19	17	BETTY	8. 29~31	SSW	19.0	SSW	24.5	1005.0	남부
20	18	CORA	9. 8~9	SSE	12.3	S	14.6	999.7	호남(목포)
21	2	OLGA	1970. 7. 5~7	N	19.7	N	22.0	997.8	영남(속초)
22	4	RUBY	7. 18~19	SSW	19.7	SSW	25.7	995.2	전국
23	11	BULLIE	8. 29~31	S	26.5	S	32.5	982.7	호남, 중부 (목포)
24	19	OLIVE	1971. 8. 4~6	N	19.3	N	20.8	983.3	호남, 중부 (목포)

<계 속>

No.	호	태풍명	지속기간	최대		최대순간		기압 (hPa)	영향권
				풍향	풍속 (m/s)	풍향	풍속 (m/s)		
25	20	POLLY	8. 9~12	S	30.0	S	32.0	996.5	호남(목포)
26	28	BESS	9.23~26	S	16.7	S	24.6	1001.4	호남(목포)
27	7	RITA	1972. 7. 25~27	SE	26.0	SE	38.0	981.7	호남(목포)
28	14	BETTY	8. 18~20	ESE	14.3	NNE	20.2	1006.4	중부(인천)
29	5	DOT	1973. 7. 19~21	SSE	19.3	SSE	24.1	993.6	호남(목포)
30	10	IRIS	8. 16~18	SSW	25.0	SSW	38.0	985.6	호남(목포)
31	8	GILDA	1974. 7. 6~7	ENE	18.3	NE	33.4	984.9	남부
32	2	MAMIE	1975. 7. 30~31	SSE	16.7	SSE	23.8	1002.1	남부(충무)
33	13	BILLIE	1976. 8. 12~14	W	14.7	W	20.2	1001.9	중부(인천)
34	15	DOT	8. 2~4	SSW	15.7	SSW	24.4	1004.2	남부
35	11	CARMEN	8. 2~4	S	20.0	S	27.1	1001.3	남부(충무)
36	10	IRVING	1979. 8. 15~18	SSW	23.3	S	33.0	982.5	남부
37	7	IDA	80. 7. 13~15	S	15.8	SW	22.6	994.8	충무(울릉도)
38	10	OGDEN	1981. 7. 31~8. 2	ESE	21.3	ESE	32.3	1000.6	호남(여수)
39	18	AGNES	8. 31~9. 4	E	20.3	E	30.0	987.6	호남 중부 (여수)
40	20	CLARA	9. 23~25	SSW	15.7	SSW	21.7	1004.0	남부
41	11	CECIL	1982. 8. 12~15	SSW	16.7	SSW	22.1	1010.5	전국(충무)
42	3	ALEX	1984. 7. 4~8	SW	12.0	SW	17.0	1004.3	호남(전주)
43	12	JUNE	9. 2~3	SW	10.7	SW	24.6	1000.3	남부
44	8	KIT	1985. 8. 8~10	E	18.7	ENE	32.8	992.4	전국(서귀포)
45	9	LEE	8. 13~14	S	22.7	S	31.9	992.1	호남 및 중부 (목포)
46	12	ODESSA	8. 30~9. 1	NNE	8.7	NNE	17.8	995.5	영호남 및 중부
47	13	PAT	8. 30~9. 1	NNE	8.7	NNE	17.8	995.5	영호남 및 중부
48	20	BRENDA	10. 4~6	NE	12.3	NE	26.8	995.7	전국, 중부 지방 제외

<계 속>

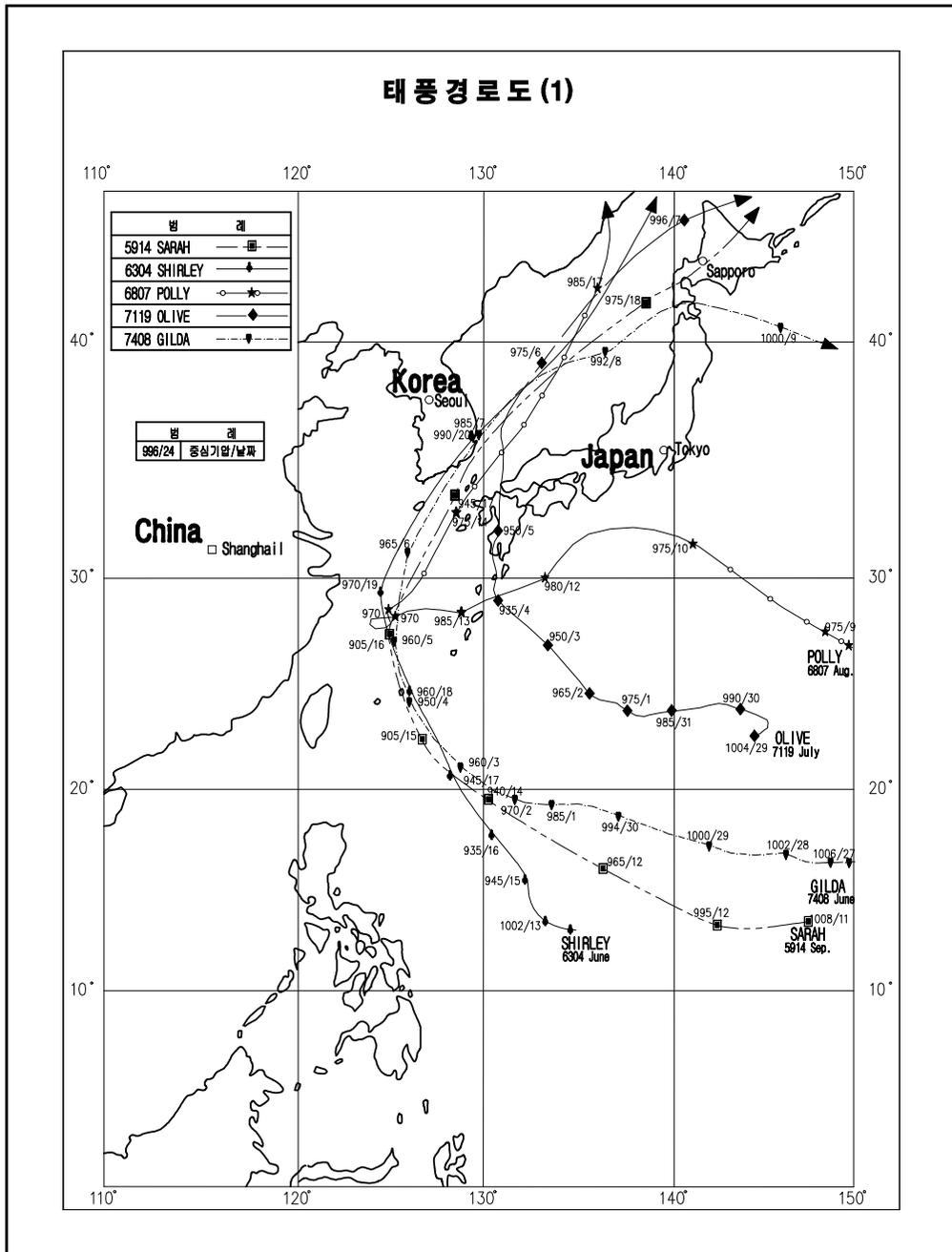
No.	호	태풍명	지속기간	최대		최대순간		기압 (hPa)	영향권
				풍향	풍속 (m/s)	풍향	풍속 (m/s)		
49	5	NANCY	1986. 6. 24~25	SSW	13.3	SSW	18.4	997.5	남부
50	8	ROGER	7. 15~17	SSW	14.3	SSW	20.6	1000.2	남부
51	13	VERA	8. 27~29	SSE	21.7	SSE	32.1	986.8	전국
52	16	ABBY	9. 20~21	NNE	15.7	NNE	20.8	998.4	제주, 남부 (여수)
53	5	THELMA	1987. 7. 15~16	SSW	25.7	SSW	39.5	985.6	전국
54	8	ALEX	7. 29~31	WSW	13.7	WSW	21.3	996.6	중부북부
55	12	DINAH	8. 29~31	NE	18.0	NE	43.0	961.7	남부
56	11	JUDY	1989. 7. 28~29	ENE	12.5	ENE	25.3	1000.1	영호남 및 중부
57	15	ABE	90. 9. 1~2	SW	13.7	SW	20.2	1002.1	전국
58	9	CAITLIN	1991. 7. 28~30	ENE	18.0	ENE	33.0	974.8	남부
59	12	GLADYS	8. 22~26	NNE	15.0	NNE	31.1	988.6	전국
60	19	MIREILLE	9. 27~28	N	18.3	N	38.0	984.6	남부
61	19	TED	1992. 9. 19~25	N	16.7	N	20.8	998.9	영호남(속초)
62	6	PERCY	1993. 7. 28~30	NNW	9.3	NNW	15.9	996.3	영호남 및 중부
63	7	ROBYN	8. 2~11	NE	16.0	NE	31.1	980.8	전국(부산)
64	7	WALT	1994. 7. 26~28	NE	7.3	NE	13.6	999.4	남부
65	13	DOUG	8. 9~12	SSW	17.3	SSW	20.3	994.1	남부(서귀포)
66	29	SETH	10. 10~12	WNW	12.0	SE	27.8	984.1	남부(제주)

주) 1. 풍속은 부산지방기상청의 관측치를 기준으로 하였음

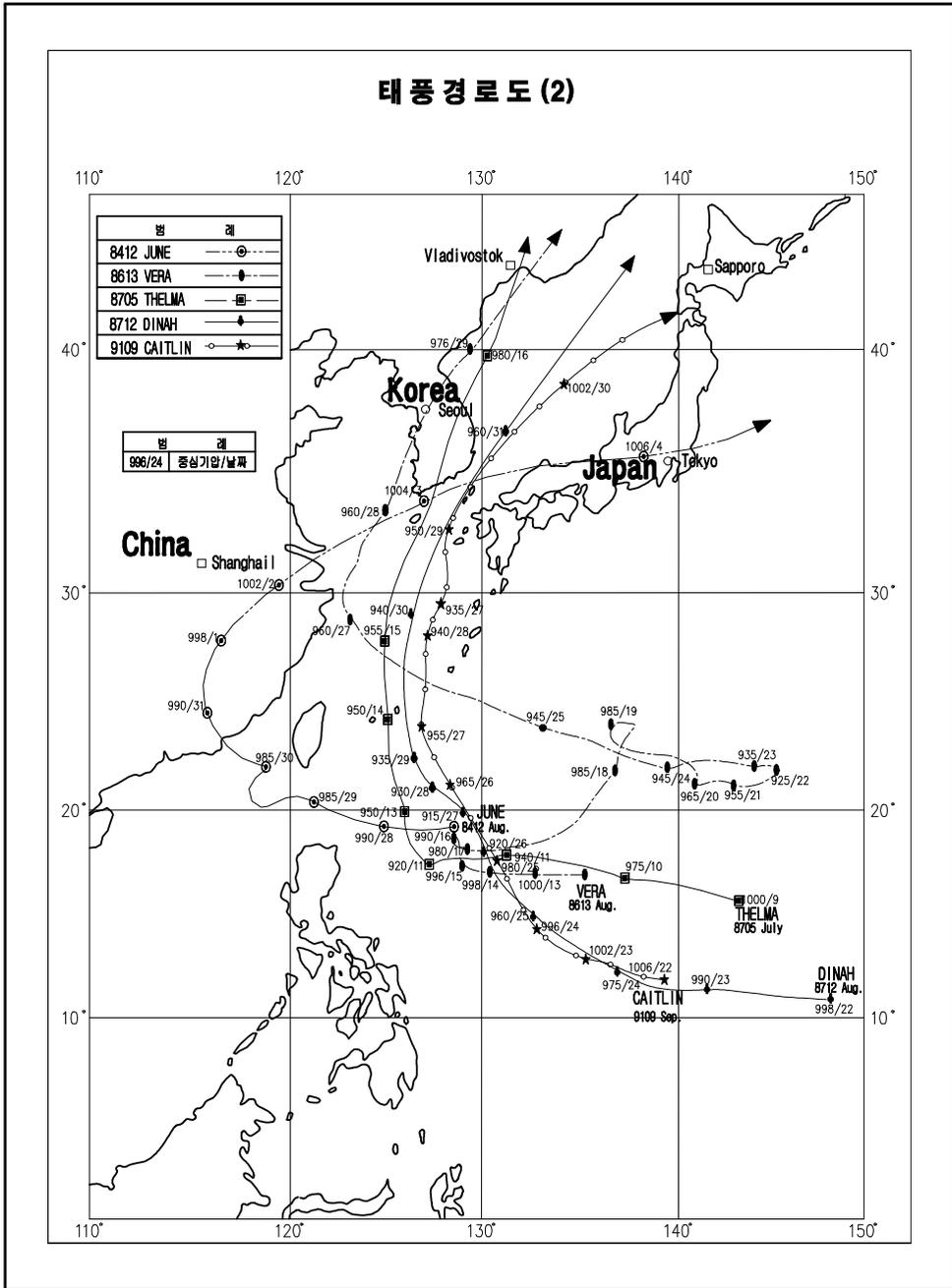
2. “영향권” 내의 ()는 관측지점임

자료) 1. 태풍백서(1904년~1983년), 기상청

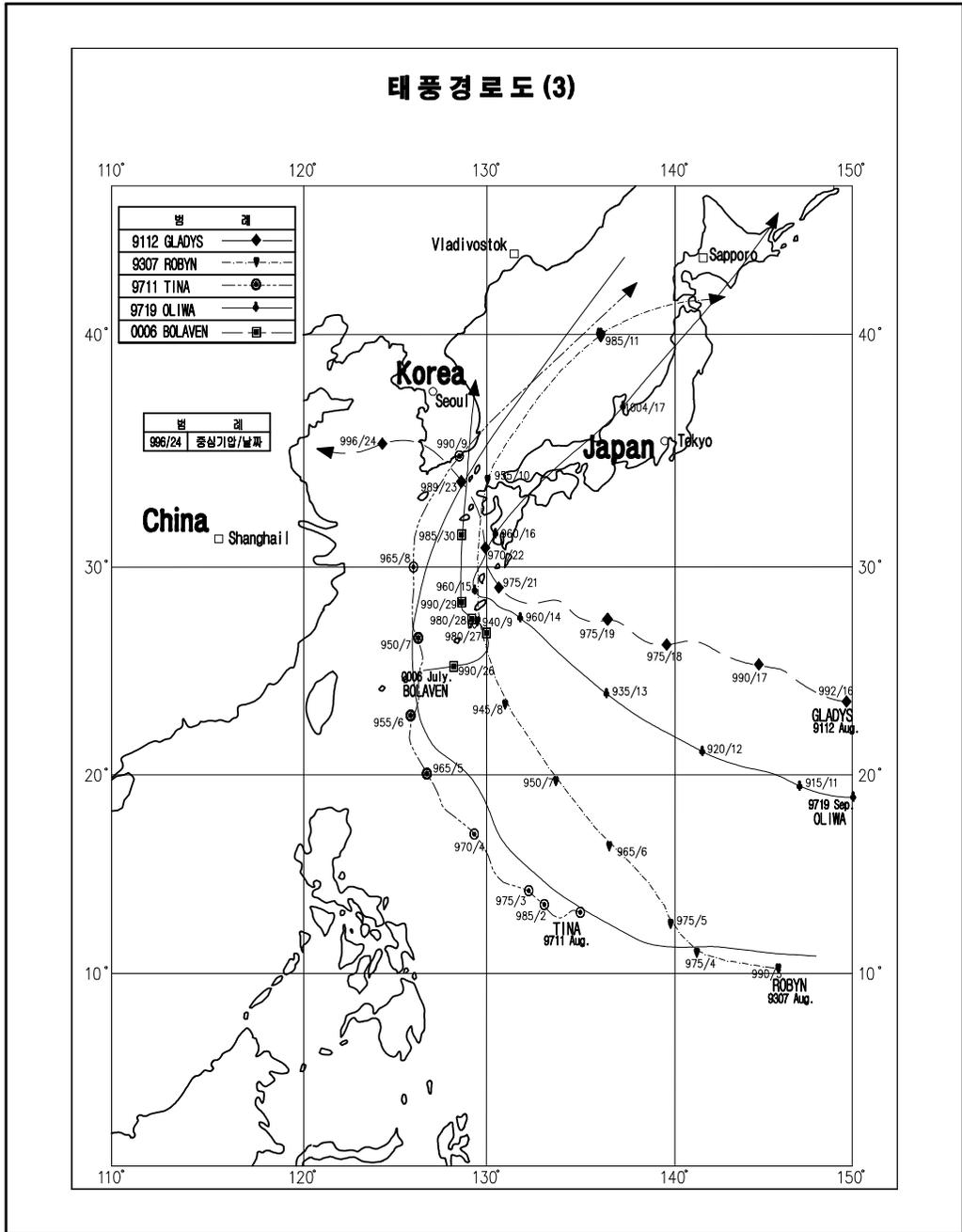
2. 기상연보(1984년~2000년), 기상청



<그림 2-2> 태풍경로도(1)



<그림 2-3> 태풍경로도(2)



<그림 2-4> 태풍경로도(3)

(3) 안개

선박의 항행 및 항만운영에 있어서 큰 영향을 미치는 요소 중의 하나인 안개는 우리나라에서는 비교적 자주 발생하는 편이나, 남해안의 경우는 서해안보다 그 빈도가 다소 적은 편이다. <표 2-7>과 같이 부산지방기상청의 20년간(1982년~2001년) 기상 조사 자료에 의하면, 신항만 부근의 연간 안개 발생일수는 16.6일이고, 주로 4월~7월에 발생한다는 것을 알 수 있다.

<표 2-7> 월별 안개 발생일수

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
일수	0.1	0.7	0.8	1.7	3.1	4.4	5.1	0.6	0.2	0.1	0.2	0.0	16.6

자료) 기상연보(1982~2001), 기상청

(4) 기온

<표 2-8>과 같이 20년간의 기온을 기상연보에서 분석·정리해보면, 일 최고 기온은 36.7℃, 일 최저기온은 -11.8℃ 그리고 연평균기온은 14.7℃이었다.

<표 2-8> 월별 기온

구분 \ 월		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
기온 (℃)	평균	3.1	4.6	8.6	13.7	17.6	20.7	24.3	26.1	22.3	17.5	11.7	5.9	14.7
	평균 최고	7.8	9.6	13.4	18.3	21.9	24.3	27.5	29.6	26.3	22.4	16.6	10.7	19.0
	평균 최저	-0.6	0.8	4.9	9.9	14.2	17.8	22.0	23.5	19.5	13.9	7.9	2.0	11.3
	일최고	17.5	20.3	22.9	28.1	29.9	30.1	35.8	36.7	35.2	29.1	25.1	20.4	36.7
	일최저	-11.5	-11.8	-5.0	-1.0	8.0	11.9	14.5	18.4	10.6	1.8	-3.6	-8.0	-11.8
	연평균	3.1	4.6	8.6	13.7	17.6	20.7	24.3	26.1	22.3	17.5	11.7	5.9	14.7

자료) 기상연보(1982~2001), 기상청

(5) 강수량

<표 2-9>는 부산지방의 20년간 강수량을 나타낸 표이다. 이 표에서 부산지방의 연평균 강수량은 1,495.5mm이고, 일최대강수량은 439.0mm로 8월에 나타났으며 10.0mm 이상의 강수일수는 35.9일에 이른다. 또, 기상연보에 의하면 연중 최대강수량은 1985년 2,200.5mm이고, 최소강수량은 1988년의 901.5mm이었다.

<표 2-9> 월별 강수량

(단위 : mm)

월 구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
월강수량	37.6	46.9	81.4	118.5	142.6	222.2	288.4	261.0	159.3	61.5	54.0	22.1	1,495.5
1일 최대강수량	51.0	55.0	52.4	77.4	200.4	157.3	197.5	439.0	246.5	122.4	173.0	78.6	439.0
1시간 최대강수량	8.0	13.9	13.7	27.0	34.0	44.8	73.0	84.6	86.7	37.6	24.6	6.2	86.7

주) 월별 강수량은 24시간 합계임
 자료) 기상연보(1982~2001), 기상청

(6) 해면기압

<표 2-10>과 같이 부산지방기상청의 20년간(1982년~2001년) 월별 평균해면기압은 1,014.0hPa이고, 최고기압은 1,039.9hPa(1994년 12월), 최저기압은 961.7hPa(1987년 8월)로 나타났다.

<표 2-10> 월별 해면기압

(단위 : hPa)

구분	월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
	해 면 기 압	평 균	1022.3	1020.9	1019.0	1015.2	1011.8	1008.3	1007.6	1008.3	1013.0	1018.1	1021.6	1022.8
최 고		1037.2	1034.7	1036.1	1031.7	1027.4	1020.8	1017.9	1018.9	1024.8	1031.7	1036.5	1039.9	1039.9
최 저		1002.9	998.6	988.2	994.6	991.5	988.1	974.8	961.7	984.6	988.5	1000.4	1002.3	961.7

자료) 기상연보(1982~2001), 기상청

2.2 해양자료 조사

신항만 개발지역의 평균고조 간격은 8시간 18분 정도이며, 대조평균 고조위는 약 1.783m로 부산항보다는 약 0.5m 높다. 그러나 서해안 및 남해안 서부에 비하면 조차가 작은 편이다. 또한, 일조부등은 현저하지 않으며, 1일 2회 규칙적인 승강을 하고 최고고조가 하계에는 야간에, 동계에는 주간에 나타난다. 그리고 신항만의 외곽시설물이나 항만 내 정온에 큰 영향을 미치는 주진입파랑은 S 및 SW계열의 파랑이다.

(1) 파랑

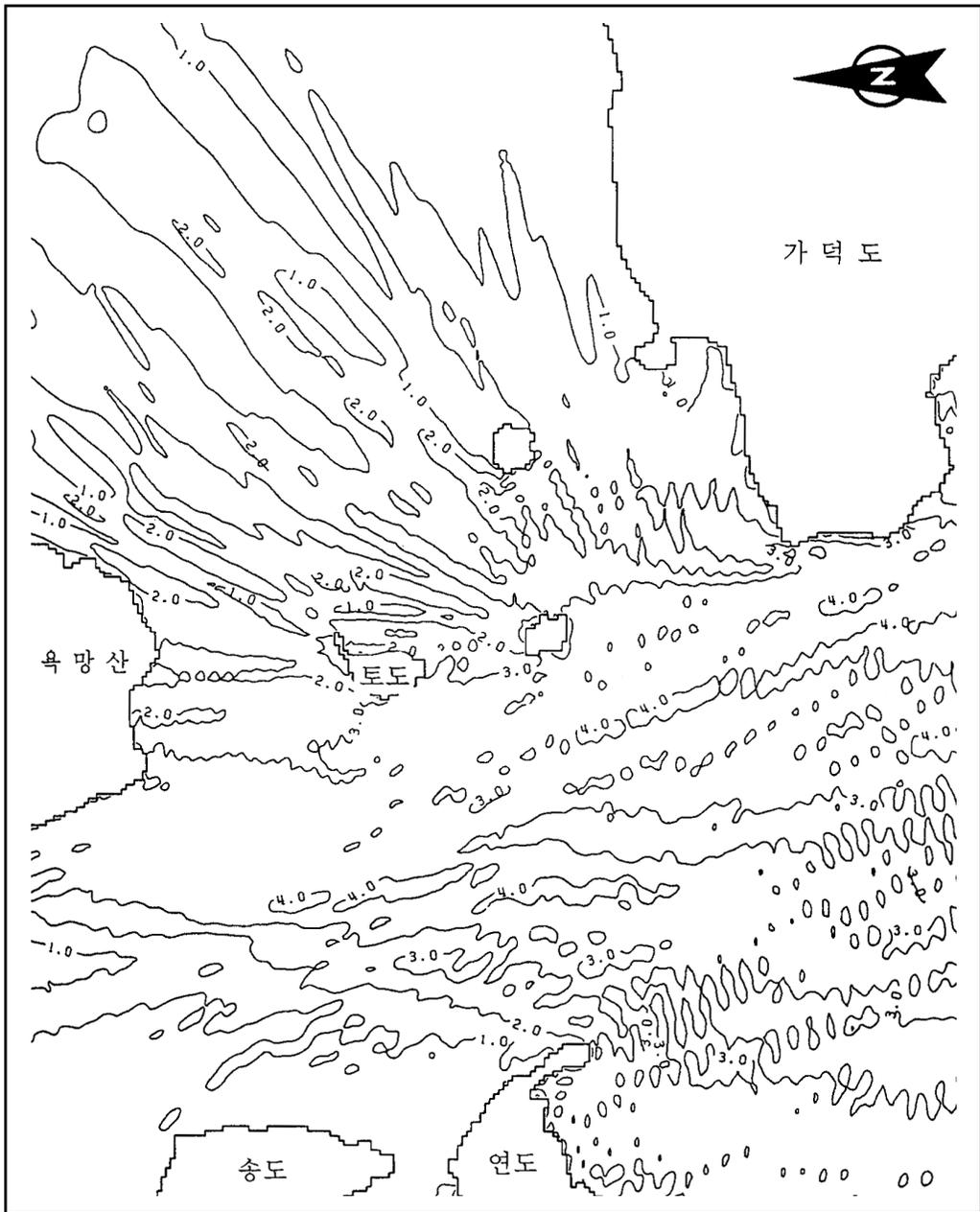
(가) 개요

카페리 취항예정항로 해역은 우리나라 남동해안의 가덕도 북서지역에 위치하여 남해안과 동해안의 일반적인 특성인 동절기 계절풍과 하절기 태풍에 의한 파랑의 영향을 크게 받는다. 또한 가덕도 내만의 지형적 여건상 파랑의 영향은 거의 없을 것으로 예상되며 기존의 연구자료(「신항 남컨테이너부두[1차] 기본 및 실시 설계 용역 중 선박조종 시뮬레이션 검토 연구 용역」 최종보고서, 2003)를 살펴보면 파랑조건은 <그림 2-5> 및 <그림 2-6>과 같다.

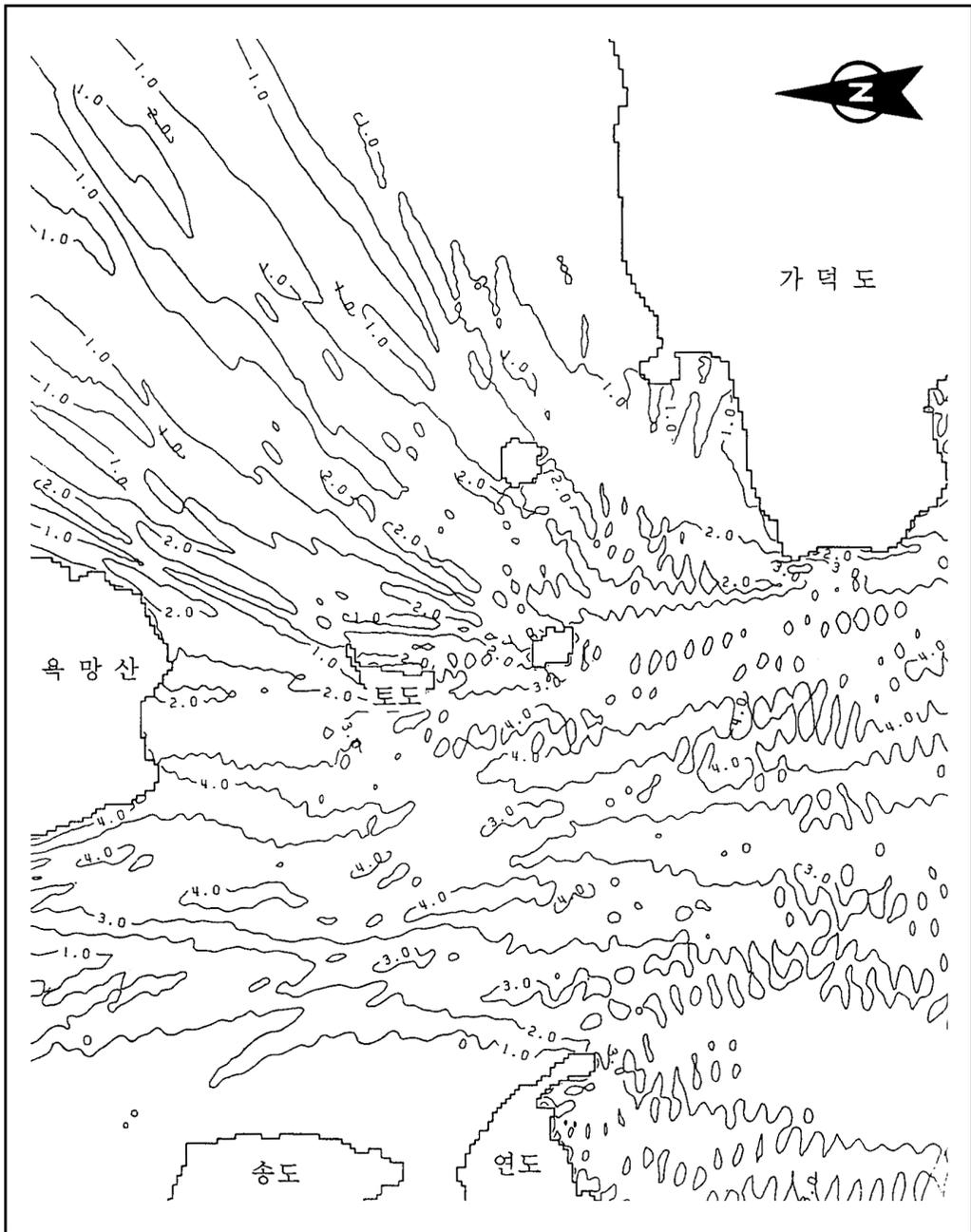
<표 2-11>은 가덕수도에 있어서의 월별 파랑 현황(1979년~1998년의 20년 평균, 평균 유의파고)을 보인다. 표에서의 파랑은 한국해양연구원에서의 천해 파랑자료로, 우리나라 총 14개 지역에 대하여 250~750m의 격자망을 구성하여 파고 및 주기를 각각 3개의 계급으로 구분하고, 22.5도의 간격으로 79개의 입사각에 대하여 SWAN모델을 사용하여 각 지역별로 산출하였다.

표에서 알 수 있듯이, 가덕수도에서의 평균유의파고는 그다지 높지 않으며, 수로 내측에서 외측보다 낮다. 그리고 6~7월에 높은 분포를 보인다.

20년간의 방향별 최대 유의파고를 살펴보면, 가덕수도 입구에서는 SSE, 5.0m(8월), 병산열도 동측에서는 S, 3.9m(8월), 신항만 방파제 부근에서는 S, 2.6m(8월), 저도 북동 측에서는 SSE, 2.6m(8월)의 분포를 보였다. 최대 유의파고가 주로 S~SSE방향, 8월에 나타나는 것은 그것의 발생 원인이 주로 여름철에 내습하는 열대저기압(태풍)에 있다는 것을 의미한다.



<그림 2-5> 신항만 주변 천해설계파(심해파향 S, T=14sec, Hs=10.1m, 50년 빈도)



<그림 2-6> 신항만 주변 천해설계파(심해파향 S10°W, T=15sec, Hs=10m, 50년 빈도)

<표 2-11> 가덕수도에서의 월별 평균 유의파고

(1979년 ~ 1998년 평균, 단위 : m)

월 지점	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전 년
북위 34.98도, 동경 128.81도 (가덕수도 입구)	1.22	0.31	0.37	0.43	0.44	0.64	0.68	0.58	0.40	0.26	0.23	0.21	0.40
북위 35.01도, 동경 128.79도 (병산열도 동측)	0.15	0.20	0.25	0.33	0.35	0.52	0.56	0.45	0.27	0.16	0.14	0.14	0.29
북위 35.04도, 동경 128.78도 (신항만 방파제 부근)	0.09	0.13	0.16	0.22	0.24	0.35	0.38	0.30	0.17	0.09	0.09	0.09	0.19
북위 35.03도, 동경 128.75도 (저도 북동측)	0.09	0.13	0.17	0.22	0.23	0.34	0.36	0.29	0.18	0.10	0.09	0.08	0.19

(2) 조석

(가) 개요

설계조위는 단기간의 관측 및 분석 자료보다 신뢰도가 높은 해양수산부 산하의 국립해양조사원(구 건교부 수로국)에서 고시한 가덕도 천성만 내 No. 1 T.B.M 381.9cm(DL.)의 장기간(1978. 1. 1~12. 31) 관측 자료를 기준으로 하였다. 이 해역의 조석은 조석형태수($F=(H'+H_o)/(H_m+H_s)$) 0.16~0.17을 갖는 반일주조형의 조석으로서, 일조부등이 적고 매일 거의 같은 두 만조와 두 간조가 일어난다. 일반적으로 조시의 부등은 간조 시에 작으나, 고조의 부등은 만조 시에 크고, 간조 시에 작으며, 낮은 간조 다음에 높은 만조이다.

가덕도의 대조차는 166.0cm, 평균조차는 113.4cm이고, 소조차는 60.8cm이다. 이 해역의 대조평균고조위는 178.3cm로, 부산항의 122.3cm보다 56cm 정도 높으나 우리나라의 서해안 및 남해 서부에 비해 조차가 작은 편이다.

(나) 가덕도지역의 조위

가덕도 지역의 조화상수 및 비조화상수는 국립해양조사원에서 고시된 자료를 조사하였으며, 그 내용은 <표 2-12>와 같다. 대조차는 166.0cm이고 평균조차는 113.4cm, 소조차는 60.8cm이다. 대조평균 만조위는 178.3cm로 부산항보다 56cm 정도 높으나 우리나라 서해안 및 남해 서부에 비하여 조차가 작은 편이다.

<표 2-12> 가덕도지역의 조화상수 및 비조화상수

조화상수				약최고 만조위	대조평균 만조위	평균 만조위	소조평균 만조위
M2 (Hm)	S2 (Hs)	K1 (Ho)	O1 (Ho)				
56.7	26.3	8.0	4.3	190.6cm	178.3cm	152.0cm	125.7cm
평균 해면	소조평균 간조면	평균 저조위	대조평균 저조위	대조차	평균조차	소조차	평균 만조간격
95.3cm	64.9cm	38.6cm	12.3cm	166.0cm	113.4cm	60.8cm	8.18cm

주) 관측지점 : N35°01' 00", E128°49' 00"

자료) 해양수산부 국립해양조사원 고시자료

(3) 조류

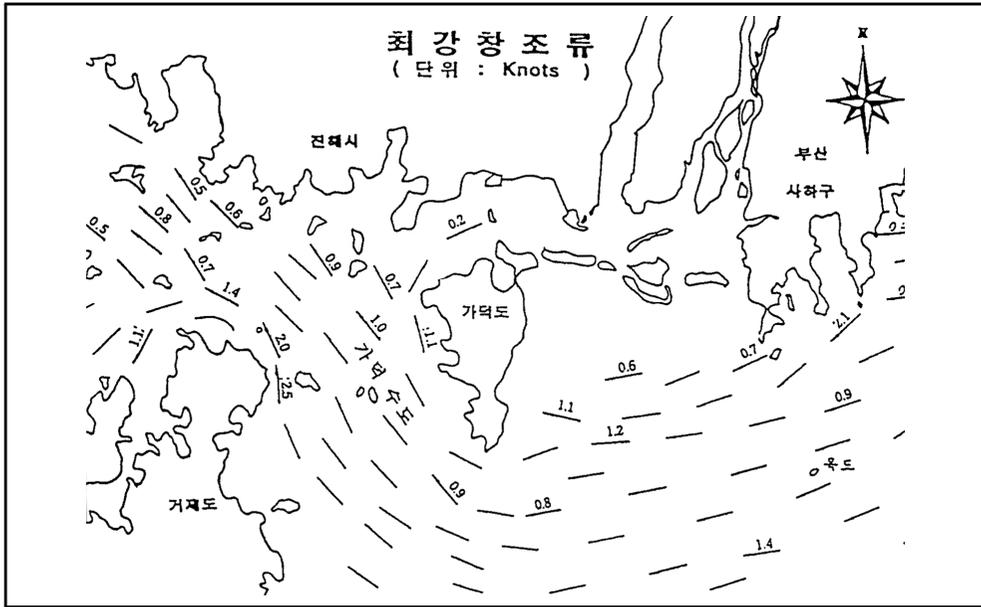
<표 2-13>은 가덕도 부근의 조류특성을 나타낸 표로서 국립해양조사원에서 발행한 조류도의 가덕도 주변 해역 창·낙조시의 최강유속은 0.1~1.1m/sec 정도이고, 1995년 7월~8월간 현지의 3개소에서 연속 조류관측을 수행한 결과, 평균대조시에 0.2~0.74m/sec로 나타났다.

<표 2-13> 가덕도 부근의 조류 특성

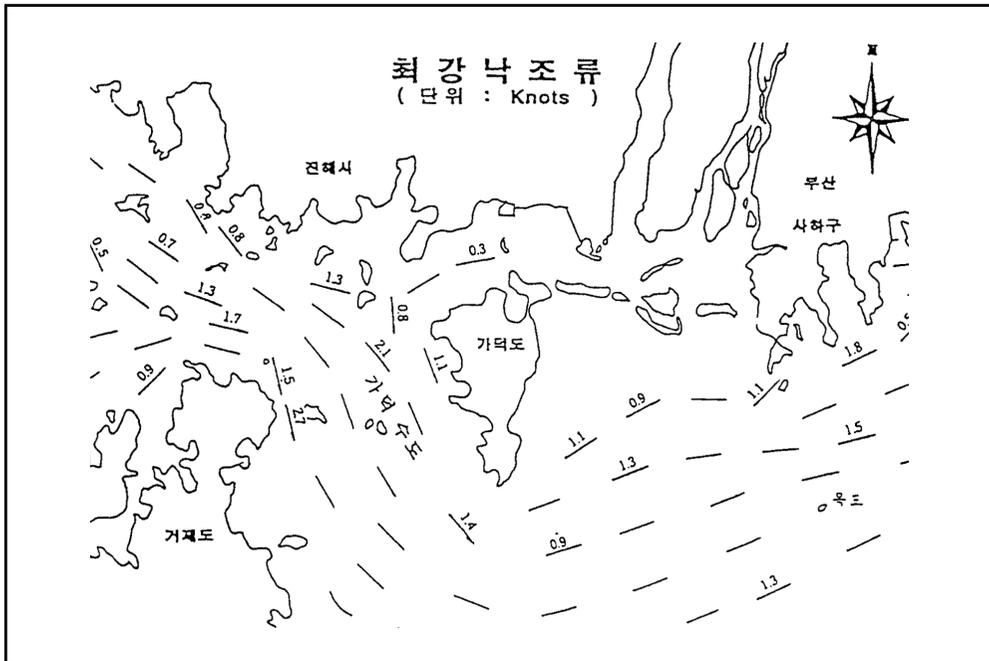
구분	전류시	최강류시	최강유속(평균대조기)	
			유향	유속
창조류	간조 후 -0.3~0.0hr	간조 후 2.8~3.1hr	WNW	26~66cm/sec
낙조류	만조 후 -0.1~0.3hr	만조 후 2.8~3.0hr	SE	20~27cm/sec

신항 방파제 실시설계 용역(해양수산부, 1997년 7월)시에 시행된 관측치와 해수유동 수치모형실험 결과는 창조 시는 동에서 서측 방향으로 흐르고, 가덕도 서측에서는 마산·진해만으로 향하는 북서방향류가 주류를 이루며, 낙조 시 흐름은 창조 시와 대체로 반대방향의 흐름패턴을 보인다.

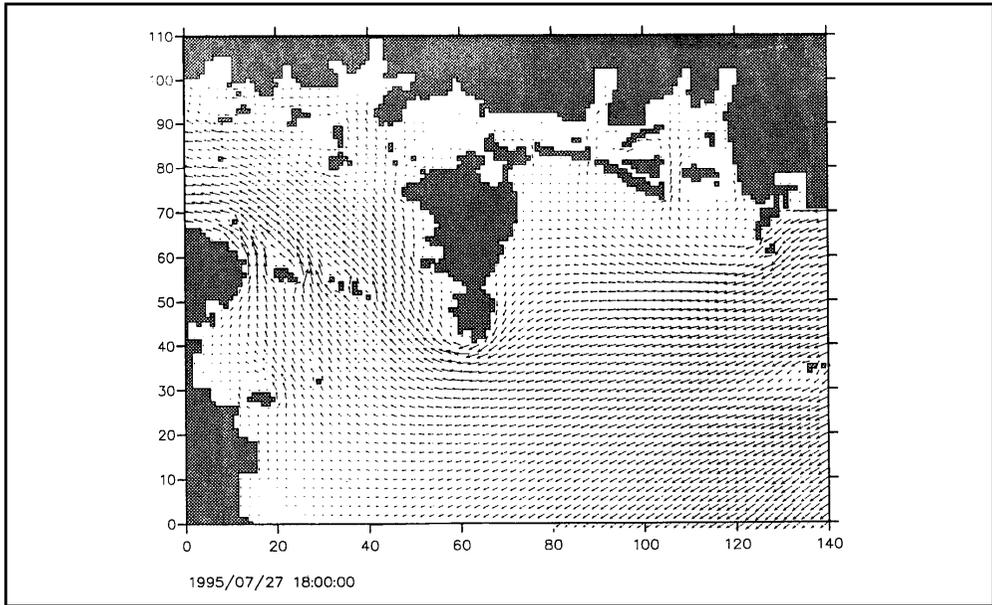
또한, 신항이 개발된 후의 해수유동 변화는 <그림 2-7> ~ <그림 2-12>와 같다. 결과에 의하면, 신항만의 개발로 인한 가덕도 협수로 동측에서의 유속 감소가 예측되나, 가덕도 인근 해역의 전체적인 흐름패턴 및 해수유통량의 변화는 거의 없다. 특히, 진해·마산만 입구 단면수로의 해수유통량 변화는 무시할 정도로 작기 때문에 신항만의 개발에 따른 진해·마산만의 해수유동 특성에는 변화가 없을 것으로 판단된다.



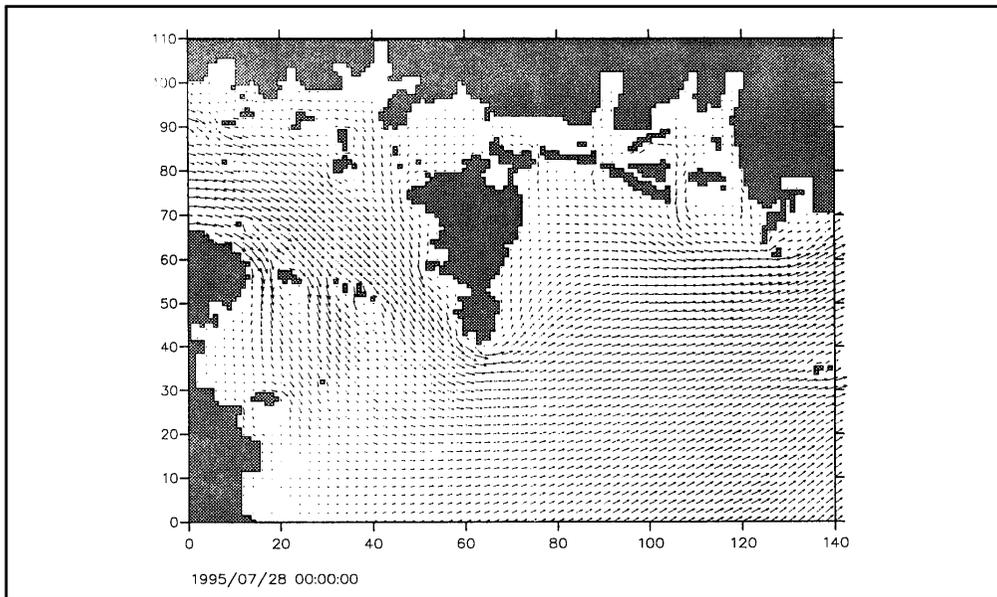
<그림 2-7> 최강 창조류



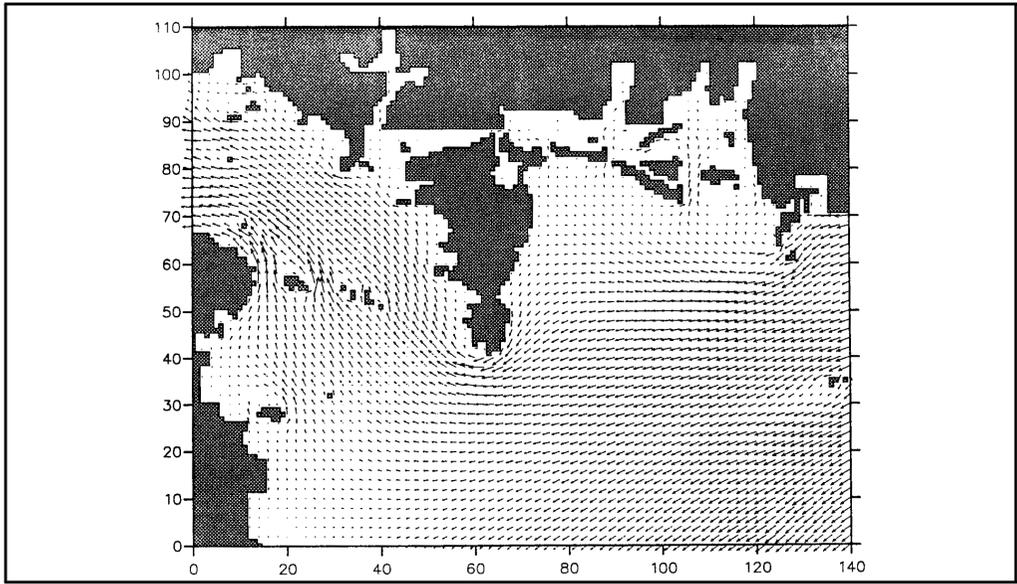
<그림 2-8> 최강 낙조류



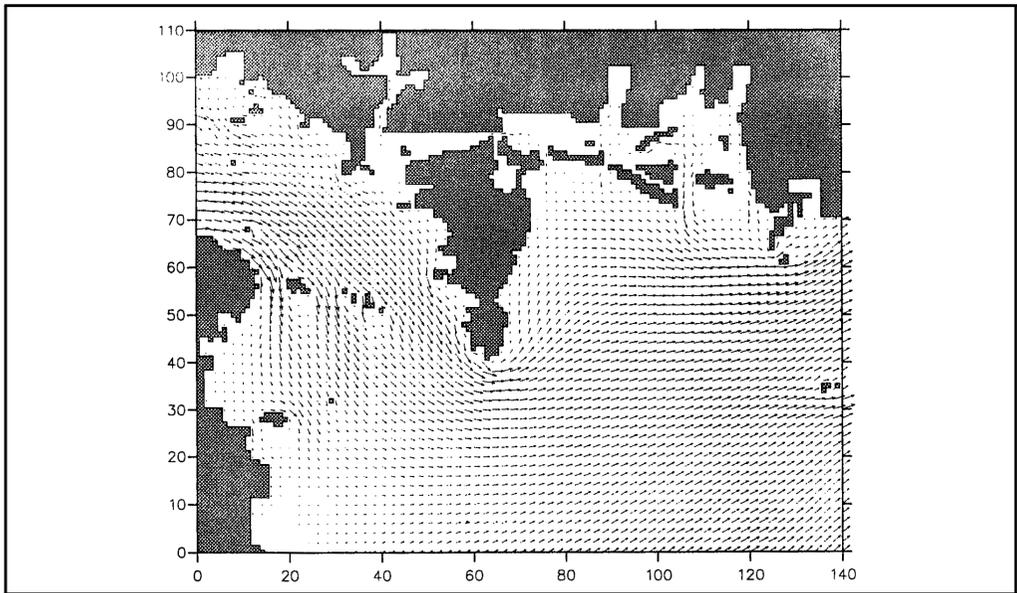
<그림 2-9> 대표 창조류시 세부역의 유속장(현상태, 1995. 7. 27, 18:00)



<그림 2-10> 대표 낙조류시 세부역의 유속장(현상태, 1995. 7. 28, 00:00)



<그림 2-11> 대표 창조류시 세부역의 유속장(신항만 개발 후, 1995. 7. 27, 18:00)

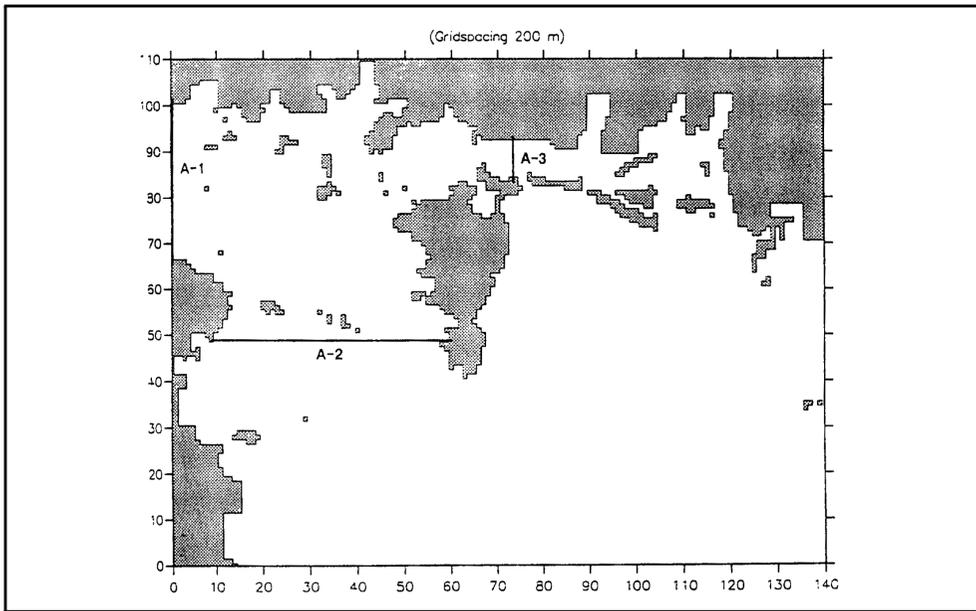


<그림 2-12> 대표 낙조류시 세부역의 유속장(신항만 개발 후, 1995. 7. 28, 00:00)

<그림 2-13>과 같이 현재 상태와 신항만 개발 후의 유속변화에 대하여 알아본 결과, 가덕도 서측(A-1, A-2 단면)에서는 거의 없는 것으로 나타났으며, 동측의 개발로 인한 협수로화로 인해 A-3단면에서는 0.08m/sec 정도로 유속이 감소하는 현상이 나타났다.

신항이 건설되기 전인 현재의 조류상황을 살펴보면, 가덕도 서측 연안(신항만의 예정 입·출항 항로)에서의 최강 창조류는 대략 NNW'ly 0.8kts이고, 최강 낙조류는 SSW'ly 0.9kts 정도임을 알 수 있다. 신항만 건설 후 내향이 될 예정인 가덕도와 육지간의 수역에서는 최강 창조류가 E'ly 0.3kts, 최강 낙조류는 W'ly 0.3kts임을 알 수 있다. 현행 가덕수도의 조류는 최강 창조류가 NW'ly 1.4kts, 최강 낙조류는 SSW'ly 1.6kts 정도이다.

그러나, 향후 신항만공사가 완료되어 가덕도 서북측의 연도에서부터 송도, 수도 및 진해시를 이어 매립하고, 신항만 부두가 건설되어 가덕도 북측의 수로 동측이 완전히 막히게 되면 신항만 부근의 유향 및 유속은 크게 변할 것으로 예측된다.



<그림 2-13> 해수유통량 및 평균유속의 비교대상 단면

2.3 지형 특성

가덕도 서측에 위치하는 가덕수도는 신항으로 통하는 주요 통항로이다. 가덕수도의 서쪽에는 거제도(가)가 위치해 있으며 북쪽에는 진해시가 위치해 있어 육지로 연결된다. 거제도와 가덕도 사이에는 병산열도(호도, 대죽도, 중죽도, 말박도 등으로 구성)가 있어 남쪽의 외해로부터 들어올 수 있는 높은 파랑을 막을 수 있는 지형적인 조건을 가지고 있다. 결론적으로 가덕수도는 사방이 높은 산과 섬으로 둘러 싸여 있어 태풍 내습 등의 악 기상 하에서 선박이 안전하게 피항할 수 있는 천혜의 피항지로서의 요건을 충족시키고 있다. 가덕수도는 신항, 마산항, 진해항, 안정항 등으로 통하는 중요한 통항로이다.

제 3 장 교통 환경 조사

3.1 진해~거제항로에 취항중인 여객선의 현황

3.1.1 여객선의 항로 및 제원

진해를 출항하여 거제로 항행하는 여객선은 다음과 같이 총 3개 선사 4척이 현재 운항 중에 있다. 그리고 각 선박의 제원을 살펴보면 B호가 가장 규모가 크며 A호, C호 및 D호 순이다(<표 3-1>참조).

<표 3-1> 진해~거제항로에 취항중인 여객선의 항로 및 제원

선사명	S회사	P회사	D회사	D회사
선박명	B호	A호	C호	D호
운행구간	진해(안골)- 거제(구영)	진해(안골)- 거제(간곡)	진해(속천)- 거제(실전)	진해(속천)- 거제(실전)
선종	차도선	차도선	차도선	차도선
여객정원(명)	250	245	212	190
길이(m)	42.22	56.66	37.67	37.67
폭(m)	16	10.4	9.6	9.6
깊이(m)	5.2	2.75	3.41	3.41
총톤수	821	311	313	313
항해속력(kts)	12	13	12.3	12.3
최대속력(kts)	15	18	14	14
차량적재대수	52대	55대		

3.1.2 운항횟수

3월부터 9월까지인 하절기 하루 7회(왕복 14회), 10월부터 2월까지인 동절기 하루 6회(왕복 12회)에 걸쳐 각 선사에서 운항중이며 운항 항로도 아래 그림과 같다.



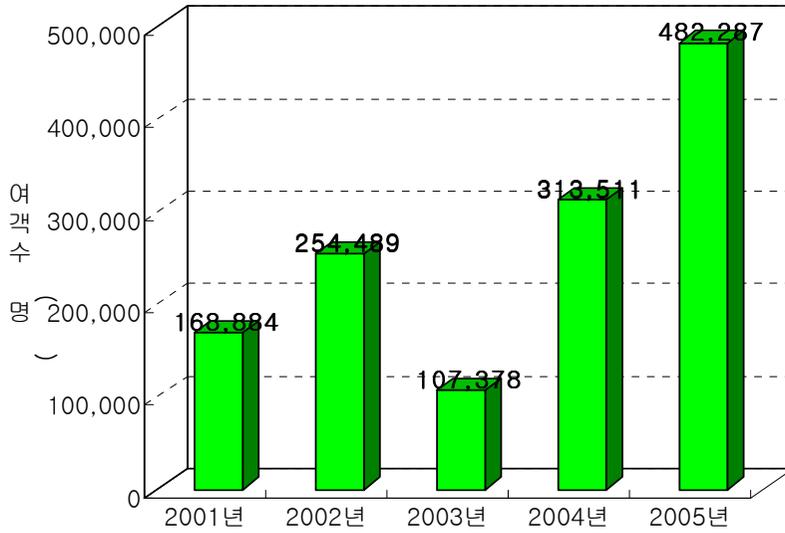
<그림 3-1> 여객선 운항 항로도

3.1.3 각 선사의 여객 수송 실적

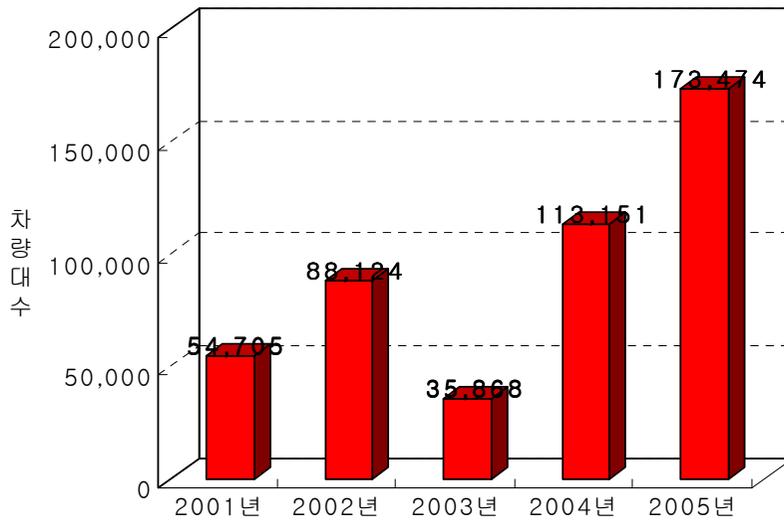
2001년도부터 2005년도까지의 P회사의 여객 및 차량 수송 실적은 <표 3-2>와 같다. 2001년도와 2002년도에는 총톤수 173톤(여객정원 180명)의 선박을 이용하여 여객 및 차량을 수송하였으며, 2004년도부터 311톤 선박인 A호를 운항하고 있으며 매년 여객 및 차량 수송이 증가하는 것을 알 수 있다(<그림 3-2, <그림 3-3> 참조).

<표 3-2> P회사의 여객 및 차량 수송 실적

년도	여객(명)	차량(대)	운항선박
2001년	168,884	54,705	170톤급 1척
2002년	254,489	88,124	170톤급 1척
2003년	107,378	35,868	150톤급 1척(6개월 운항)
2004년	313,511	113,151	150톤급 1척(6개월) 310톤급 1척(6개월)
2005년	482,287	173,474	310톤급 1척
계	1,326,549	465,322	



<그림 3-2> A호의 최근 5년간 여객 수송 실적



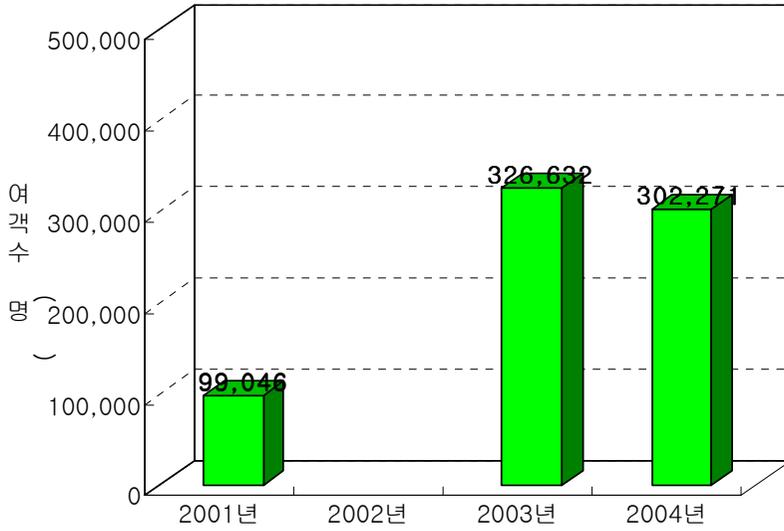
<그림 3-3> A호의 최근 5년간 차량 수송 실적

또한 동 항로에 취항중인 선사의 여객 수송 실적은 <표 3-3>과 같으며 D회사는 여객선은 2척을 운용하여 여객을 수송하고 있다. 동 항로의 타 선사에 비하여 B호가 취항중인 안골-간곡간의 항로상의 여객 수송실적이 급격히 증가하는 것을 알 수 있다(<그림 3-4>, <그림 3-5> 참조).

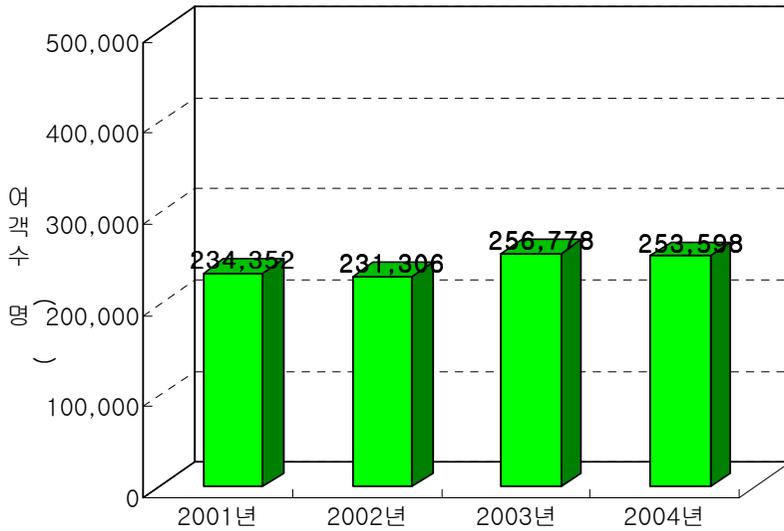
<표 3-3> 동 항로에 취항중인 선사의 여객수송실적

년도	D회사 (진해-실전*)	S회사 (안골-장목)	비 고
2001년	234,352	99,046	
2002년	231,306		
2003년	256,778	326,632	S회사 진해-구영으로 항로 변경
2004년	253,598	302,271	
계	976,034	727,949	

주) * : 2척의 선박 운영 중



<그림 3-4> B호의 최근 4년간 여객 수송 실적



<그림 3-5> C호와 D호의 최근 4년간 여객 수송 실적

3.2 대상해역의 교통 환경 분석

3.2.1 교통 환경 현황

P회사 소속의 A호에 승선하여 아래와 같이 현장 답사를 통하여 운항 현황 및 항로상의 위험물 존재 여부 등에 대한 조사를 실시하였다.

- 일시: 2006년 2월 10일(금)
- 장소: 진해(안골)-거제(간곡)간의 항로를 항행하는 P회사의 A호
- 현장답사 내용: 사용자의 의견 조사, 항행상의 교량 여부, 어장분포 현황, 항로표지 현황 및 위험물 존재 여부 파악
- 현장답사 시 수송승객 및 차량대수
 - 진해(안골)→거제(간곡) 15:30분 : 승객 48명, 차량 20대
 - 거제(간곡)→진해(안골) 16:30분 : 승객 100명, 차량 51대(만차로 인하여 램프에 걸쳐 운항(<그림 3-6> 참조))



<그림 3-6> A호의 적재차량 만차의 장면

(1) 사용자의 의견 조사

사용자인 선박 운항자(A호 선장 2명)의 의견 조사 내용 및 응답 결과는 아래와 같다.

<표 3-4> 선박 운항자의 면담 조사 내용 및 결과

구 분 조사내용		응답 결과	현재의 상황
운항 항로상 문제점 여부	수심	안골 선착장 부근에 간출암 존재로 인하여 입출항시 주의, 다른 통항로 상의 수심은 별 문제없음	현재 간출암 표시 부분을 부표로서 표시
	항로 표지	건설회사의 전화 등을 통한 개별 통보 및 신항 VTS센터의 적절한 통보로 별 문제 없음 (신항 개장과 더불어 부표의 정비가 잘 되어 있음)	항로고시에 의한 GPS 플로터에 표시 후 항해 중
	가항 폭	현재 웅천대교의 폭(약 30m)은 좁아 보이지만 A호의 선평이 10.4m로 일방통항에는 문제없음	교량하부 통과 시 준설공사용 부선 등과 같은 작업선과 조우할 우려가 있을 경우 VHF로 교신 후 일방통항
센터와 선박과 의 교신	신항 VTS센터와의 교신	매 항차에 센터부표'D' 통과하기 전후로 항무마산 및 항무신항과 교신	출입항시 2곳에 교신을 해야 함으로 다소 불편함, 개선요망
	위험한 조우로 인한 교신	특히, 준설 바지선과 교신하고 있으며 항무 신항으로부터 정보제공으로 인하여 항행에 도움을 받고 있음(Ch. 10 or 14)	

성수기 승선 가능 여부	여객	여객보다는 차량의 절대 적재 부족으로 인하여 민원발생	
	차량	예를 들어, 2006년도 설 연휴 4일 동안 모든 항차 적재대수 초과(설날 오전 제외)	현재도 오전시간 2항차, 저녁시간 2항차는 만차 상황. 조사당일 16:30시에 거제에서 출발하는 항차는 차량 51대로, 1대 과적상황.
투입선 관련 안전 여부	증선 예정 선박 과의 조우 지점	각각 진해 및 거제 교차출항으로 인하여 항로 중간지점인 넓은 해역에서 조우	
	안전 운항의 문제	현재의 빠듯한 출입항시간보다 적시에 출입항할 수 있어 정신적인 스트레스 감소로 인한 안전운항에 도움이 될 것으로 판단	현재 B호와도 항로 중간에서 조우

또한 겨울철에는 어망이 많이 존재하지 않지만 사근서와 조도 사이에는 어망이 많이 존재하여 항행시의 주의를 요하고 있는 해역이다. 또한 어망 및 등화 표시를 하지 않은 작업선의 피항과 관련하여, 어두워지면 항상 Search Light 2개를 이용하여 전방을 주시하며 항행하고 있다는 답변이었다.

(2) 항로상의 교통 환경 현황

(가) A호 진해 입·출항(접안) 및 출·입차 현황

1) 현황

A호는 부두 좌측 편에 존재하는 간출암(부표로 표시)을 피하여 입출항하고 있으며, 출차 시에는 본선 승무원들이 직접 차량의 이동을 지시하고 있었다.

2) 교통 환경 상 장애물 존재 여부 파악

입·출항 시에 위험물이 될 수 있는 장애물로서는 부두 좌측 편에 존재하는 간출암이 존재하고 있었으며 이를 피하여 입·출항하고 있었다. 단, 강한 바람의 경우는 선박의 다소 접근할 가능성이 상존하고 있을 것으로 판단된다.

(나) 항해장비

총톤수 500톤 이하의 소형선임에도 불구하고 전자해도(ENC)와 AIS Plotter를 설치하고 있으며 국제항해에 종사하는 여객선에서 강제로 규정하고 있는 기관실 및 램프 내의 차량 배열 및 후방을 볼 수 있는 CCTV를 설치하고 있어 항해장비는 양호한 것으로 판단되었다.

(다) 출·입항 직후 및 위치보고선 통과 후의 교신/공사현황에 대한 교신

출·입항 직후에는 관할청인 항무마산에 보고를 하고, 위치보고선을 통과할 때에는 항무신항과 항무마산에 통보하고 있으며, 항무마산 및 항무신항으로부터 적절한 항행정보를 수신하여 안전항해에 이용하고 있었다. 또한 주위의 각종 준설을 포함한 공사현황에 대하여 본선 선장의 휴대폰과 VHF를 통하여 적절한 정보를 제공 받고 있는 것으로 조사되었다.

(라) 교량 안전통항 여부 현황

웅천대교의 가항 폭은 40m로 현재 일방통항에 의한 운용으로 별 문제가 없는 것으로 판단된다.

우리나라의 항로설계지침에는 어선 또는 총톤수 500톤 미만의 선박을 대상으로 하는 항로는 이용실태에 따라 적절한 폭으로 한다는 규정이 있다.

현장답사 중 본선의 교량통과 전 소형작업선이 먼저 통과하여 본선의 우현 쪽으로 진행하는 상황이 발생하였지만 교량하부를 통항할 경우에는 일방통항으로 운용하고 있고, 이를 위하여 선박간의 상호 통신을 통하여 통과하고 있으며, 앞으로도 안전통항을 위하여 확실한 일방통항이 되도록 선박간의 상호통신이 긴밀히 유지되어야 할 것이다.

(마) 어장분포와 항로표지 현황

마산항로의 D 부표-E 부표-저도 사이에는 어장이 형성되어 어선이 상존하는 해역으로 조사되었고, 현장조사 시기인 겨울철에서 봄철로 가는 시기는 다소 어장형성의 어려움으로 어망이 적은 편이었다. 이 해역을 항행할 경우에는 안전항행에 주의를 할 필요가 있으며, 일몰시 운항 중에는 Search Light 등을 이용하여 운항할 필요가 있다.

항로표지 현황은 이용자의 의견조사를 통하여 신항 개발 관련하여 부표가 잘 정비되어 있다는 의견이었으며, A호가 항행하기에는 별 문제점이 발견되지 않았고, 또한 공사 때문에 항로표지의 이동이 잦은 편이나 설치 기수나 현황이 양호하고, 빈번한 유무선 통신을 이용하여 표지의 이동현황을 즉시 연락하고 있었다.

3.2.2 가항 통항 폭 분석

P회사 소속의 A호가 항행중인 통항로의 항로는 <그림 3-7>의 붉은 색과 같으며 가항 폭을 살펴보면 <표 3-5>와 같다.



<그림 3-7> A호의 항로도

<표 3-5> A호의 항로현황

통항구간	가항 폭	우리나라 항로 설계지침 기준	현재 항로의 만족 여부
안골~웅천대교 전	100m 추정	왕복통항	1L(56.7m) 이상
웅천대교	40m	일방통항의 경우 규정 없음	
웅천대교~신항 방파제	210m	왕복통항	1L(56.7m) 이상
신항 방파제~저도 부근	∞	왕복통항	1L(56.7m) 이상
저도 부근~간곡	700m	왕복통항	1L(56.7m) 이상

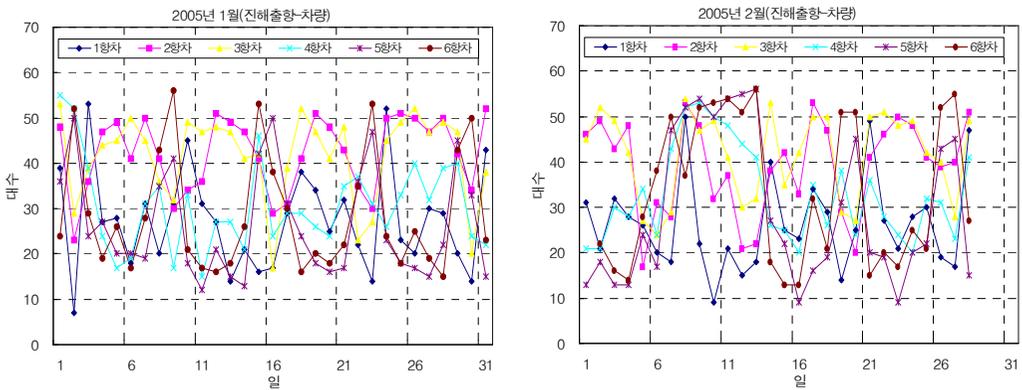
<표 3-5>의 현재 항로의 만족 여부는 어선 또는 총톤수 500톤 미만의 선박을 대상으로 하는 항로는 이용실태에 따라 적절한 폭으로 규정되어 있으며, 항로의 왕복통항 중 거리가 길지 않는 항로의 교통량이 적을 경우(어선 또는 총톤수 500톤 미만 선박 제외)는 왕복통항일 경우 1L을 만족하여야 한다고 규정되어 있다. 또한 안골-웅천대교 간 항로 폭은 해도 상에서 수심의 확인이 불가하며 육지간의 폭은 350m로 조사되었다.

3.3 2005년도 상세 수송실적

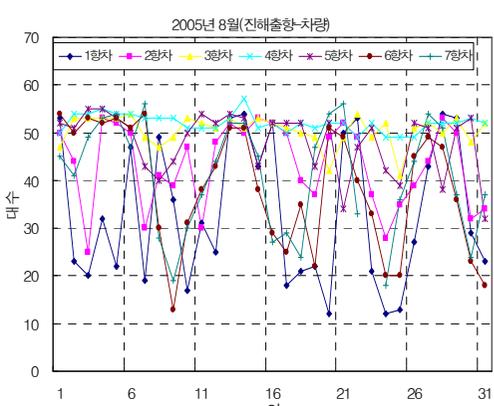
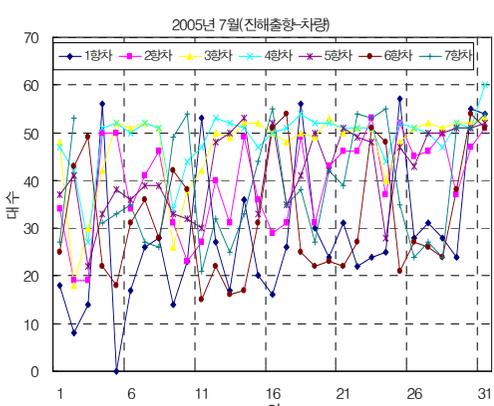
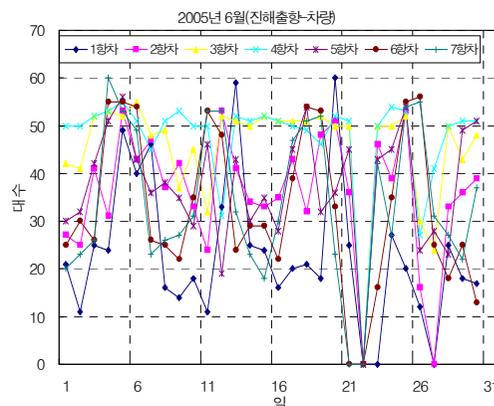
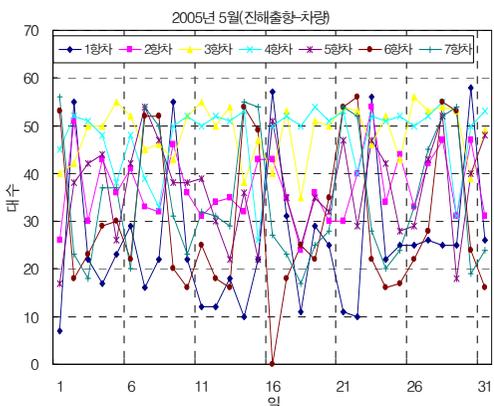
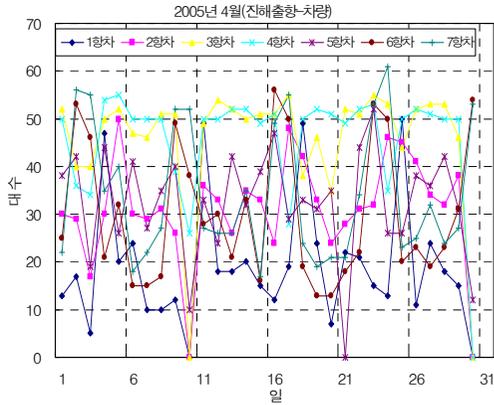
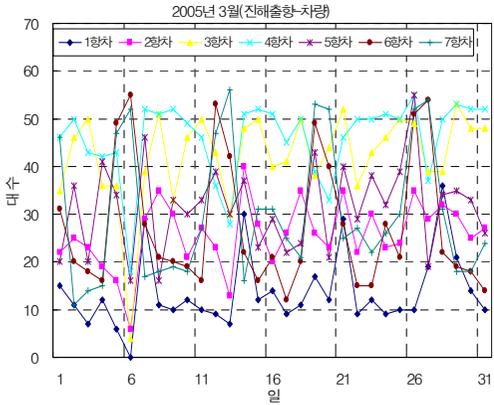
P회사의 A호가 가장 최근인 2005년도에 수송한 여객 및 차량대수를 조사 분석하여 수송 현황을 실증적으로 조사하였다.

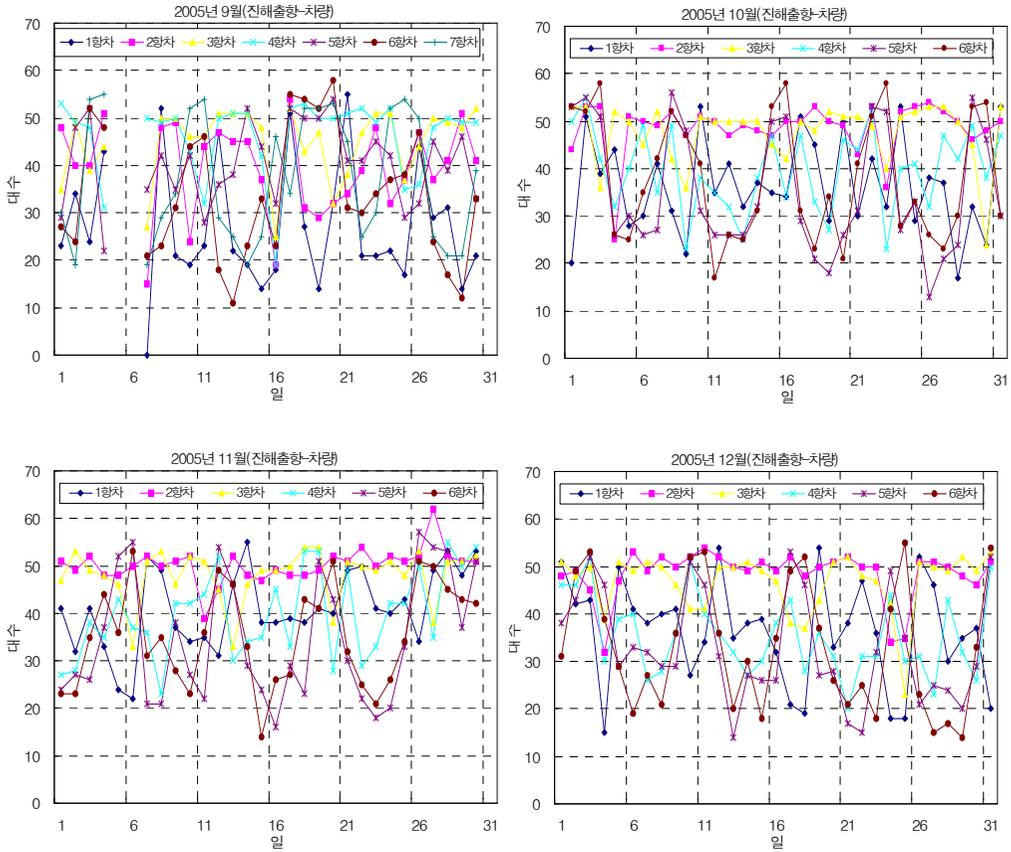
3.3.1 안골 출항 차량 실적

<그림 3-8>은 A호의 2005년도 1년간의 선박 수송 실적 중 안골을 출항한 차량실적을 1달 단위로 하여 그래프로 나타내었다. 이 그래프 중 안골을 출항하는 항차 중 ◆는 1항차, ■는 2항차, ▲는 3항차, ×는 4항차, ※는 5항차, ●는 6항차를 표시하고 있으며, 안골 출발 항차에는 주간 중(3-5항차)에 만차¹⁾가 많은 것을 알 수 있으며, 조사 결과 1년 중 평균 29%의 만차 운항이 있는 것으로 조사되었다.



1) 차량 크기에 따라 차량 적재대수가 상이하므로 본 연구에서는 50대 이상을 만차로 정의하였다.



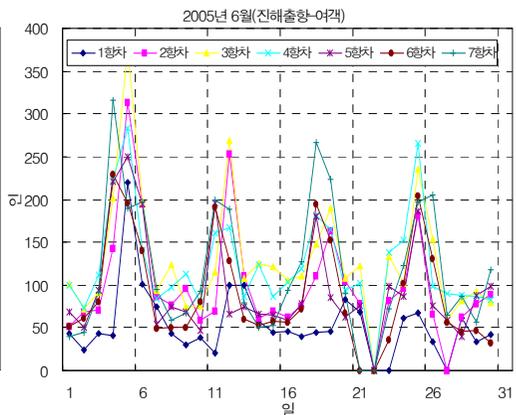
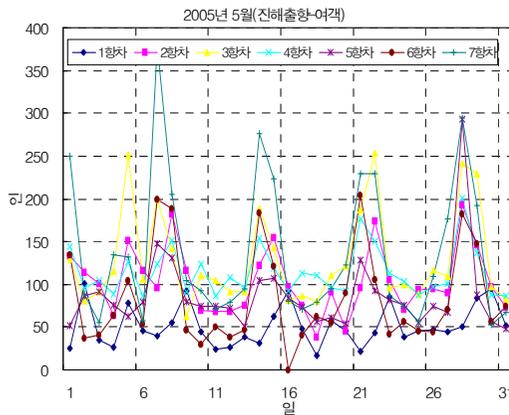
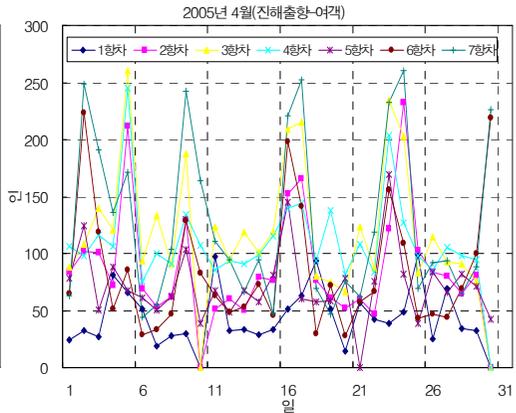
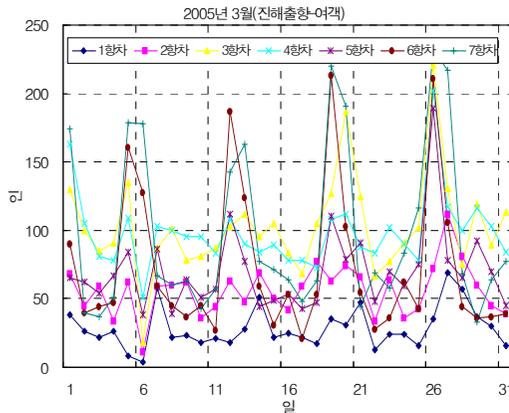
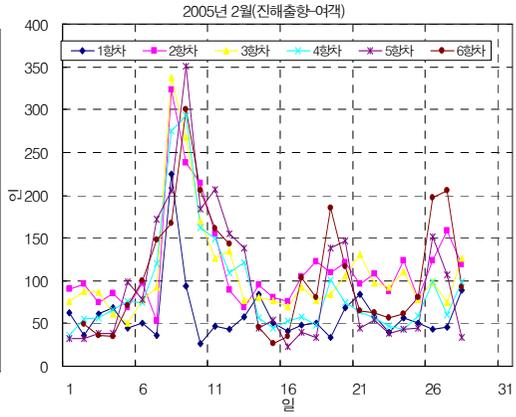
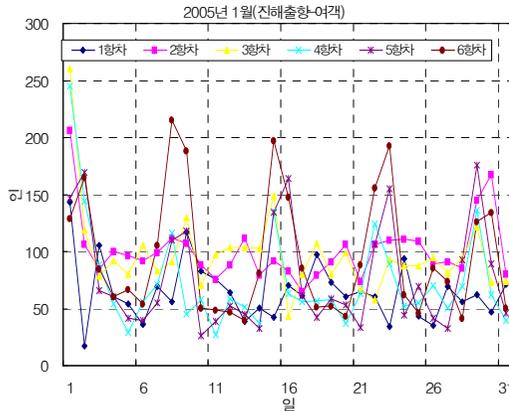


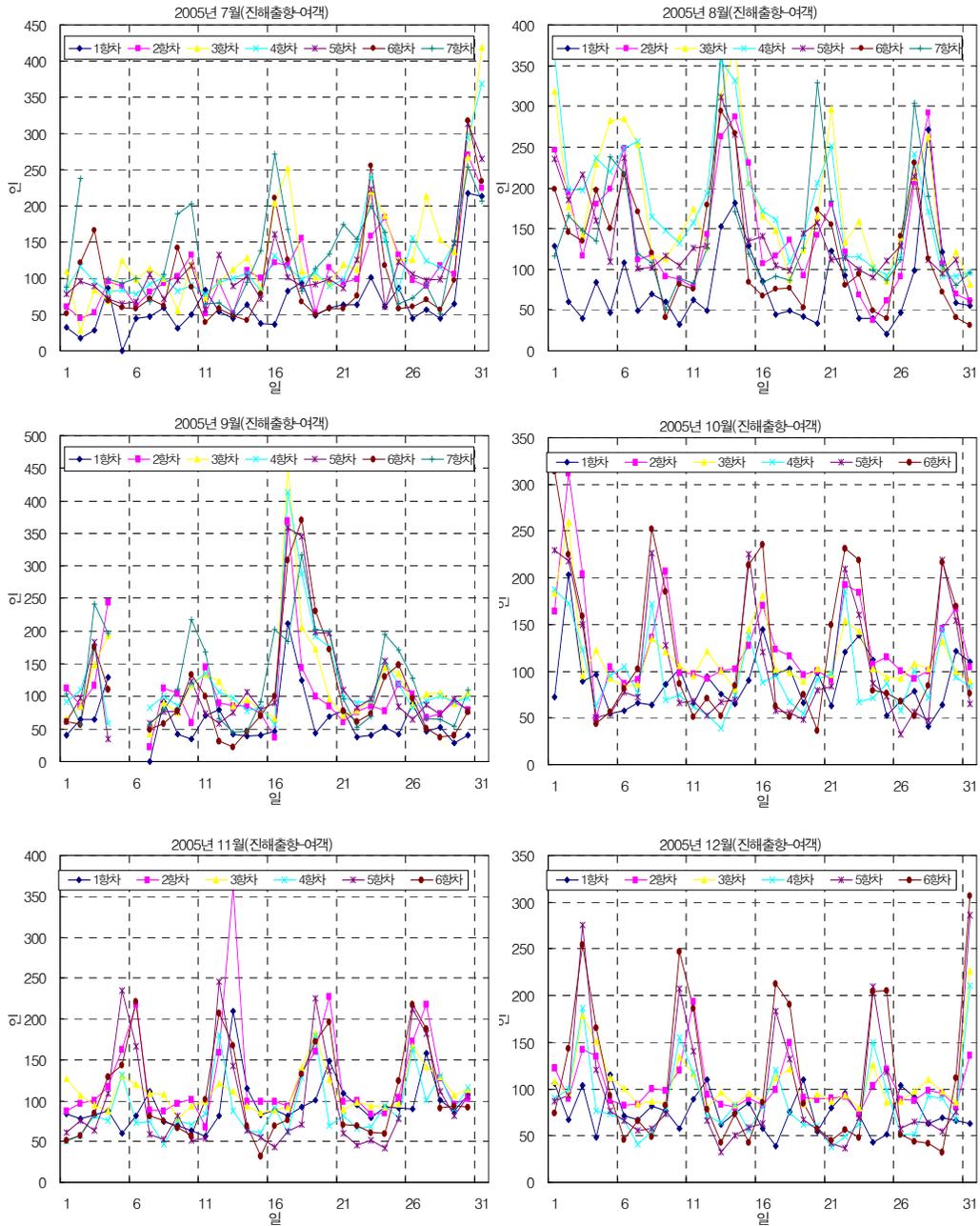
<그림 3-8> A호의 안골 출항 시 월별 여객 수송 현황

3.3.2 안골 출항 여객 실적

<그림 3-9>는 2005년도 선박 수송 실적 중 안골을 출항한 여객 실적을 1달 단위로 하여 그래프로 나타낸 것이다. 만선이 되는 경우는 설이나 추석 여름철에 많고, 만차 실적보다는 만인²⁾실적이 적은 편이다. 1년 중 평균 3%의 만인 운향이 있는 것으로 조사되었다.

2) 이 연구에서는 250명 이상을 만인으로 정의하였다.

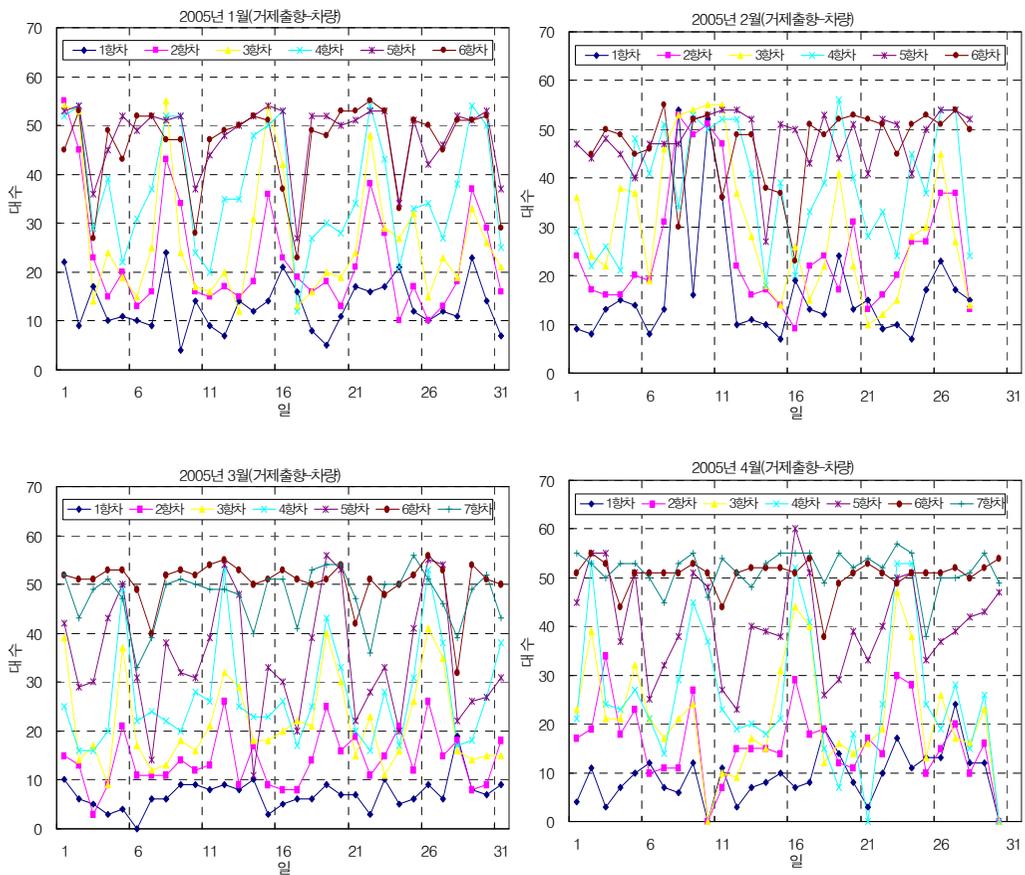


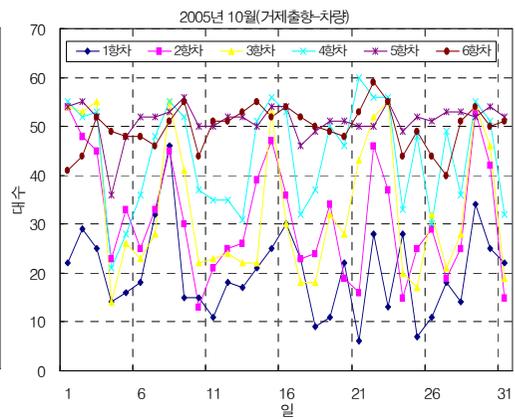
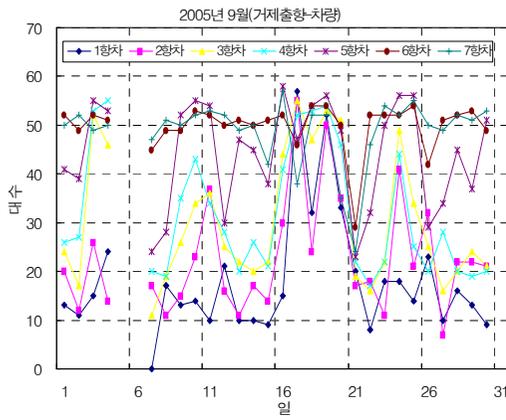
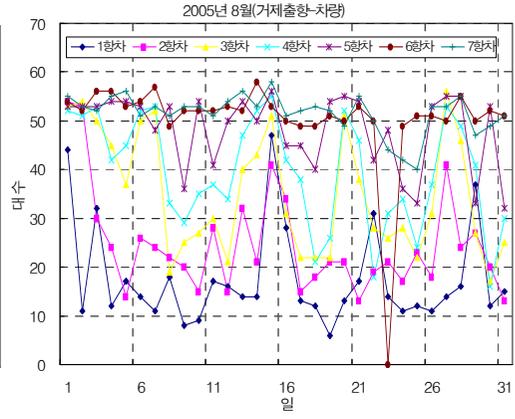
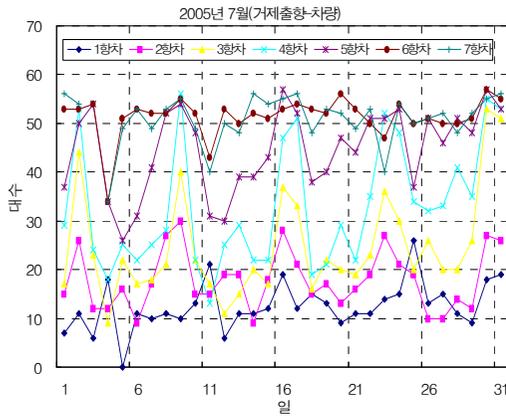
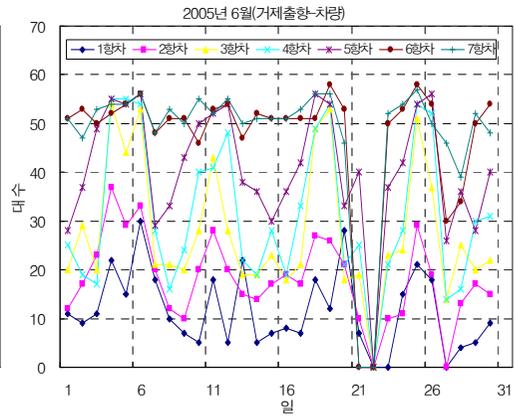
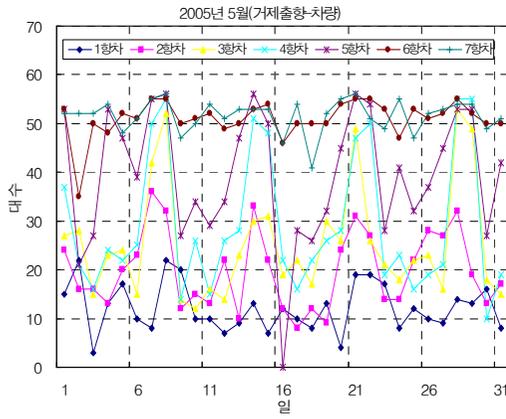


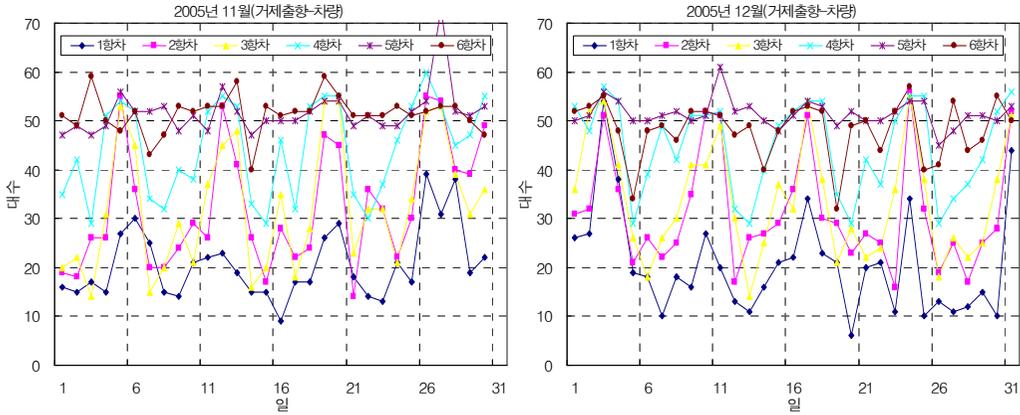
<그림 3-9> A호의 안골 출항 시 월별 여객 수송 현황

3.3.3 간곡 출항 차량 실적

<그림 3-10>은 2005년도 선박 수송 실적 중 간곡을 출항한 차량 실적을 1달 단위로 하여 그래프로 나타낸 것이다. 간곡을 출항하는 항차에는 오후 시간의 만차가 두드러지는 것을 알 수 있다. 1년 중 평균 32%의 만차 운항이 있는 것으로 조사되었다.



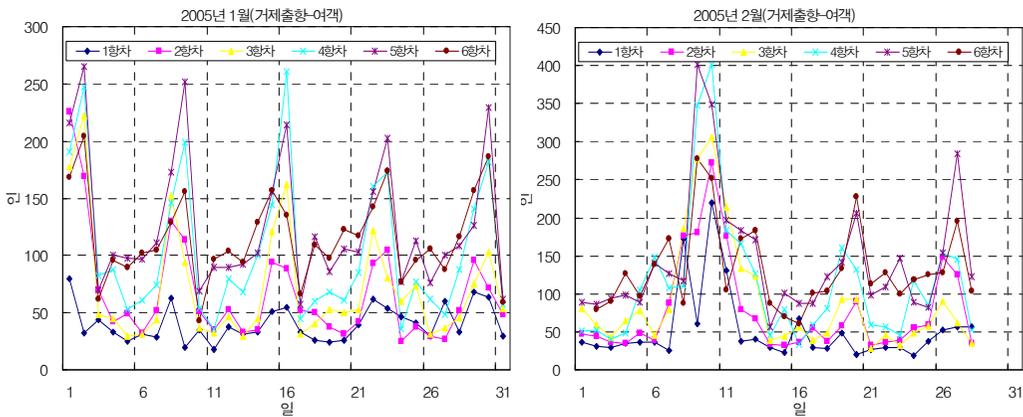


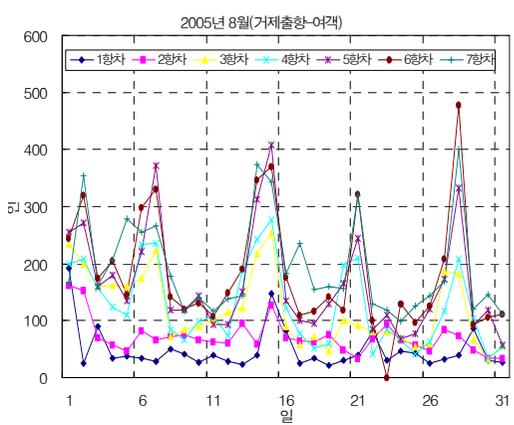
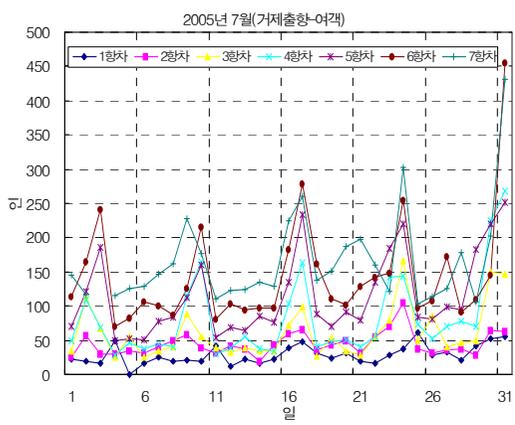
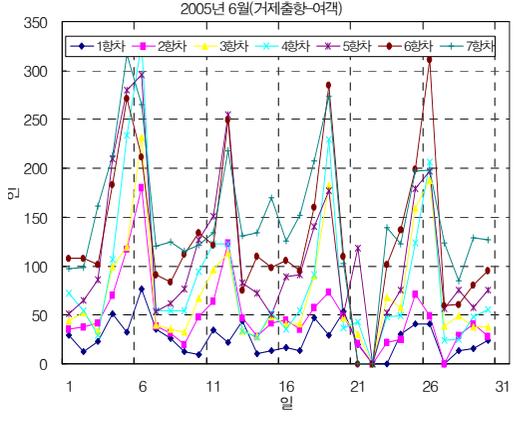
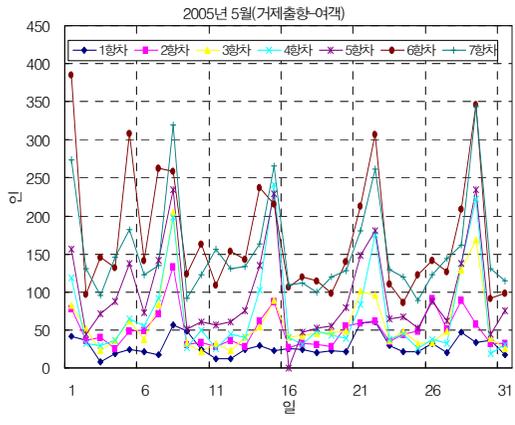
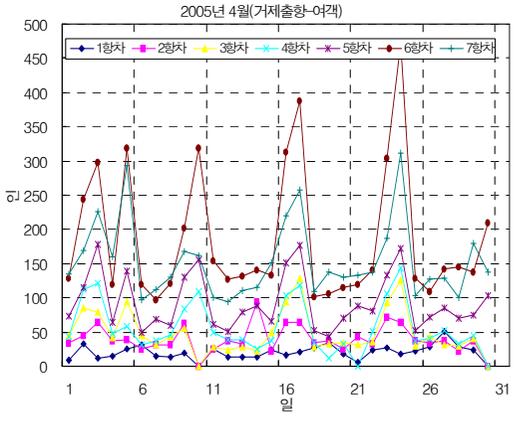
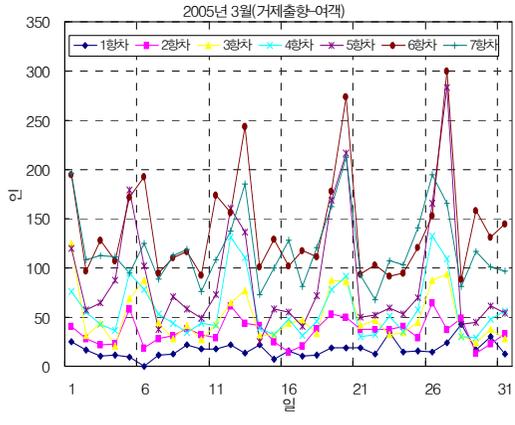


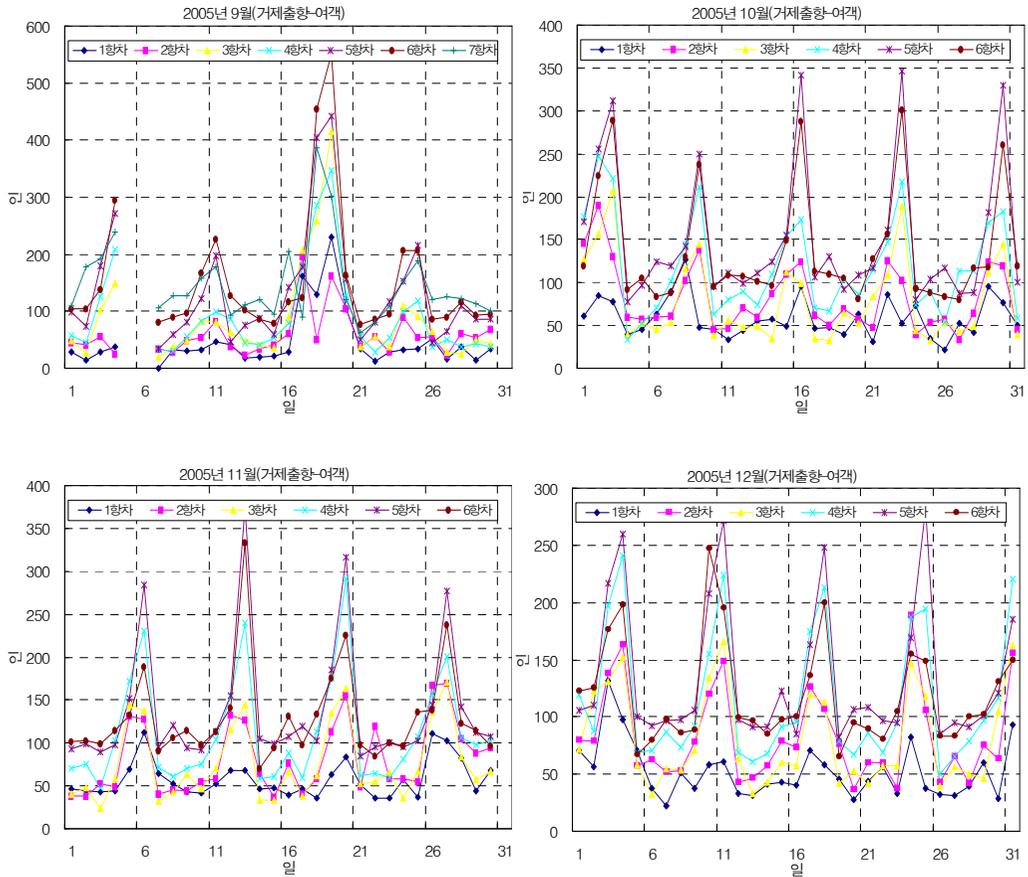
<그림 3-10> A호의 간곡 출항 시 월별 차량 수송 현황

3.3.4 간곡 출항 여객 실적

<그림 3-11>은 2005년도 선박 수송 실적 중 간곡을 출항한 여객 실적을 1달 단위로 하여 그래프로 나타낸 것이다. 역시 만인이 되는 경우는 설이나 추석 여름철에 많으나, 만차 실적보다는 만인 실적이 훨씬 적은 편이다. 1년 중 평균 4%의 만인 운항이 있는 것으로 조사되었다.







<그림 3-11> A호의 간곡 출항 시 월별 여객 수송 현황

3.3.5 2005년도 차량 및 여객 수송 실적

2005년도 차량 및 여객 수송 실적을 정리하면 <표 3-6>과 같다.

<표 3-6> A호의 월별 만인 및 만차 현황 실적

	만인 현황(여객)		만차 현황(차량)	
	안골출항	간곡출항	안골출항	간곡출항
1월	1% (1회/155항차)	2% (3회/155항차)	13% (20회/155항차)	32% (49회/155항차)
2월	3% (6회/172항차)	5% (9회/172항차)	18% (31회/172항차)	27% (46회/172항차)
3월	0% (0회/217항차)	1% (3회/217항차)	17% (36회/217항차)	23% (49회/217항차)
4월	1% (3회/202항차)	5% (11회/202항차)	28% (56회/202항차)	30% (61회/202항차)
5월	3% (6회/216항차)	5% (11회/216항차)	31% (67회/216항차)	31% (68회/216항차)
6월	5% (9회/198항차)	5% (9회/198항차)	34% (68회/198항차)	33% (65회/198항차)
7월	5% (11회/225항차)	4% (8회/225항차)	35% (78회/225항차)	32% (71회/225항차)
8월	8% (19회/229항차)	10% (23회/229항차)	47% (108회/229항차)	40% (92회/229항차)
9월	4% (8회/201항차)	5% (10회/200항차)	25% (51회/201항차)	33% (65회/200항차)
10월	2% (4회/186항차)	4% (8회/186항차)	35% (66회/186항차)	37% (68회/186항차)
11월	1% (1회/180항차)	3% (6회/181항차)	32% (58회/180항차)	36% (66회/181항차)
12월	1% (2회/186항차)	2% (3회/186항차)	27% (50회/186항차)	37% (68회/186항차)
평균	2.9%	4.3%	28.5%	32.4%

이와 같이 평균 약 30%의 만차 상태의 입출항이 많은 관계로 인하여 입출고 차량 정리에 다소 시간이 소요되어 정해진 시간에 입출항이 곤란한 경우가 발생할 것으로 예상되며, 이로 인하여 민원 제기의 소지가 높을 뿐만 아니라 여객들의 불편이 예상된다.

제 4 장 대상해역 교통조사 및 혼잡도 추정

이 장에서는 신항 부근을 통항하는 선박의 교통량 조사를 통하여 진해 안골과 거제도를 통항하는 여객선 및 주위 선박의 교통 흐름 및 주요 통항로에 대한 교통 특성을 고찰한다.

해상교통량 조사는 2회에 걸쳐 수행하여, 첫 번째는 신항 내 통항 선박의 실태를 이동식 레이더를 이용하여 관측하여 분석하며, 두 번째는 신항 VTS센터에 기록된 데이터를 재생하여, 신항만 주변 해역의 선박 통항 현황을 교통조사 전용시스템을 통하여 분석한다. 또한 이 분석된 자료를 기초로 하여 유사함수를 이용하여 교통 혼잡도를 추정하여, 신항 방파제 입구와 마산·진해·고현 항로 상에서 발생 가능한 혼잡도를 분석한다.

4.1 대상해역 교통조사 및 분석

4.1.1 해상 교통량 현장 조사 개요 및 목적

해상교통량 조사 및 분석은 일정 해역의 선박 교통상황을 조사하여 그 자료를 수집하고 분석하여 예측하는 과정이다. 일정 해역의 항로는 오랜 세월을 걸쳐 크기와 성능이 비슷한 선박이 통항하는 길로서 자연스럽게 항로가 형성되어 있다.

선박이 이용하는 항로와 해상교통량 조사 및 분석에서 해상교통시스템의 설계와 평가, 사고예방 시스템의 설계와 평가를 위한 기초 자료를 얻을 수 있으며, 추가 건설되거나 신규 건설될 부두가 선박 통항에 어떠한 영향을 미칠 가능성이 있는지 예측할 수 있다. 따라서 해상교통량 조사는 현행의 교통량에 대한 정량적 평가는 물론 통항 선박의 행동을 예측하고 장래의 교통량을 추정하는 중요한 기초 자료로 이용된다(박 외, 2005).

(1) 해상 교통량 조사의 의의

(가) 교통량 현황 파악

국내에서 교통량의 추이를 파악하는 자료로는 해운·항만·수산 분야의 주요 통계자료를 정리·수록한 「해양수산통계연보」가 있는데, 이 자료는 선박 입·출항 통계, 여객수송 통계, 화물수송 통계, 컨테이너수송통계, 선박 통계, 선원 통계, 항만시설 통계 등을 정리·수록한 통계자료이다. 교통량으로는 각 항구별로 국적외항선, 외국외항선 및 연안선박의 톤수와 척수 통계가 정리·수록되어 있다.

항로 부근의 예인선 및 각종 어선과 같은 소형선은 출·입구가 일정치 않기 때문에 이 통계로서 특정해역의 교통량을 추정하는 것은 어렵다. 어느 해역의 교통량은 시간별로 변동되고, 상당한 규칙성을 보이는 것이 일반적이다. 이러한 자료들은 항적의 분포현상을 파악할 수 있을 뿐만 아니라 항로의 설계에도 귀중한 자료가 된다. 그리고 시정이 제한되거나 강풍, 조류 등이 교통량에 미치는 영향도 조사할 수 있다.

(나) 선박의 동향

교통량과 항적 관측은 거시적 관측으로서 목시관측을 통해 원하는 자료를 얻으며, 개개의 선박동향을 관측하고 그것을 통계학적으로 해석하기 위해 레이더를 이용한 관측도 가능하다. 또한 선박과 선박 또는 선박과 장애물과의 상호작용은 피항 개시거리, 피항각, 최접근거리 또는 피항영역 등의 특성치로 표현할 수 있다. 이들은 확률변수로서 피항선박의 항적, 상대위치 등으로부터 특성치를 추출하고 통계처리에 의해 그 평균치와 분산을 구할 수 있다.

그리고 이런 특성치의 분포로부터 수로의 교통용량을 계산하고, 충돌의 위험도를 이론적으로 평가한다. 또한 설문조사에 의해 피항 실태를 파악한다. 선박행동의 최종적인 기록은 해양사고의 기록이고, 이 경우 교통관련 사고(충돌, 좌초 및 접촉 사고)가 이 분야에 관한 연구의 대상이다. 해양안전심판사례집은 사

고를 객관적으로 판단한 자료라는 점에서 가치가 높다. 이런 자료를 통계적으로 해석하여 교통사고 실태를 규명하는 연구가 계속되고 있다.

(다) 장래 예측

선박의 크기 및 성능이 급속하게 발달하지만 항로나 항만의 발전이 이에 대응하지 못하고 있다. 따라서 교통실태를 관측하여 선박 크기, 선종별로 구분하여 선박의 증감을 추정하고 장래의 해상 교통량을 예측하는 것이 필요하다. 교통 실태를 장기간 관측하거나 또는 정밀히 관찰하여 규칙성을 찾아내고 교통상황을 나타내는 적합한 모델을 만들어 장래를 예측한다면 정확도가 높아질 뿐만 아니라 설치 예정인 안전시설이나 해양사고 대책에 대한 사전평가가 가능하게 된다.

(2) 해상교통량 조사 방법

(가) 관측조사

관측조사는 예비조사, 예비 관측 및 본 관측의 과정으로 구성되며, 본 관측 전에 현지조사를 반드시 해야만 한다. 관측은 육상관측과 선상관측이 있다. 선박 행동을 조사대상으로 할 때 그 해당 선박에 승선하여 조사하는 것이 바람직하고, 교통실태 관측 기록항목을 다른 통계와 비교할 수 있도록 기본항목은 반드시 기록해야 한다.

1) 목시관측

관측조사는 쌍안경, 시계, 필기도구, 지도(해도) 등을 준비하고, 선박명세서, 선명록을 준비하면 선명을 확인하여 정확한 선박명세를 파악할 수 있다. 관측 정확도는 관측 위치, 거주 조건에 영향을 받고, 인적과실을 줄이기 위해 2인 1조로 당직에 임하며, 자료처리의 편리를 위해 부호(Code)화한다.

2) 사진관측(비디오 레코드)

2대 이상의 사진기로 동시 촬영한 3각 사진 측량으로 선박의 위치 및 크기를 파악하는 방법으로서 모션 카메라(Motion Camera)에 의한 연속기록은 선박행

동을 기록하는데 적합하며 PR용으로도 사용된다. 항공사진은 정도가 높은 정보를 제공하고 있지만 비용이 많이 드는 단점이 있다.

3) 레이더관측

교통실태조사 초기부터 레이더가 이용되고 있고 레이더의 여러 가지 단점(선종 확인 불가, 국적 확인 불가, 선박 크기의 애매성)은 목시관측으로 보완할 수 있다. 선박교통관리제도가 설치된 장소에서는 레이더에 정보자동처리시스템이 연결되어 있어 선박행동, 관찰 등의 자료가 집적되기 때문에 해상교통관측이 용이하게 행해진다. 레이더국 부근은 해면반사 등으로 선박영상이 숨기 때문에 목시관측소를 레이더국에서 떨어진 곳에 설치하고, 레이더의 방위 분해 능력의 부정확성을 주의하고, 레이더의 동작 상태를 사전에 확인한 후에 관측해야 한다.

(나) 설문조사

설문조사는 항만통계, 선박통계 등의 지정 통계와 같이 신고의무자가 보고하는 것, 어떤 목적을 위해 준비된 설문지에 기입하여 회답하는 것, 그리고 면접을 통하여 조사자가 기록하는 것이 있다. 설문조사 중 선박의 성능이나 종기점 (Origin Destination, OD)조사 등 객관적인 조사항목은 회수율과 신뢰성도 높지만, 선박행동에 관한 항목은 신뢰성이 낮다. 여기서 OD조사는 그 해역 내에서 평균일에 일어나는 모든 이동의 표본적인 단면을 조사하는 것으로 이 단면은 그 조사가 수행되는 시기에 그 시스템의 평균통항수요를 대표해야 한다. 이 수요와 해역특성 및 선박간의 상관관계를 파악함으로써 장래교통수요의 자료를 얻을 수 있다.

4.1.2 신항 부근의 해상 교통량 조사방법

선박의 행동, 항적, 속력 등을 분석하여 최적의 항로를 설계하거나 해상교통 시스템을 수립하거나, 선박 통항안정성에 영향을 줄 만한 환경에 대한 위험도를 평가 분석하기 위해서는 사전에 해상 교통량 조사를 실시하여 그 해역을 통항하는 선박의 교통특성을 파악할 필요가 있다.

신항 해상에 대한 동적 교통량 조사는 통항량이 가장 많은 오전 9시부터 오후 5시까지의 교통량을 조사하였고, 2005년 9월 29일 오전 9시부터 10월 5일 오후 5시까지 7일간 신항 건설현장 옥망산 전망대에서 목시관측과 레이더관측을 병행한 교통조사를 인용하여 분석하였다. <그림 4-1>은 현장조사에 이용된 장비의 설치 장면이다.

관측기간 동안 레이더 관측에 병행하여 목시관측을 실시하여 선박의 종류 및 크기를 관측하고자 하였으나 시정이 양호하지 못한 날과 야간에 식별이 어려운 경우에는 레이더상의 영상과 이동 속도 및 이동 방향 등을 기초로 선박의 크기와 종류를 추정하였다. 관측인원은 총 3명이 7일간 실시하였고 <표 4-1>과 같은 조사 기록지를 이용하여 목시관측에 의한 데이터를 기록하였다. 이러한 3일 이상의 교통조사에 대한 신뢰성은 교통량의 연변화를 볼 때 적어도 72시간 이상이 필요하기 때문이다(井上·原, 1973).



<그림 4-1> 조사장비 설치 장면

<표 4-1> 데이터 기록지

선박 번호	일시/ 시간	선종	크기 (총톤수)	경로대	비고 (근접거리)
001	8/19 12:02	1	1	1	
002					
...					
...					
선종 기입번호 1: 어선 2: 여객선 3: 화물선(잡화선) 4: 컨테이너선 5: 유조선(LNG, LPG 포함) 6. 관공선(군함, 해경, 어업지도선) 7: 기타(예인선, 작업선, 바지선 등)			선박크기 기입번호 1: 100톤 미만 2: 100~500톤 미만 3: 500~3,000톤 미만 4: 3,000~5,000톤 미만 5: 5,000~7,000톤 미만 6: 7,000~10,000톤 미만 7: 10,000~20,000톤 미만 8: 20,000톤 이상		

목시관측으로는 선종, 선박의 크기, 진행방향을, 레이더관측으로는 일정시간 간격으로 선박의 항적을 기점하고 새롭게 방파제 진입 여부를 확인하였다. 이렇게 기록된 자료들을 각 항목별로 분류하고 통계적으로 분석하여 교통특성을 얻을 수 있었다.

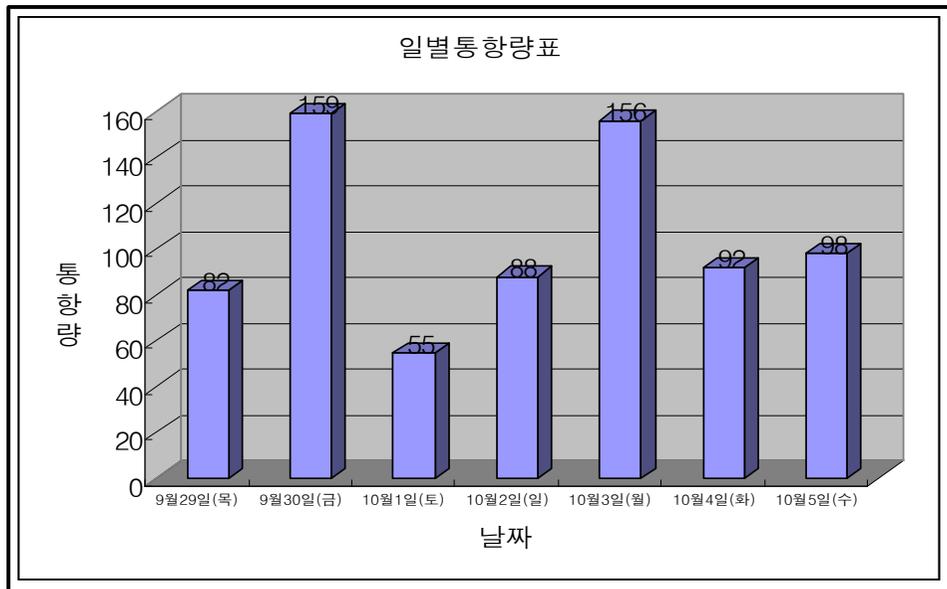
통항 선박의 교통량 분석 및 항적 기록을 위해 사용된 장비는 스캐너, 지지대, 컨버터, 모니터, 전선 및 발전기로 구성되어 있는 휴대용 레이더(FURUNO 1832)에 새롭게 개발한 해상 교통조사 전용소프트웨어를 연결하여 실시하였다. 특히 이번 조사에서는 동 전용 소프트웨어를 이용하여 보다 과학적이고 정밀한 항적을 기록하게 되었다. 해상 교통조사 전용 소프트웨어는 과거 레이더 모니터 상에 선박의 항적을 수동으로 플로팅하던 방법을 대폭 개선하고자 구축한 시스템으로 레이더 모니터 상에 나타난 모든 선박을 자동으로 ENC 기반의 컴퓨터 화면에 디스플레이하고, 선박에 대한 항적을 자동으로 컴퓨터 내부에 기록하면서 데이터베이스로 저장하는 시스템이다.

4.1.3 신항내 통항 선박의 제1차 교통량 조사 및 분석 결과

신항 통항 선박의 교통조사는 신항 내의 전망대에서 관측 장비를 이용하여 실측하였고, 선종별로 통항 선박의 현황을 분석하였다.

(1) 날짜별 통항량 분석

제1차 현장 실측은 총 7일간 선박이 잘 보이는 주간을 이용하여 통항 선박들에 대해 실시하였고, 일별 통항 선박의 통항척수를 정리하면 <그림 4-2>와 같다. 날짜별 통항량의 차이는 당일 어선의 출어 상황 및 각종 작업선, 통선의 작업 일정에 따라 통항 횟수의 차이에 의해 발생하였다고 볼 수 있다.



<그림 4-2> 날짜별 통항량 비교

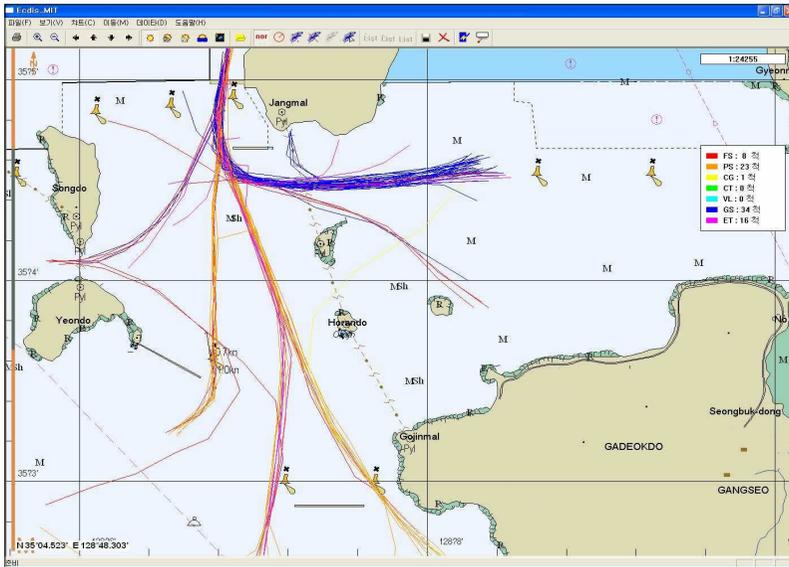
(2) 날짜별 통행 항적도

현장 실측 교통조사 기간 동안의 일별 통행 선박의 누적 항적도를 제시한다. <그림 4-4>에서 <그림 4-10>까지는 2005년 9월 29일(목요일)부터 10월 5일(수요일)까지의 기간 중 오전 9:00에서 오후 5:00까지의 일별 통행 선박의 누적 항적도를 나타낸 것이다. 누적 항적도는 선종별로 통행 항적을 쉽게 인식할 수 있도록 다양한 색상을 이용하여 항적을 표시하였다. <그림 4-3>은 선종별 약어와 표시선의 색깔을 나타낸 것이다.

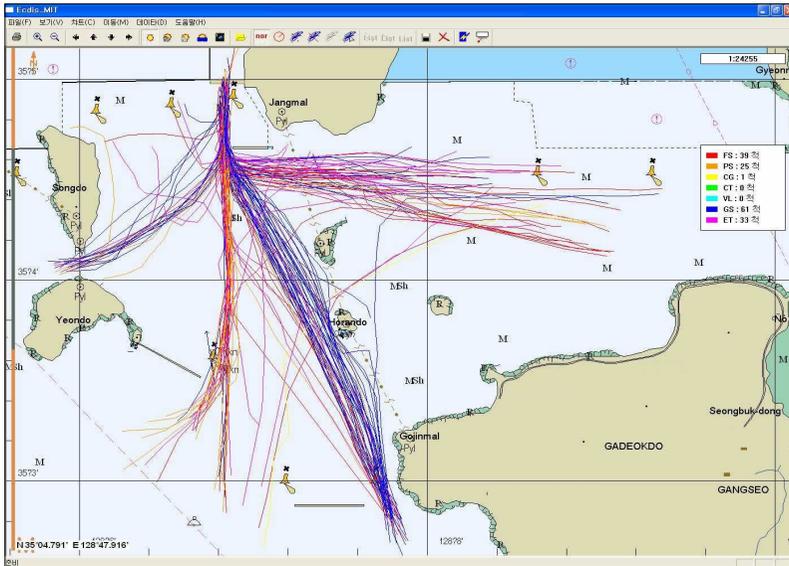
일별 통행 선박의 누적 항적은 일별 통행 척수가 상이할 뿐 거의 유사한 항적 분포를 나타내고 있었다. 선종별로 구분된 항적을 확인해 본 결과 선종별로 점유를 많이 하는 항로대가 존재함을 확인할 수 있었다.

FS	어선
PS	여객선
CG	대형작업선
CT	컨테이너선
VL	유조선(LNG,LPG포함)
GS	통선
ET	작업선/바지선

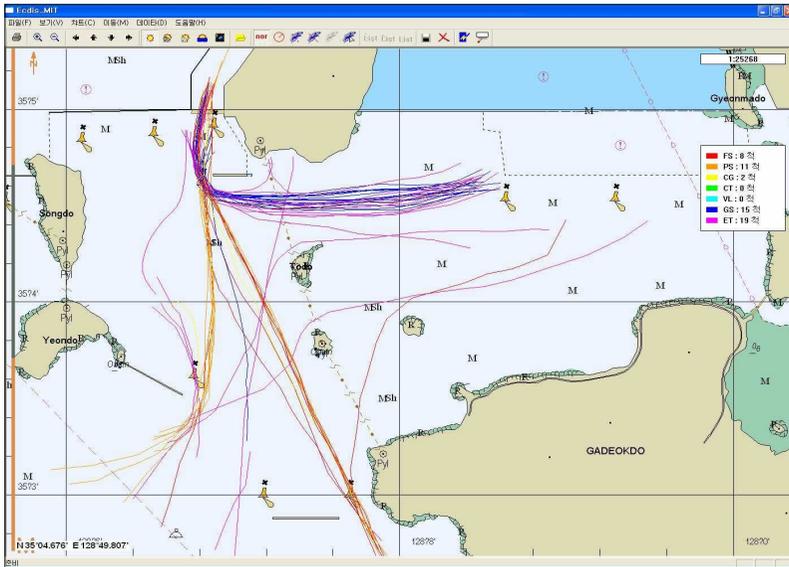
<그림 4-3> 선종별 약어 해설



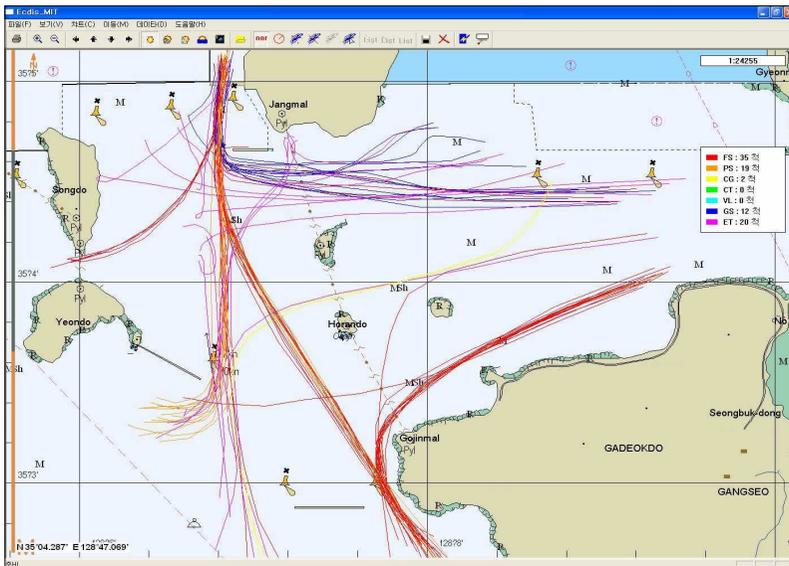
<그림 4-4> 날짜별 통항 항적도(9월 29일 목요일)



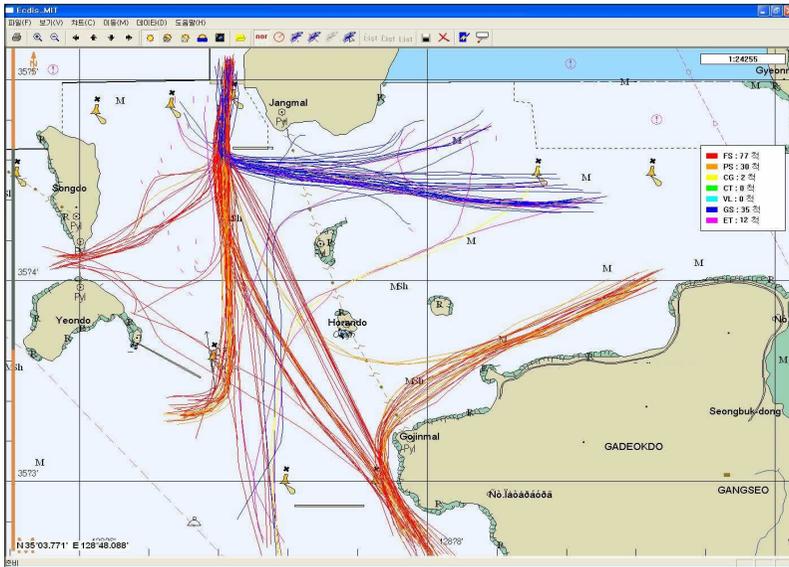
<그림 4-5> 날짜별 통항 항적도(9월 30일 금요일)



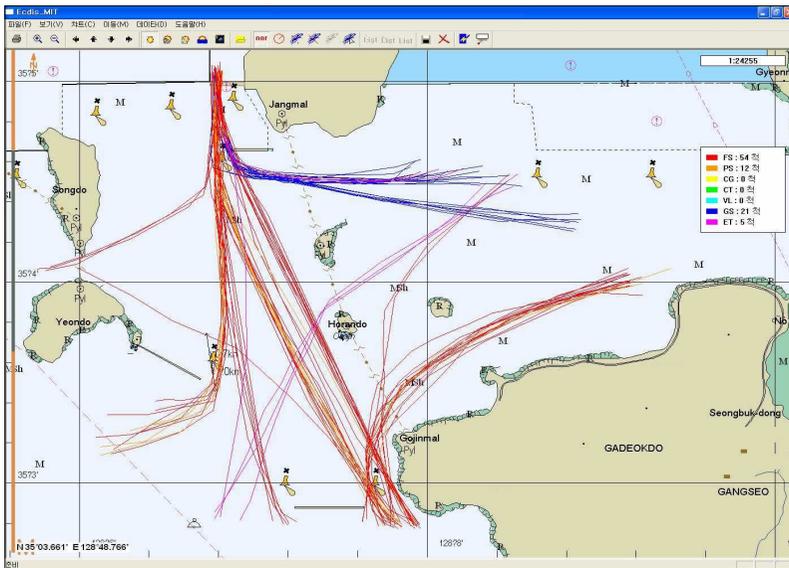
<그림 4-6> 날짜별 통항 항적도(10월 1일 토요일)



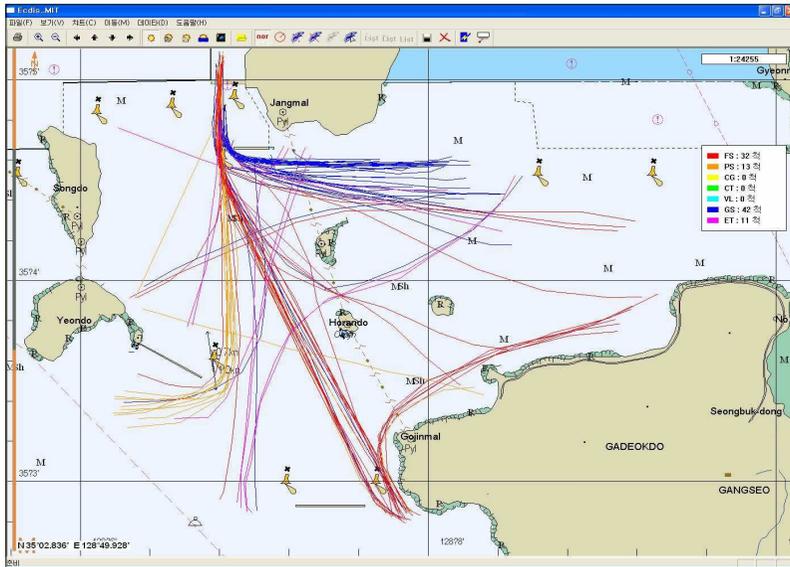
<그림 4-7> 날짜별 통항 항적도(10월 2일 일요일)



<그림 4-8> 날짜별 통항 항적도(10월 3일 월요일)



<그림 4-9> 날짜별 통항 항적도(10월 4일 화요일)



<그림 4-10> 날짜별 통항 항적도(10월 5일 수요일)

(3) 총 통항량 및 시간당 선박 통항수

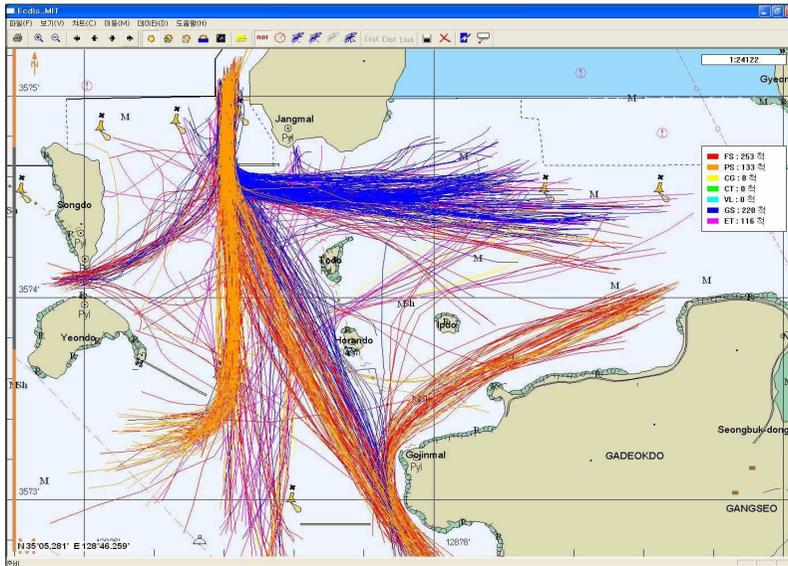
조사기간 동안의 총 선박 통항량과 일별 시간당 통항 척수는 <표 4-2>와 같으며 시간당 통항척수는 약 7척에서 약 20척까지 분포하고 있으며 토요일이 통항척수가 가장 적었으며 금요일과 월요일이 통항척수가 가장 많은 것으로 분석되었다.

<표 4-2> 총 통항량 및 시간당 통항 척수

날짜	조사시간(H)	통항 척수	시간당 통항 척수
9월 29일(목)	8	82	10.3
9월 30일(금)	8	159	19.9
10월 1일(토)	8	55	6.9
10월 2일(일)	8	88	11.0
10월 3일(월)	8	156	19.5
10월 4일(화)	8	92	11.5
10월 5일(수)	8	98	12.3
총 합계	56	730	13.0

(4) 전체 통항선박의 누적 항적도

<그림 4-11>은 조사기간 동안 통항한 전체 선박의 항적을 누적하여 나타낸 것이다. 선종별, 경로대별로 비슷한 항적이 나타나고 있음을 알 수 있다.



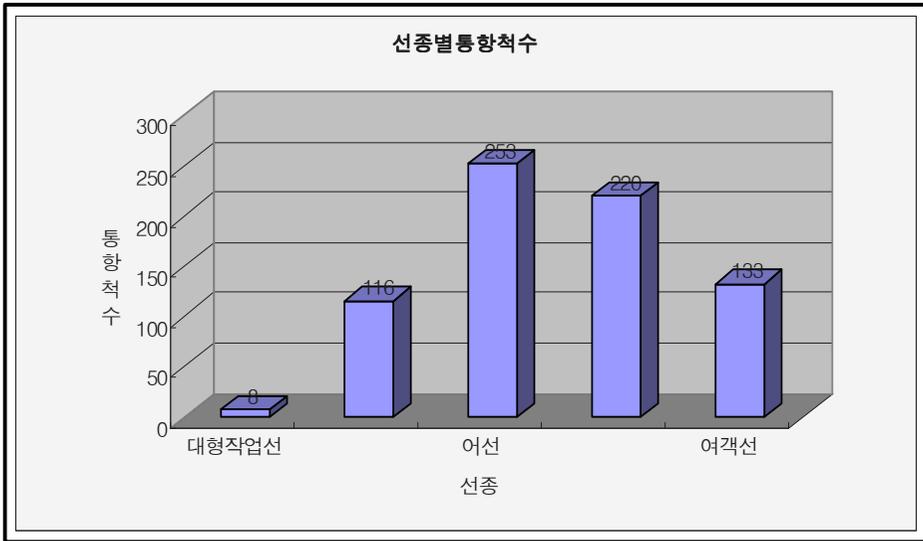
<그림 4-11> 전체 통항 선박의 누적 항적도

(5) 선종별 통항선박 분석

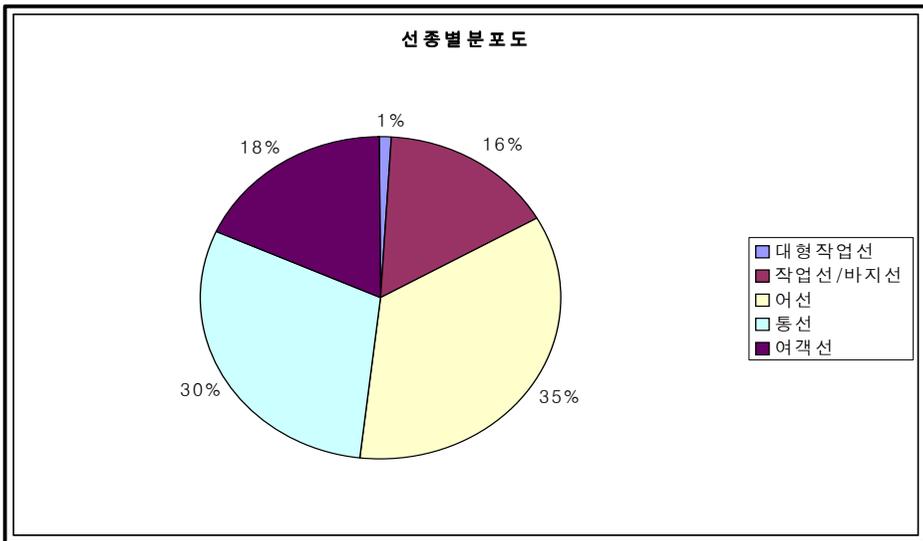
관측 기간 동안(9월 29일에서 10월 5일까지)의 통항 선박을 대형작업선, 작업선/바지선, 어선, 통선, 여객선 등 종류별로 구분하면, 대형작업선 8척, 작업선/바지선 116척, 어선 253척, 통선 220척, 여객선 133척으로 조사되었다. <표 4-3>에 통항 선박의 선종별 분포를 각각 제시하고 있고, <그림 4-12>와 <그림 4-13>은 통항 선종별 비교 및 선종별 분포도를 각각 나타낸 것이다.

<표 4-3> 통항 선박의 선종별 분포

날짜	대형 작업선	작업선/ 바지선	어선	통선	여객선	총합계
9월 29일(목)	1	16	8	34	23	82
9월 30일(금)	1	33	39	61	25	159
10월 1일(토)	2	19	8	15	11	55
10월 2일(일)	2	20	35	12	19	88
10월 3일(월)	2	12	77	35	30	156
10월 4일(화)	0	5	54	21	12	92
10월 5일(수)	0	11	32	42	13	98
총 합계	8	116	253	220	133	730



<그림 4-12> 선종별 통항척수

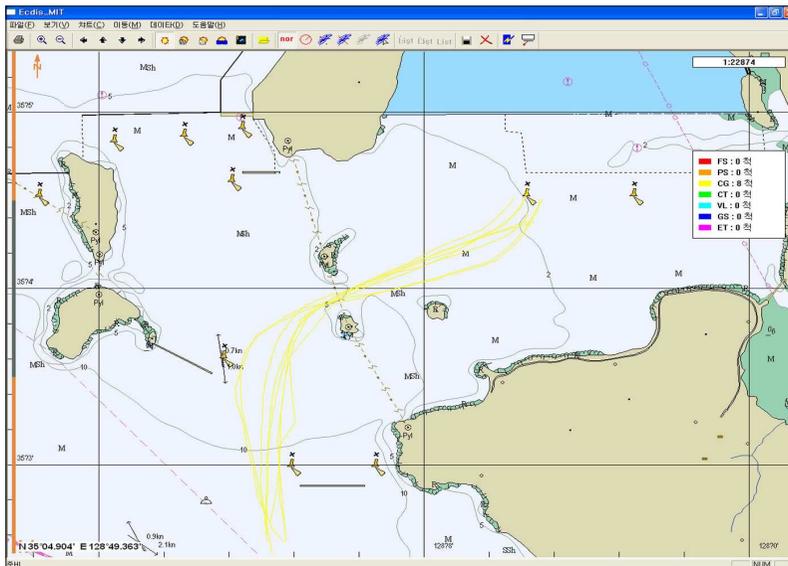


<그림 4-13> 선종별 분포도

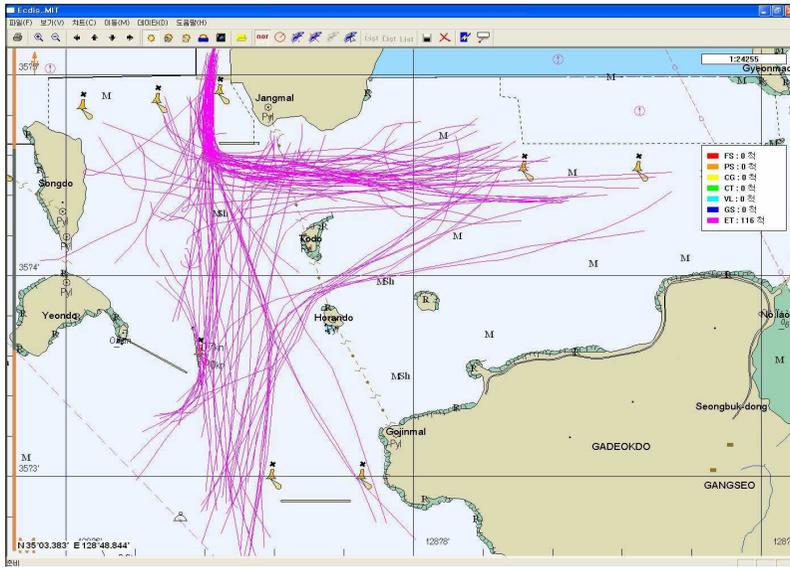
신항 항내를 통항하는 선박은 주로 어선과 같은 소형 선박이 35% 이상을 차지하였고, 북컨테이너부두 현장과 웅천대교 인근을 왕래하는 통선이 30%를 차지하였다. 계절별로 통항 입항 척수는 다소 상이할 것으로 생각되며, 신항의 남컨테이너부두의 건설이 시작되면 가덕도 방향에서 동방파제로 통항하는 어선의 통항량은 감소할 것으로 판단된다. 하지만 웅천대교 후방의 안골에서 출입하는 어선의 통항은 항로를 가로질러 동방파제 동측으로 향하기 때문에 이에 대한 통항 안전 대책이 요구된다. 선종별 분류 중 통선은 신항 공사 현장에서 사람을 운송하는 선박으로 분류하였고, 바지선은 자체 동력이 없는 선박으로 공사 장비나 원자재를 운송하는 선박을 지칭한 것이다.

(6) 선종별 통항 경로대

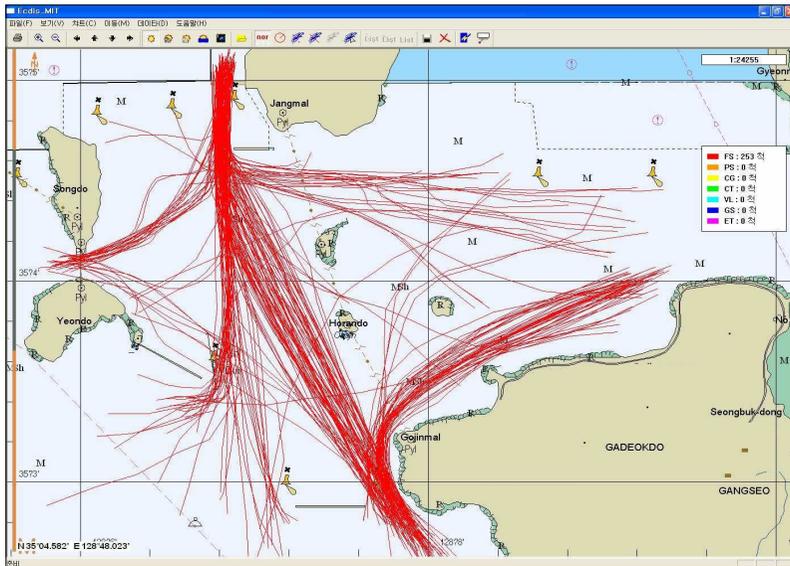
선종별 통항 경로대는 <그림 4-14>에서 <그림 4-18>과 같다.



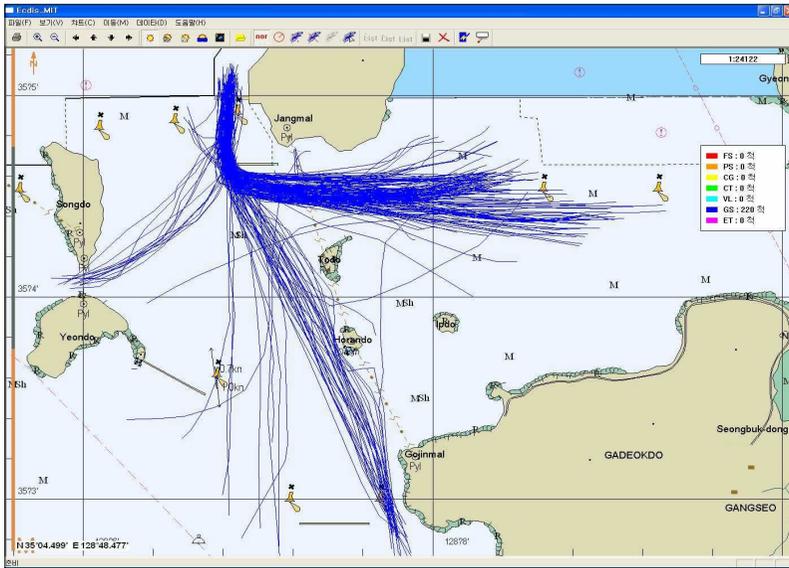
<그림 4-14> 대형작업선 통항 경로



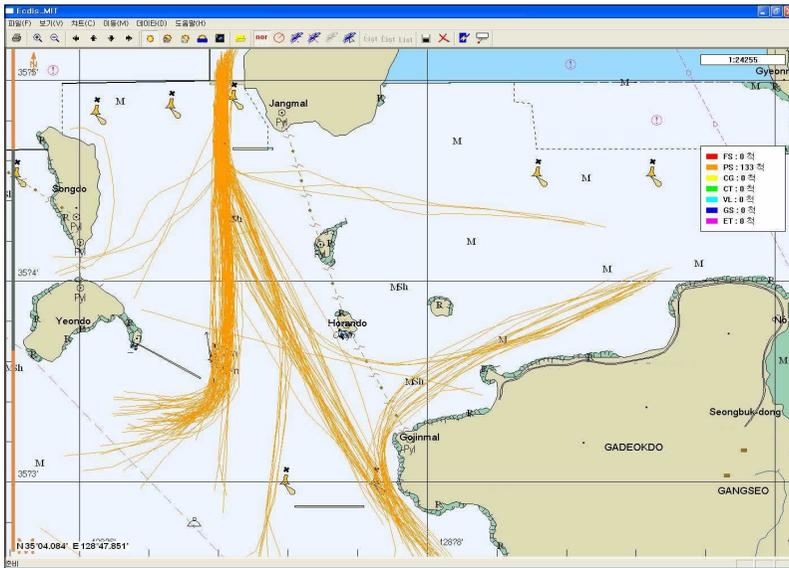
<그림 4-15> 작업선/바지선 통항 경로



<그림 4-16> 어선 통항 경로



<그림 4-17> 통선 통항 경로



<그림 4-18> 여객선 통항 경로

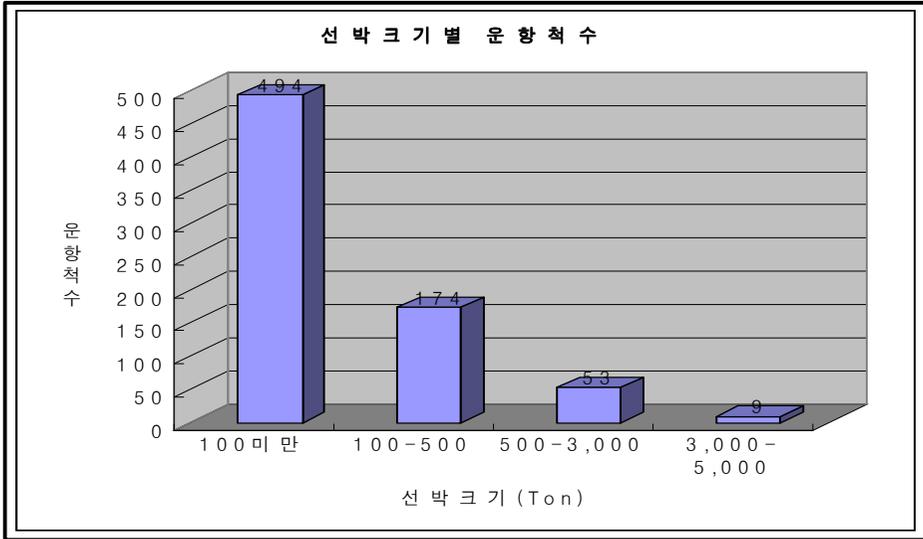
(7) 선박 톤수별 분포

관측 조사 및 입출항 선박에 대한 제원 조사를 통해 선박의 크기를 100톤 미만, 100~500톤, 500~3,000톤, 3,000~5,000톤의 4 종류로 구분하였다. <표 4-4>는 통항 선박의 톤수별 척수를 일별로 나타낸 것이며, <그림 4-19>와 <그림 4-20>은 통항 선박의 톤수별 비교와 분포도를 각각 나타낸다.

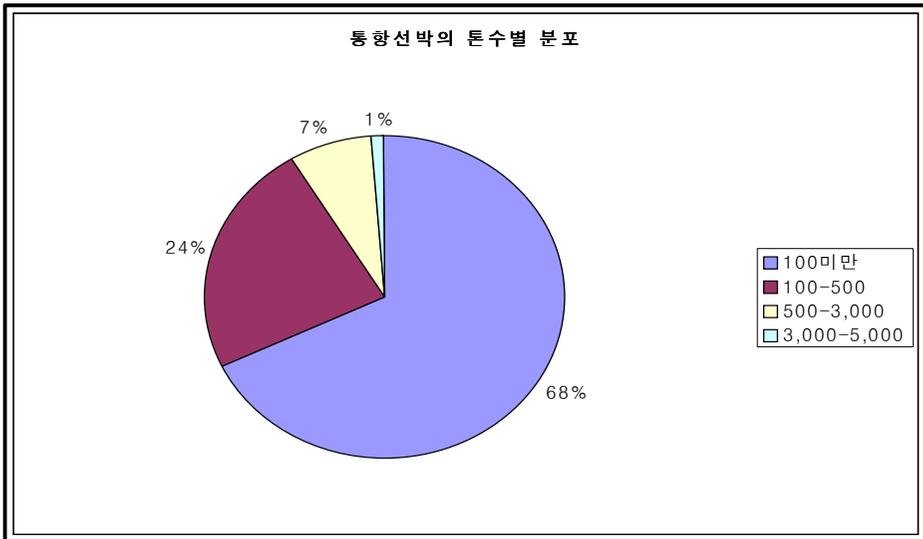
조사 기간 중 신항을 가장 빈번히 통항하는 선박 크기로는 100톤 미만의 소형 선박이 862척을 차지하였고, 다음으로 100~500톤, 500~3,000톤 순으로 나타났다. 선박 톤수별 분포도 <그림 4-20>에서 나타난 바와 같이, 관측기간 동안 통항 선박의 약 69%가 100톤 미만이었다. 또한 500톤 미만의 소형 선박이 전체 통항량의 92%정도를 차지하고 있어 현재 신항을 통항하는 선박이 주로 소형 선박임을 알 수 있다. 500톤 이상의 중형 선박의 통항량은 북컨테이너 부두 공사에 사용되는 준설선임을 확인할 수 있었다.

<표 4-4> 통항선박의 톤수별 분포

톤수 날짜(요일)	100미만	100~500	500~3,000	3,000~5,000	총 합계
9월 29일(목)	43	14	24	1	82
9월 30일(금)	90	68	0	1	159
10월 1일(토)	28	19	7	1	55
10월 2일(일)	52	27	7	2	88
10월 3일(월)	120	22	12	2	156
10월 4일(화)	82	10	0	0	92
10월 5일(수)	79	14	3	2	98
총 합계	494	174	53	9	730



<그림 4-19> 선박크기별 운항척수



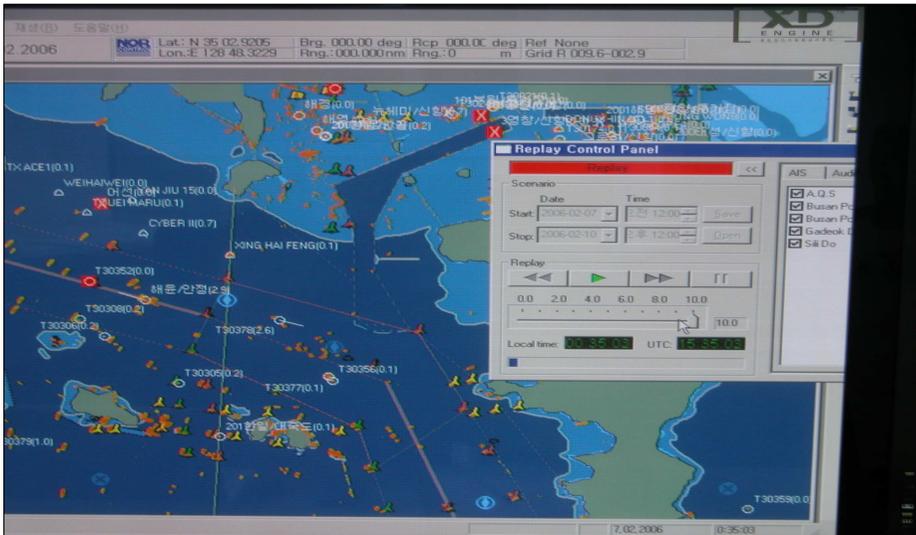
<그림 4-20> 통항선박의 톤수별 분포

4.1.4 신항 부근 해역의 제2차 교통량 조사

신항만 부근 해역의 제2차 교통량 조사는 제1차 조사에 부가하여 신항 VTS 센터의 DB에 기록된 선박 통항 정보를 이용하여 데이터 수집 및 분석을 수행하였다(<그림 4-21> 참조). VTS 센터에 저장된 선박 통항 정보를 REPLAY하여 정확한 선박의 통항 상황을 교통량 분석 시스템에 저장하였다. 이렇게 저장되어진 통항 정보를 활용하여 신항만 부근의 통항 실태를 선종별, 일별 교통량 등으로 분석하였다. 교통량 분석 대상 해역은 <그림 4-22>와 같이 가덕수도 및 신항만을 이용하는 선박들을 대상으로 실시하였다.



<그림 4-21> 신항 VTS 센터 데이터 수집 장면



<그림 4-22> 교통조사 대상 해역

(1) 날짜별 통항량 분석

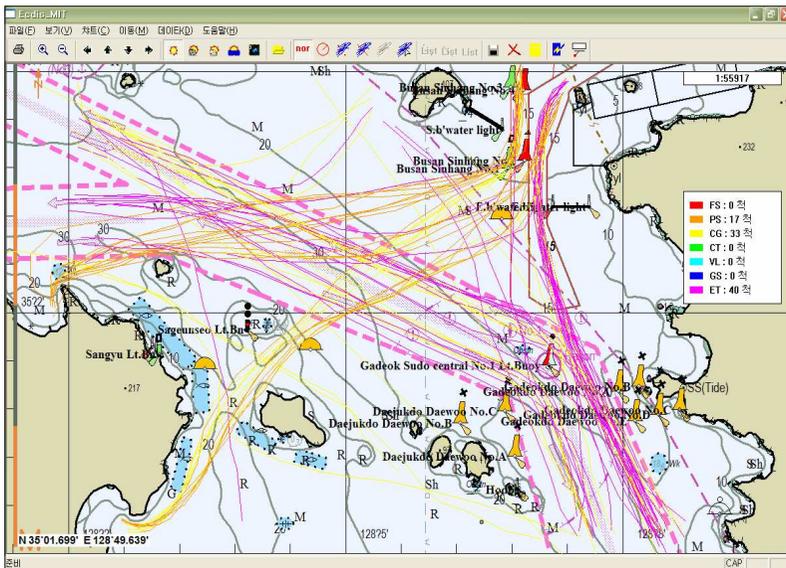
날짜별 통항량 분석은 2006년 2월 7일부터 9일까지 3일간(총 72시간)의 데이터를 활용하였다. 각 날짜별로 주요 통항 시간대는 여객선 운항 시간에 초점을 맞춰 새벽 5시부터 저녁 7시까지의 선박 통항 상태를 중점적으로 조사하였다. 교통조사 결과 날짜별 통항량은 다음 표와 같이 총 통항 척수는 244척 이었으며, 시간당 통항 척수는 평균 5.25척 이었다.

<표 4-5> 날짜별 통항량

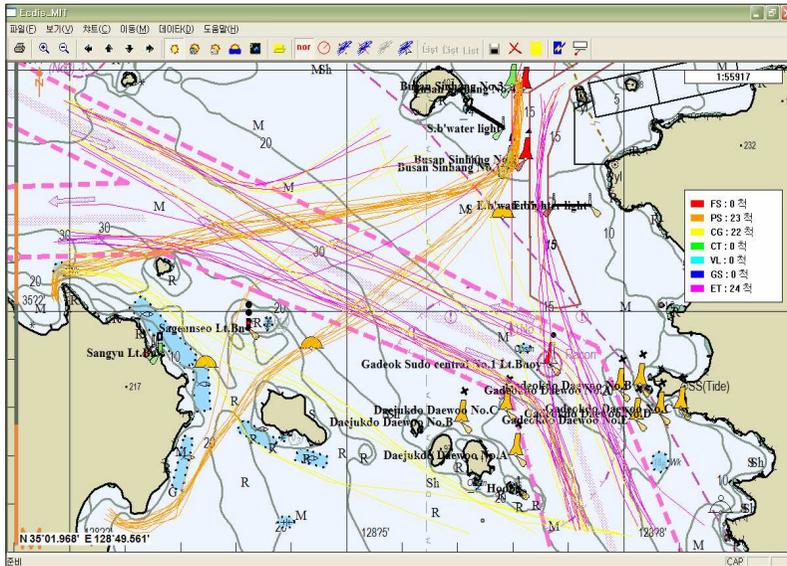
날짜	조사시간	통항선박수	시간당 통항척수
2006-02-7 (00:00 - 19:00)	19시간	90척	4.74척
2006-02-8 (05:00 - 19:00)	14시간	69척	4.93척
2006-02-9 (05:00 - 19:00)	14시간	85척	6.07척
총 합계	47시간	244척	5.25척

(2) 날짜별 통항 항적도

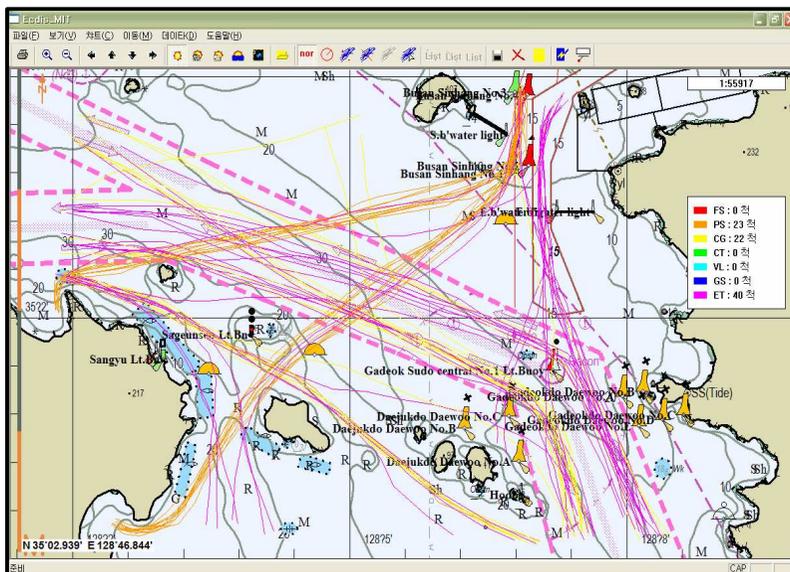
날짜별 통항 항적도는 <그림 4-23>과 같이 일별 통항 항적을 해도 위에 도시한 것으로 선종별로 다른 색으로 분류하여 표시하였다. 날짜별 항적도는 일별로 유사한 항적을 보이고 있는 것을 확인할 수 있었으며 선박 통항의 주요 흐름은 가덕수로를 이용하는 일반 선박과 가덕수로를 횡단하는 여객선들로 크게 구분할 수 있었다.



<그림 4-23> 2월 7일 항적도



<그림 4-24> 2월 8일 항적도

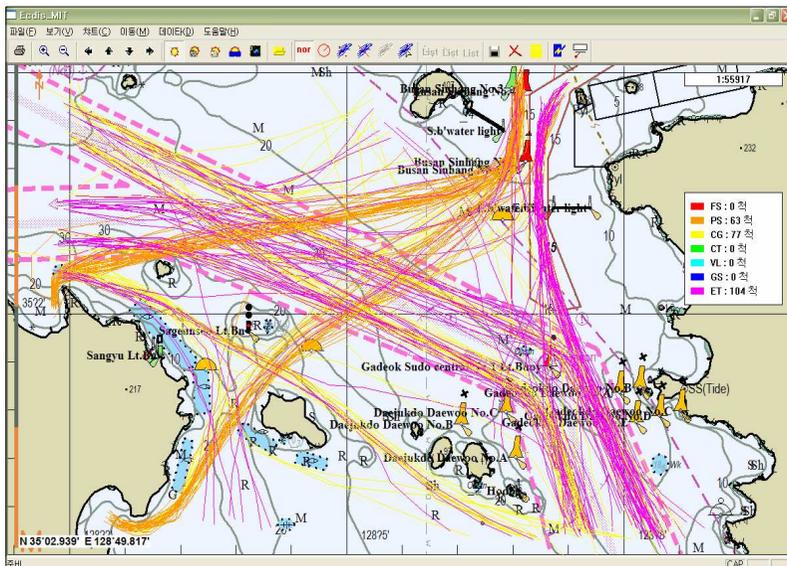


<그림 4-25> 2월9일 항적도

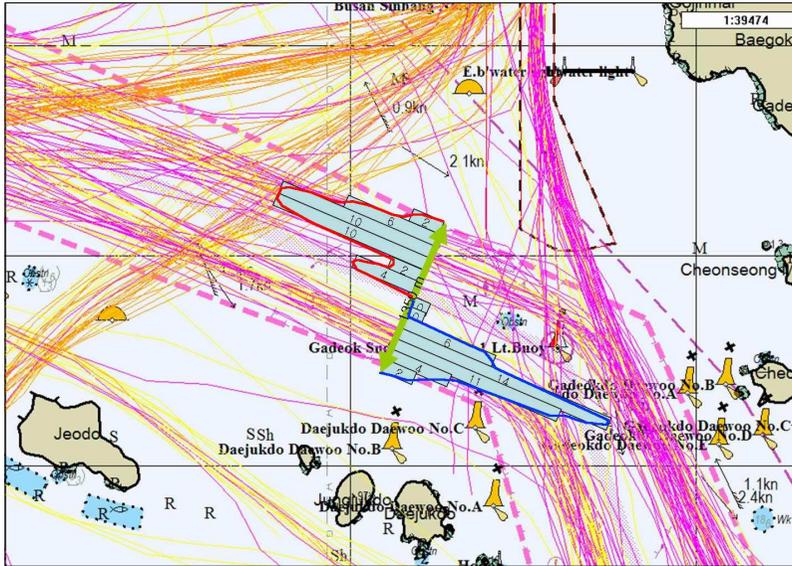
(3) 전체 통항 선박의 누적 항적도

전체 통항 선박의 누적 항적은 3일간의 항적 데이터를 모두 표시한 것으로 통항 선박들의 교통 흐름을 용이하게 파악할 수 있다. <그림 4-26>을 통해 확인할 수 있듯이, 전체 통항 항적을 보면 선종별로 점유하고 있는 항로대가 별로도 있음을 확인할 수 있다.

전체적인 교통 흐름을 분석하면, 우선 신항만을 이용하는 선박은 가덕수로를 통해 신항만 방파제 전후의 전용항로를 따라 입출항하고 있었다. 마산, 진해, 고현항을 이용하는 선박의 통항분포를 알아보기 위하여 <그림 4-27>과 같이 항로에 직각인 통항선을 설정하여 100m 단위로 나누어 선박의 통항형태를 살펴 보았고 그 결과 가덕수로, 신항만 전면의 접속수역을 따라 지정된 통항 분리항로를 준수하여 항행을 하고 있는 것을 알 수 있었다. 다음으로 신항만에서 거제 방향으로 횡단하는 선박의 교통 흐름을 현저히 찾아 볼 수 있다. 이러한 횡단 선박들은 주로 안골에서 거제 방향으로 운항하는 차도선 및 여객선들이었다.



<그림 4-26> 전체 통항 항적도



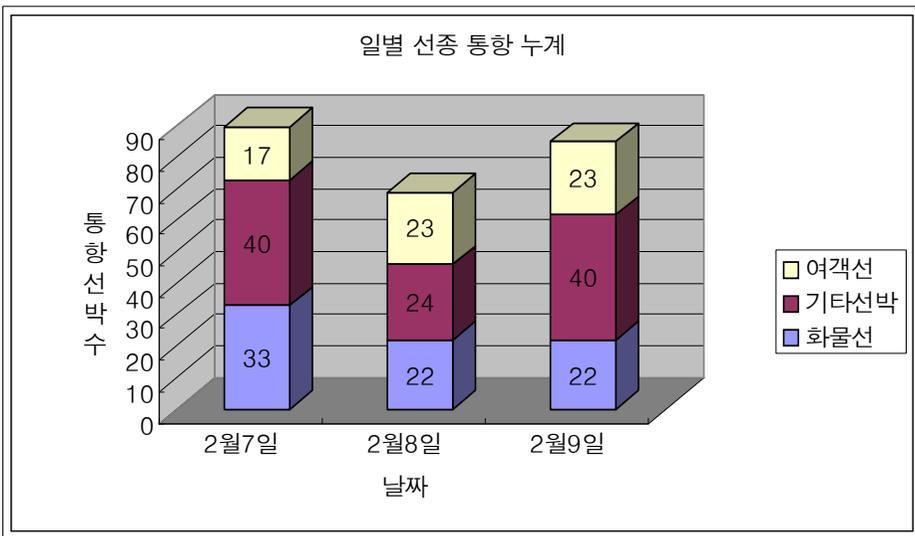
<그림 4-27> 마산·진해·고현항 이용 선박의 통항분포

(4) 선종별 통항 선박에 대한 분석

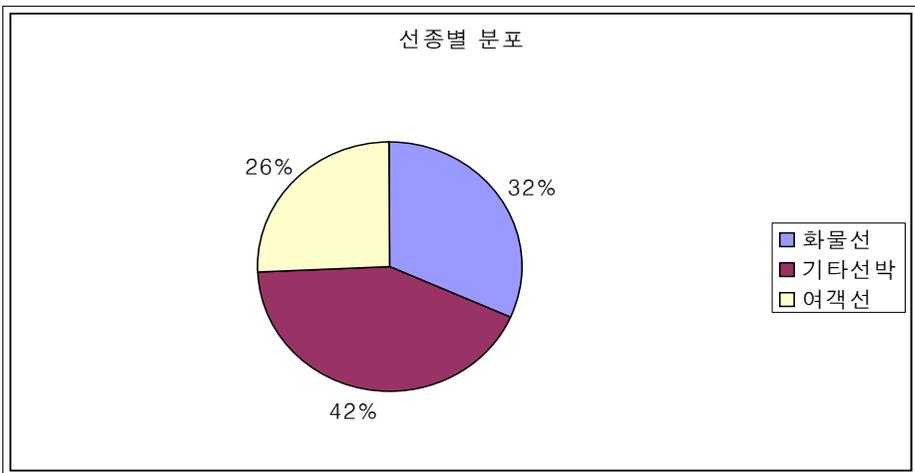
조사해역에 대한 선종별 이용 현황을 나타낸 것이 <표 4-6>이다. 전체 통항 선박을 화물선, 여객선, 기타 선박으로 분류하여 분석한 결과 전체 통항 선박 중에서 통항량이 가장 많은 것은 기타 선박이 42%를 차지하였고, 다음으로 화물선, 여객선 순으로 나타났다. 전체 통항량 중에서 여객선이 차지하는 분포는 26% 정도로 상당한 교통량을 나타내고 있었다.

<표 4-6> 선종별 통항 척수

날짜	화물선	여객선	기타선박	총 합계
2006-02-7 (00:00 - 19:00)	33	17	40	90
2006-02-8 (05:00 - 19:00)	22	23	24	69
2006-02-9 (05:00 - 19:00)	22	23	40	85
총 합계	77	63	104	244



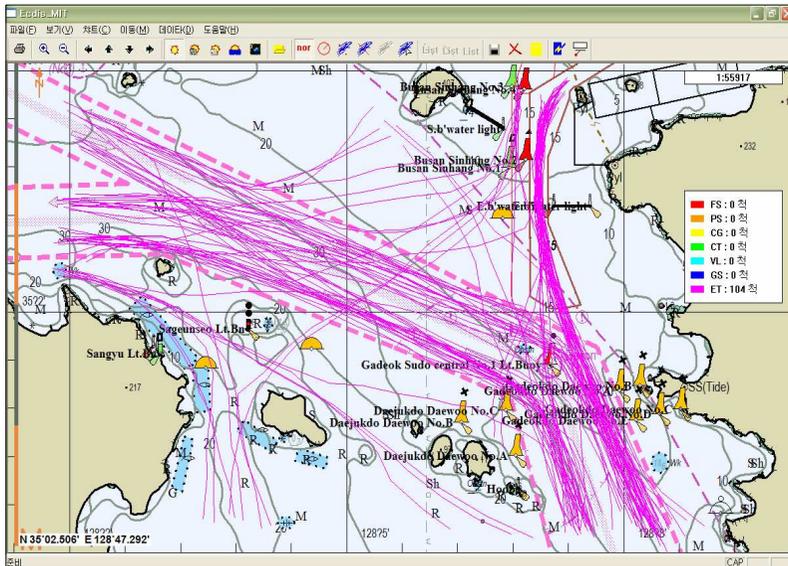
<그림 4-28> 날짜별 선종 통항 누계



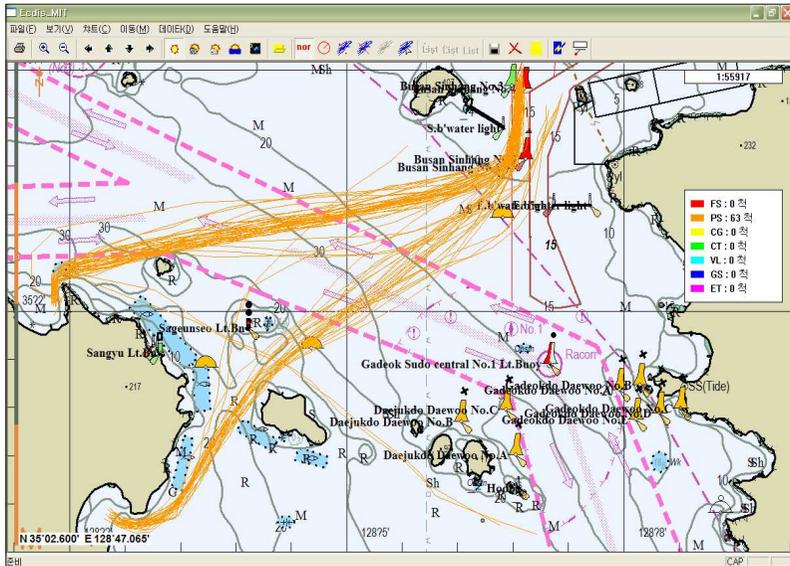
<그림 4-29> 선종별 분포

(5) 선종별 통항 항적도

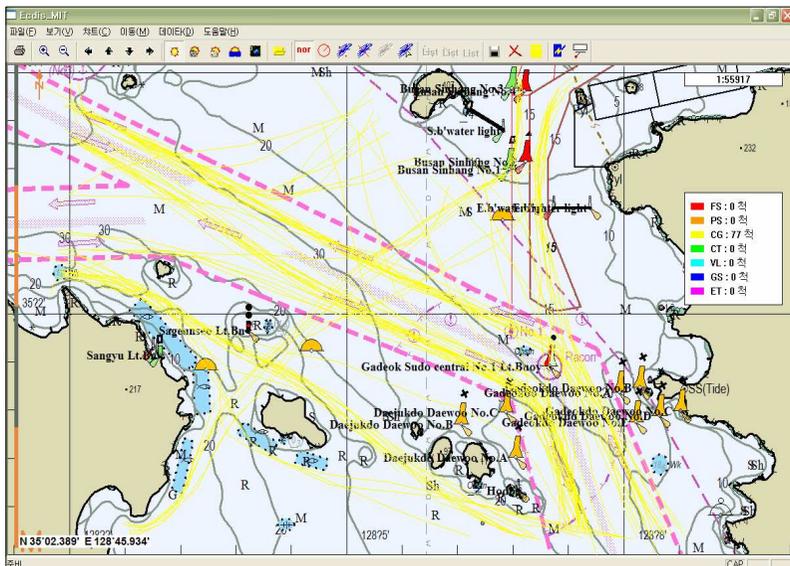
선종별로 점유하는 항로대를 파악하기 위해 선종별 통항 항적도를 도시하여 분석하였다. 선종별 통항 항적도를 통해 주요 선종별 점유 해역이 상이함을 쉽게 파악할 수 있어, 신항만 부근 해역의 통항 선박에 대한 선종별 교통 흐름을 분석하는데 중요한 자료로 활용이 가능하다.



<그림 4-30> 기타 선박의 통항 항적도



<그림 4-31> 여객선의 통항 항적도



<그림 4-32> 화물선의 통항 항적도

기타 선박의 경우 주로 중소형 작업선, 예부선, 관광선 등이 여기에 해당하며, 이러한 선박들은 주로 가덕수도를 따라 마산, 진해, 고현항으로 진행하거나

신항만으로 입출항하는 것으로 나타났다. 화물선의 전반적인 교통 흐름 또한 기타 선박과 유사하게 나타났으나, 기타 선박과 다소 다른 점은 입출항 선박의 통항 한계가 명확히 구분되어 있다는 점이다. 이러한 교통 특성은 가덕수로와 신항만 진입 항로상에 설정된 통항 분리 방식을 잘 준수하면서 통항하고 있음을 시사하고 있다.

여객선의 경우 안골과 거제도를 오가는 여객선이 대부분이므로 연도 아래의 서방과제 끝단에서 거제도 방향으로 마산·진해·고현항로를 횡단하여 통항하는 것을 알 수 있다. 여객선이 이용하는 횡단 항로는 망와도 서측 가달말로 통항하는 여객선과 저도와 대죽도를 통항하는 여객선으로 크게 분류할 수 있었다. 마산·진해·고현항로를 횡단하는 여객선의 경우 통항상의 별다른 지장 없이 목적지를 향해 최단거리를 선택하여 통항하고 있었다.

교통조사 기간 동안 마산·진해·고현항로를 따라 통항하는 선박과 횡단하는 여객선 사이에서 위험한 조우 관계는 거의 발생하지 않았다. 이는 신항만 VTS에서 적절한 통항 정보를 제공하고 있었으며, 여객선 횡단이 이루어지는 해역이 직선 항로이기 때문에 충분한 시야가 확보되어 마산·진해·고현 항로를 통항하는 선박과 횡단하는 여객선과의 위험한 조우 관계가 발생하지 않았던 것으로 판단된다.

4.2 대상해역의 혼잡도 추정

대상해역의 혼잡도 추정은 투입 예정인 여객선이 취항하게 될 주 항로 가항 구역에 대한 해상교통 혼잡도를 추정하는 것으로, 신항 방파제 입구와 마산·진해·고현 항로로 통항하는 항로상에서 발생 가능한 혼잡도를 분석한다. 정확한 혼잡도 평가를 위해서는 해당 항로를 이용할 선박들의 교통량 추정이 선행되어야 한다. 일반적으로 교통량 추정은 대상 항만에 대한 통항 실적 자료가 있을 경우에는 관련 자료를 기초로 유사함수를 이용하여 추정하지만, 과거 입출항 통항 자료가 없는 경우에는 주로 현지 교통량 실측 조사 결과를 활용한다. 이 연구에서의 신항 및 가덕수로 이용 선박에 대한 교통량 추정은 “부산신항 항로표지 배치 및 실시설계 연구 용역”의 자료를 인용하여 분석하고자 한다.

4.2.1 해상교통량 추정

(1) 신항 교통량 추정

(가) 신항 개발 계획

신항은 21세기 동북아 중심항만의 구축을 위한 컨테이너 전용항만으로 개발할 계획이며, 정부 시설로서는 방파제 1,490m, 컨테이너 부두 3.50km(10선석), 다목적부두 0.40km(1선석), 투기장 호안 20.7km, 항로 준설 89백만^m, 도로 및 철도 1식이고, 민간 시설로는 컨테이너 부두 6.05km(17선석), 항만부지 1,071만^m(324만평), 부두용지 67만^m(204만평), 항만관련 부지 397만^m(120만평)이다.

신항만의 개발계획은 <표 4-7>에서 보듯이 컨테이너부두의 경우, 2006년에는 선석수 9개, 길이 3,100m로, 2011년에는 선석수 18개, 길이 6,450m로 되어 있고, 자동차부두(다목적부두)의 경우에는 2007년부터 25만대(250만톤)를 처리할 수 있도록 선석수 1개, 길이 400m로 되어있다.

그에 따른 신항만 물동량은 <표 4-8>에서 보듯이 컨테이너의 경우 2006년 3,451천 TEU, 2011년 8,076천 TEU로 예측되고 있고, 비 컨테이너의 경우 자동차부두는 2007년부터 250만 톤으로 예측하고 있다.

<표 4-7> 신항만 단계별 개발 계획

구 분		전 체 (2002-2011년)		1 단 계 (2002-2006년)		2 단 계 (2007-2011년)	
		선석 수	선석길이 (m)	선석 수	선석길이 (m)	선석 수	선석길이 (m)
컨테이너부두	북 측	12	4,300	9	3,100	3	1,200
	남 측	10	3,500	-	-	10	3,500
	서 측	5	1,750	-	-	5	1,750
다 목 적 부 두		1	400	-	-	1	400
소 형 선 부 두		-	1,200	-	1,200	-	-

<표 4-8> 신항만 물동량 예측

(단위 : 천 TEU)

구 분		2006년	2011년	비 고	
컨 테 이 너	물 동 량 (천 TEU)	3,451	8,076		
	수 입	850	1,769		
	수 출	910	1,881		
	환 적	1,618	4,169		
	연 안	73	258		
	북 측	물 동 량	3,451	3,589	
		수 입	850	786	
		수 출	910	836	
		환 적	1,618	1,853	
		연 안	73	115	
	남 측	물 동 량	-	2,991	
		수 입	-	655	
		수 출	-	697	
		환 적	-	1,544	
		연 안	-	95	
	서 측	물 동 량	-	1,496	
		수 입	-	328	
		수 출	-	348	
		환 적	-	772	
		연 안	-	48	
자동차	물 동 량 (천톤)		2,500		
	수 출		2,500		

(나) 컨테이너 선박 및 다목적 선박의 교통량 추정

이상의 추정물동량을 토대로 신항에 출입하는 컨테이너선의 교통량을 계산한 결과는 <표 4-9>와 같다.

다목적부두는 부산지역의 자동차 수출 부두로 이용하며 부산지역 자동차 생산은 르노삼성의 경우 2006년부터 25만대를 수출할 계획이며, 다목적부두가 2007년 완공되면 25만대의 자동차 물동량이 이 부두를 이용할 것으로 예상된다. 그리고 다목적부두 대상선박을 2만톤급으로 가정할 경우 약 4,000대의 승용차를 적재하므로 25만대를 처리하기 위해서는 연간 63척의 전용선박 입·출항이 예상된다.

<표 4-9> 신항만의 컨테이너부두 교통량 추정

구 분		2006년		2011년		비 고
소 계		4,274		9,302		
북 측	2천 TEU 이하	4,274	1,923	4,137	1,859	
	4천 TEU 이하		940		909	
	5천 TEU 이하		513		496	
	6천 TEU 이하		727		702	
	6천 TEU 이상		171		162	
	12천 TEU급		-		10	
남 측	2천 TEU 이하			3,439	1,549	
	4천 TEU 이하				757	
	5천 TEU 이하				413	
	6천 TEU 이하				585	
	6천 TEU 이상				135	
	12천 TEU급				-	
서 측	2천 TEU 이하			1,724	775	
	4천 TEU 이하				379	
	5천 TEU 이하				207	
	6천 TEU 이하				293	
	6천 TEU 이상				67	
	12천 TEU급				4	

(2) 마산·진해·고현 항로 교통량 추정

신항 이외의 마산·진해·고현항을 연안선과 원양선으로 구분하여 교통량을 추정한다.

(가) 연안선의 마산·진해·고현항로 교통량 추정

우리나라 27개 무역항에 대하여 과거 17년간 선박 크기별 교통량 실적을 기초로 경향식($y=ax+b$)과 로그함수식($y=b+a \log(x+1)$)을 이용하여 산출한 교통량의 평균값을 취해 2006년 및 2011년의 항만별 교통량을 추정하였다.

1) 마산항

마산항의 선박 크기별 교통량(입항기준) 실적을 이용하여 경향식 추정치와 로그함수식으로 추정한 결과에 대한 평균값을 산출하여 마산항의 2006년 및 2011년도 교통량으로 추정하면 다음과 같다.

<표 4-10> 연안선의 마산항 교통량 추정

년도	경향식과 로그함수식의 평균값							
	100GT 미만	100~ 500GT	500~ 3,000GT	3,000~ 5,000GT	5,000~ 7,000GT	7,000~ 10,000GT	10,000~ 20,000GT	20,000GT 이상
2006	0	1462	2849	465	139	0	0	0
2011	0	1339	3145	516	155	0	0	0

2) 진해항

진해항의 선박 크기별 교통량(입항기준) 실적을 이용하여 경향식 추정치와 로그함수식으로 추정한 결과에 대한 평균값을 산출하여 진해항의 2006년 및 2011년도 교통량으로 추정하면 다음과 같다.

<표 4-11> 연안선의 진해항 교통량 추정

년도	경향식과 로그함수식의 평균값							
	100GT 미만	100~ 500GT	500~ 3,000GT	3,000~ 5,000GT	5,000~ 7,000GT	7,000~ 10,000GT	10,000~ 20,000GT	20,000GT 이상
2006	89	88	614	0	0	0	0	0
2011	89	71	684	0	0	0	0	0

3) 고현항

고현항의 선박 크기별 교통량(입항기준) 실적을 이용하여 경향식 추정치와 로그함수식으로 추정한 결과에 대한 평균값을 산출하여 고현항의 2006년 및 2011년도 교통량으로 추정하면 다음과 같다.

<표 4-12> 연안선의 고현항 교통량 추정

년도	경향식과 로그함수식의 평균값							
	100GT 미만	100~ 500GT	500~ 3,000GT	3,000~ 5,000GT	5,000~ 7,000GT	7,000~ 10,000GT	10,000~ 20,000GT	20,000GT 이상
2006	196	741	500	0	0	0	0	0
2011	218	807	572	0	0	0	0	0

(나) 원양선의 마산·진해·고현항로 교통량 추정

우리나라 27개 무역항에 대하여 과거 17년간 선박 크기별 교통량 실적을 기초로 경향식과 로그함수식을 이용하여 2006년 및 2011년의 항만별 교통량을 추정하였다.

1) 마산항

마산항의 선박 크기별 교통량(입항기준) 실적을 이용하여 경향식 추정치와 로그함수식으로 추정한 결과에 대한 평균값을 산출하여 마산항의 2006년 및 2011년도 교통량으로 추정하면 다음과 같다.

<표 4-13> 원양선의 마산항 교통량 추정

년도	경향식과 로그함수식의 평균값							
	100GT 미만	100 ~ 500GT	500 ~ 3,000GT	3,000 ~ 5,000GT	5,000 ~ 7,000GT	7,000 ~ 10,000GT	10,000 ~ 20,000GT	20,000GT 이상
2006	0	200	566	388	128	117	138	418
2011	0	234	571	432	143	131	149	467

2) 진해항

진해항의 선박 크기별 교통량(입항기준) 실적을 이용하여 경향식 추정치와 로그함수식으로 추정한 결과에 대한 평균값을 산출하여 진해항의 2006년 및 2011년도 교통량으로 추정하면 다음과 같다.

<표 4-14> 원양선의 진해항 교통량 추정

년도	경향식과 로그함수식의 평균값							
	100GT 미만	100 ~ 500GT	500 ~ 3,000GT	3,000 ~ 5,000GT	5,000 ~ 7,000GT	7,000 ~ 10,000GT	10,000 ~ 20,000GT	20,000GT 이상
2006	0	26	99	21	24	53	20	30
2011	0	30	102	21	27	59	21	32

3) 고현항

고현항의 선박 크기별 교통량(입항기준) 실적을 이용하여 경향식 추정치와 로그함수식으로 추정한 결과에 대한 평균값을 산출하여 고현항의 2006년 및 2011년도 교통량으로 추정하면 다음과 같다.

<표 4-15> 원양선의 고현항 교통량 추정

년도	경향식과 로그함수식의 평균값							
	100GT 미만	100 ~ 500GT	500 ~ 3,000GT	3,000 ~ 5,000GT	5,000 ~ 7,000GT	7,000 ~ 10,000GT	10,000 ~ 20,000GT	20,000GT 이상
2006	0	20	215	1	4	1	6	0
2011	0	24	240	1	5	1	7	0

4) 원양선의 마산·진해·고현항로 교통량 추정치 종합

위에서 산출한 원양선의 각 항구별 교통량 추정치를 2006년과 2011년도로 분류하여 종합하면 다음과 같다.

<표 4-16> 각 항별 원양선 교통량

구 분		추 정 치							
		100 GT 미만	100 ~ 500GT	500 ~ 3,000 GT	3,000 ~ 5,000 GT	5,000 ~ 7,000 GT	7,000 ~ 10,000 GT	10,000 ~ 20,000 GT	20,000 GT이상
2006	마산항	-	200	566	388	128	117	138	418
	진해항	-	26	99	21	24	53	20	30
	고현항	-	20	215	1	4	1	6	-
	소 계	-	246	880	410	156	171	164	448
2011	마산항	-	234	571	432	143	131	149	467
	진해항	-	30	102	21	27	59	21	32
	고현항	-	24	240	1	5	1	7	-
	소 계	-	288	913	454	175	191	177	499

(3) 신항만 출입항로 및 마산·진해·고현항로의 교통량 추정치

이상과 같이 신항, 마산·진해·고현항의 교통량 추정치를 바탕으로 2006년 및 2011년의 신항만 출입항로 및 마산·진해·고현항로의 교통량 추정치를 정리하여 나타내었다. <표 4-17>은 일반화물선의 교통량 추정치를 나타내며, <표 4-18>은 컨테이너선의 교통량 추정치를 나타낸다.

<표 4-17> 마산·진해·고현항로 및 신항만 항로의 교통량 추정치(일반화물선)

구 분		추 정 치							
		100GT 미만	100 ~ 500GT	500 ~ 3,000GT	3,000 ~ 5,000GT	5,000 ~ 7,000GT	7,000 ~ 10,000GT	10,000 ~ 20,000GT	20,000 GT이상
2006	연안선	283	2,206	3,867	465	139	-	-	-
	원양선	-	246	880	410	156	171	164	448
	신항만	-	-	-	-	-	-	-	-
소 계		283	2,452	4,747	875	295	171	164	448
2011	연안선	305	2,161	4,293	516	155	-	-	-
	원양선	-	288	913	454	175	191	177	499
	신항만	-	-	-	-	-	-	-	63
소 계		305	2,449	5,206	970	330	191	177	562

<표 4-18> 마산·진해·고현 항로 및 신항만 항로의 교통량 추정치(컨테이너선)

구 분		추 정 치					
		10,000 DWT 미만	10,000 ~ 20,000 DWT	20,000 ~ 30,000 DWT	30,000 ~ 40,000 DWT	40,000 ~ 50,000 DWT	50,000 DWT 이상
2006		-	-	1,923	940	513	898
2011		-	-	4,183	2,045	1,116	1,958

4.2.2 L² 환산 교통량 산출

(1) L² 환산교통량의 개요

항해중인 선박이나 정박중인 선박을 위한 필요한 해역의 면적은 보통 L²에 비례하며, 이를 이용하여 항로의 교통용량을 평가하기로 한다. 여기서 L²는 표준선과의 크기의 비를 나타내는 L 환산계수의 제곱 값이다. <표 4-19>와 <표 4-20>은 각각 일반화물선 및 컨테이너선의 톤수별 대표 선박길이와 L²환산계수를 나타내고 있다. 이 때 표준선의 크기는 1995년 우리나라 연안선 평균톤수에 가까운 약 1,000GT급 (70m 선박)이다.

그리고 <표 4-21>과 <표 4-22>는 앞 절에서 말한 컨테이너선박의 교통량과 일반선박의 교통량을 L² 환산교통량으로 나타낸 것이다. 일반선박의 경우 2006년에 13,140척, 2011년에는 14,449척이 되고, 컨테이너선의 경우는 2006년에는 51,337척, 2011년에는 111,755척이 된다.

<표 4-19> 일반화물선 톤수별 대표 선박 길이와 L² 환산계수

총톤수	100 GT 미만	100 ~ 500 GT	500 ~ 3,000 GT	3,000 ~ 5,000 GT	5,000 ~ 7,000 GT	7,000 ~ 10,000 GT	10,000 ~ 20,000 GT	20,000 GT 이상
수선 간장(m)	7~26	26~50	50~90	90~110	110~120	120~140	140~180	180~330
평균 톤수(GT)	53	275	1,235	4,010	5,954	8,591	14,337	43,064
대표 길이(m)	20	40	70	100	115	130	150	200
L 환산계수	0.29	0.57	1.0	1.43	1.64	1.86	2.14	2.86
L ² 환산계수	0.08	0.32	1.0	2.04	2.69	3.46	4.58	8.18

(주) 1.선박제원 : 항만시설물 건설기준서(상권), 해운항만청, 1993, PP. 12-14

海上交通工學, 藤井弥平 외 2명, 海文堂, 1981, P. 180

2.평균톤수 : 1995년 우리나라 입항 선박의 평균톤수

3.표준선 : 1995년 우리나라 연안선 평균톤수인 약 1,000 GT급(70m 선박)을 기준함

<표 4-20> 컨테이너선의 톤수별 대표 선박 길이와 L² 환산계수

총톤수	10,000 DWT 미만	10,000 ~ 20,000 DWT	20,000 ~ 30,000 DWT	30,000 ~ 40,000 DWT	40,000 ~ 5,000 DWT	50,000 DWT 이상
폭(m)	19.0	27.0	30.3	32.2	32.2	32.2
흘수(m)	8.5	10.0	11.5	12.0	12.5	12.5
대표 길이(m)	115.0	152.0	212.9	241.5	250.5	294.0
L 환산계수	1.64	2.17	3.04	3.45	3.58	4.2
L ² 환산계수	2.69	4.71	9.24	11.90	12.82	17.6

<표 4-21> 목표 연도별 일반화물선 L² 환산 교통량

구 분		선 박 크 기	교 통 량	L ² 환산계수	L ² 환산교통량
2006년	마산 · 진해 · 고현	100 GT 미만	283	0.08	22
		100~500 GT	2,452	0.32	784
		500~3,000 GT	4,747	1.0	4,747
		3,000~5,000 GT	875	2.04	1,785
		5,000~7,000 GT	295	2.69	793
		7,000~10,000 GT	171	3.46	591
		10,000~20,000 GT	164	4.58	751
		20,000 GT 이상	448	8.18	3,664
		소 계	9,435		13,140
	신항	20,000 GT 이상	-	2.86	-
2011년	마산 · 진해 · 고현	100 GT 미만	305	0.08	24
		100~500 GT	2,449	0.32	799
		500~3,000 GT	5,206	1.0	5,206
		3,000~5,000 GT	970	2.04	1,978
		5,000~7,000 GT	330	2.69	887
		7,000~10,000 GT	191	3.46	660
		10,000~20,000 GT	177	4.58	810
		20,000 GT 이상	499	8.18	4,081
		소 계	10,127		14,449
	신항	20,000 GT 이상	63	2.86	180

<표 4-22> 목표 연도별 컨테이너선 L² 환산 교통량

연 도	선박크기	교 통 량	L ² 환산계수	L ² 환산교통량
2006년	10,000 DWT 미만	-	2.69	-
	10,000~20,000 DWT	-	4.71	-
	20,000~30,000 DWT	1,923	9.24	17,769
	30,000~40,000 DWT	940	11.90	11,186
	40,000~50,000 DWT	513	12.82	6,577
	50,000 DWT 이상	898	17.6	15,805
	총 계	4,274		51,337
2011년	10,000 DWT 미만	-	2.69	-
	10,000~20,000 DWT	-	4.71	-
	20,000~30,000 DWT	4,183	9.24	38,651
	30,000~40,000 DWT	2,045	11.90	24,336
	40,000~50,000 DWT	1,116	12.82	14,307
	50,000 DWT 이상	1,958	17.6	34,461
	총 계	9,302		111,755

(2) L² 환산교통량

신항 출입 항로의 시간당 왕복 통항량 예측치를 L²환산통항량(입항기준)으로 환산하면 <표 4-23>과 같다. 표에서 알 수 있듯이 마산·진해·고현항로는 2006년에 시간당 7.45척, 2011년에는 14.60척이고, 신항 항로는 2066년에 시간당 5.94척, 2011년에는 12.95척이 된다.

<표 4-23> 시간당 평균 L² 환산교통량

구 분		L ² (왕복) 환산교통량	시간당 평균 L ² (왕복) 환산교통량
2006년	마산·진해 ·고현	일반화물선	13,140
		컨테이너선	51,337
		소 계	7.45
	신항항로	일반화물선	-
		컨테이너선	51,337
		소 계	5.94
2011년	마산·진해 ·고현	일반화물선	14,449
		컨테이너선	111,755
		소 계	14.60
	신항 항로	일반화물선	180
		컨테이너선	111,755
		소 계	12.95

(주) 시간당 평균 L² (왕복) 환산교통량 = (L² (왕복) 환산교통량 / 360일) / 24시간

4.2.3 해상 교통용량 추정

(1) 교통용량 추정 개요

해상에서의 교통용량은 항로 폭과 선속을 곱한 값을 후방폐쇄영역의 면적으로 나누어서 구하며, 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$Q = \frac{1}{8s} WV \quad (4.1)$$

단, Q : 교통용량 (척/시)

Y : 후방폐쇄영역의 장직경 (km)

s : 후방폐쇄영역의 단직경 (km)

W : 항로 폭 (km)

V : 선속 (km/h)

한편, 교통용량은 다음과 같은 세 가지로 대별하여 평가한다.

1) 기본 교통 용량

통상의 항행조건에서 거의 같은 크기의 선박이 거의 같은 속력으로 일정폭의 직선 모양의 수로를 한 방향으로 단위 시간에 통과할 수 있는 최대 척수

2) 가능 교통 용량

그 당시 그 장소의 실제 조건하에서 수로를 단위 시간에 통과할 수 있는 최대 척수

3) 실용 교통 용량

기상상태의 출현빈도, 선박항행의 자유성, 교통사고의 예상 발생수, 적용되는 교통관리의 방식 등으로부터 정해지는 서비스 수준과 가능교통용량으로부터 정한 용량으로 설계교통용량이라고도 하며, 실제 허용 가능 교통량을 의미하는 실용교통용량은 교통관리가 없는 경우 기본교통용량의 1/4로 본다.

(2) 기본교통용량 및 실용교통용량

먼저 이들 항로의 실용교통용량을 구하기 위해서는 후방폐쇄영역의 장직경과 단직경 값을 정하여야 하며, 이 값은 일본의 「浦賀水道 및 關門海峽에서의 관측 자료 값」을 기준으로 하여, 신항로는 좁은 수역에서 항내 속력으로 항행할 때를 준용하여 각각 6L과 1.6L로 정하였다. 그리고 선속은 크기가 다르고 속력도 다른 선박들이 혼재해서 항해하는 관계로 적정 값을 추정해서 사용할 수밖에 없으며, 여기에서는 항로에서의 통상적인 선속인 6kts (11.11km/h)로 계산하였다[단, 마산·진해·고현항로의 경우 평균 선속을 10kts(18.5km/h)로 보아 각각 8L과 3.2L로 하였다]. 그리고 크기가 다양한 선박들이 서로 섞여서 통과하기 때문에 혼잡도 평가를 위해서는 표준선박을 정한 후 이 표준선박이 시간당 몇 척씩 통과할 수 있는지를 계산하여 평가하여야 한다. 이 연구에서는 표준선을 총톤수(GT) 1,000톤인 전장 70m의 선박으로 정한 후 계산하였다.

이 값들을 기준으로 하여 신항 출입항로 600m와 마산·진해·고현항로("D" 등 부표 전후 최소 항로 폭)의 항로 폭 1400m에 대한 각각의 기본교통용량과 실용교통용량을 계산하여 보면 <표 4-24> 및 <표 4-25>와 같다.

<표 4-24> 신항 출입항로 교통용량 (6knots)

구 분	항로폭(m)	기본교통용량(척/h)	실용교통용량(척/h)
신항만출입항로	600	141.6	35.4

<표 4-25> 마산·진해·고현항로 교통용량 (10knots)

구 분	항로폭(m)	기본교통용량(척/h)	실용교통용량(척/h)
마산·진해·고현항로 최소 항로폭	1400	206.48	51.62

(3) 해상교통 혼잡도 예측

신항 항로와 마산·진해·고현항로의 해상교통 혼잡도는 실용교통용량과 장래 예측되는 교통량을 비교하여 미래의 교통 혼잡도를 예측할 수 있다. 두 항로의 실용교통용량은 <표 4-24> 및 <표 4-25>와 같이 각각 35.4척/h 과 51.62척/h이다. 2006년과 2011년 기준의 신항 항로의 시간당 평균 L^2 왕복 환산 추정 교통량은 <표 4-23>에서와 같이 각각 5.94척 및 12.95척이며, 마산·진해·고현항로의 시간당 평균 L^2 왕복 환산 추정 교통량은 2006년에 7.45척 및 14.60척이다.

여기서 교통 혼잡도는 실용교통용량에 대한 교통량을 100분율로 정의한다. 실용교통용량이 항로에서 선속에 비례하므로 마산·진해·고현항로와 신항만 항로에서 예상 선속별 교통 혼잡도를 예측하면 <표 4-26>과 <표 4-27>과 같이 예측할 수 있다. 항로 길이와 폭 그리고 선박의 행동을 고려하여 마산·진해·고현항로에서는 Full Speed 전후인 10kts, 8kts, 6kts에 대한 혼잡도를 평가하고, 신항 항로에서는 Slow에서 Deadslow 전후 선속인 8kts, 6kts, 4kts에 대하여 교통 혼잡도를 예측하였다.

<표 4-26> 마산·진해·고현항로의 교통 혼잡도 예측

선속 (kts)	실용교통용량 (척/h)	교통량 추정치(척/h)		교통 혼잡도	
		2006년	2011년	2006년	2011년
10	51.62	7.45	14.6	14.4%	28.3%
8	41.29	"	"	18.0%	35.4%
6	30.97	"	"	24.1%	47.1%

<표 4-27> 신항 항로 교통 혼잡도 예측

선속 (kts)	실용교통용량 (척/h)	교통량 추정치(척/h)		교통 혼잡도	
		2006년	2011년	2006년	2011년
8	47.19	5.94	12.95	12.6%	27.4%
6	35.40	5.94	12.95	16.8%	36.6%
4	23.60	5.94	12.95	25.2%	54.9%

마산·진해·고현항로에서 평균 선속이 6kts에서도 교통 혼잡도가 그리 높지 않아 통항 선박의 교통 혼잡은 거의 발생하지 않을 것으로 판단된다. 그러나 신항 항로에서는 평균 선속이 4kts 이하로 떨어지면 2011년 이후로는 다소의 혼잡이 예상된다. 특히 신항 출입항 항로는 항로의 길이가 짧고, 특정 시간대에 입출항 선박이 폭주하거나 접·이안을 위해 저속 운항을 지속할 경우 병목 현상과 같은 교통 혼잡이 다소 발생할 수 있다. 그러나 신항 교통관제센터에서 입출항 선박에 대한 적절한 관제와 서비스를 제공하고, 예인선의 적극적인 입출항 지원과 통항 안내가 수반될 경우 비록 저속 운항일지라도 정선하지 않는 이상 신항 운항에 지장을 초래할 만큼 심각한 교통 혼잡은 발생하지 않을 것으로 판단된다.

4.3 카페리 추가 증선에 대한 검토

4.3.1 증선 예상 선박의 제원 및 항로

앞으로 카페리가 추가로 증선될 경우 현재 운항중인 A호와 비슷한 제원이 될 가능성이 크고, 항로 또한 동일한 항로인 진해 안골 ~ 거제 간곡이 될 것으로 예상된다.

따라서 추가 증선시의 통항 안전성 검토는 동일 선박 제원과 같이 길이 56.66m, 폭 10.5m로 하며, 편의상 Y호라 칭한다.

4.3.2 가항 여부 검토

(1) 가항폭

우리나라 항로설계지침에서는 어선 또는 총톤수 500톤 미만의 선박에 대하여는 이용 실태에 따라 적절한 폭으로 정한다고 규정하고 있다. 또한 PIANC Rule에서는 선박의 종류 및 조종성능에 따라 달리 폭을 규정하고 있다.

또한 왕복통항의 경우에 한하여 우리나라 항로설계지침에서 요구하는 최소 선박길이의 1L 이상을 요구하고 있으며 본 항로에서는 이를 만족하고 있고 PIANC Rule에서 요구하고 있는 8.4B인 87.4m 이상도 만족하고 있다³⁾.

3) 차도선의 경우는 선박의 길이 대 선박의 폭 비와의 상관관계가 보통 선박과는 상이하므로 일반적으로는 적용할 수 없을 것으로 판단되나 하나의 지표로서 제시함

<표 4-28> 가항 항로 폭 만족 여부

통항구간	가항 폭	PIANC Rule* 만족 여부	우리나라 항로설계 지침 기준	우리나라 항로설계 지침 만족 여부
안골-웅천대교	100m	8.4B(87.4m)이상	왕복통항	1L(56.7m)이상
웅천대교	40m	-	일방통항의 경우 규정 없음	
웅천대교~신항방파제	210m	8.4B(87.4m) 이상	왕복통항	1L(56.7m) 이상
신항방파제~저도 부근	1000m	8.4B(87.4m) 이상	왕복통항	1L(56.7m) 이상
저도 부근~간곡	700m	8.4B(87.4m) 이상	왕복통항	1L(56.7m) 이상

※ PIANC Rule의 문헌에서 Panamax Size 선박의 경우 여러 가지 상황을 고려하여 왕복통항의 경우 8.4B 정도의 폭을 요구하고 있으며, 이는 선박의 통항이 보통인 경우에 한하여 적용되고 있다.

(2) Y호 통항 안전성 및 혼잡도 평가

배선 시간은 <표 4-29>와 같이 현재 운항선박과 약 30~40분 정도의 시간 차이를 가지고 운항 한다면, 선박 조선이 어려운 항내 및 접이안하는 해역에서의 선박간 조우는 예상되지 않는다. 또한 현재 진해 안골을 입출항하는 선박과도 배선 시간 차이가 20~30분 정도 있어 선박 운항에는 문제점이 없을 것으로 예상된다.

<표 4-29> 동계용 운항시간표(예)

항차	운항 선박	진해출발	거제도착	거제출발	진해도착	소요시간	운항간격	
				7:00(Y호)	7:40		40분	진해
1	B호	6:30	7:10	7:30	8:10	40분		0:30
	A호	7:00	7:40	8:00	8:40		0:30	0:30
	Y호	8:00	8:40	9:00	9:40		1:00	1:00
2	B호	8:30	9:10	9:30	10:10	40분	0:30	0:30
	A호	9:00	9:40	10:00	10:40		0:30	0:30
	Y호	10:00	10:40	11:00	11:40		1:00	1:00
3	B호	10:30	11:10	11:30	12:10	40분	0:30	0:30
	A호	11:20	12:00	12:20	13:00		0:50	0:50
	Y호	12:00	12:40	13:00	13:40		0:40	0:40
4	B호	12:30	13:10	13:30	14:10	40분	0:30	0:30
	A호	13:20	14:00	14:20	15:00		0:50	0:50
	Y호	14:00	14:40	15:00	15:40		0:40	0:40
5	B호	14:30	15:10	15:30	16:10	40분	0:30	0:30
	A호	15:20	16:00	16:20	17:00		0:50	0:50
	Y호	16:00	16:40	17:00	17:40		0:40	0:40
6	B호	16:30	17:10	17:30	18:10	40분	0:30	0:30
	A호	17:20	18:00	18:20	19:00		0:50	0:50
	Y호	18:00	18:40				0:40	

또한 선박간의 운항시간 간격은 최소 30분에서 최대 50분까지의 간격이 있어 같은 항에서의 입출항은 없고 운항 선박 간에 조우할 수 있는 지점은 다음 그림과 같이 좁은 수로가 아닌 Open된 해역에서 조우할 것으로 예상된다.

Y호가 항로를 정상적으로 운항할 경우, 다른 선박과 만남 관계가 형성되는 해역으로는 신항 방파제 부근과 마산·진해·고현항로 상에서의 횡단 관계가 발생할 수 있다. 각각의 해역에 대하여 Y호 추가 투입시 선박 통항 안전상 문제점이 있는지 분석한다.



<그림 4-33> 증선되는 Y호의 항로 및 타 선박과의 조우 가능 지역

(가) 신항만 방파제 부근 해역

신항 해상 교통관제센터에서 실시한 교통조사 결과 중에서 신항 입출항 선박의 항적도를 제시한 <그림 4-26>에서 관측할 수 있듯이, 전체 항로 폭이 600m 인 방파제 부근 수역에서는 입출항 선박에 대하여 항로 폭 300m 기준으로 통항 분리가 실시되고 있다. 따라서 신항 방파제 부근 해역에서는 연도 방향으로

입항하는 선박과의 조우 관계는 형성될 수 있으나 방과제 전후 해역에서는 다른 선박과 동일한 방향으로 항행하므로 여객선 통항에 별다른 문제가 없을 것으로 판단된다. 방과제를 통과하여 연도 방향으로 입항하는 선박과의 조우 관계 시에는 입항 선박이 예인선의 지원을 받기 때문에 입항 선박의 이동 방향을 쉽게 인식할 수 있어 Y호가 적절한 침로를 선택하는 것은 별다른 무리가 없을 것으로 판단된다.

또한 신항 해상교통관제센터가 운용되고 있기 때문에 방과제 주변 해역에서는 관제사에 의한 적절한 교통관제 및 교통 정보가 제공되고, 중대형 선박의 입출항의 경우 도선사가 승선하고 있어 선박간의 VHF 교신을 통해 적절한 피항 조치가 충분히 가능하다. 따라서 Y호의 취항으로 인해 신항 방과제 부근에서의 위험한 조우 관계는 형성되지 않을 것으로 판단된다.

다음으로 Y호 투입에 따른 방과제 부근에서의 혼잡도를 분석한다. Y호 투입에 따른 신항 방과제 부근에서의 혼잡도는 신항 교통량에 Y호 운항에 따른 증가되는 교통량을 추가하여 실용 교통용량과의 백분율로 평가한다. Y호 운항 계획은 현재 A호와 같이 6회/1일 왕복 운항하며, 운항 시간은 08시부터 18시까지로 간주한다. 따라서 전체 운항 시간에 대한 통항 횟수를 시간당으로 계산하면 1.2척/h이 증가한다. Y호 투입에 따른 증가하는 교통량을 2006년 및 2011년 교통량에 추가하여 교통 혼잡도를 산출하면 <표 4-30>과 같다.

<표 4-30> Y호 투입에 따른 교통 혼잡도

선속 (kts)	실용교통용량 (척/h)	교통량 추정치(척/h)		교통 혼잡도	
		2006년	2011년	2006년	2011년
8	47.19	7.14	14.15	15.13%	29.99%
6	35.40	7.14	14.15	20.17%	39.97%
4	23.60	7.14	14.15	30.25%	59.96%

Y호 투입 이전의 혼잡도를 나타낸 <표 4-27>과 비교하여 볼 때, Y호를 운항함에 따라 통상적인 선속인 8knots인 경우에는 교통 혼잡도가 2.5% 포인트 정도 증가하는 것으로 나타났다. Y호 투입 이후의 신항 방파제 부근 해역에서의 혼잡도는 선속이 비교적 낮은 4knots 상태에서도 현재에는 30.25%, 신항이 전면 개장하는 2011년에는 59.96%로 나타났다. 따라서 Y호 투입에 신항 부근에서의 교통 혼잡은 발생하지 않을 것으로 판단된다.

(나) 마산·진해·고현항로 상에서의 횡단 관계

진해 안골에서 출항하여 거제를 왕복하는 여객선은 신항 방파제를 벗어나면 마산·진해·고현항로를 횡단하여 통항하여야 한다. 신항 교통관제센터에서 실시한 교통조사 결과를 활용하여 마산·진해·고현항로를 통항하는 선박과 이 항로를 횡단하는 선박과의 횡단 혼잡도를 분석한다.

<표 47>에서 제시된 모든 여객선이 항로를 횡단하여 거제로 통항한다고 가정하면 교통조사 47시간 동안 총 63척이 운항하였으므로 시간당으로 횡단 척수는 1.34척/h이다. Y호가 투입되면 진해에서 거제를 최소 30분에서 최대 50분 정도의 운항 시간이 소요되므로, 교통량을 최대로 고려하여 50분을 적용하면 시간당 0.83척/h 이 증가되므로 Y호 투입 후 횡단 선박은 2.17척/h이 된다. 여기서 횡단 확률을 특정 통항로가 수용 가능한 시간당 교통용량(실용교통용량을 사용)에 대한 횡단 선박의 시간당 척수로 정의하면 Y호 투입에 따른 횡단 혼잡도는 다음과 같이 산출할 수 있다.

<표 4-31> 마산·진해·고현항로 상에서 횡단 혼잡도

선속 (kts)	실용교통용량 (척/h)	횡단 교통량(척/h)		횡단 혼잡도	
		현재	Y호 투입	현재	Y호 투입
10	51.62	1.34	2.17	2.60%	4.20%
8	41.29	1.34	2.17	3.25%	5.26%
6	30.97	1.34	2.17	4.33%	7.01%

Y호가 약 10knots 속력으로 항로를 횡단할 경우 Y호 투입 이후의 횡단 혼잡도는 약 1.6% 포인트 증가하는 결과를 나타냈다. 그러나 통상적인 항행 속력 범위인 10knots 에서 6knots까지의 선속에서의 횡단 혼잡도는 10% 미만의 매우 작은 값을 나타내 Y호 취항에 따른 마산·진해·고현 항로상에서의 횡단 선박으로 인한 교통 혼잡은 거의 발생하지 않을 것으로 판단된다. 또한 항로상을 횡단하는 시간이 대략 5분 전후의 짧은 시간이고 항로가 직선 항로이기 때문에 특정 시간대에 선박이 폭주하더라도 횡단 여객선이 선속이 줄어 잠시 대기하여 통항하면 주 항로를 이용하는 선박과의 위험한 횡단관계는 형성되지 않을 것으로 판단된다.

(3) 건설공사와의 간섭 및 대형 컨테이너 부두와의 관련 현황

(가) 건설 공사와의 간섭

현재 진행 중인 신항 관련 공사는 한시적인 작업으로 건설공사가 수행되는 주변 해역에는 충분한 항행 보조시설인 등부표가 설치되어 있으며 운항자가 이러한 정보를 사전에 유선 또는 무선으로 획득하고 있어 선박 통항에는 별다른 문제가 없을 것으로 판단된다. 다만, 웅천대교를 통과할 경우에는 대형 작업선과 조우할 경우 일방 통항만이 가능하므로 선박 운항에 특별한 주의가 필요하다.

(나) 대형 컨테이너 부두 관련

대형 컨테이너 부두인 서 컨테이너 터미널 부두 건설이 완공되면 대형선의 접이안으로 인해 여객선 운항에 다소 제한을 받을 수 있을 것으로 생각되지만, 접이안시는 예인선의 지원을 받으므로 선박의 이동 방향을 파악하기 쉽고 저속으로 접근하기 때문에 투입될 Y호의 선박 성능으로 판단하여 볼 때 충분한 시간적 여유를 갖고 회피 조선이 가능할 것으로 판단된다.

또한 신항에 입출항하는 선박과의 관계로는 신항 방파제 부근에서는 항로끝 부분을 이용하여 통항하기 때문에 입출항 선박에 특별한 지장을 초래하지는 없을 것으로 판단된다. 부산 북항의 경우도 마찬가지로 중소형 초고속선이 등장하여 항내를 특별한 제한 없이 운항 중이며, 항내 유람선 및 중소형 잡종선도 빈번히 통항하고 있음에도 불구하고 이용 선박들의 입출항에는 별다른 영향을 주지 않고 원활하게 항만을 운용하고 있는 실정이다.

제 5 장 결론 및 제안

해상교통공학은 해상에서 교통흐름의 실태를 자세히 파악하고, 선박의 행동을 통계적으로 또는 해석적으로 표현하여 그 결과를 항로·항만의 환경 개선에 도움이 되게 하는 기술 분야이다. 다시 말하면, 해상교통공학은 먼저 해상 교통현상의 조사를 통해 당 해역의 교통 흐름을 조사하고 파악된 자료를 분석함으로써 그 해역의 위험성을 보완할 수 있는 대책을 제안하는 데 그 의미를 둘 수 있다.

이 논문은 해상교통공학의 개념을 이용하여 거가대교 완공 이전에 진해와 거제간의 항로에 늘어나는 수요에 대응하기 위하여 추가의 선박 투입이 필요함을 인식하고, 추가 선박 투입이 이루어졌을 경우까지를 포함하여 카페리의 통항 안전성을 검토함과 동시에, 문제점이 발견될 경우 안전 운항방안을 제시하여, 카페리의 안전 운항을 도모하고자 하였다. 이 연구에서 얻어진 결과를 정리하면 아래와 같다.

첫째로, 2005년도 운항 일수를 보면 짧은 항로이고 섬으로 둘러싸여 있는 해역을 통항하고 있으므로 결항 일수는 3일밖에 되지 않은 것으로 분석되어, 여객선들은 자연 환경의 영향은 그다지 많이 받지 않는 해역을 운항하고 있다고 판단된다.

둘째, 카페리의 차량 수송 실적을 보면 만차로 운항되는 경우가 약 30%나 되어 추가 투입의 필요성과 타당성은 충분한 것으로 조사되었다.

셋째, 가항 통항 폭, 교량 통과 여부를 분석한 결과 운항하고 있는 모든 해역(웅천대교 하부 제외)에서 선박 길이의 1배에서 1.5배 이상의 넓은 가항 폭을 유지하고 있어 가항 통항 폭에는 큰 문제점이 없는 것으로 조사되었다. 또한 웅천대교 하부의 교량을 통항할 경우에는 대형 작업선과의 서로 교신에 의한 일방 통항만이 가능하지만, 현재에도 운용이 잘 되고 있는 것으로 조사되었으며, 주의 운항을 한다면 운항상 어려운 해역은 아닌 것으로 판단된다.

넷째, 교통조사 결과, 현재 시간당 7.45척이 이 해역을 이용하고 있는 것으로 밝혀졌고, 여객선이 약 26%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 추가 선박이 투입되는 경우를 예상하여 통상적인 선속인 8knots로 항해하는 경우의 교통 혼잡도를 조사한 결과 약 2.5% 포인트 정도 증가하는 것으로 나타났다. 또한 추가 투입 이후의 신항만 방파제 부근 해역에서의 혼잡도를 비교적 느린 선속인 4knots 상태에서 조사한 결과 신항이 전면 개장하는 2011년에는 59.96%로 나타났다. 따라서 카페리가 추가로 투입되더라도 신항 부근에서의 교통 혼잡은 발생하지 않을 것으로 판단된다.

다섯째, 카페리 추가 투입 후에도 마산·진해·고현항로상에서의 혼잡도 역시 별 문제가 없을 것으로 판단되고, 항로를 횡단하는 시간이 5분 전후의 짧은 시간이고, 항로가 직선이며 주변에 여유 수역이 충분하여 주 항로를 이용하는 선박과의 위험한 횡단 관계는 형성되지 않을 것으로 판단된다.

여섯째, 대형 컨테이너 부두인 서 컨테이너 터미널 부두 건설이 완공되면 대형선의 접이안으로 인해 여객선 운항에 다소 제한을 받을 수 있을 것으로 생각되지만, 접이안 시는 예인선의 지원을 받으므로 선박의 이동 방향을 파악하기 쉽고 저속으로 접근하기 때문에 투입 예정 선박의 성능으로 판단하여 볼 때 충분한 시간적 여유를 갖고 회피 조선이 가능할 것으로 판단되었다.

그리고 진해~거제 항로를 운항하는 여객선들의 안전 항행을 유지하기 위하여 다음과 같이 제안하고자 한다.

(1) 취항 예정항로의 운항시간 준수

취항 예정항로를 운항시간을 준수하여 통항하게 되면, 정확한 시간에 정해진 해역을 통과하게 되므로, VTS 센터에서는 타 선박과의 조우를 사전에 예상하여 근접 상황 방지 및 통항 시간 조절, 감속 또는 적절한 장소에 대기 등을 통하여 위험상황을 미연에 방지하여 항행안전을 향상시킬 수 있을 것이다.

(2) 도입 예정선박에 AIS 탑재

선박의 충돌사고를 예방하기 위하여 사전에 선명, 선박의 속력, 선박의 침로 등을 정확히 확인하는 것이 매우 중요하며 이를 위해 고안된 것이 AIS이다. 이러한 AIS(AIS Plotter 포함)를 탑재하게 되면, 충돌의 위험성을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라, VTS 센터 등과의 음성 통화량도 줄일 수 있어 안전 운항에 많은 도움이 될 것이다.

(3) VTS센터의 적극적인 활용

신항 VTS는 21세기 동북아 국제 물류 중심항(Hub-Port)의 위상확보를 위하여 입출항 선박의 안전운항 유도 및 고부가 서비스로 국제경쟁력을 강화하고, 신항 운영 효율성 제고 및 신속 정확한 선박항행·항만 운영정보 제공을 통한 안전사고 예방과 해양환경 보전에 기여하기 위해 설치되어 운영되고 있다. 이러한 최신 기능을 가진 신항 VTS 센터를 적극 활용할 필요가 있다. 도입 예정선박은 신항 VTS 및 마산항 VTS와의 긴밀한 교신을 통하여 타 선박간의 조우를 사전에 방지하여 잠재적인 충돌 위험성을 저하시킬 수 있을 것이다.

이 연구에서는 현재의 교통조사 결과와 물동량 예측을 기초로 교통 혼잡도를 계산하고 통행 안전성을 평가 하였으나, 향후의 연구과제로는 신항이 완전 개장 되는 시점에 다시 교통조사를 실시하여 실 교통량을 바탕으로 한 혼잡도 및 통행 안전성을 재평가할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] 박진수 · 박영수 · 이형기, “(최신)해상교통공학”, 한국해양대학교 해사도서출판부(2005)
- [2] “기상연보”, 기상청(1982 ~ 2002)
- [3] “부산신항 남컨테이너부두(1차) 기본 및 실시설계용역 중 선박조종 시뮬레이션 검토연구용역 최종보고서”, 부산지방해양수산청(2002)
- [4] “조류도 ~ 부산항 부근”, 국립해양조사원(1998)
- [5] “해양수산통계연보”, 해양수산부(2001 ~ 2005)
- [6] “해양수산부제정 항만 및 어항설계 기준”, 한국항만협회(2000)
- [7] “연안해운통계연보”, 한국해운조합(2005)
- [8] 井上欣三 · 原潔, “海上交通量の觀測日數と精度”, 航論 No. 50(1973)
- [9] PIANC RTC II, "Approach Channels a Guide for Design", Report of Working Group II-30, Supplement to Bulletin No. 95 PIANC, Brussels(1997)