

工學博士 學位論文

海上交通安全施設에 대한 運營效果의
便益算出 모델에 관한 研究

A Study on Cost and Benefit Model for the Operational
Effect of Maritime Traffic Safety Facilities

指導教授 鞠 承 淇

2007 年 8 月

韓國海洋大學校 大學院

運航시스템工學科

朴 永 男

本 論文을 朴永男의 工學博士 學位論文으로 認准함

委員長 工學博士 鄭世謨 (印)

委 員 理學博士 尹鍾輝 (印)

委 員 工學博士 鄭泰權 (印)

委 員 工學博士 鄭在龍 (印)

委 員 工學博士 鞠承淇 (印)

2007年 6月 22日

韓國海洋大學校 大學院

목 차

<기호설명>	vi
<표 차례>	ix
<그림 차례>	x iv
Abstract	x vi
제1장 서론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 방법	2
1.3 연구의 동향	3
1.4 연구의 내용	5
제2장 해상교통안전시설의 운영효과에 대한평가방법 및 절차	8
2.1 평가방법 및 절차	8
2.1.1 사업평가	8
2.1.1.1 사업평가의 의의	8
2.1.1.2 사업평가의 목적	9
2.1.1.3 사업평가의 종류	9
2.1.2 사업평가의 기본 구조	10
2.1.2.1 평가의 개념	11
2.1.2.2 평가의 대상	11
2.1.3 운영효과의 평가 방법과 절차	12
2.1.3.1 평가의 방법	12
2.1.3.2 평가의 절차	13
2.2 운영효과 분석 사례	14
2.2.1 국내의 운영효과 분석사례	14
2.2.2 국외의 운영효과 분석방법 및 사례조사	23
2.2.2.1 유럽 수역 연안 VTS의 비용-편익	23
2.2.2.2 미국연안경비대에 의한 선박교통관리서비스(VTS) 비용효과분석	42
2.2.2.3 전자해도와 항해통합시스템 도입의 안전이익 분석	46
2.2.2.4 인도네시아공화국 항행원조시설 정비 기본계획보고서	49
2.2.2.5 국제항로표지협회 업무 매뉴얼	50

2.3 요약	51
제3장 해상교통안전시설의 편익산출모델의 수립	52
3.1 해상교통안전시설의 특성	52
3.1.1 해상교통안전시설의 종류와 기능	53
3.1.1.1 광과표지	54
3.1.1.2 전과표지	58
3.1.1.3 음과표지	59
3.1.1.4 특수시호표지	59
3.1.1.5 집약관리시스템	60
3.2 해상교통안전시설의 편익산출모델의 수립	61
3.2.1 편익산출모델수립의 기본원칙	61
3.2.2 편익산출모델의 수립	62
3.2.2.1 안전편익의 산출	63
3.2.2.2 수송편익의 산출	86
3.2.2.3 기타편익의 산출	98
3.2.3 비용의 산정	98
3.2.3.1 비용항목의 추출	98
3.2.3.2 비용의 산정	100
3.2.4 잔존가치의 산출	102
3.2.5 비용편익분석	103
3.2.5.1 기본원칙	103
3.2.5.2 비용편익분석의 실시	105
3.2.6 효과의 산출	109
3.2.6.1 기본원칙	109
3.2.6.2 항해자의 심리적 부담 경감효과 산출	109
3.2.6.3 CVM에 의한 항해자의 심리적 부담 경감효과 산출	112
3.2.7 민감도분석	114
3.2.7.1 기본원칙	114
3.2.7.2 민감도분석 실시	115
3.2.8 의사결정의 기준	116
3.2.9 분석결과의 종합	117
3.2.9.1 비용편익분석의 요약	117

3.2.9.2 분석결과의 정리	122
3.2.9.3 운영효과분석의 총괄표	125
3.3 타 모델과의 비교 검증	128
3.4 요약	132
제4장 운영효과의 편익산출모델 적용	134
4.1. 조류신호소	135
4.1.1 인천조류신호소의 개요	135
4.1.2 인천항 주변의 자연환경(23)~(32)	135
4.1.2.1 평균 풍속	135
4.1.2.2 폭풍	136
4.1.2.3 태풍	137
4.1.2.4 안개	138
4.1.2.5 강수	138
4.1.2.6 조류	140
4.1.2.7 파랑	141
4.1.2.8 자연환경의 종합적 특징	142
4.1.3 인천항의 교통 및 해양사고분석	142
4.1.3.1 교통량 현황	142
4.1.3.2 교통량 추정	145
4.1.3.3 해양사고 조사 분석	148
4.1.4 비용편익 산출의 적용	152
4.1.4.1 안전편익의 산출	152
4.1.4.2 기타편익의 산출	155
4.1.4.3 잔존가치	156
4.1.4.4 비용항목	157
4.1.4.5 계산기간과 사회적 할인율	159
4.1.4.6 평가지표	160
4.1.4.7 운영효과분석 총괄표	163
4.1.5 운영효과편익산출의 적용결과	164
4.2 집약관리시스템	166
4.2.1 목포집약관리시스템의 개요	166
4.2.2 목포항 주변의 자연환경(23)~(32)	166

4.2.2.1	평균 풍속	166
4.2.2.2	폭풍	167
4.2.2.3	태풍	168
4.2.2.4	안개	168
4.2.2.5	강수	169
4.2.2.6	조류	171
4.2.2.7	파랑	172
4.2.2.8	자연환경의 종합적 특징	172
4.2.3	목포항의 교통 및 해양사고분석	173
4.2.3.1	교통량 현황	173
4.2.3.2	교통량 추정	176
4.2.3.3	해양사고 분석	177
4.2.4	비용편익 산출의 적용	181
4.2.4.1	안전편익의 산출	181
4.2.4.2	기타편익의 산출	184
4.2.4.3	비용항목	186
4.2.4.4	계산기간과 사회적 할인율	187
4.2.4.5	평가지표	187
4.2.4.6	운영효과분석 총괄표	190
4.2.5	운영효과편익산출의 적용결과	192
4.3	연안VTS	193
4.3.1	진도 연안VTS의 개요	193
4.3.2	자연환경(23)~(32)	193
4.3.2.1	평균 풍속	193
4.3.2.2	폭풍	194
4.3.2.3	태풍	195
4.3.2.4	안개	196
4.3.2.5	강수	197
4.3.2.6	조류	199
4.3.2.7	파랑	199
4.3.2.8	자연환경의 종합적 특징	200
4.3.3	교통 및 해양사고분석	201
4.3.3.1	교통량 현황	201

4.3.3.2	해양사고 조사 분석	203
4.3.4	비용편익 산출의 적용	206
4.3.4.1	안전편익의 산출	206
4.3.4.2	수송편익의 산출	209
4.3.4.3	잔존가치	213
4.3.4.4	비용항목	213
4.3.4.5	계산기간과 사회적 할인율	215
4.3.4.6	평가지표	216
4.3.4.7	운영효과분석 총괄표	220
4.3.5	운영효과편익산출의 적용결과	222
4.3.6	다른 모델과의 비교	223
4.4	요약	225
제5장	결 론	228
참고문헌	234

기호 설명

ADC	:	해양사고 감소에 따른 손실 회피비용
ADR	:	운영에 따른 해양사고감소척수
ALDR	:	선종·톤급·손상정도별 해양사고감소척수
ALP	:	손상정도별 척수비율
AP	:	해양사고발생확률
B	:	편익
B_k	:	k편익의 현재가치
B_{kt}	:	기준년도에서 t년째의 k편익
B_t	:	t 년차의 편익,
C	:	비용
C_ℓ	:	ℓ 비용의 현재가치
$C_{\ell t}$:	기준년도에서 t년째의 ℓ 비용
C_t	:	t 년차의 이익
CBR(B/C)	:	비용편익비(Cost Benefit Ratio)
CC_{ij}	:	선종/톤급별 용선료(어선은 휴업손실비용)
CL_j	:	1척당의 컨테이너 적재량
CNT_j	:	톤급별 외항 컨테이너선의 통항 소요시간
CS_{uk}	:	국내무역 단위적재화물 품목 k별 연간 화물량
CT_c	:	대외무역 컨테이너 화물의 수송시간 비용
CT_u	:	국내무역 단위적재 화물의 수송시간 비용
CTV_{uk}	:	국내무역 단위적재화물 품목 k별 시간비용원단위
CVM	:	조건부 가치추정법(Contingent Valuation Method)
D	:	대상해역의 연간통항선박척수
DC_1	:	선박 손상에 따른 손실비용
DC_2	:	선박 보수기간 중의 손실비용
DC_{21}	:	일반 선박의 손실비용
DC_{22}	:	어선 손실비용
DC_3	:	인적 손실비용
DC_{31}	:	사망자의 인적 손실비용
DC_{32}	:	부상자의 인적 손실비용
DC_4	:	화물 손실비용

DC ₅	: 해양사고 선박처리에 따른 손실비용
DC ₆	: 유출유에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용
DDR _k	: 해양사고 손상정도별 선체 손상을
DPC _{ip}	: 사망자 1인당 인적 손실비용
DR	: 해양사고건수의 감소율
DWP	: 연간통항선박척수에서의 선종·톤급별 척수비율
EIRR	: 경제적 내부수익률(Economic internal Rate of Return)
ET	: 물리적인 내구연한
FLR _{ij}	: 선종/톤급별 화물 적재율
GO	: Gross Output
GT _{ij}	: 선종/톤급별 중량 톤수
IFR _k	: 손상정도별 화물 손상을
IPC _{ip}	: 부상자 1인당 인적 손실비용
IRR	: 내부수익률
IR_t	: 각 t년도의 교통량 증가율
IV	: 설치 때의 가치
LFC _{ij}	: 선종/톤급별 적재화물 톤 단가
MC _k	: 손상정도별 해양사고 처리비용
N _{ij}	: 선종/톤급별 연간 통항 선박 척수
N _j	: 외항 컨테이너선의 연간 통항선박 척수
NA	: 해양사고척수
NDP _{ik}	: 손상정도별 1척당 사망자 수
NIP _{ik}	: 손상정도별 1척당 부상자 수
NPV	: 순현재가치(Net Present Value)
NSP _{ij}	: 선종/톤급별 신조선가
NT _{ij}	: 선종/톤급별 통항 소요시간
OC	: 해양사고 연간 평균발생건수
OO _{ik}	: 해양사고 선박 1척당 유출유량
OOC	: 유출 유량손실비용
RT _{ik}	: 선종/손상 정도별 보수기간
SCR _{ij}	: 신조선가 대비 폐선가의 비율
SV	: 잔존가치

TB	: 해상수송 비용 삭감비용
TC	: 수송비용
TCO	: without시의 해상수송 비용
TCW	: with시의 해상수송 비용
TSS	: 교통분리대
UT	: 사용년수
UTC _c	: 대외무역 컨테이너 화물 시간비용 원단위
UTC _{ij}	: 선종/톤급별 단위시간 당 수송비용
VT _{ij}	: 선박의 통항 소요시간원단위
WTP	: 지불의사비용(willingness to pay)
YN	: 연간통항선박척수
ℓ	: 비목
δ	: 해양사고발생계수

표 목차

<표 2-1> 사업평가의 종류	10
<표 2-2> 비용/편익 사례 분석표(1999년~2005년)	16
<표 2-3> 건설교통부 비용편익분석 사례	17
<표 2-4> 해양수산부 비용편익분석 사례	18
<표 2-5> 문화관광부 비용편익분석 사례	19
<표 2-6> 재정경제부 비용편익분석 사례	20
<표 2-7> 기타부처 비용편익분석 사례	21
<표 2-8> 국내 비용편익분석사례 조사표	22
<표 2-9> 충돌과 좌초로 인한 사망자 수 : 유럽수역(1978~1982)	26
<표 2-10> COST 301 지역에서의 사고의 심각여부	29
<표 2-11> 크기와 형태에 의한 선박의 간접적 가치	30
<표 2-12> 연구해역의 VTS 효과표	35
<표 2-13> 충돌과 좌초의 예상건수	35
<표 2-14> VTS 환경에서 예상 재난건수	36
<표 2-15> 059지역에서 인명구조의 VTS 효율성	37
<표 2-16> 059 지역에서 인명구조의 VTS 효율성의 현재가치	38
<표 2-17> 059지역 선박과 화물에 대한 손실 절감,	38
<표 2-18> 059 해역에서의 VTS의 정량화된 비용과 편익	39
<표 2-19> 059 지역에서의 VTS의 비용편익비율	40
<표 2-20> 지역 059에서 VTS의 정량화된 비용과 편익	41
<표 2-21> 과거의 사고건수	47
<표 2-22> 선종별 크기별의 손실액 설정치	47
<표 2-23> 최종평가	48
<표 2-24> 해난의 감소 및 그에 따른 효과(피해감소)	49
<표 2-25> 편익의 계산표	50
<표 3-1> 시각표지의 종류와 기능	55
<표 3-2> 전파표지의 종류 및 기능	58
<표 3-3> 대상사업별 해양사고 감소율(DR)	67
<표 3-4> 해양사고 손상정도 구분	70
<표 3-5> 어선의 신조선가(NSPij)	72

<표 3-6> 일반선박의 선종/톤급별 신조선가(NSPij)	72
<표 3-7> 해양사고 손상정도별 선체 손상율(DDRk)	73
<표 3-8> 선종/손상 정도별 보수 기간 (RTik)	75
<표 3-9> 일반선박의 선종/톤급별 용선료	76
<표 3-10> 어선의 휴업 손실비용	77
<표 3-11> 손상정도별 1척당 사망자 수	79
<표 3-12> 손상정도별 1척당 부상자 수	79
<표 3-13> 사망자/부상자 1인당 인적 손실	80
<표 3-14> 선종/톤급별 적재화물 톤수(LFCij)	81
<표 3-15> 선종/톤급별 중량 톤수(GTij)	82
<표 3-16> 선종/톤급별 화물 적재율(FLRij)	82
<표 3-17> 손상정도별 화물 손상율(IFRk)	83
<표 3-18> 손상정도별 해양사고 선박처리비용(SSk)	84
<표 3-19> 해양사고 선박 1척당 유출유량 (OO1, OO2)	85
<표 3-20> 단위 유출량 당 손실비용(OOC)	85
<표 3-21> 해양사고건수 및 선박입항 총톤수의 현황	86
<표 3-22> 항해속력 설정(일반선박 및 20톤 이상의 어선 등)	90
<표 3-23> 항해속력 설정(20톤 이하의 소형 어선 등)	90
<표 3-24> 선종/톤급별 단위시간당 수송비용(일반선박)	92
<표 3-25> 톤급별 단위시간당 수송비용(어선)	92
<표 3-26> 대외무역 컨테이너 화물의 시간비용	94
<표 3-27> 컨테이너선 1척당 적재 컨테이너 개수 산출식	94
<표 3-28> 대외무역 컨테이너 1TEU 당 수송 화물량	95
<표 3-29> 국내무역 단위적재 화물시간 비용	95
<표 3-30> 페리, RORO선 1척당 적재가능 화물량	95
<표 3-31> 내항 컨테이너선 1척당 적재가능 화물량	96
<표 3-32> Freight ton(FT)와 메트릭톤(MT) 환산 계수	96
<표 3-33> 해상교통안전시설 사업에 따른 항해거리 단축량	97
<표 3-34> 건설비 계산의 필요항목	98
<표 3-35> 유지비	99
<표 3-36> 비용편익분석의 계산 시기	101
<표 3-37> 물리적인 내구연한	102
<표 3-38> 편익의 현재가치 산정표	107

<표 3-39> 비용의 현재가치 산정표	108
<표 3-40> 항해자의 심리적 부담 경감효과	110
<표 3-41> 심리적 부담 경감효과 산출의 with - without 설정	111
<표 3-42> 해상교통안전시설사업의 심리적 부담	112
<표 3-43> 민감도분석 방법	116
<표 3-44> 비용편익분석 모델의 요약표	121
<표 3-45> 운영효과분석 총괄표	126
<표 3-46> 연안 VTS 운영효과분석을 위한 본 모델과	131
<표 4-1> 월 평균풍속(m/s)	135
<표 4-2> 월 평균 폭풍일수($\geq 13.9\text{m/s}$)	136
<표 4-3> 월별 최대순간풍속(m/s) 및 풍향	137
<표 4-4> 최근 10년(1995~2004)동안 서해에 영향을 미친 태풍 일람	137
<표 4-5> 월 평균 안개발생일수	138
<표 4-6> 월 평균 안개계속시간	138
<표 4-7> 평균 강수량(mm)	139
<표 4-8> 월 평균 강수일수($\geq 0.1\text{mm}$)	139
<표 4-9> 월 평균 강수 계속시간	139
<표 4-10> 월 평균 적설량(cm)	140
<표 4-11> 월 평균 강설일수	140
<표 4-12> 인천항 비조화상수	141
<표 4-13> 평균유의과고(m) 및 최대유의과고(m) · 파향	141
<표 4-14> 전체 입항척수, 물동량, 물동량지수,	143
<표 4-15> 예상 연간 물동량, 전체 입항척수 및	148
<표 4-16> 선박종류별 해양사고 발생현황	150
<표 4-17> 선박톤수별 해양사고 발생현황	151
<표 4-18> 사고종류별 해양사고 발생현황	151
<표 4-19> 사고원인별 해양사고 발생현황	151
<표 4-20> 해양사고로 인한 인명사고 현황	152
<표 4-21> 지불의사비용 및 연간 심리적 부담 경감비용	155
<표 4-22> 인천 조류신호소의 정보에 대한 지불의사비용(WTP)	156
<표 4-23> 인천 조류신호소의 건설비 현황	157
<표 4-24> 월 평균풍속(m/s)	166
<표 4-25> 월 평균 폭풍일수($\geq 13.9\text{m/s}$)	167

<표 4-26> 월별 최대순간풍속(m/s) 및 풍향	168
<표 4-27> 최근 10년(1995~2004)동안 서해에 영향을 미친 태풍 일람	168
<표 4-28> 월 평균 안개발생일수	169
<표 4-29> 월 평균 안개계속시간	169
<표 4-30> 평균 강수량(mm)	170
<표 4-31> 월 평균 강수일수($\geq 0.1\text{mm}$)	170
<표 4-32> 월 평균 강수계속시간	170
<표 4-33> 월 평균 적설량(cm)	171
<표 4-34> 월 평균 강설일수	171
<표 4-35> 목포항 비조화상수	172
<표 4-36> 평균유의파고(m) 및 최대유의파고(m) · 파향	172
<표 4-37> 전체 입항척수, 물동량 및 물동량지수 현황(목포항)	174
<표 4-38> 예상 연간 물동량, 전체 입항척수(목포항)	177
<표 4-39> 선박종류별 해양사고 발생현황	179
<표 4-40> 선박톤수별 해양사고 발생현황	179
<표 4-41> 사고종류별 해양사고 발생현황	179
<표 4-42> 사고원인별 해양사고 발생현황	180
<표 4-43> 해양사고로 인한 인명사고 현황	180
<표 4-44> 유류비 소비 현황(목포청)	185
<표 4-45> 운영률 향상의 연간 편익(목포청)	186
<표 4-46> 월 평균풍속(m/s)	193
<표 4-47> 월 평균 폭풍일수($\geq 13.9\text{m/s}$)	194
<표 4-48> 월별 최대순간풍속 및 풍향	195
<표 4-49> 최근 10년(1995~2004)동안 서해에 영향을 미친 태풍 일람	196
<표 4-50> 월 평균 안개발생일수	197
<표 4-51> 월 평균 안개계속시간	197
<표 4-52> 평균 강수량(mm)	197
<표 4-53> 월 평균 강수일수($\geq 0.1\text{mm}$)	198
<표 4-54> 월 평균 강수계속시간	198
<표 4-55> 월 평균 적설량(cm)	198
<표 4-56> 월 평균 강설일수	199
<표 4-57> 진도해역 비조화상수	199
<표 4-58> 평균유의파고(m) 및 최대유의파고(m) · 파향	200

<표 4-59> 선박종류별 해양사고 발생현황	204
<표 4-60> 선박톤수별 해양사고 발생현황	205
<표 4-61> 사고종류별 해양사고 발생현황	205
<표 4-62> 사고원인별 해양사고 발생현황	205
<표 4-63> 해양사고로 인한 인명사고 현황	206
<표 4-64> 해양사고 감소건수 및 비용	208
<표 4-65> 선박사고 처리비용	209
<표 4-66> 항행거리 단축량	211
<표 4-67> 해상수송 비용 삭감총액	213
<표 4-68> 건설비 현황	213
<표 4-69> 연간 유지운영비 현황	214
<표 4-70> 인건비 현황	215
<표 4-71> 비용편익계산에 대한 유럽모델과의 비교·검증	224

그림 목차

<그림 1-1> 연구의 방법	2
<그림 2-1> 사업평가의 흐름도	10
<그림 2-2> 해상교통안전시설의 평가시점 및 종합적, 체계적 평가	12
<그림 2-3> 조사의 흐름도	43
<그림 2-4> 장래의 선박재해의 예측	45
<그림 2-5> 선박 재해의 예측	45
<그림 3-1> 운영효과분석의 순서	62
<그림 3-2> 안전편익산출 Flow Chart	64
<그림 3-3> 손실회피비용 산정 Flow Chart	68
<그림 3-4> 수송 편익 산출 Flow Chart	87
<그림 3-5> with시와 without시의 연간 통항선박 척수가 같을 경우의 수송편익 파악방법	88
<그림 3-6> with시와 without시의 연간 통항선박 척수가 다를 경우의 수송편익 파악방법	89
<그림 4-1> 인천의 연 평균바람의 바람장미	136
<그림 4-2> 인천해역의 일일 AIS 항적(7.15)	144
<그림 4-3> 인천갑문 중심의 일일 ARPA 항적(7.15)	144
<그림 4-4> 인천항의 척당 물동량지수의 예측추세(인천항)	146
<그림 4-5> 과거 10년간 1,000톤 이상의 선박비중(인천항)	147
<그림 4-6> 해양사고 발생장소(1999~2005)	149
<그림 4-7> 연도별 해양사고 발생빈도	150
<그림 4-8> 해양기상별 해양사고 백분율	152
<그림 4-9> 목포의 연 평균바람의 바람장미	167
<그림 4-10> 목포해역의 일일 AIS 항적(8.9)	175
<그림 4-11> 목포구 등대 중심의 일일 ARPA 항적(8.8)	175
<그림 4-12> 척당 물동량지수의 예측추세(목포항)	176
<그림 4-13> 해양사고 발생장소(1999~2005)	178
<그림 4-14> 연도별 해양사고 발생빈도	178
<그림 4-15> 해양기상별 해양사고 발생현황	181
<그림 4-16> 목포의 연 평균바람의 바람장미	194

<그림 4-17> 진도해역의 일일 AIS 항적(8.13)	202
<그림 4-18> 하조도 등대 중심의 일일 ARPA 항적(8.13)	202
<그림 4-19> 해양사고 발생장소(1999~2005)	203
<그림 4-20> 연도별 해양사고 발생빈도	204
<그림 4-21> 해양기상별 해양사고 발생현황	206
<그림 4-22> 수송편의 계산 Flow	210
<그림 4-23> 항행거리 단축량(북상)	211
<그림 4-24> 항행거리 단축량(남하)	212

A Study on Cost and Benefit Model for the Operational Effect of Maritime Traffic Safety Facilities

Piao, Yong-nan

*Department of Ship Operating System Engineering
Graduate School of Korea Maritime University*

Abstracts

In this research, firstly, the analysis of domestic and foreign instances, the functions for maritime safety facilities, the maritime traffic survey, the statistical survey for maritime traffic data and the statistical survey for marine accidents have been done in order judge the economical efficiency of maritime traffic safety facilities from the sides of economical and effective analysis against the investment of public works. And the analysis of operation-effectiveness was carried out under applying in actual maritime traffic safety facilities after constructing a Cost and Benefit Analysis for the operational effect.

The method and process of evaluation used the quantitative evaluation method which is possible and the case where quantitative evaluation method is difficult applied the qualitative evaluation method. In this case, it is evaluated on the basis on an objective information and data or fact, which is possible. The processes of evaluation were divided by 3 phases. The phase 1 is the pre-evaluation that is done before establishing a maritime

traffic safety facility. The phase 2 is post-evaluation that is done after establishing a maritime traffic safety facility. The phase 3 is re-evaluation that it follows the alteration and improvement in change of the legal and technical environment. And an analysis for the operational effectiveness will be practically carried out.

The cost and benefit model for the operational effect was established by classifying the transportation, safety and other benefit. The loss evasion expense which it follows in marine accident decrease was changing at monetary value, and the safety benefit was produced from it. By calculating navigational time, the operation timely shortening ratio which it follows in decrease of navigational time and an operational curtailment expense produced as the transportation benefit.

With the technical advance, the existing maritime traffic safety facilities are changed in demand of the new equipment. Other benefits were produced from the different characteristics between the old and new. The method that each item became quantitative proposed.

The proposed cost benefit model was applied with the evaluation for Incheon tidal current signal station, Mokpo Aton monitoring and control center and Jindo coastal VTS system after producing the benefits and calculating the costs.

The all results of cost-benefit were bigger than 1 and the all net present value were bigger than 0. And the economic internal benefit rate came out a large scale compared to the social discount ratio. It is likely that it was evaluated that it has propriety economically.

제1장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

어느 국가라도 정부의 공공부문 계획사업에 대한 지출효과는 막대하다. 정부 지출은 민간부문에서 다룰 수 없는 국방, 사회간접자본의 건설, 기초과학연구, 빈곤구제 등 많은 분야를 포함한다. 특히 공공의 안전을 확보하기 위한 공공재에 대한 투자는 시장원리로는 제공할 수 없는 특성을 가지고 있기 때문에 정부의 역할이 반드시 필요하다.

그러나 정부의 지출은 국민의 세금으로 예산을 편성하여 집행되기 때문에 제한된 자원을 효율적으로 분배하여 사용하는 것이 중요하다. 공공투자사업을 선정해야 하는 정부는 충분한 분석 및 현명한 선택을 하여야 한다. 즉, 정부의 공공투자사업을 현명하게 선정하기 위해서는 이에 대한 합리적인 분석절차와 방법이 필요하다. 따라서 과거의 정치적 논리나 단순한 당위성을 근거로 하는 무분별한 공공재의 투자를 지양하고 일정한 원칙과 기준에서 공공부문의 사업투자에 대한 효과를 분석해야 한다.

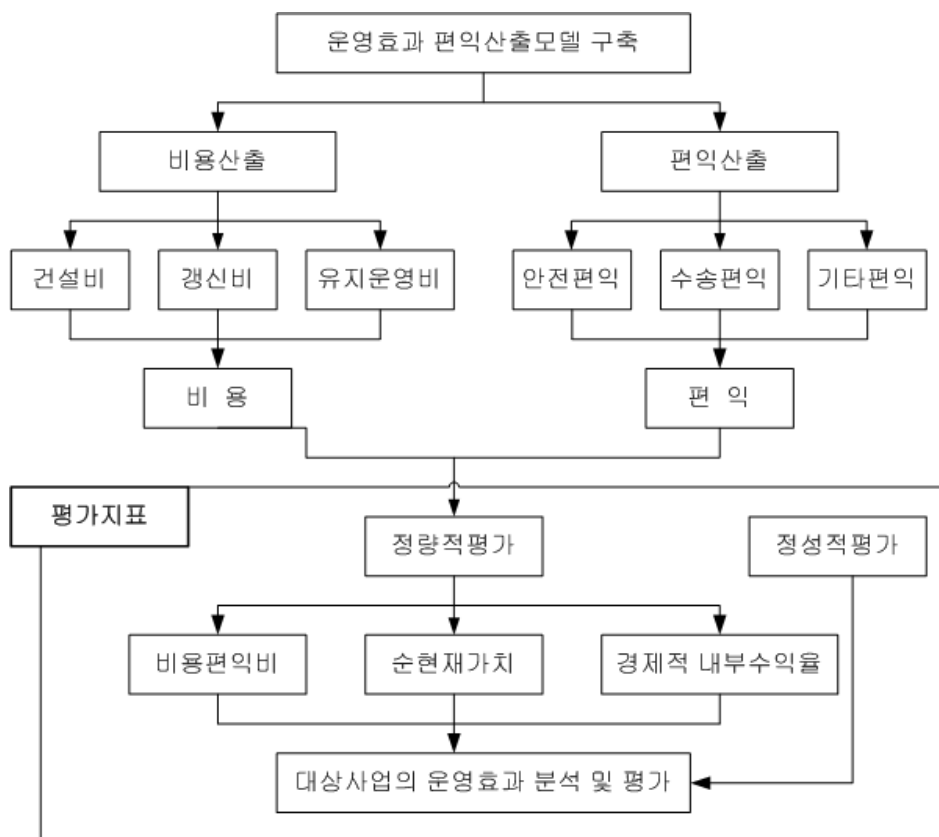
본 연구는 공공투자사업에 속하는 해상교통안전시설의 운영효과분석의 편익을 산출하고 비용을 계산하여 운영효과분석을 행하는 것을 목적으로 한다. 정부는 해상물동량의 증가에 따른 주요 항만을 입·출항하는 화물선박의 증가 및 어업활동 등의 증가로 인하여 사고에 노출되어 있는 연안을 향해하는 선박들의 안전을 도모하기 위해 해상교통안전시설에 투자를 확대하고 있다. 그러나 이의 운영효과에 대한 분석방법과 분석모델이 현재 미흡하여 운영효과분석을 하기에 너무나 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내외 공공사업의 운영효과 분석방법을 통해 해상교통안전시설 사업에 대한 운영효과 편익산출모델을 구축하고자 한다. 또한 운영효과에 대한 평가방법은 가능한 정량적인 평가방법을 사용하고 정량적인 평가방법이 곤란한 경우는 정성적인 평가방법을 적용하였으며 구축된 해상교통안전시설의 운영효과 편익산출모델을 실제 조류신호시스템, 항로표지집약관리시스템, 연안VTS에 적용하여 운영효과에 대한 편익을 산출하고 비용을 계산하여

운영효과를 분석한다.

1.2 연구의 방법

본 연구의 방법에서는 운영효과에 대한 평가방법으로 가능한 한 구체적인 지표·수치에 의한 정량적인 평가방법을 사용하고 정량적인 평가방법이 곤란한 경우는 정성적인 평가방법을 적용하였으며 평가절차에서는 사전평가, 중간평가, 재평가로 구분하였다. 그리고 국내외 공공사업의 운영효과 분석방법 및 사례조사를 통해 해상교통안전시설의 운영효과 편익산출모델을 구축하고 이에 따른 분석방법을 개발하였다. 운영효과 편익산출모델을 구축하기 위하여 편익산출을 안전편익과 수송편익 및 기타편익으로 나누어 산출하였다.



<그림 1-1> 연구의 방법

편익산출에서 해상교통안전시설의 운영에 따른 효과를 화폐가치로 환산한 것이다. 해상교통안전시설사업은 각각 대상사업의 특징에 따라 편익 발생구조가 다르므로 대상사업이 하는 역할과 실시목적 등을 고려해서 편익을 산출한다.

본 모델에서는 해상교통안전시설사업의 효과 중에서 화폐가치 환산이 가능한 해양사고감소를 안전편익으로, 운항능률에 따른 운항시간단축과 운항경비절감 등은 수송편익으로, 안전편익과 수송편익 이외의 편익을 기타편익으로 산출한다. 그리고 시설, 기기, 토지 등의 잔존가치도 편익에 포함시켜 산출한다.

비용의 산정은 건설비, 유지보수비, 기기갱신비로 하고, 사업계획의 연도별 비용을 사용한다. 일반적으로 비용은 사업에 투여되는 모든 비용을 포함한다.

평가지표는 사업의 투자 효율성을 다양한 시점에서 판단할 수 있는 환경을 갖추고, 사업평가 결과의 투명성을 높이기 위해 운영효과분석에서는 비용편익비, 순현재가치, 경제적 내부수익률 등 세 가지 지표 및 정량적, 정성적 분석결과를 사용하여 대상사업을 평가한다.

본 연구에서 구축한 모델을 실제로 인천조류신호소, 목포집약관리시스템, 진도 연안VTS에 적용하여 운영효과를 분석하고 평가한다.

1.3 연구의 동향

비용·편익분석에 대한 이론적 연구는 그 역사가 그리 길지 않다. 비용·편익분석의 기초개념이 공식적으로 처음 등장한 것은 19세기 말 프랑스 경제학자인 듀퐁(J. Dupuit)의 연구¹⁾라는 것이 일반적인 통설이다. 비용·편익분석이 좀 더 본격적으로 개발된 것은 20세기에 들어와서 후생경제학이 발전되고 난 후부터이다.

후생경제학에서는 정부부문의 공공지출 효율화 문제가 주요한 연구대상이 되었으며, 제한된 자원의 합리적 이용을 위해서는 공공투자도 민간투자 못지않게 혹은 보다 더 효율적이라야만 그 당위성이 존재한다는 논리에 입각하여 양 부문의 투자효율에 대한 비교분석이 활발하게 전개되었다. 여기서의 주관심사는 사회후생의 극대화라는 전제하에 민간지출과 공공지출간의 균형을 바탕으로 이

를 정부사업에 실제 적용시키고자 하는 시도를 처음으로 한 나라는 역시 미국이었다. 미국정부는 1939년에 홍수방지법안을 통과시키면서 홍수방지대책에서 주민들에게 돌아가는 혜택이 비용을 초과해야 한다는 원칙을 설정하였다. 그러나 비용과 편익을 어떻게 규정하고 측정해야 하는가에 대한 구체적인 지침은 그 때까지 없었다.

그러다가 1950년에 미국의 「Federal Inter-Agency Committee on Water Resources」에서 수자원 관리를 위하여 강유역(江流域) 사업들에 대한 타당성 분석 보고서를 작성하게 되었는데 이 보고서를 통상 'Green Book'이라고 불렀다. 1958년에 최종 완성된 이 Green Book에서 현대적 의미의 비용·편익분석 방법이 소개되었고, 오늘날의 정부사업평가의 기초가 마련되었다. 이와 동시에 좀 더 확고한 이론적 토대가 여러 학자들에 의하여 마련되었는데, 대표적인 학자가 엑스타인(O. Eckstein), 맥킨(R. N. Mckean) 및 돌프만(R. Dorfman) 등이었다. 1965년 미국의 존슨(Lynden B. Johnson) 대통령은 '위대한 사회건설'이라는 모토 아래 각종 사회프로그램들을 확대시켰는데 이 때 재정팽창을 우려하여 모든 주요 정부프로그램 및 사업들에 대해서는 비용·편익분석을 행하고 이에 따라 선정된 대안들만을 예산에 반영토록 하는 기획예산제도(PPBS : Planning Programming and Budgeting System)를 채택하도록 하였다. 미국의 PPBS는 대체로 실패하였다고 하겠으나 이를 계기로 미국정부기관에 기획예산의 개념이 소개되면서 비용·편익에 대한 분석이 매우 정교하게 발전되었다. 1970년대에 들어와서는 UN(United Nations), OECD(Organization for Economic Cooperation and Development) 및 IBRD(International Bank for Reconstruction and Development) 등에서 비용·편익분석의 기법을 더욱 발전시켜 이를 후진국의 개발계획 또는 개발프로젝트 등의 분석에 광범위하게 적용함으로써 비용·편익분석의 발전에 크게 공헌하여 오늘에 이르고 있다.

1980년대와 1990년대에 걸쳐서 비용·편익분석은 새로운 전기를 마련하게 되었다. 이는 많은 나라에서 삶의 질 향상과 관련하여 환경보존의 중요성을 인식하고 환경에 영향을 주는 정책결정에 비용·편익분석을 도입하도록 하였기 때문이다. 민간기업에서도 자신들의 대규모 투자 사업이 장기적으로 어떠한 사회적 편익과 비용을 유발할 것인가를 파악하는 것이 정부의 각종 규제절차에 적절히 대응할 수 있다는 판단 아래 비용·편익분석을 중요한 의사결정수단으로

활용하고 있는 것이 지금의 추세이다.

현재 대한민국에서의 예비타당성조사 제도는 대규모 개발 사업에 대한 개괄적인 조사를 통하여 경제성 분석, 정책적 분석, 투자우선순위, 적정투자시기, 재원조달방법 등 사업의 타당성을 검증함으로써 대형 신규 사업의 신중한 착수와 재정투자의 효율성을 높이기 위한 제도이다. 타당성조사가 주로 기술적 타당성을 검토하는 반면, 예비타당성조사는 경제적 타당성 및 정책적 타당성을 주된 검토 대상으로 삼고, 또한 조사 기관도 타당성조사는 사업주무부처가 담당하는 반면, 예비타당성조사는 기획예산처가 담당한다. 예비타당성조사의 법적 근거가 되는 현행 예산회계법시행령 제9조의 2는 총사업비 500억 원 이상인 공공건설사업은 예비타당성조사를 통하여 타당성이 검증된 경우에 한하여 타당성조사·기본설계비→실시설계비→보상비→공사비의 순서로 예산을 반영하되, 원칙적으로 각 단계가 종료된 후에 다음 단계의 예산을 단계적으로 반영하도록 규정하고 있다.

대상사업의 요건은 예비타당성조사 대상사업은 국고지원을 수반하는 총사업비 500억원 이상의 신규 공공건설사업 및 공공개발 사업으로서 국고지원을 수반하는 사업이어야 하고 국가 직접 시행사업, 국가 대행사업, 국고가 지원되는 지자체 사업이어야 한다. 총사업비는 설계비, 보상비, 공사비 등 사업추진관련 모든 경비를 포함한 비용이다. 관리사업에는 국고뿐만 아니라 지자체 지원, 민자유치사업 등도 포함한다.

해상교통안전시설의 사업비용은 현재 많아야 100억 원대이므로 예비타당성조사는 행하지 않았었다. 그러므로 본 연구에서는 한국최초로 해상교통안전시설에 대한 비용편익분석을 하였으며 향후 본 연구를 시점으로 해상교통안전시설에 대한 비용편익분석이 활발히 진행될 것으로 확신한다.

1.4 연구의 내용

본 연구는 공공사업의 투자에 대한 비용·편익분석, 비용·효과분석 측면에서 해상교통안전시설에 대한 운영효과의 편익을 산출하고 분석하는 것이다.

공공사업의 국내외 비용·효과분석 방법을 조사하여 해상교통안전시설의 운

영효과 편익산출모델을 구축하여 해상교통안전시설사업에 대한 평가를 실시한다. 모델의 적용은 인천조류신호소, 진도항로표지종합관리소 및 목포집약관리시스템 운영에 따른 편익을 산출하고 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다.

제1장은 서론으로 연구의 배경과 목적, 연구의 방법, 연구의 동향과 연구의 내용에 대해 기술한다.

제2장에서는 운영효과에 대한 평가방법은 가능한 한 구체적인 지표·수치에 의한 정량적인 평가방법을 사용하고 정량적인 평가방법이 곤란한 경우는 정성적인 평가방법을 적용한다. 평가절차에서는 사전평가, 중간평가, 재평가로 구분한다. 그리고 국내의 1999년부터 2005년까지의 국채사업에 대한 비용편익 분석사례 및 국외의 해상교통시설에 대한 운영효과 분석사례를 조사·분석하여 기술한다.

제3장은 해상교통안전시설의 운영효과분석 모델의 수립에서는 해상교통안전시설의 정의와 그 종류들로는 시각표지, 전파표지, 음파표지, 특수신호표지와 집약관리시스템이 있으며 그들의 기능에 대하여 서술한다. 그리고 해상교통안전시설의 운영효과의 편익산출모델에서는 모델수립의 기본원칙과 모델을 수립하는데 필요한 데이터와 자료를 제시하고 분석모델의 적용범위에 대하여 서술한다.

운영효과분석의 편익산출에서는 해상교통안전시설의 운영효과 중에서 편익은 크게 안전편익과 수송편익 그리고 기타편익으로 구분한다. 안전편익의 산출에서는 해양사고 감소율을 산출하고 그에 따른 해상교통안전시설에 의한 손실회피효과를 화폐가치로 환산한 것이 안전편익으로 산출한다. 수송편익에서는 통항소요시간의 계산을 통하여 통항소요시간의 감소에 따른 운항시간 단축율, 운항경비 절감비용을 수송편익으로 산출한다. 기타편익에서는 해상교통안전시설의 운영으로 표지선의 유류절감비용과 항로표지의 운영율의 증가에 따른 운영경비절감 등 안전편익과 수송편익 이외의 모든 편익을 산출한다. 비용의 산출

에서 계산하는 비용은 건설비, 유지보수비, 기기갱신비로 하고, 사업계획의 연도별 비용을 사용한다.

제4장은 해상교통안전시설의 운영효과 편익산출모델을 실제로 해양수산부에서 운영·관리하는 인천조류신호소, 목포집약관리시스템, 진도 연안 VTS에 적용하여 안전편익과 수송편익 및 기타편익을 산출한다. 비용은 건설비, 유지보수비, 기기갱신비로 산출하고, 사업계획의 연도별 비용을 사용한다. 운영효과분석에서는 「비용편익비, 순현재가치, 경제적 내부수익률」의 세 가지 지표 및 정량적, 정성적으로 분석한다.

제5장은 본 연구의 결론으로 구성한다.

제2장 해상교통안전시설의 운영효과에 대한 평가방법 및 절차

해상교통안전시설의 운영효과에 대한 평가는 과학적이고 체계적인 분석과 평가 및 절차가 필요하다. 특히 최근 들어 여러 나라에서는 예산의 효율성을 높이기 위하여 평가의 중요성은 더욱더 커질 것으로 보인다. 이 장에서는 평가의 의의, 목적, 종류 등에 관하여 분석한 후 평가방법 및 절차에 대하여 기술하고 국내외의 평가사례를 구체적으로 분석한다.

2.1 평가방법 및 절차

2.1.1 사업평가

사업평가는 예산사업, 규제정책 등 각종 사업과 정책에 대한 과학적이고 체계적인 분석과 평가를 통해 유용한 정보를 생산해내는 작업을 의미한다. 특히 최근 들어 여러 나라에서는 예산의 효율성을 높이기 위한 관심과 노력이 증대되고 있는 실정을 감안할 때 평가의 중요성은 더욱더 커질 것으로 보인다.

2.1.1.1. 사업평가의 의의

해상교통안전 시설의 사업평가는 사전평가, 재평가 및 사후평가를 포함하고 있다. 사업평가는 “특정사업의 중요한 제반측면과 그 가치를 체계적이고 분석적으로 평가하고 평가결과의 신뢰성과 유용성을 추구하는 일”이라고 정의할 수 있다. 이러한 정의에 의거 그 주요 특성은 다음과 같다.

- 첫째, 사업평가는 분석적이어야 된다.
- 둘째, 사업평가는 체계적이어야 한다.
- 셋째, 신뢰성을 확보해야 한다.
- 넷째, 사업평가는 이슈중심으로 이루어져야한다.

다섯째, 사업평가는 수요자의 요구에 부합해야 한다.

그리고 정책분석과 사업평가의 차이점을 고려해 보면, 정책분석은 미래사업의 여러 가지 대안을 사전적으로 평가하는데 반하여 사업평가는 사후적인 평가를 의미하는 경우가 많다.

2.1.1.2 사업평가의 목적

사업평가의 목적은 더 나은 정보를 제공하고 공공정책과 공공사업의 책임성을 높임으로써 정책결정의 합리성을 제고하는데 있다. 즉 사업평가는 정책결정이 보다 많은 정보를 바탕으로 보다 합리적으로 이루어질 가능성을 높인다. 사업관리는 흔히 “계획 및 준비→예산배정→집행→평가→평가결과의 피드백”이라는 일련의 과정을 거쳐 이루어진다.

그러므로 사업평가는 이러한 과정을 완결하는 작업이며, 평가결과에 따라 사업은 개선, 확대, 폐지 또는 대체된다. 이 과정에서 사업평가는 의사결정의 합리성을 제고하고 예산배분의 효율성을 높이며 책임성 확보 수단을 제공하는 역할을 수행한다.

한편 사업평가의 주요 논점은 다음과 같이 나누어진다.

1. 사업의 적절성: 사업의 제반목표가 얼마나 잘 설정되어 있는가?
2. 사업의 효율성: 투입 대비 산출이 얼마나 큰가?
3. 사업의 효과성: 사업의 목표가 제대로 달성되었는가?
4. 사업의 효용성: 사업의 영향이 실제로 사업의 수요를 얼마나 충족시키고 있는가?
5. 사업의 지속가능성: 사업이 중단되었을 때 사업으로 인한 긍정적인 변화가 얼마나 오랫동안 지속될 수 있을 것인가?

2.1.1.3 사업평가의 종류

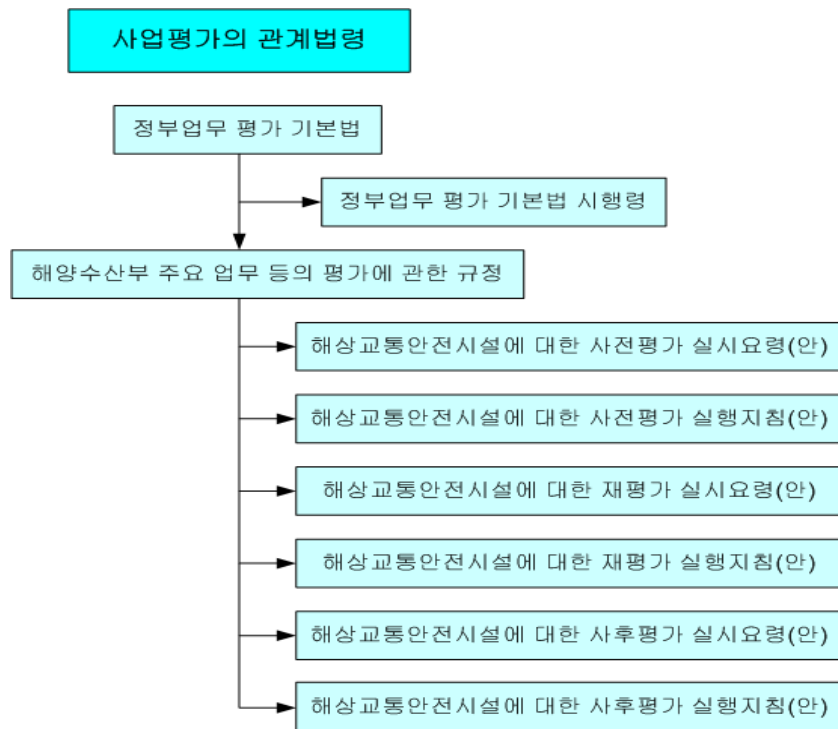
사업평가는 크게 세 가지 방식으로 구분된다. 첫째, 운영평가와 효과평가, 둘째, 중간평가와 사후평가, 셋째, 내부평가와 외부평가로 구분하는 것이다. 다음

<표 2-1>은 이들 간의 특징을 요약하고 있다.

<표 2-1> 사업평가의 종류

운영평가와 효과평가		중간평가와 사후평가		내부평가와 외부평가	
운영 평가	사업의 관리와 집행을 개선코자 함(대상; 사업관리 주체)	중간 평가	사업집행 도중에 실시되는 평가	내부 평가	내부인력에 의해 평가
효과 평가	사업의 본질적인 효과성 검증(대상; 외부 이해관계자)	사후 평가	사업완료 후에 실시되는 평가	외부 평가	외부인력에 의해 수행

2.1.2 사업평가의 기본 구조



<그림 2-1> 사업평가의 흐름도

2.1.2.1 평가의 개념

정부혁신의 일환으로 도입되는 운영효과평가는 “국가의 행정기관이 주체가 되어 운영효과 등을 측정, 분석을 하고 일정한 기준에 따라 객관적인 판단을 함으로써 사업의 기획, 입안 및 수행에 도움을 주는 정보를 제공하는 것”으로서, ‘기획 및 입안(plan),’ ‘실시(do),’ ‘평가(see)’를 주요 요소로 하는 사업관리의 큰 흐름 속에서 ‘평가’ 부분을 제도화한 것이다.

‘운영효과평가’에서의 ‘운영효과’란 해상교통안전을 향상시키기 위한 특정 목적이나 목표를 가지며 예산 및 인력 등 공공자원의 투입과정인 해상교통안전시설의 설치 및 운영활동을 해상교통안전성의 향상이라는 목적에 비추어 어느 정도 수행하였고 이러한 투입활동을 통해 해상교통안전에 일정한 효과를 초래하는 것으로 해석된다. 이와 같은 운영효과의 ‘평가’에 있어서는 운영효과 등에 관한 정보 및 자료를 수집하고 합리적인 수단을 이용하여 효과를 측정 및 분석하며 측정 및 분석 결과를 사업의 목적이나 목표 등의 일정한 기준에 비추어 검토하고 객관적으로 판단하여 사업의 기획·입안 및 수행에 도움이 되는 정보를 제공하는 일이 필요하다.

운영효과평가는 사업결정과는 다른 것이며, 평가결과가 사업의 기획·입안으로 반영됨에 따라 운영효과평가가 사업결정에 연결될 뿐이다.

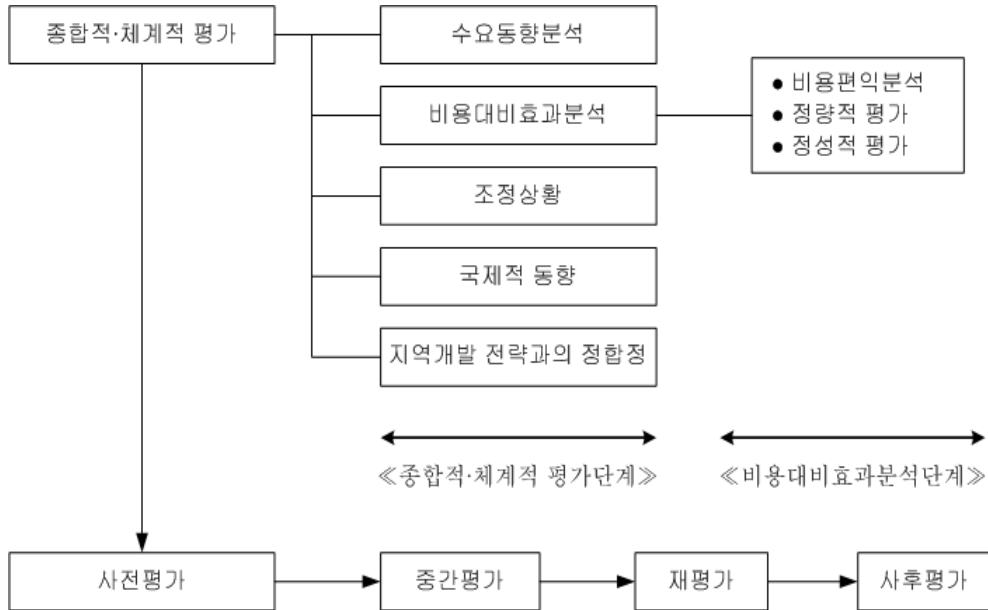
2.1.2.2 평가의 대상

평가의 대상은 해상교통안전시설로서 일정규모 이상의 사업비가 소요되는 광파표지, 전파표지, 특수신호표지, 기타 필요한 시설 등으로 한다.

평가의 대상이 되는 해상교통안전시설은 기본적으로 해양수산부령에 의해 규정되는 모든 항로표지 및 이와 관련한 시설이 포함될 수 있다. 그러나 주요 평가대상의 범위는 사업의 비용이 일정 규모 이상인 광파표지, 전파표지, 특수신호표지(조류신호소, 연안 VTS, 기상신호소) 및 기타 평가가 필요하다고 판단되는 사업이다.

2.1.3 운영효과의 평가 방법과 절차

다음 그림은 해상교통안전시설의 평가시점 및 종합적, 체계적 평가를 나타내고 있다.



<그림 2-2> 해상교통안전시설의 평가시점 및 종합적, 체계적 평가

2.1.3.1 평가의 방법

평가방법은 평가비용 등을 감안하여 평가목적, 평가대상의 성질 등에 따라 적용가능하고 합리적인 평가방법에 의해 다음과 같이 운영효과평가를 실시한다.

1. 가능한 한 구체적인 지표·수치에 의한 정량적인 평가방법을 사용하도록 노력한다.
2. 정량적인 평가방법의 적용이 곤란한 경우 및 객관성이 확보되지 않는 경우 등에 있어서는 정성적인 평가방법을 적용하고, 이 경우 가능한 한 객관적인 정보 및 자료나 사실에 근거하여 평가하며, 평가에 있어서 제3자 활용 등을 통해

평가의 객관성을 확보해야 한다.

사업을 기획·입안하거나 수행할 때에는 몇 가지 대안 가운데 하나를 선택하게 되는데, 특히 개별 대안의 구체적 성격을 파악하여 선택할 필요가 있는 경우가 많다. 이 경우 해상교통안전에 큰 영향을 미치는 것이나 많은 재정지출을 수반하는 것 등에 대해서는 사전에 기대효과와 수반비용 등을 분석·검토하여 합리적으로 대안을 선택해야 한다.

한편 이미 실시되고 있는 사업 등에 대해서는 지속적 실시여부 및 개선·변경 필요성 여부 등에 관한 정보를 얻는 것에 초점을 맞추어 필요에 따라 사전 평가에 준한 사후평가 또는 재평가를 실시한다.

사업평가의 방법론 등이 확립되어 있는 분야가 한정되어 있고 기술적으로 평가가 곤란한 분야도 있으므로 사업평가는 분야별로 단계적으로 도입하도록 한다.

규제의 평가에 있어서는 규제의 편익이나 비용을 추정하고 그 귀착대상을 파악하는 등의 노력을 기울이며, 평가지식과 평가기술의 축적을 도모한다. 또한 규제평가방법에 대한 사례조사 등에 조사연구를 추진하여 시범적인 평가를 실시하여 규제평가의 모델과 방법을 조속히 검토한다.

해상교통안전에 큰 영향을 미치는 것이나 많은 재정지출을 수반하는 것 등 평가의 필요성이 높은 것에 대해 우선적으로 적극적인 조치를 취한다. 이 경우 구체적으로 어디까지 평가를 실시할 것인가를 판단할 때에는 평가비용 등도 감안하는 것이 중요하다.

2.1.3.2 평가의 절차

평가의 절차는 다음과 같다.

1. 사전평가 : 해상교통안전시설을 설치하기 전에 평가를 수행함으로써 사업의 수행여부를 검토하고 복수의 사업대안 중에서 적절한 대안을 선택하는 데 유용한 정보를 제공할 수 있다.
2. 사후평가 : 해상교통안전시설을 설치하고 일정기간이 지난 후 평가를 수행함으로써 실제의 정보 및 자료 등을 사용하여 사업의 효과를 실증적으로 분석한다. 또한 해상교통안전시설의 개선·변경이

나 새로운 시설의 기획·입안 및 수행에 반영될 수 있는 정보를 제공할 수 있다.

3. 재평가 : 법적·기술적 환경 등의 변화에 따라 해상교통안전시설을 개선·변경하는 데 필요한 정보를 제공할 수 있다.

2.2 운영효과 분석 사례

2.2.1 국내의 운영효과 분석사례

국내 행정부 각부에서는 신규 투자 사업에 대해서는 투자 효과를 사전에 분석, 검토하여 사업 추진 여부를 결정하고 있다. 기준은 단일사업으로 500억 원 이상의 사업에 해당하고, 기타사업들은 각부의 필요성 검토에 따라서 사업을 추진하고 있는 실정이다.

해상교통안전시설과 같은 안전에 관련된 시설의 투자효과분석(비용/편익 분석)을 하여야 하는지는 사전에 충분히 고려되고 있다. 안전시설이라 함은 평시에는 그 필요성을 절감하지 않으나 위급상황에서는 매우 중요한 역할을 하기 때문에 이와 같은 시설의 설치 및 운영에 대하여 경제성 분석의 필요성은 투자효과분석보다는 위험관리 또는 해양사고 예방 측면에서의 필요성과 경제적 분석이 필요하다.

국내비용편익 분석기법은 첫 번째로 시나리오를 2개안 이상을 설정하고 그 시나리오에 따라 설치 또는 운영에 필요한 비용을 산출한다. 시나리오는 해상교통안전시설의 설치와 비설치 시로 나누고 운영에 대해서는 직접 운영과 위탁 운영 등으로 나눈다. 설치 및 운영비용의 산출은 실질적으로 설치 시에 하는 설계 방식대로 설계를 하여 비용을 산출하고, 운영비용은 실질적으로 직접운영에 필요한 비용과 위탁운영비용을 산출하여 비교하는 방식이다. 이 경우 직접 인건비, 간접인건비, 선박운영비용 등 제반경비 일체가 포함된 비용을 말한다. 통상 유지관리비는 공사비의 25%를 단가로 정하는 것이 관례이다.

교통수요의 예측은 통상적으로 향후 30년의 수요예측으로 이를 근거로 하여

편익에 대한 검토와 경제성 검토가 이루어진다. 이는 각 항만별 OD조사를 통하여 과거 5년 이상 10년간의 선박 통항량의 분석과 향후 항만 개발 계획 및 향후 산업의 발전에 따라 물동량의 증가 추이 등을 통하여 30년 후의 교통수요를 예측한다.

이러한 방식으로 비용과 교통량의 편익을 분석한다. 주요 편익항목 중 직접적인 편익은 선박운항비용 절감, 통항시간 절감, 해양사고 감소, 쾌적성 및 안전성 증가가 이에 해당하고, 간접적인 편익에는 환경비용 절감, 지역경제 발전 효과 항목이 해당한다.

국내의 1999년부터 2005년까지 비용편익분석 사례를 조사하여 <표 2-2>에 나타내었다. 총 7년간 비용/편익 분석은 238건을 시행하였으며 매년 평균 34건의 비용편익을 검토하였다. 이를 각 부처별 분석하면 건설교통부가 7년간 158건으로 가장 많이 시행하였으며 그중에서 2001년부터 2005년까지 건설교통부에서 시행한 20건의 비용편익분석의 사례를 <표 2-3>에 나타내었다. 1999년부터 2005년까지 해양수산부가 26건으로 두 번째로 많이 시행하였다. 총 7년간 비용/편익 분석은 매년 평균 3.7건의 비용편익을 검토하였으며 비용편익분석 사례를 <표 2-4>에 나타내었다. 1999년부터 2004년까지의 문화관광부 비용편익분석 사례를 <표 2-5>에 나타내었으며 총 6년간 비용/편익 분석은 14건을 시행하였으며 매년 평균 2.3건의 비용편익을 검토하였다. 2004년도 재정경제부의 비용편익분석 사례는 총 9건으로 <표 2-6>에 나타내었다. 기타부처의 비용편익분석 사례를 <표 2-7>에 나타냈다. 총 7년간 비용/편익 분석은 32건을 시행하였으며 매년 평균 4.6건의 비용편익을 검토하였다. <표 2-8>에서는 국내 비용편익분석의 사례를 정리하여 나타냈다.

<표 2-2> 비용/편익 사례 분석표(1999년 ~2005년)

부처별	계	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
계	238	18	30	14	30	34	55	30
건설 교통부	158	12	20	35	23	21	27	20
해양 수산부	26	2	5	2	3	7	4	3
문화 관광부	14	4	2	3	2	1	2	-
재정 경제부	9	-	-	-	-	-	9	-
산업 자원부	5	1	1	-	2	1	-	-
농림부	4	1	-	-	-	-	1	2
교육인적 자원부	3	-	-	-	-	1	-	2
보건 복지부	3	-	-	-	-	-	3	-
행정 자치부	3	-	-	-	-	2	1	-
과학 기술부	3	-	1	1	-	-	1	-
정보 통신부	3	-	-	-	-	-	2	1
노동부	2	-	-	-	-	-	1	1
환경부	2	-	1	-	-	-	1	-
중소 기업청	2	-	-	-	-	1	-	1
농촌 진흥청	1	-	-	-	-	-	1	-
소방 방재청	1	-	-	-	-	-	1	-
국가 보훈처	1	-	-	-	-	-	1	-

자료 : 각 부처

<표 2-3> 건설교통부 비용편익분석 사례

(단위: 억원)

연 도	사 업 명	추정총사업비
2001	춘천-속초 복선전철	24,001
	신분당선	21,461
	부곡-능곡 복선전철	15,913
	대구선 복선전철화	14,089
	서울-연천 고속도로	13,288
	전라선 전철화	11,678
2002	광주-완도 고속도로 건설	17,009
	통영-거제 고속도로 건설	15,824
	서울-시흥(경부선) 선로 확장	15,220
	소사-원시 복선전철 건설	13,649
2003	함양-울산간 고속(화)도로건설	43,002
	춘천-양양간 고속도로건설	38,437
	신안산선 복선전철 건설	19,778
2004	안동-영덕간 고속도로 건설	19,130
	광주 도시철도 2호선	13,375
	당진-천안간 고속(화)도로 건설	11,792
	대구도시철도 3호선	11,276
2005	춘천~철원간 고속도로	17,780
	소사~대곡 복선전철	13,929
	서울지하철 9호선 2단계	13,192

자료 : 건설교통부

<표 2-4> 해양수산부 비용편익분석 사례

(단위: 억원)

연 도	사 업 명	추정총사업비
1999	부산신항 배후철도	6,662
	제주 외항 개발사업	1,837
2000	다대포항건설사업	5,254
	광양항 3단계 가호안 건설	3,992
	감천항 정비사업	1,042
	군산비응도항 건설사업	838
	부산 부정기여객 및 해경부두	819
2001	국립해양 박물관	1,410
	광양항 중마동 일반부두	1,151
2002	광양항 배후부지 개발	2,999
	One-Stop수산물 수출단지 조성	1,015
	부산항 국제여객터미널 신축	690
2003	광양항 컨부두 건설(9선석)	22,174
	부산신항 서컨테이너부두 건설	11,495
	광양항 서측인입철도 건설	1,762
	부산해양종합공원조성	5,473
	평택항 서부두건설(목재3선석, 양곡2선석)→양곡 2선석	1,757
	여수해양수산물박물관 건립	1,434
	인천해양과학관건립	1,284
2004	인천남외항 건설	18,390
	부산신항 배후도로2	8,056
	포항영일만신항 배후도로	1,491
	목포신외항 배후철도 건설	903
2005	2012년 여수박람회 유치	11,762
	광양항 서측 배후단지 개발	3,875
	군산항 제2준설토 투기장 가호안 축조	1,227

자료 : 해양수산부

<표 2-5> 문화관광부 비용편익분석 사례

(단위: 억원)

연 도	사 업 명	추정총사업비
1999	태권도 공원 및 칠성산 수련원	1,688
	(칠성산 호국수련원)	(911)
	(태권도 공원)	(777)
	강원도 역사문화촌	600
2000	동부산 Green City	10,968
	UN 기념공원 조성	1,168
2001	국립자연사 박물관	9,355
	안동지구 숙박휴양거점	2,827
	국립디지털도서관	1,002
2002	국립민속박물관 이전	4,732
	국립경주극장 건립	575
2003	청소년스페이스캠프 조성	1,602
2004	국립아시아문화전당 건립	7,174
	대한체육회 선수촌 이전	3,552

자료 : 문화관광부

<표 2-6> 재정경제부 비용편익분석 사례

(단위: 억원)

연 도	사 업 명	추정총사업비
2004	경인고속도로 직선화	7,007
	송도 해안도로 확장	2,576
	소사-녹산간 도로	1,867
	영종도 북측-남측간 도로	1,218
	영종도 예단포-운남·중산동간 도로	1,073
	의곡-부산과학산단간 도로	817
	갈사만 진입도로 3호선 건설	815
	송도 1·3공구 공동구 설치	731
	송도 중앙대로 건설	269

자료 : 재정경제부

<표 2-7> 기타부처 비용편익분석 사례

(단위: 억원)

연 도	사 업 명	추정총사업비	비 고
1999	영산강 4지구 개발	7,784	농림부
	대구패션어패럴밸리	1,556	산자부
2000	우주개발센터	2,723	과기부
	군장수출자유지역조성사업	1,870	산자부
	재활용종합단지조성사업	1,391	환경부
2001	국립 서울과학관	2,018	과기부
2002	마산자유무역지역 확장	1,832	산자부
	대불자유무역지역 조성	1,557	산자부
2003	중소기업종합지원센터건립	5,159	중기청
	민주화운동기념관 건립	2,510	행자부
	양산부산대학교병원건립(1,140병상)→700병상	2,435	교육부
	사옥도-증도간 연도교 건설	608	행자부
2004	IT 콤플렉스 조성	4,306	정통부
	재난대응통합지휘무선통신망구축(시범)	3,035	소방방재청
	동물생명공학 연구단지 조성	2,615	농진청
	Job World 신축	2,127	노동부
	보훈중앙병원 건립	1,764	보훈처
	성남우체국 개축	1,676	정통부
	대구·경북 한방산업단지 조성	1,272	복지부
	원자력의학원 동남권분원 설립	985	과기부
	아산만 방조제 배수갑문 확장	948	농림부
	강화 교동도 연육교 건설	754	행자부
	울산지역 병원 설립	562	복지부
	국가환경종합정보시스템 구축(시범)	453	환경부
PulseNet 구축(시범)	49	복지부	
2005	유통시설 현대화	5,066	농림부
	u-IT 클러스터 공유기반시설 구축	3,453	정통부
	서산간척지 농업기반시설 재정비	2,910	농림부
	Green Bio 첨단 연구단지 조성	2,752	교육부
	실버타운 건립	2,344	교육부
	중소기업컨벤션센터	2,266	중기청
	재활전문산재병원	835	노동부

자료 : 기타 각 부처

<표 2-8> 국내 비용편익분석사례 조사표

사업명	비교	비용(C)	편익(B)	B/C	NPV	IRR(%)	수행여부	할인율(%)	비고
광양항 컨부두(울촌지구)건설 사업2003.6		16635.05억	25772.84억	1.55	9137.79억	12.48	○	7.5	
안의댐 건설사업 2003.7	대체시설의 비용을 편익으로 산정시	359882백만	2744억	0.766	-803억	-	×	6	
	용수편익직접추정시 (300원/ m^3)		120.3억/년	0.442	-1913억	1.58	×	6	
	용수편익직접추정시 (350원/ m^3)		140.4억/년	0.515	-1663억	2.30	×	6	
재난대응 통합지휘 무선통신망 구축 사업 2004.7	대안1	355억	2196억	6.18	1841억	69	×		
	대안2	124억	2196억	17.72	2072억	150	○		
	대안3	262억	2196억	8.39	1934억	788(조정전)	×		
당진-대산간 고속도로 건설사업 2005.8	대안1	3309억	1903억	0.58	-1406억	-	×	6.5	
	대안2	3583억	1858억	0.52	-1725억	-	×	6.5	
군산항 제2준설토 투기장가호안 축조사업 2005.8	1-1안	1131.9억 (총사업비)	2964.09억 (외해투기비용)	1.89	776억	19.81	-		
	1-2안	1226.8억 (총사업비)	3678.65억 (외해투기비용)	2.03	979억	19.80	○		
	2안	1736.9억 (총사업비)	3607.84억 (외해투기비용)	1.41	547억	12.56	-		
소사-대곡 복선전철 건설 사업	대안 1-1	1102535	882201	0.8002	-220334	4.34	판단보류	6.5	
	대안 1-2	1165535	882201	0.7569	-283334	3.86	판단보류	6.5	
	대안 2-1	1166215	752022	0.6448	-414193	2.50	판단보류	6.5	
	대안 2-2	1228146	752022	0.6123	-476124	2.12	판단보류	6.5	

2.2.2 국외의 운영효과 분석방법 및 사례조사

2.2.2.1 유럽 수역 연안 VTS의 비용-편익²⁾

1. 효과의 항목화와 관별

1) 인명사고

COST 301 프로그램의 목적 중의 하나는 인명에 대한 잠재적인 항해위험을 감소시키는 항로표지를 권고하는 것이다. 따라서 인명사고는 VTS가 없을 때보다 미래의 손실을 감소시킬 것으로 예상되는 VTS의 하나의 카테고리이다. 인명사고는 2개의 기본적인 부분으로 나눌 수 있다.

a) 사망

b) 부상

두 번째 구성요소인 부상은 심각한 사고와 미약한 사고의 경우에 관련된 비용을 보다 세분할 필요가 있다.

2) 선박사고

COST 301 프로젝트의 목적이 선박과 화물에 대한 잠재적 항해의 위험을 감소시키기 위한 것이기 때문에 이 카테고리의 포함은 반드시 필요하다. VTS의 도입이나 확대가 선박사고의 손실위험을 감소시킬 것으로 예상된다. 사고의 경중과 선박의 내용물의 구분에 관하여 4개의 구성요소로 분류 할 수 있다.

a) 선박멸실

b) 선박손상

c) 화물멸실

d) 화물손상

엄격한 분석에는 선박의 멸실/손상의 크기와 종류, 화물의 멸실/손상의 양과 종류, 선박과 화물과 관련된 손상의 심각성의 정도를 포함할 필요가 있다.

3) 환경적 영향

환경적 효과는 COST301 목적에 의해 즉시 결정된 효과의 세 번째 카테고리이다. 이는 선박의 화물과 연료에 의한 해안과 해양, 연안 수역의 오염과 관련되어있다. 이것은 유출오일에 의한 일차적인 영향을 포함하지만 화재성 혹은 유독 화학물이나 방사성물질도 역시 고려되어야 한다.

환경적 영향은 기본적으로 2개의 그룹으로 나눈다.

환경적 영향	항 목
소비에 대해 반향을 갖는 것	<ul style="list-style-type: none"> · 해양/연안 생물에 대한 손상 · 무생물의 환경에 대한 손상 · 과학적 관심이 있는 종이나 지역에 대한 손상 · 경관/쾌적함에 대한 손상 · 인간의 후생에 대한 손상
결과에 대해 반향을 갖는 것	<ul style="list-style-type: none"> · 연안오염의 회피/처리 · 상업적으로 중요한 생물학적/무생물학적 요소에 대한 손상 · 어업과 휴양산업 등과 같은 소비자와 생산자 잉여의 손실 · 인간의 건강에 대한 손상

4) 육상지원비용

항해안전에 육상지원 시스템의 수단을 이용하여 향상될 수 있다. VTS 센터의 설립 혹은 현존하는 통제수단의 설립에는 다음의 범위를 포함한다.

순번	육상지원비용의 범위
1	토지
2	건물
3	레이더 및 무선통신장비
4	시스템 운영요원
5	건물과 장비의 유지보수
6	전기 및 전화와 같은 기타 운영 비용
7	기타 보급품(해도, 항행통보 등)

5) 구조(인양) 활동

구조활동의 감소는 실질적인 자원의 사회의 이용을 절약하는 것을 나타낸다. 이것은 구조 산업과 관련된 이들 산업에 대해 비용을 절약하는 것으로서 나타난다. 한계수익 변화의 문제는 정량적으로 효과를 구분하려는 시도로서 그들의 서비스를 제공하기 위한 현재의 인센티브가 최소인 많은 구난자 계약으로서 여기에서 적용했다. 따라서 이와 같은 높은 불확실한 활동에서 기대 이익은 보통이고 VTS의 효과도 한계수익에서만 나타나는 것으로 주어져 소비자 잉여나

생산자 잉여중 하나는 유의한 변화가 없다고만 볼 수 있다.

6) 수색 구조 활동의 변화

만약 VTS의 설립이 해양사고를 감소시킨다면 다양한 형태의 수색과 구조활동에서의 시간과 노력을 절약할 수 있을 것이다. 영국의 경우에서 이 효과는 다음과 같다.

- 1. 연안경비대 서비스에 대한 효과
- 2. RNLi(국립구명정협회) 활동에 대한 효과
- 3. MOD 활동에 대한 효과

7) 선박과 화물의 지체

교통분리대(TSS)로부터의 또 다른 카테고리는 교통이동의 효율과 방향의 변화로서 분명한 감각이나 서로 다른 항로를 통하여 선박의 이동속력을 높이거나 낮추는 것이다. 항해거리와 시간에 대한 영향은 다음과 같이 나눌 수 있다.

- 1. 선박의 항해시간
- 2. 선박의 항해거리
- 3. 화물에 대한 항해시간

8) 다른 해상 이용자에 대한 효과

- 1. 어로행위
- 2. 해상모래와 자갈의 이용
- 3. 기름과 가스의 추출
- 4. 선박을 위한 접근 해로의 지정
- 5. 해양 방류
- 6. 파이프라인/케이블의 설치 및 유지보수
- 7. 요트, 수영 및 다이빙과 같은 해상레크레이션

2. 선박사고의 결과로 인한 사망과 부상

1) 인명과 부상의 정량화

COST 301 지역에서의 해상교통 사고에 관한 자료의 수집은 네덜란드 해상조사연구소와의 계약을 통해서 이루어졌다. 로이드 해상정보서비스로부터 획득한 자료는 1978-1982년까지 5년간의 것이고 1985년 5월에 MARIN의 최종보고

서를 요약한 것이다.

<표 2-9> 충돌과 좌초로 인한 사망자 수 : 유럽수역(1978~1982)

사고의 종류	사고건수	사망자수	행방불명수	총사망자수	사고당사망수
충돌	446	68	128	196	0.44
좌초	649	28	16	44	0.07

비용편익분석모델에서 인명의 부상을 반영하기 위한 요소를 구체화해야한다.

2) 인명과 부상의 평가

(1) 직접비용

비용편익분석을 위한 인명평가의 대부분은 도로교통사고에서의 Dawson's 연구를 따르고 있으며 특정요소(직접비용)는 논쟁의 여지가 없다.

직접비용은 다음을 포함한다.

- a) 관리상의 비용
- b) 의료비
- c) 경찰과 구급차 비용

(2) 수입손실

부상으로 인해 회복될 때까지의 수입의 손실에 상당하는 비용이 있다. 이 요소는 고용의 사회적 비용, 즉 고용주의 국민보험과 연금에 대한 지출을 포함하여야 한다.

(3) 인명과 신체의 가치

해상환경에는 도로교통을 근거로 하여 환산하여 계산하는 것이 정확하지만 COBA 9에서 발표된 수치로부터 평가액을 도출할 수 있다.

비용의 요소	<ul style="list-style-type: none"> - 사망으로 인한 생산의 손실은 예상되는 수입의 손실 + 고용주가 지급하는 비급여 지불의 현재가치 - 구급차비용과 병원치료비 등 - 사고로 인해 친척과 친구들이 겪는 고통과 슬픔의 비용
--------	---

3. 선박사고 : 선박과 화물

1) COST 301프로젝트는 표준적인 구분을 고안하였는데 이는 MARIN의 데이터 베이스와 일치한다. COST 301 정책에 따른 톤 분류 분포는 다음과 같다.

순번	톤급 분류
1	100 - 499 GT
2	500 - 1,599 GT
3	1,600 - 9,999 GT
4	10,000 - 59,999 GT
5	60,000 - 99,999 GT
6	100,000 GT and over

선종의 분류는 선박의 구조와 화물의 종류 두가지를 반영한다.

구 분	선 종
구조에 의한 분류	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tankers oil/bulk/ore 2. 케미컬 탱커 3. 탱커 물/맥주/포도주 보급 및 기타 위험하지 않은 액체화물 4. 기름탱커 5. LNG탱커 6. LPG탱커 7. 가스탱커 8. 산물선 9. 유니트화된 화물선/컨테이너, Ro-Ro선 등 10. 일반잡화선 11. 여객선 12. 페리 13. 잡종선
화물의 종류에 의한 분류	<ol style="list-style-type: none"> 1. 탱커 2. 가스운반선 3. 산물선 4. 유니트화된 화물선 5. 일반화물선 6. 여객선/페리 7. 잡종선
화물의 비용특성을 반영하기 위한 단순 분류	<ol style="list-style-type: none"> 1. 탱커화물 <ol style="list-style-type: none"> a) 유류 b) 케미컬 c) LNG, LPG, 가스 2. 대부분의 벌크 3. 일반화물선 4. 유니트화된 화물 5. 승객

선박과 화물의 관점에서 손실정도와 사고비용은 상당한 연관성이 있다. 그리

고 전손이 되는 사고와 부분손실이 되는 사고도 고려하여야 한다. 이러한 경우에서 채택되는 조사방법이 흔히 다르기 때문에 많은 논쟁이 발생한다. 따라서 전손과 부분손실은 별도로 고려되어야 한다.

2) 선박

(1) 전손

<표 2-10> COST 301 지역에서의 사고의 심각여부

구분	사고의 종류	
	충돌	좌초
총 사고건수	446(1.00)	649(1.00)
전손건수	62(0.14)	188(0.29)
일부 심각한 손실	188(0.42)	348(0.54)
심각하지 않은 일부손실	196(0.44)	133(0.17)
모든 일부손실	384(0.86)	461(0.71)

통계적인 기록을 근거로 보면 모든 충돌의 14%, 모든 좌초의 29%가 전손임을 알 수 있다. 나머지는 다양하게 정의된 부분손실이다. 많은 항목들의 시장가격이 미래의 기회비용을 반영하지 못한다는 것이 이미 입증되었기 때문에 재화의 사회적 가치를 보다 더 정확하게 반영하기 위해 잠재가격을 사용할 필요가 있다. 선박의 평가, 전손과 부분손실 조사방법의 모두에 있어서 필요한 구성요소는 핵심적인 예이다.

(2) 부분손실

부분손실 상황에서 동일 선박분류에 대한 대표적인 비용을 할당하는 것은 훨씬 더 복잡하다. 본질적으로 구난비용과 선박수리비용인 두 개의 주요한 구성요소가 있다. 그러나 이 모든 항목에 대해서 충돌과 좌초의 결과로서 손상을 입은 선박에 대한 결과에 범위는 상당하고 따라서 관련 비용 역시 다양하다.

<표 2-11> 크기와 형태에 의한 선박의 간접적 가치

(단위: 파운드)

선박의 크기 \ 선박의 종류	1	2	3	4	5	6
1	0.2	0.6	1.8	7.9	11.2	15.0
2	-	1.2	4.3	1.57	-	-
3	-	-	1.8	8.2	12.0	-
4	-	0.5	3.0	10.0	-	-
5	0.2	0.5	2.4	8.8	-	-
6	-	-	4.0	20.0	-	-
7	0.2	0.7	2.0	-	-	-

위의 표는 선박의 종류와 크기에 의해 구분된 간접적인 가치를 나타내고 있다. 크기의 분류는 어떤 범위로 주어진다면 각 크기분류에서 중간값을 계산하여 계산하였다.

3) 화물

선박과 관련해서 논의되었던 많은 일반적인 원칙들은 그들의 화물에 비슷하게 적용한다는 것이다. 그러나 하나의 추가적인 분류는 선박이 완벽하게 유닛화 되었을 때 화물과 그들의 운명은 그 선박과 다른 화물 유닛으로 분할될 것이다. 따라서 화물을 얼마나 많이 실었는가? 만약 화물을 실었다면 얼마나 많이 손상되었는가를 조사할 필요가 있다.

4. 환경적 영향

1) 다양한 환경

환경오염발생사고의 충격의 결정에 어려운 점을 설명하기 위해서는 먼저 실제 생태계를 바탕으로 두어 고려하는 것이 도움이 된다. 생물체 종류의 감소가 환경오염으로 인해 발생할 수 있고, 다소의 먹이사슬의 관계 역시 중요하다.

2) 효과의 판별/정량화

오염사고의 영향은 해양과 연안환경의 생물학적 손상, 해상과 연안이용자의 손상 혹은 인명의 상실과 손상 등으로 나타난다. 사실 연구에서 제외할 것을 정의하는 것은 어려운 일이다. 만약 어류를 생각한다면 플랑크톤을 포함할 것인가 하는 문제와 동물성 플랑크톤과 식물성 플랑크톤 그리고 기름을 먹는 박테리아 등은 오염에서 이익을 얻게 된다는 등의 문제가 발생한다.

(1) 오염의 예방/처리

오염의 예방/처리에 포함되는 기본요소는

1. 우발사건 대책의 계획/행동의 확립/운영
2. 운용상에 사용되는 추가장비/수송, lightening 선박, spraying 선박, 비행기 바닥과 표면청소, 펌프
3. 추가노동력, 지역협회의 고용인, 지원자
4. 연료, sorbent 등의 소모량
5. 쓰레기 처리

(2) 상업자원과 임해/해양산업

해상사고 발생시 피해는 어업과 관광사업에도 영향을 미친다. 해양오염으로 인해 인근해역에서 잡히는 고기나 해산물 등이 직접적인 피해를 받게 된다. 조건에 따라 다르지만 0.01 ppm에서 0.02ppm 이하의 수질이 집중적으로 어업을 파괴시킬 수가 있다는 자료가 있다. 그리고 관광사업의 손실은 휴양업자의 손실로 나타난다. 이러한 다양한 손실은 정량화하기 어렵다.

(3) 해양/임해 해양생물 환경피해

생물학적 환경 손상은 오염에 의한 직접적 요인이나, 간접적인 효과에 의해 발생한다. 예를 들어 오염의 결과로 인한 성장/발달의 결함, 먹이사슬, 행동의 변화 등이 발생한다.

(4) 비생물과 환경피해

환경이 한번 훼손되면 이전의 상태로 다시 돌아가는 생태계의 능력은 감소하게 된다. 그러므로 2차 오염은 다음 세대에게 그 피해를 물려주게 된다.

(5) 인간의 복지후생

인간복지의 손상은 특히 측정하기가 어렵다. 그러나 운송과 통신체계의 수단으로 확대해 보면 사고로 인해 손상 받는 인간의 복지에 대한 손상은 사고가

발생한 지역에서 즉시 발생하게 된다. 예를 들어 오염의 그 물리적인 효과는 휴양지로서의 지역의 평판과 이미지에 미치는 영향이 오염 그 자체보다 더 큰 경우도 있다.

5. 육상지원장비 설치비용

서로 다른 유럽수역에 대해 알맞은 VTS의 조합들이 있다. 첫 번째는 VTS가 없는 경우이고, 두 번째는 1단계 VTS 즉 레이더의 감시 없이 VHF통신이나 선박위치 보고에 바탕을 둔 정보 혹은 통제서비스이고, 세 번째는 2단계 VTS 즉 선박보고와 레이더 감시에 바탕을 둔 정보 혹은 통제서비스이다.

정량화와 평가의 측면에서 “No VTS” 상황에서는 비용이 들지 않는다. 비용이 발생할 것으로 예상되는 Class 1과 Class 2 VTS 하에서의 카테고리는 다음과 같이 나타낸다.

- a) VTS센터를 위한 토지와 건물 필수품
- b) 정보처리를 위한 장비의 자본 지출
- c) 시스템을 운영하고 서비스하는 요원
- d) 건물과 장비의 유지보수
- e) 전기와 같은 기타 운영비용
- f) 보급 필수품(해도, 항행통보)

6. 구난활동

해난구조는 법적인 정의로 해상에 의한 손실이나 손상으로부터 해상재산을 돕거나 구하는데 있어 자발적이고 성공적으로 원조한 서비스에 대해 보상을 요구하는 권리이다. 이런 의미에서 해난구조에 대해 상업적 해난구조의 한계비용과 한계수익은 대략 같다.

7. 수색과 구조

1) Coast guard 서비스

영국에서 시민 해상수색구조는 연안경비대 서비스의 주된 책임이고 책임은 다른 유럽의 SAR 활동의 경계까지 그리고 대서양에서는 미국의 시설까지 확장된다. 따라서 현행서비스 규정은 국가적 요구사항 뿐만 아니라 1958년 공해

협약, 1960년과 1970년의 해상에서의 인명안전에 관한 국제협약 및 1979년 해상수색과 구조에 관한 국제협약의 수용에서 정부의 국제적 의무까지를 반영한다.

(1) 연안경비대 운영

연안경비대의 핵심적인 역할은 민간 수색구조에 대한 널리 공포된 설비에 기여하는 이들 기관과 조정하는 것이다. HM 연안경비에 추가하여 이것은 해안과 내륙의 구명정에 공헌하고 있는 RNLI, SAR 지정 헬리콥터와 비행기를 제공하는 MOD, 연안무선국에 공헌하는 영국텔레콤, SAR의무를 위해 연안경비대와 계약 하에 있는 민간의 헬리콥터로 구성되어있다.

2) The Royal National Lifeboat Institution(RNLI)

RNLI는 1824년 영국과 아일랜드 연안에서 인명의 구조를 목적으로 설립되었다. 해상구조의 조정을 위한 법률적으로 선포된 시설이란 배경에서 RNLI에 의한 구명정과 선원의 규정은 예외적으로 보였다. 왜냐하면 구명정 서비스는 등록된 자비였기 때문이다. 그것은 자발적인 기부금에 의해 운영되었고 자발적인 선원들이 구명정을 운영하였다.

(1) RNLI 활동

RNLI는 각 RNLI 지국서비스를 기술하고 관련된 구명정 지국에 대한 참조를 포함하는 광범위한 컴퓨터화된 데이터베이스를 유지한다. 그것은 사고의 일시, 사용된 구명정의 종류, 사고의 유형, 사고의 평가와 사고지점까지의 거리와 같은 기타 운영상의 상세항목, 해상에서 머문 시간, 바람과 해상상태, 구조된 사람, 인명손실, 구조된 재산의 가치 등이다.

(2) RNLI 자료의 비용화

한계비용은 RNLI에 의해 생긴 총비용의 작은 부분으로 판명되었다. 예를 들면 1982년 모든 서비스에서 연료비와 서비스 수당은 총현금지출 15,145,729파운드 중 231,280파운드였다. 따라서 RNLI 활동의 약 0.7%에 상당하는 한계비용은 비용편익 분석에서 사소한 부분이다.

(3) RNLI 활동의 사회적 비용

RNLI이 무료이고 자발적인 서비스라는 측면에서 다시 어려운 문제가 발생한다. 그리고 상업적/VTS 서비스의 64.9%가 정상적인 서비스시간 (08:00-17:00) 이외에서 발생하였다. 시간외에 대한 보상이나 혹은 레저시간의 손실에 대한

보상은 동등한 보상을 형성하여야 한다.

3) SAR 서비스 설비

(1) 공군(RAF)의 SAR 활동

High Wycombe에 위치한 RAF의 공격지휘본부는 민간해상선박사고에 대한 유용한 수색과 구조의 통계를 작성하고 있다. 그러나 컴퓨터 데이터는 1983년 이후에 운영된 것이고 따라서 시간이 소비되는 수동수색은 가지고 있지 않았고 데이터는 1983년과 1984년 2년 동안만을 이용할 수 있었다. 그럼에도 불구하고 이 데이터는 RNLI에 의해 제공된 데이터로부터 수집된 해상사고개요에 대해 유용한 보완을 제공하였다.

(2) 공군의 SAR 활동비용

국방성은 이 분야의 활동과 관련된 비용항목을 확인하였다. 그러나 민간해상 SAR에 민감한 비용이 아니라고 결론이 났다. SAR 서비스는 군사적 목적을 위해 설치되었고 IMO는 민간 SAR을 위해 이용하는 이들 설비에 대해 어떤 구속도 주지 않았다.

8. 선박과 화물의 지연과 가속

선박과 화물의 지연비용은 선박의 종류와 화물의 종류의 분명한 기능이다. 그러나 지침은 이 분야에서 검토된 적절한 조사방법과 문헌으로서 주어질 수 있지만 이 같은 특정연구에 현존하는 경제적 기법을 적용하는 데에는 중요한 문제가 있다. 왜냐하면 선박시간에 대한 VTS의 정량적인 결과에 관한 데이터의 부족과 평가에 대한 타당한 조사방법이 부족하기 때문이다.

9. 해상의 기타이용

기타 해상 이용자에 대한 VTS의 존재효과는 환경적이 효과에 관한 앞장에 서처럼 심지어 분류단계에서조차 문제들을 제기한다. 어업, 해상모래와 자갈의 채취, 기름과 가스의 추출, 선박통항을 위한 준설, 해상투기, 파이프라인, 케이블매설과 유지, 해상 레크레이션과 해군의 활동을 포함한다.

10. 비용-편익 분석 모델

1) 비용편익 분석과 PAI

비용편익 분석의 구조는 유럽수역에서의 상업적 해상교통에 대한 위험의 계산에 의해 규정되었고, PNLCLP에 의해 발전되었다.

유럽수역은 환경적인 변수와 교통변수를 반영하는 PAI의 가치에 의해 설명될 수 있는 해역으로 나누어 졌다.

<표 2-12> 연구해역의 VTS 효과표

(1=효과없음, 0=전체 효과)

해역	Class 1 VTS		Class 2 VTS	
	충돌	좌초	충돌	좌초
059 도버해협	0.7	1	0.6	0.6
065 브리스톨	0.6	1	0.5	0.6
066 쉘데	0.6	1	0.5	0.6

<표 2-12>는 도버 해협에서 VTS 1단계는 좌초에서 영향이 없는 반면 2단계에서는 좌초 건수의 40%가 감소되리라고 예상된다.

<표 2-13> 충돌과 좌초의 예상건수

해역	예상충돌건수			예상좌초건수		
	NO VTS	1단계 VTS	2단계 VTS	NO VTS	1단계 VTS	2단계 VTS
059	5.4	3.78	3.24	4.92	4.92	2.95
065	2.0	1.2	1.0	3.93	3.93	2.36
066	4.3	2.58	2.15	2.67	2.67	1.6

<표 2-13>은 3단계 VTS하에서 3 영역에 대한 충돌과 좌초의 기대건수를 보여주고 있다. NO VTS열로부터 2, 3 열에서 수치가 감소함으로써, 충돌과 좌초의 측면에서 VTS의 예상 효용성을 얻은 것이다.

2) 인적사고

<표 2-14>는 3개의 서로 다른 VTS 단계에서 3지역 각각의 예상재난건수를 갖는 사고종류별 재난율을 보여준다. 그 결과는 각각의 VTS 환경에서 예상 재난 건수이다.

<표 2-14> VTS 환경에서 예상 재난건수

해역	충돌			좌초		
	NO VTS	1단계 VTS	2단계 VTS	NO VTS	1단계 VTS	2단계 VTS
059	2.38	1.66	1.43	0.34	0.34	0.21
065	0.88	0.53	0.44	0.28	0.28	0.17
066	1.89	1.14	0.95	0.19	0.19	0.11

3) 선박사고

선박과 화물의 절차는 사고가 전손 혹은 부분 심각한 사고, 부분적 심각하지 않는 사고인지에 달려있다. 따라서 단순한 선박의 건수보다는 선종과 선박의 크기 측면에서 연구될 필요가 있다.

4) 환경

환경의 문제는 정량화된 결과를 얻을 수 없었다. 환경문제는 아주 중요한 요소이지만 구체적인 계산은 생략되었다.

5) 육상지원

현행 육상지원비용은 아래와 같다. 1984년도 가격으로 1000파운드의 단위로 하면 다음과 같다.

NO VTS = nil

VTS 1단계 = 1,582 파운드

VTS 2A단계 = 3,228 파운드

VTS 2B단계 = 10,641 파운드

6) 구난

구난에 포함된 요소는 없다. 침선의 표시비용은 84,000파운드이고 침선표시비용은 36,000파운드이며, 침선표시를 유지하는데 연간 1,800파운드가 소요된다.

11. 사례 : 도버해협

1) 인적사고

연간 예상되는 절대 사망자수, 그리고 논의된 두 베이스의 비용은 각 VTS 단계별 효율성에 대해 나타내었다. 각 VTS 단계의 도입효과는 No VTS 상황에서 공제함으로서 계산된다.

<표 2-15>는 인명을 구하는데 있어 VTS의 효율성을 보여준다.

<표 2-15> 059지역에서 인명구조의 VTS 효율성

(단위: 1,000파운드)

인명의 가치	충돌		좌초		충돌과 좌초	
	VTS 1	VTS 2	VTS 1	VTS 2	VTS 1	VTS 2
GO 161,743	117	154	0	21	117	175
WTP 1,617,430	1,170	1,540	0	210	1,170	1,750

GO = Gross Output
WTP = Willingness to Pay

<표 2-15>는 1단계 VTS의 효과가 유의적인데 반면에 2단계 VTS는 좌초 단독의 경우를 제외하면 그리 크지 않는다는 것을 보여준다. 또한 평가기법에 대한 결과의 예상된 민감도를 보여주었다. 물론 이것은 연간 수치이다. 만약 20년간 계속되는 것으로서 고려하고 현재가치의 할인율을 5%로 하면 아래와 같은 <표 2-16>을 도출 할 수가 있다.

<표 2-16> 059 지역에서 인명구조의 VTS 효율성의 현재가치

(단위: 백만파운드)

인명의 가치	충돌		좌초		충돌과 좌초	
	VTS 1	VTS 2	VTS 1	VTS 2	VTS 1	VTS 2
GO 161,743	1.46	1.92	0	0.26	1.46	2.18
WTP 1,617,430	14.58	19.19	0	2.62	14.58	21.80

2) 선박사고

<표 2-17>은 해역 059(도버해협)에서 선박과 화물에 대한 손실절감, 손상, 지연의 측면에서 1단계 VTS의 효율성이 2.594 백만파운드이고 2단계 VTS는 8.115 백만파운드라는 것을 보여주고 있다. 이것을 할인율 5%에서 20년을 사용년수로 취하면 현재가치는 2.33 백만파운드와 101.13 백만파운드이다.

<표 2-17> 059지역 선박과 화물에 대한 손실 절감,
손상 및 지역에서의 VTS의 효율성

(단위: 백만파운드)

항목	VTS 1단계	VTS 2단계	
선박의 전손	선박	0.757	2.667
	화물	0.950	2.925
선박의 심각한 손상	수리	0.016	0.151
	선박지연	0.027	0.085
	화물손실	0.760	2.172
	화물지연	0.005	0.015
선박의 비심각 손상		0.049	0.100
	총합계	2.594	8.115

이를 정량화 하면

<표 2-18> 059 해역에서의 VTS의 정량화된 비용과 편익

(단위 : 백만파운드)

항목	VTS 단계 1	2A	2B
편익			
인명구조의 GO가치	1.46	2.18	2.18
인명구조의 WTP가치	14.58	21.80	21.80
선박과 화물에 대한 손실절약, 손상과 지연	32.33	101.13	101.13
총편익 GO	33.79	103.31	103.31
총편익 WTP	46.79	122.93	122.93
비용			
VTS 자본과 운영	1.58	3.23	10.64
편익-비용			
GO	+32.21	+100.08	+92.67
WTP	+45.33	+119.70	+112.29

비용과 정도가 증가하는 2B의 경우에서 2A보다 편익이 크지 않다. 위의 표는 도버해협에서 VTS의 순편익과 본 연구에서 사용된 조사방법과 가정하에 모든 단계의 VTS에 대해 아주 긍정적인 면을 보여주고 있다.

<표 2-19> 059 지역에서의 VTS의 비용편익비율

구분	VTS 단계 1	2A	2B
B/C GO	21.4	32.0	9.7
WTP	29.7	28.1	11.6

<표 2-19>는 이 연구에서 평가된 편익은 모든 단계의 VTS에서 비용보다 몇 배 더 크다는 것을 분명하게 보여준다. 이 연구에서 주의해야 할 사항은 해상교통의 단계 혹은 구조에서 변화에 대한 여유치가 없다는 것이다. 이것은 대부분 자료의 한계 때문이나 미래의 경향에 대한 예측은 불확실성에 따른다. 아래의 표는 연간 변환된 비용 데이터와 함께 연간 평균으로서 이전의 데이터를 다시 나타내고 있다.

<표 2-20> 지역 059에서 VTS의 정량화된 비용과 편익

항목	VTS 단계 1	2A	2B
편익			
인명구조의 GO가치	0.117	0.175	0.175
인명구조의 WTP가치	1.170	1.750	1.150
선박과 화물에 대한 손실절약, 손상과 지연	2.594	8.115	8.115
총편익 GO	2.711	8.290	8.290
총편익 WTP	3.764	9.865	9.865
비용			
VTS 자본과 운영	0.127	0.259	0.854
편익-비용			
GO	2.584	8.031	7.436
WTP	3.637	6.606	9.011

2.2.2.2 미국연안경비대에 의한 선박교통관리서비스(VTS) 비용효과분석³⁾

1. 목적

미국의 대서양, 멕시코만 및 태평양 연안에 있는 대수심항만이 위치하고 있는 해역(23개 지역)을 대상으로, 최신의 VTS 정비비용 및 기대되는 효과를 예측하여, VTS 정비의 순위를 정하는 자료로 사용한다

2. 실시 방법

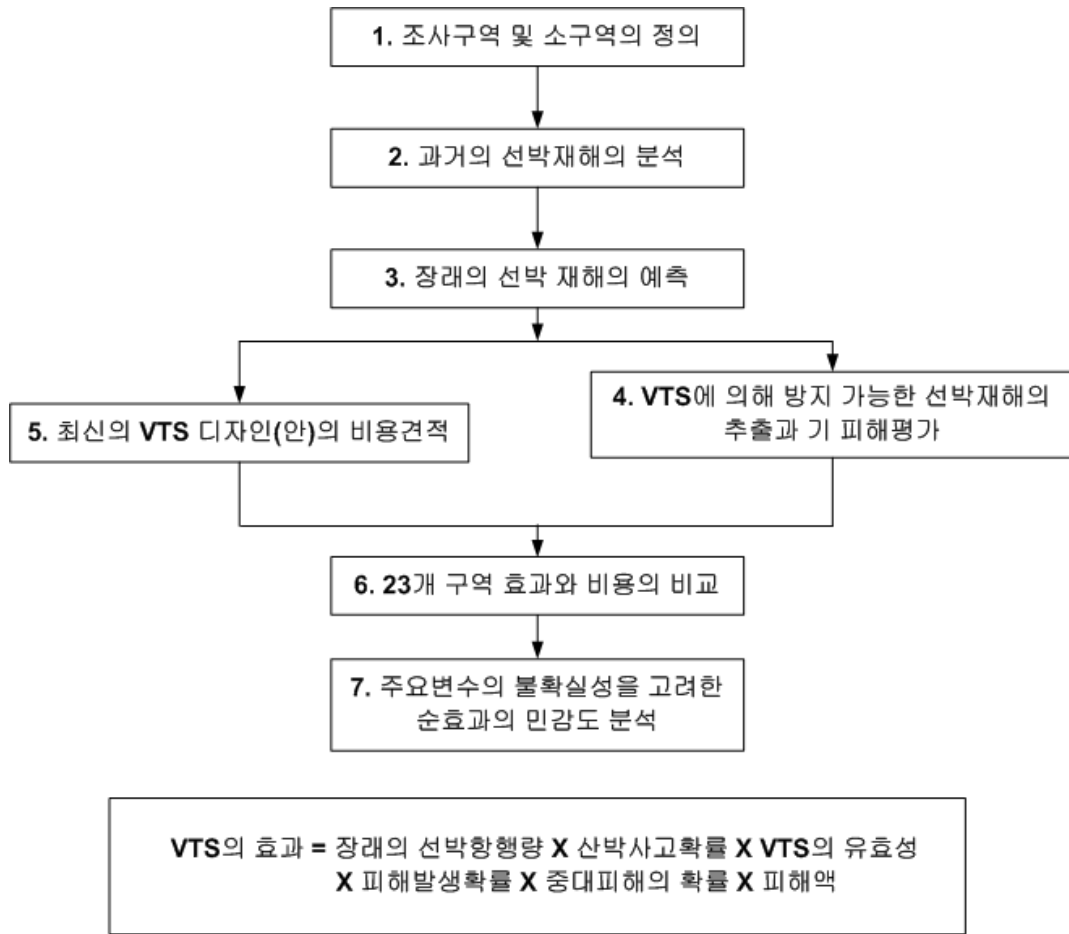
실시주체 : The US Department of Transportation's Research and Special Programs Administration's Volpe National Transportation Systems Center, VNTSC

실시시간 : 1990년 2월부터 1991년 8월

3. 조사의 방법

조사대상 : 대서양, 멕시코만 및 태평양 연안에 있는 대수심의 항만이 위치한 23개의 해역

조사방법의 개요 : 23개의 조사 대상구역 및 그 안에서의 지형을 고려하여 소구역을 설정한다. 다음에 과거에 발생한 VTS 대응 가능한 선박재해를 분석하여, 항행 리스크의 주요한 요소 등을 정량화한다. 선박 항행 리스크 모델을 개발하고 이를 이용하여 조사대상 구역 각각의 잠재적이고 VTS 이용에 의해 방지 가능한 장래의 선박 재해를 예측한다. 사용년수가 15년인 최신 VTS 디자인(안)을 작성하여, 그의 정비 비용 및 유지보수비를 구역마다 견적을 구한다. 이것과 동시에 VTS 정비, 활용에 의한 효과(장래의 방지 가능한 선박 재해에 의한 피해액의 견적포함), 그리고 1996-2010년 사이의 비용과 효과를 비교한다. 마지막으로 VTS 비용이나 사회적 할인율 등의 주요한 변수에 의한 민감도 분석을 한다.



<그림 2-3> 조사의 흐름도

4. 조사내용

1) 조사구역 및 소구역의 결정

조사구역의 결정에 있어서는 VTS의 유용성에 관한 IMO의 지침서에 의하여 다음의 항목을 고려한다.

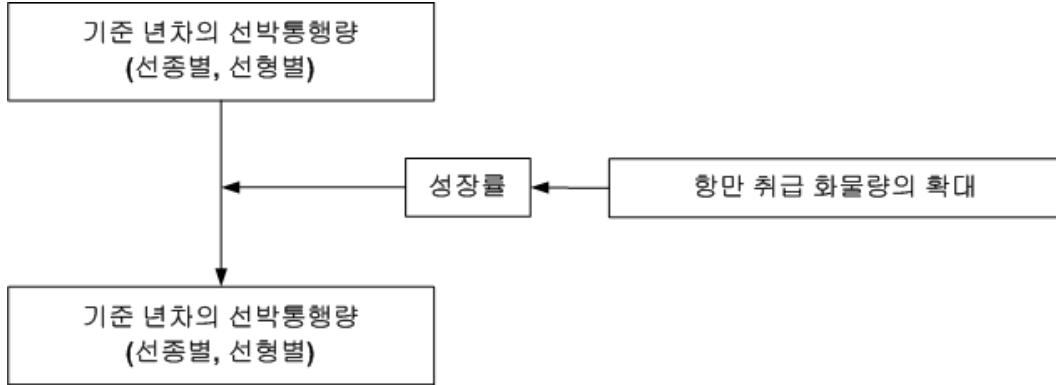
조사항목	취급화물의 톤수 선박 통행의 척수 충돌 및 좌초에 관련된 선박 척수 장애의 사고의 예상 환경적으로 민감한 지역의 존재 선박의 길이 및 종류 및 운송되는 석유 기타 위험화물의 수량
소구역 형태	개방진입로 (Open Approach) 항로가 만나는 지역 (Convergence) 개방항만 또는 만 (Open harbor or Bay) 폐쇄형 항만 (Enclosed Harbor) 협수로 (Constricted Waterway) 하천 (River)

2) 과거의 선박재해의 분석

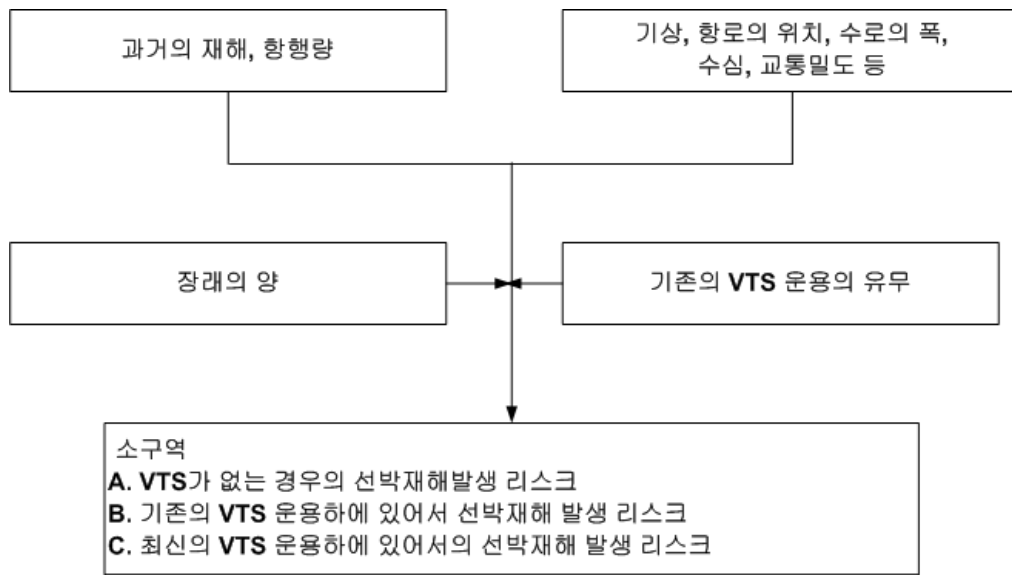
1979년부터 1989년까지의 12,500건의 재해를 조사하여, 그 중에서 2,337건의 선박재해를 VTS로서 대응 가능한(VTS 시스템이 있다면 방지할 수 있는 재해) 재해로서 분석한다.

VTS로서 대응 가능한 우발사고	<ul style="list-style-type: none"> - 개방수역에 있어서, 돌연의 조우, 시계불량, 악천후, 또는 선교에서의 단순한 오판단 등에 의한 선박의 충돌 - 추월 상황 - 선박이 잔교, 도크, 투묘지에서부터 혼잡한 수역 또는 항로에 진입하려는 협수로에서, 복수의 선박이 투묘하고 있지 않는 상황에서의 충돌 - 수역내의 준설 기타 유사한 작업 활동에 있어서의 재해 및 정박 중의 선박이 휘말려 드는 어떤 종류의 재해
VTS로서 대응 불가능한 우발사고	<ul style="list-style-type: none"> - 기계의 고장, 화재 또는 폭발 - 대상외의 선박(즉, 어선 기타전장 20m 미만의 선박) - VTS의 감시범위 외에서 생긴 재해 - 선박군에 들어가고, 선박군에서 나오는, 혼잡한 정박지에서 조선하는 등의 협소한 장소에 있는 상황에서의 좌초 또는 충돌 및 경고 또는 지도시간이 부족한 채 생기는 작은 파손

3) 장래의 선박의 예측



<그림 2-4> 장래의 선박재해의 예측



<그림 2-5> 선박 재해의 예측

* 선박재해발생 리스크: 선박항행 10만척당 선박재해확률

4) VTS의 효과(방지되는 손실)

계측항목	<ul style="list-style-type: none"> - 인명의 사망(loss) 및 부상(injuries) - 선체의 손상(Damage) - 화물(Cargo)의 손실 및 손상 - 운행불능(out of service)이 된 선박의 경제적 손실 - 유출물제거작업(spill cleanup)의 비용 - 여행/레저 리스크 - 어획을 위한 어류의 손실 - 해양조류 또는 포유류에 대한 영향 - LPG/LNG의 화재 및 폭발에 의한 피해 - 교량 또는 항로표지의 손상
------	--

5) 최신 VTS 설계의 비용

후보 VTS 설계의 기본 개념은 일반화된 데이터 수집, 선박교통센터와 같은 상시 감시 시설, 및 각 조사 구역내의 각 소구역을 감시하는 감시센서가 포함된다. 각 조사 구역 고유의 특성에 따라서 선박교통센터를 지원할 센서의 형태와 숫자(레이더, CCTV, 통신장치, ADS(자동의존형감시)) 등을 지정한다.

VTS 비용은 1회의 초기투자금액과 매년의 운용 및 유지의 비용으로 구성된다. 또한 4개의 조사 지역에 대해서는 기존의 연안경비대 VTS설비(레이더 사이트)를 후보 VTS 설계에 포함시켰다. 이렇게 하여 이러한 조사 구역 각각의 초기 투자액은 기존의 평가분 만큼 낮추어 진다.

2.2.2.3 전자해도와 항해통합시스템 도입의 안전이익 분석⁴⁾

미국연안경비대의 항만조사(Port Needs Study)의 데이터 및 방법을 기본으로 하여, 전자해도 및 종합항법장치의 결합에 의한 비용대효과의 분석을 행하고 있다.

<표 2-21> 과거의 사고건수

Casualty Counts From CASMAIN Database, 1981-1990 (Includes Tankers, Dry-cargo, PassengershiP, Barge and Tug/Towboat)		
	All Cause	E.C Addressable
좌초	7,217	2,414
충돌	2,817	1,165
접촉	4,004	1,609

<표 2-22> 선종별 크기별의 손실액 설정치

구분	평균 총 비용 1,000달러(1995년)		
	좌초	충돌	접촉
여객선 중형	1,470	1,810	1,590
소형	670	950	920
건화물선 대형	330	1,510	1,920
중형	320	1,580	2,010
소형	660	740	730
유조선 대형	4,030	8,900	8,610
중형	720	2,250	1,930
소형	240	820	500

<표 2-23> 최종평가

b : billion m : million

정책시나리오	편익 (Bi=Lo-Li)	비용 (Ci)	순편익 (Bi-Ci)	편인/비용비율 (Bi/Ci)
1. ECs @50/25/25	2.09b	750m	+1.34b	2.8
2. ECs @25/10/10	920m	750m	+170m	1.2
3. ECs @50/교/25	530m	100m	+430m	5.3
4. INS @ 75/50/60, 지역,	1.02b	150m	+870m	6.8
5. VTS in all PNS ports	840m	340m	+500m	2.5
6. VTS in positive net benefit	770m	190m	+580m	4.1
7. Double hull fot tanker	1.4b	6.1b	-4.7b	0.2
8. INS and VTS:4와 6 의결합	1.6b	340m	+1.2b	4.7
9. INS, VTS and double hulls;	2.7b	6.4b	-3.7b	0.4

2.2.2.4 인도네시아공화국 항행원조시설 정비 기본계획보고서⁵⁾

항행원조시설의 정비, 운용의 효과의 계측에 대한 분석은 다음과 같다.

1. 선박의 해상활동에 미치는 효과
 - 1) 운항효율의 향상에 따른 운송능력의 증대
 - 2) 해양어업에서의 생산성의 향상

2. 사회경제적 효과
 - 1) 해상운송의 효율화, 운송능력의 증대에 의한 국민경제의 발전, 상업진흥, 이에 따른 고용안정의 증대 등
 - 2) 물류의 원활화에 의한 개발 촉진에 따른 지역격차의 시정, 유통기구의 개선, 물가안정에 의한 민생의 향상 등

3. 기타 효과
 - 1) 국내전자산업의 진흥
 - 2) 해양자원의 탐사개발의 촉진
해난의 감소 및 그에 따른 효과
해양사고의 분석
항로표지와 관련된 사고확률 및 사고 1건당 피해규모 등의 설정

<표 2-24> 해난의 감소 및 그에 따른 효과(피해감소)

항목	계측, 표시
인명손해의 감소	1984-1988의 항로표지에 관련한 인명손해(추정) 36.6-45.0명
적하손해의 감소	1984-1988년 항로표지에 관련한 적하의 손해(추정) 60만-74만 달러
선체손해의 감소	1984-1988년 항로표지에 관련한 선체손해(추정) 27×10 ⁶ - 43×10 ⁶ US달러(선령10년)

2.2.2.5 국제항로표지협회 업무 매뉴얼⁶⁾

1. IALA 선박통행업무(VTS Manual)

IALA에서 1993년 9월 발간한 매뉴얼에서는 VTS 운용의 투자효과분석의 구조를 표시하고 있다.

- 1) VTS 및 서비스 업무의 정의, 투자효과분석의 필요성
- 2) VTS의 투자효과분석의 프레임
 - (1) 기본적인 실험순서
 - (2) 할인율과 내용연수
 - (3) 비용의 계산
 - (4) 편익의 계산
 - (5) 민감도 분석

<표 2-25> 편익의 계산표

분야	항목	계측방법	유의점
1. 교통안전의 편익	해양사고의 손해 - 인명, 치료행위 - 선박 - 적하 - 교통류에 미치는 영향 - 환경에 미치는 영향	리스크의 평가 시물레이션에 의한 충돌확률 등의 평가 위험도의 지수 $R = \sum m \cdot P \cdot I$ <i>m</i> : 교통량 <i>P</i> : 사고발생확률 <i>I</i> : 사고의 경제적 영향	불확실 요소의 내재 VTS에 의한 사고 건수나 피해액이 어느 정도 감소하는 가 를 정확히 계산하는 것이 곤란 경험치, 수치모델 등 설정
2. 교통효율의 편익	해상교통을 저해하는 조건하에서 - 대기나 감속에 의한 시간적 손실 - 선박 및 항만의 경비	대기시간과 원칙에 의한 손실 (시간당 선박운항비용 + 항만관련비용) × 지연시간	
3. 환경보존의 편익	미국 내무성의 “연안 및 해양환경에 있어서 의 천연자원의 손해평가 모델”의 소개 동 모델에서는 석유나 유해물질의 방출, 유출이 발생한 경우의 천연자원이 입는 손상의 계측		VTS운용효과산정에 환경보존의 항목 을 포함한 경우는 왼 쪽에서 기술한 모델 을 참조하는 것을 권 한다.

2.3 요약

이 장에서는 운영효과에 대한 평가방법은 평가비용 등을 감안하여 평가목적, 평가대상의 성질 등에 따라 적용가능하고 합리적인 평가방법으로 가능한 정량적인 평가방법을 사용한다. 정량적인 평가방법의 적용이 곤란한 경우 및 객관성이 확보되지 않는 경우 등에 있어서는 정성적인 평가방법을 적용한다.

평가의 절차는 해상교통안전시설을 설치하기 전에 평가를 수행하여 사업의 수행여부를 검토하고 복수의 사업대안 중에서 적절한 대안을 선택하는 데 유용한 정보를 제공할 수 있는 사전평가가 있다. 해상교통안전시설을 설치하고 일정기간이 지난 후 평가를 수행하여 실제의 정보 및 자료 등을 사용하여 사업의 효과를 실증적으로 분석하며 또한 해상교통안전시설의 개선·변경이나 새로운 시설의 기획·입안 및 수행에 반영될 수 있는 정보를 제공할 수 있는 사후평가가 있다. 그리고 법적·기술적 환경 등의 변화에 따라 해상교통안전시설을 개선·변경하는 데 필요한 정보를 제공할 수 있는 재평가가 있다.

그리고 국내의 1999년부터 2005년까지의 국채사업에 대한 비용편익분석 사례를 조사·분석하였으며 국외의 해상교통안전시설의 운영효과 분석에 대한 사례를 조사하여 정리하면 다음과 같다.

국내의 1999년부터 2005년까지 총 7년간 비용편익분석은 238건을 시행하였으며 매년 평균 34건의 비용편익을 검토하였다. 이를 각 부처별 분석하면 건설교통부가 7년간 158건으로 가장 많이 시행하였으며 그 다음으로는 해양수산부가 26건으로 두 번째로 많이 시행하였다. 1999년부터 2004년까지의 6년간 문화관광부에서는 비용편익분석은 14건을 시행하였으며 2004년도 재정경제부의 비용편익분석은 9건이었다. 기타부처에서도 비용편익분석을 32건을 시행하였다.

국외의 사례는 유럽 수역 연안 VTS의 비용-편익의 분석, 미국연안경비대(US Coast Guard)에 의한 선박교통관리서비스(VTS) 비용효과분석, 전자해도와 항해통합시스템 도입의 안전이익 분석, 인도네시아공화국 항행원조시설 정비 기본계획에 대한 분석, 국제항로표지협회 업무 매뉴얼에 대한 조사 분석으로 진행되었다.

제3장 해상교통안전시설의 편익산출모델의 수립

비용편익분석은 공공사업을 시행할 때 영향을 받을 수 있는 모든 고려사항을 최대 범위까지 정량적으로 계산하는 방법, 또는 설정된 공공목표를 달성하기 위한 대안과 관련된 순편익의 추정과 평가로서 사업대안과 관련비용·편익을 평가하여 어떤 결론을 도출하는 광범위한 평가절차를 포괄하는 개념으로 정의하고 있다.⁷⁾ 즉 국가적인 차원에서 결정한 공공목표를 달성하기 위해 예상되는 여러 대안의 비용과 편익을 산출하여 비교·평가함으로써 최선의 대안을 도출하는 기술적 방법이다.⁸⁾

따라서 비용편익분석은 정부에 의해 수행되는 갖가지 공공사업이나 정부정책을 평가하기 위해 사용되는 가장 일반적인 분석 도구로서, 정부가 정한 정책목표를 달성하기 위해 사용할 수 있는 여러 가지 정책대안을 수행하는데 소요되는 비용과 그로 인한 편익을 산출하고, 이에 기초하여 최선의 대안을 선택하기 위해 사용되는 기법이다.

이 장에서는 국내외 공공사업의 운영효과 분석방법을 통해 해상교통안전시설 사업에 대한 운영효과 편익산출모델을 구축한다. 해상교통안전시설의 운영에 따른 효과를 화폐가치로 환산한 것이 편익이다. 해상교통안전시설의 운영효과 중에서 편익은 크게 안전편익과 수송편익 그리고 기타편익으로 구분하여 산출한다. 비용의 산출에서는 건설비, 유지보수비, 기기갱신비로 하고, 사업계획의 연도별 비용을 사용한다. 운영효과분석에서는 비용편익비, 순현재가치, 경제적 내부수익률의 세 가지 지표를 최대한 정량적으로 분석하고 정량적으로 분석하기 어려운 부분은 정성적으로 분석한다.

3.1 해상교통안전시설의 특성

해상교통안전시설이란 말 그대로 해상교통의 안전 확보를 위한 시설을 말하는데 국제항로표지협회(IALA)에서는 해상교통의 안전을 위한 시설·장비 중에

서 선박이외에 설치된 시설·장비를 항로표지라고 정의하고 있으므로 해상교통 안전시설이란 곧 항로표지와 동의어가 된다. 항로표지법 제2조의 규정에 의하여 「등광(燈光)·형상(形象)·색채·음향·전파 등을 수단으로 항(港)·만(灣)·해협(海峽) 그 밖의 대한민국의 내수·영해 및 배타적 경제 수역을 항해하는 선박에게 지표가 되는 등대·등표(燈標)·입표(立標)·부표(浮標)·안개신호(霧信號)·전파표지·특수신호표지 등을 말한다.」라고 정의 되어 있다. 이와 같이 항로표지는 해상교통안전시설로서 해상교통의 안전을 도모하고 선박운항의 능력증진에 이바지 한다. 항로표지에는 형상, 색채 및 등광을 이용하는 광과표지, 형상과 색채만을 이용하는 형상표지, 음향(소리)을 이용하는 음과표지, 전파를 이용하는 전파표지, 특별한 정보의 제공을 위하여 설치하는 특수신호표지가 있다.⁹⁾

항로표지는 해상교통의 안전을 도모하고 선박의 운항능률 증진에 이바지하기 위하여 계속 변화하고 있는 해상교통의 환경을 고려하여 적절하고 유효한 항로표지의 요건이 구비되어야 한다. 국제적으로 간편하고 누구나 식별하기 쉬워야 한다. 일정한 장소에서 항상 고정되어 있어야 하며 정확히 운영되어야 한다. 신뢰성이 높고 항상 이용이 쉬워야 한다. 신뢰도를 즉시 검사할 수 있고 이용하는 계측자의 숙련도 및 선박의 기기정도에 의존할 수 있는 정도를 가져야 한다. 이용자에게 친근감을 줄 수 있어야 한다. 평상시에는 항해자가 무시할 수 있으나 필요시 즉시 이용할 수 있어야 한다. 대응성이 있어 수로도지의 참고나 계속관측을 필요로 하지 않는 것이어야 한다.¹⁰⁾

3.1.1 해상교통안전시설의 종류와 기능

항로표지의 종류는 항로표지법 제2조제2항의 규정에 의한 항로표지의 종류는 다음과 같이 분류한다.¹¹⁾

1. 광과표지: 등대, 등표, 도등, 조사등, 지향등, 등주, 등부표 및 등선
2. 형상표지: 입표, 도표 및 부표
3. 음과표지: 전기혼, 에어사이렌, 모터사이렌, 다이아폰 및 종
4. 전파표지: 라디오비콘, 레이더비콘, 레이마크비콘, 로란, 데카, 위성항법보

정시스템(DGPS 또는 DGLONASS) 및 레이더국

5. 특수신호표지: 조류신호표지, 선박통항신호표지(VTS) 및 기상 신호표지
6. 특수항로표지: 공사목적용표지, 침선표지, 규정표지, 교량표지, 계선표지, 해저케이블표지, 해저송유관표지, 해양자료수집용표지, 해양자원탐사용표지, 해양자원시추용표지 및 해양자원채굴용표지

3.1.1.1 광파표지

광파표지는 시각을 통하여 식별하는 항해용 표지로서 주간표지와 야간표지로 분류된다. 주간에는 표지 자체의 형상 및 색상에 의하여 구별하고, 야간에는 표지에 설치된 등화에 의하여 확인할 수 있도록 고유한 특성의 빛을 발한다. 광파표지는 기능에 따라 <표 3-1>과 같이 등대, 등주, 육표, 등표, 입표, 등선, 조사등, 도등, 도표, 지향등, 등부표, 부표, 교량표지로 분류되고, 사용목적에 따라 연안표지, 항만표지, 장애표지로 분류된다.

<표 3-1> 시각표지의 종류와 기능

종 류	기 능
등 대	1. 선박이 육지, 주요 변침점 또는 선위를 확인할 때 목표로 하기 위해서 설치된 등화를 갖춘 일반적으로 탑 모양의 구조물 2. 항만의 소재, 항구 등을 알리기 위해서 설치된 등화를 갖춘 일반적으로 탑모양의 구조물
등 주	등대와 같은 목적으로 같은 장소에 설치된 등화를 갖춘 일반적으로 기둥 모양의 구조물
육 표	등대 또는 등주와 같은 목적으로 같은 장소에 설치된 무등화의 간이 구조물
등 표	선박에 장애물 및 항로를 알리기 위해서 암초, 얕은 곳 등에 설치된 등화를 갖춘 일반적으로 탑 모양의 구조물. 통상 소형이지만 드물게 대형인 것도 있다. 또한 수심이 조금 깊은 해역에 설치된 부체식 등표도 있다
입 표	상기와 같은 목적으로 같은 장소에 설치된 무등화의 간이 구조물
도 등	통항이 곤란한 좁은 수로, 만 입구, 항구 등에서 선박에 안전한 항로를 알려주기 위해서 항로의 연장선상의 육지에 설치된 고저차가 있는 등화를 갖춘 2기의 탑 모양 구조물의 조합. 드물게 3기로 구성된 것도 있다. 선박은 주간에는 2기의 구조물을, 야간에는 2개의 등화를 수직선상으로 보고 진행함으로써 안전한 항로를 택할 수 있다
도 표	도등과 같은 목적으로 설치되는 무등화의 간이 구조물의 조합

(continued)

지향등 (指向燈)	통항이 곤란한 좁은 수로, 만 입구, 항구 등에서 선박에 안전한 항로를 알려주기 위해서 항로의 연장선상의 육지에 설치된 지향등용 등기를 갖춘 탑 모양의 구조물로서 접근하는 선박을 기준으로 좌현측 위험영역을 녹색광, 우현측 위험영역을 적색광, 중앙의 안전영역을 백색광으로 비추어 주어, 선박은 백색광을 보고 항행함으로서 안전한 항로를 택할 수 있다.
조사등 (照射燈)	암초, 방파제선단 등을 조사하여, 선박에 이러한 장애물의 존재 및 위치를 알리기 위해서 설치된 투광기를 갖춘 구조물. 등대에 병설되어 있는 것과 독립하여 설치되어 있는 것이 있다.
등부표	선박에 암초, 얕은 여울 등의 존재 및 항로를 알리기 위해서 일정한 위치에 설치되어, 해상에 띄운 등화를 갖춘 구조물. 소형 등부표 외에 육지초인, 항만 인지 등을 위해 외해에 설치된 대형등부표도 있다. 특히 그 크기가 큰 등부표를 랜비(LANBY)라 한다
부 표	등부표와 같은 목적으로 설치되는 무등화의 간이 구조물
등 선	육지초인 및 항만, 항로 등에서의 접근을 알리기 위해서 일정한 위치에 설치된, 통상 고광도의 등화를 갖춘 소형선박. 무선, 음향 등의 표지를 가지는 것도 있다
교량표지	가항수역에 가설된 교량에 항해안전을 위해 설치된 등화와 주표. 교량의 규모에 의해 항로의 중앙, 측단을 알리는 등화 및 주표 외에 교각의 위치를 알리는 등광, 투광조명 등이 설치되기도 한다
기타 표지	시버스, 시추탑 등의 해상고정구조물에 항행안전을 위해 설치된 등화, 주표의 구조물과 이외에 수로표지, 케언(cairn)이 있고, 줄무늬를 응용한 특수한 유도표지도 있다

자료: 해양수산부

광과표지의 기본 요건은 요구되는 범위내에서 충분히 볼 수 있어야 하고 항해자가 다른 등화와 식별할 수 있도록 등광에 개성을 주어 관측자가 명료하게 구분할 수 있어야 하며 섬광과 암간이 적당한 간격으로서 항해자가 쉽게 식별

할 수 있는 속도로 정확히 반복되어야 하고 등명기 및 광원은 가능한 한 효율이 높고 신뢰성이 높은 것이어야 하며 지리학적 입장에서 항로표지의 용도, 목적을 만족시킬 수 있고, 충분한 안정성이 있어야 한다.

등대는 위험한 암초나 해양으로 돌출된 곳 및 섬 등 선박의 물표가 되기에 적합한 장소에 설치되어 여울목, 사주, 암초 등을 표시하고, 선박에서 위치선을 구할 수 있도록 설치되는 것으로서 육지의 초인, 꽃, 하구, 항만 등의 진입구를 표시한다.

등표는 항로나 항행에 위험한 암초 및 항해금지해역 등에 설치되어 육지의 초인 위치를 나타내고, 수로 내 또는 인접 부근에 존재하는 장애물, 수로 또는 가항수역의 측면경계, 수로의 결합부나 선회점을 표시한다. 또한 도등이 설치되어 있지 않는 해역에 있어서는 도등을 구성하는 일부분의 기능을 가질 수 있다.

도등은 가항수로 표시하거나 심·홀수 선박에게 수로내의 최대수심부분을 표시하고, 등표 또는 등부표가 없는 경우에 가항수역을 표시한다. 또한 횡조류가 강한 항구·하구 진입로에서 선박을 안전하게 진입하거나 양방향통항을 분리하는 역할을 한다.

등선은 육지에서 멀리 떨어진 해양이나 항로의 중요한 위치에 있는 위험한 여울목, 사주, 암초 등을 표시하고, 육지초인위치 또는 통항분리대의 진입, 주의 영역의 선회지점을 표시한다. 주로 미국연안이나 유럽지역에서 많이 채택되고 있으나, 최근에는 등부표로 대체되어 가고 있는 추세이다.

부표는 등대와 함께 대표적인 연안표지로서 수로·수역의 측방경계, 항해위험물 또는 방해물, 어떤 범주의 항해에 위험을 초래할 수 있는 장애물, 육지초인위치, 수로중앙위치, 특수영역이나 형태, 물속에 잠긴 해양자료관측시스템(Ocean Data Acquisition System, ODAS), 선회지점, 통항분리, 분기점 등을 나타낸다.

연안표지는 외해에서 육지로 진입하는 선박 또는 연안을 항해하는 선박이 육지를 초인하거나 위치를 확인하고 변침점을 표시하기 위하여 항해상의 지표기능을 제공하는 표지로서, 꽃이나 도서 등에 설치되는 표지시설을 말한다. 또한 항만이나 소형 항구의 방파제의 등대, 등부표, 도등과 같이 선박에게 항구, 항로, 진입수로 등을 표시하는 것을 항만표지라 하고, 암초, 얕은 여울 같은 장애물을 표시하기 위해서 설치된 등표, 등부표 등을 장애표지라 한다.

3.1.1.2 전파표지

전파표지는 전파를 이용한 항로표지로서 광파표지와는 달리 비, 안개 등의 기상조건에 영향을 적게 받으며, 자선의 위치를 인식하는데 유용하다. 전파표지의 종류 및 기능은 <표 3-2>와 같다.

<표 3-2> 전파표지의 종류 및 기능

종 류		기 능	유효범위	
쌍곡선 항법 표지국	로란C (LORAN-C)	육상의 3-5개국이 1개 체인을 구성하여 전파를 발사하고, 전파유효범위 내의 선박은 로란C 수신기를 이용하여 주국과 종국의 전파도달 시간차를 구하여 선위를 구한다.	주야간 1,100해리	
위성 항법 표지국	GPS/DGPS	24개의 GPS 궤도위성과 선박의 GPS 수신기 사이의 전파도달소요시간을 측정하여 위치를 제공하는 시스템이 GPS이며, DGPS는 GPS의 위치 오차값을 보정하여 더욱 정확한 GPS위치를 측정한다.	전 세계/ 100해리	
무선 방위 신호소	중 파 표 지 국	무지향 비콘	선박에서 전파의 도래방향을 탐지하여 항해에 도움을 줄 수 있도록 전 방향으로 중파대의 전파를 발사한다.	주간 150해리 야간 50해리
	마 이 크 로 파 표 지 국	레이 마크 비콘	선박의 레이더 화면상에 송신국의 방향을 휘선으로 나타내어 방위선을 표시할 수 있도록 마이크로파를 발사한다.	주야간 20해리
		레이더 비콘	선박의 레이더 화면상에 송신국의 위치로부터 일정 형태의 모스신호 휘선을 표시할 수 있도록 마이크로파를 발사한다.	주/야간 9해리/ 5해리

자료: 해양수산부

3.1.1.3 음파표지

음파표지는 시계가 불량하여 등화를 발견하기 어려울 때에 음향신호를 발하여 인근 해역을 항행하는 선박에게 항로표지의 위치를 알리거나 경고할 목적으로 설치된 표지로서 무신호(Fog Signal)라고도 한다. 이 음파표지는 등대나 다른 항로표지에 부설되어 설치되며, 소리가 전달되는 경로에 따라 공중음 신호와 수중음 신호로 구별되는데, 현재는 대부분 공중음 신호만 이용되고 있다.

음파신호는 안개, 눈, 폭우 등에 의해서 시계가 제한되어 항행에 지장을 초래할 우려가 있는 경우에만 발하므로 해상에서는 시계가 제한된 상황일지라도 무신호소에서 이러한 상황을 인지하지 못하여 신호를 발하지 않는 경우가 있다. 또한 신호음은 대기상태나 지형에 따라 전달거리가 변할 수 있으므로, 신호음의 방향 또는 세기만으로 신호소의 방위나 거리를 판단해서는 안된다. 한편 음파표지를 이용할 때에는 선내를 정숙하게 하고, 경계원을 여러 장소에 배치하며, 측심이나 레이더를 병행하여 활용토록 하여야 한다.

3.1.1.4 특수시호표지

1. 조류신호소

조류신호소는 강한 조류 등으로 선박의 항행여건이 열악한 항만 출입구 및 주요항로에 조류의 방향과 속력을 측정하여 현재의 유향, 유속을 전광판, 인터넷, 유·무선 방송을 통하여 실시간으로 알려주는 시설이다. 조류신호소는 조류의 유속과 유향을 측정하는 센서부와 측정된 데이터를 처리하는 정보처리장치와 이 정보를 전송하고 표시하는 전송 및 출력장치로 구성된다.

2. 기상신호소

기상신호소는 특정해역을 항해하거나 어로에 종사하는 선박, 해상작업을 하는 선박 등을 위하여 해상 활동 시 안전 확보에 필요한 국지적인 해양기상(풍속, 풍향, 우량, 시계) 및 해양정보(파랑, 파고, 조류의 방향, 유속, 조석 등)를

가능한 이용자에게 인터넷, 휴대폰 문자서비스, ARS 등을 통하여 전달하고자 하는 시스템이다.

3. 선박통항관제신호소(VTS)

선박통항관제신호소는 현재 「국제적인 정의에 근거한 선박통항업무를 하는 시설」이라 생각하게 되었고, IMO지침서에서는 VTS를 다음과 같이 정의한다.

VTS란 선박교통의 안전과 운항능률의 향상, 환경의 보호를 목적으로 공적기관이 운영하는 것이며, 해상교통과 상호 관련하여 수역내의 교통상황에 적절히 대응하는 능력을 갖는 것이어야 한다.

VTS 업무를 구성하는 기본적인 요소는 해상교통에 관련된 데이터를 수집하는 일이 있고 수집한 데이터를 평가하는 일이 있으며 평가결과를 선박교통을 위하여 이용하는 일이 있다.¹²⁾

3.1.1.5 집약관리시스템

항로표지 집약관리시스템은 일정수의 항로표지를 집단화하여 관리효율을 증대시키는 방법으로 육상에 모국을 설치하고 각각의 항로표지(등대, 등표, 등부표 등)에 자국 시스템을 설치하여 유·무선 통신을 이용하여 모국에서 자국의 상태를 감시, 제어하며 자국의 각각의 상태를 일정 간격으로 저장하므로 통계자료로 활용이 가능하며 육상의 모국에서 해상의 자국을 일괄적으로 관리할 수 있으므로 점검 기간을 별도로 설정할 필요 없이 언제든지 항로표지(해상자국)의 상태를 감시할 수 있다.

항로표지의 동작상태와 장비상태를 감시하고, 자동 시스템에 고장이 발생할 경우에 고장 원인을 분석하고 항로표지를 원격으로 제어하는데 필요한 시스템별 관리항목을 설정하여 최대의 서비스가 용도를 확보하는데 필요한 제어장치를 포함한 주어진 시스템에 가장 적절한 관리항목을 제시하고 기존 원격제어시스템의 관리항목을 수용할 수 있도록 구성한다.¹³⁾

3.2 해상교통안전시설의 편익산출모델의 수립

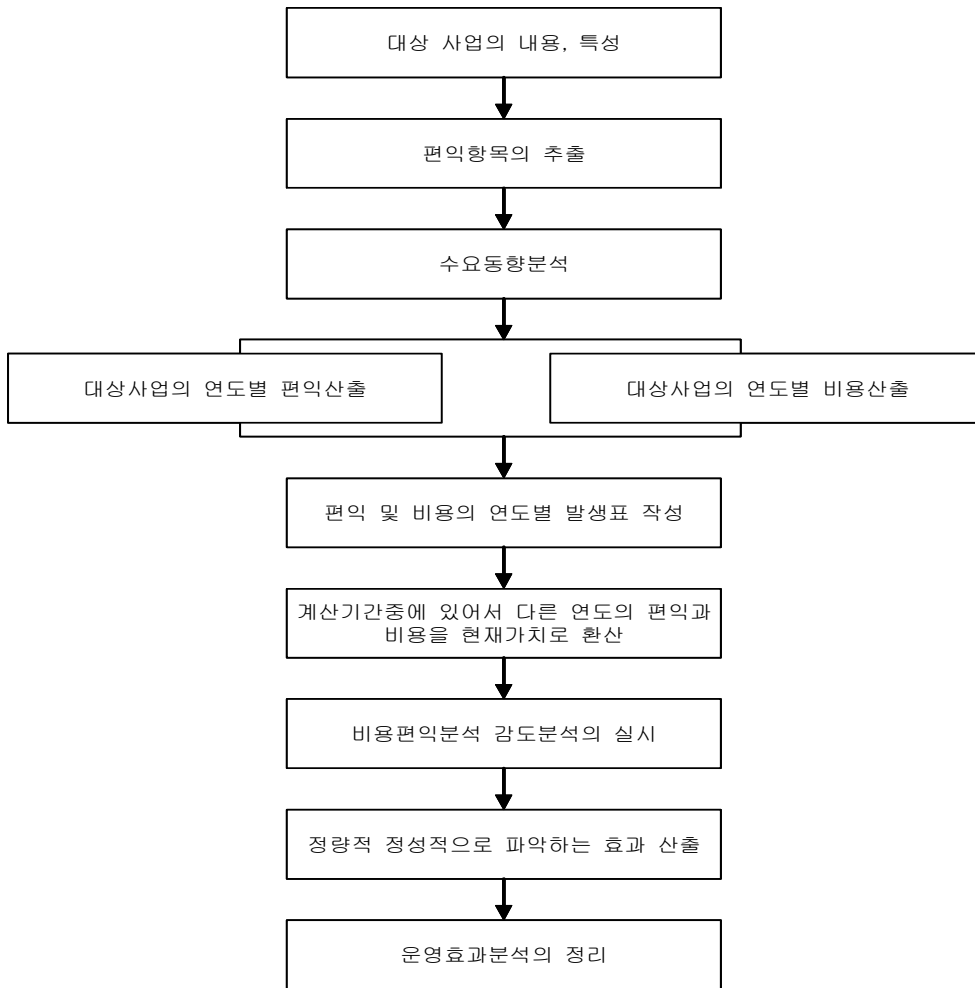
3.2.1 편익산출모델수립의 기본원칙

본 연구에서 해상교통안전시설의 운영효과분석은 비용편익분석을 이용한 정량적 분석을 행한다. 비용효과분석은 <그림 3-1>에 나타난 순서에 따라 실시한다. 비용편익분석은 사회경제적 효율성이라는 관점에서 본 효과에 대하여 화폐가치 환산을 하고, 건설비나 유지비 등을 포함하여 사업에 필요한 모든 경비와 비교하여 사업의 효율성 평가를 하는 것이다.¹⁴⁾ 한편, 해당 해상교통안전시설운영에 의해 발생하는 모든 효과를 제시하고 그 효과를 가능한 한 화폐가치로 환산하여 편익으로 산출한다. 그리고 비용과 편익을 비교하는 것으로 사업의 유효성을 평가할 수 있다.¹⁵⁾

1. 사업을 할 경우(with시): (예) 건설 등의 비용이 필요하지만, 해당 해역에서는 해양사고가 감소한다. 또 선박운항의 효율이 향상한다.

2. 사업을 하지 않을 경우(without시): (예) 건설 등의 비용은 필요로 하지 않지만, 지금까지와 같은 수준 이상의 해양사고가 계속 발생한다. 또, 선박운항의 효율도 현상유지나 저하될 수 있다.

이 두 가지 경우를 화폐가치로 비교하기 위해 건설비 등의 사업에 필요한 비용과 미연에 방지하는 해양사고 손실비용 및 선박운항 효율 향상에 의한 운항 경비절감비용을 편익으로 측정한다. 실질가격으로 통일한 비용 및 편익에 대한 연도별 Flow Chart를 작성함과 함께 다른 연도의 비용과 편익을 기준으로 하는 연도의 가치(현재가치)로 환산하여 계산기간 중에 걸쳐 합계한다.¹⁶⁾ 그리고 현재가치화 된 비용과 편익을 비교하고, 대상사업에 대한 투자 효율성을 평가함과 동시에 민감도분석을 실시하는 것이 운영효과분석모델의 기본원칙이다.



<그림 3-1> 운영효과분석의 순서

3.2.2 편익산출모델의 수립

해상교통안전시설의 운영에 따른 효과를 화폐가치로 환산한 것이 편익이다. 해상교통안전시설사업은 각각 대상사업의 특징에 따라 편익 발생구조가 다르므로 해상교통안전시설이 하는 역할, 실시 목적을 고려한 후에 산출할 편익을 선정한다. 또한 해상교통안전시설 사업 효과 중, 화폐가치 환산을 할 수 있는 것은 빠짐없이 이중 계산이 되지 않도록 산출한다. 본 연구에서는 해상교통안전시설의 운영효과 중에서 화폐가치 환산이 가능한 해양사고감소는 안전 편익, 운항능률에 따른 운항시간단축, 운항경비절감 등은 수송편익, 안전편익과 수송

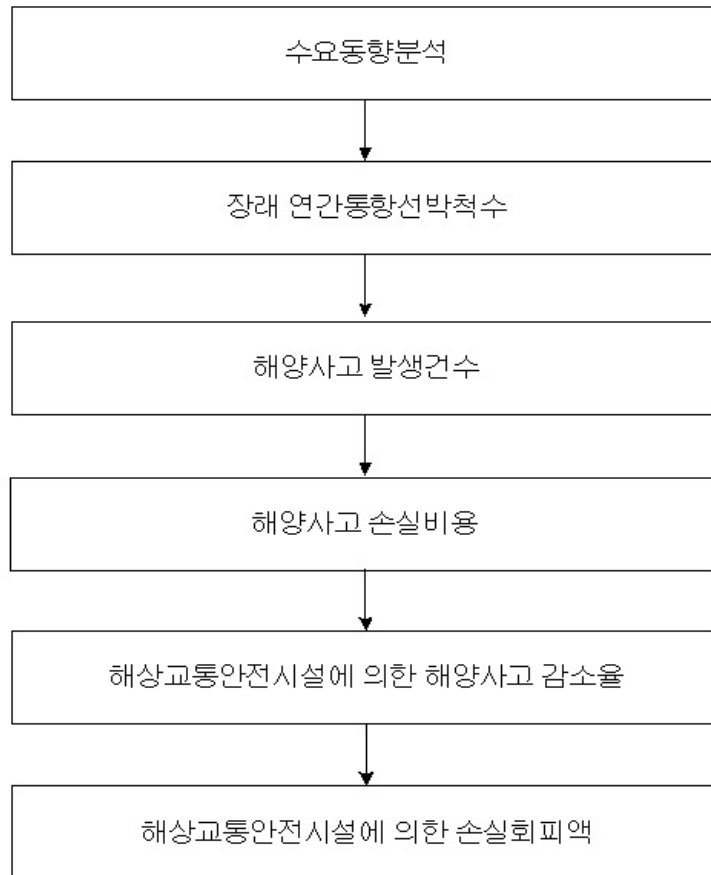
편익 이외의 편익을 기타편익으로 산출한다.

3.2.2.1 안전편익의 산출

안전편익은 해상교통안전시설을 운영함으로써 대상해역의 해상교통의 안전성을 향상할 수 있다. 해양사고 감소척수는 과거의 통계에서 해양사고의 발생확률, 해양사고 발생원인과 통항선박척수와의 관계를 확실하게 하는 것으로 파악한다. 또한 해양사고 1건당 또는 선박 1척당 경제적 손실을 통계적으로 찾아내고, 이것을 사용하여 해양사고 감소 효과를 화폐가치로 환산하여 기대손실 회피비용으로 산출한다. 본 연구에서는 해양사고 감소효과를 화폐가치로 환산한 것을 안전편익이라고 한다.

1. 기본원칙

안전편익 산출은 <그림 3-2>에 나타낸 것 같이 연간 해양사고 감소율을 산출하고, 해양사고에 관계되는 여러 가지 손실 중, 화폐가치환산이 가능한 물적손해(선체, 화물), 인적손실, 해양사고 처리 등에 따른 직접적인 손해를 대상으로 산출한다.



<그림 3-2> 안전편익산출 Flow Chart

해양사고는 많은 원인들이 복잡하게 서로 관련되어 우발적으로 발생한다. 그러므로 해상교통안전시설을 운영하면 항상 선박교통의 안전성 향상에 의한 효과가 나타난다고 판단할 수 있는 것은 아니지만 해상교통안전시설의 운영에 있어서 운영후의 해양사고척수를 어느 수준까지 억제 가능할 것인가 라는 계획적인 효과를 반드시 확보할 수 있는 것도 아니다. 그러나 해상교통안전시설의 운영에 의해 장애물의 존재를 명확하게 하고, 선박 교통의 정류화(整流化)를 도모하여 항행 환경을 개선하면 전체적으로 해양사고가 감소한다고 기대할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 해상교통안전시설운영과 해양사고의 발생 메커니즘과의 관계를 정리한 후, 과거 통계에 기초하여 그 효과를 파악하였다.¹⁷⁾

해양사고 감소에 따른 기대손실 회피비용은 해양사고에 따른 직접적인 손실

로 평가되는 「선박손상에 따른 손실비용, 선박 보수 기간 중의 손실비용, 인적 손실비용, 화물 손실비용, 해양사고 선박처리에 따른 손실비용, 유출 기름에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용」을 각각 계산하여 합계한다. 또, 직접적인 손실 이외에 선박 운항 주체(선사, 항해자)가 선박운항 때 안심할 수 있다는 편익도 존재한다. 본 연구에서는 항해자가 안심할 수 있는 편익에 대하여 CVM법(조건부 가치측정법)에 의한 분석 방법¹⁸⁾을 이용하였다.

2. 해양사고 감소율의 예측

1) 해양사고 발생확률의 산출

$$\text{해양사고발생확률(AP)} = \frac{\text{효과산출의 대상으로 하는 해양사고척수(NA)}}{\text{대상해역에 있어서 연간통항선박척수(YN)}}$$

해양사고는 우발적으로 발생하는 것으로서 서로 다른 연도의 해양사고 척수도 변동이 생기는 경우가 있다. 그러므로 해양사고 발생 확률은 수요동향분석에서 대상해역에서의 5년 정도의 해양사고 척수를 추출하고, 그 해양사고 발생 확률을 사용하여 산출한다. 효과 산출의 대상으로 하는 해양사고 척수는 대상해역에서 발생한 해양사고 중에서 해상교통안전시설의 운영에 따라 감소한다고 기대되는 해양사고 척수로 한다. 그 대상사업별로 감소된다고 기대되는 해양사고 감소율은 <표 3-3>과 같다. 해상교통안전시설의 운영으로 통항선박 척수에 변화가 발생한 경우, 해양사고 발생확률도 변화할 가능성이 있다. 그러나 장래의 해양사고 발생 확률의 예측은 기술적으로 곤란하다는 점에서 위의 식에 의해 산출되는 해양사고 발생확률을 적용한다.

2) 사업실시에 따른 해양사고 감소율의 산출

사업실시에 따른 해양사고 감소율(DR)은 다른 해역에서 실시된 유사사업의 해양사고감소율(실적치) 또는 국외의 보고된 자료를 적용한다. 만일 해상교통안

전시설의 운영개시후의 대략 5년 이상 경과한 경우에 해양사고 감소율은 아래 계산식을 이용해 산출한다.

$$\text{해양사고 감소율(DR)} = \frac{\text{운영전의 해양사고발생확률(AP}_b\text{)} - \text{운영후의 해양사고발생확률(AP}_a\text{)}}{\text{운영전의 해양사고발생확률(AP}_b\text{)}}$$

여기서,

$$\text{운영전의 해양 사고발생확률(AP}_b\text{)} = \frac{\text{운영전의 효과산출대상 해양사고척수}}{\text{운영전의 대상해역의 연간통항선박척수}}$$

$$\text{운영후의 해양 사고발생확률(AP}_a\text{)} = \frac{\text{운영후의 효과산출대상 해양사고척수}}{\text{운영후의 대상해역의 연간통항선박척수}}$$

해양사고는 많은 원인이 복잡하게 서로 연관되어 우발적으로 발생한다. 해상 교통안전시설의 운영에 의해 해양사고 발생원인의 일부(선위 불명확 등)가 해소 되지만, 해양사고 전부를 해소하기는 어렵다는 점에서 해양사고 감소율을 적용한다. 운영개시 전후의 해양사고 발생확률은 과거 유사 사업의 실시 전후 5년간 정도의 해양사고척수 및 해당사업 대상해역의 연간 통항선박척수에서 산출한 발생확률의 각 연 평균값을 적용한다. 효과산출 대상 해양사고는 <표 3-3>에 나타난 사업실시로 감소가 기대되는 해양사고를 적용한다.¹⁹⁾ 여기에서 대상사업별 해양사고 감소율(DR)은 그 값이 클수록 대상사업을 통한 해양사고 감소정도가 높다는 것을 의미한다. 장래의 해양사고 감소율 예측은 기술적으로 어려우므로 현재 상태의 해양사고 감소율을 적용한다. 또, 자료 제약 등에 의한 유사사업의 해양사고 감소율을 개별로 예측하는 것이 어려운 경우는 <표 3-3>에 나타난 전국의 평균적인 해양사고 감소율을 적용한다.

본 연구에서는 위에서 나타난 것과 같이 해양사고 발생확률을 대상해역의 통항선박척수, 해양사고척수에서 산출하고 있다. 여기서 전국의 평균적 해양사고 감소율을 적용할 경우, 대상해역의 해양사고 발생확률이 전국의 평균적인 발생확률과 같은 수준인 것을 통계적인 검정방법을 이용하여 확인할 필요가 있다.

<표 3-3> 대상사업별 해양사고 감소율(DR)

대상사업	해양사고 감소율(%)
1. 연안표지	-
2. 장애표지	84.52
3. 항만표지	60.75
4. DGPS국	9.02
5. 마이크로파표지(레이더 비콘)	51.76
6. 마이크로파표지(레이마크 비콘)	-
7. 조류신호소	65.0
8. 연안VTS	14.82
9. 기상신호소	-
10. 광파표지 ¹⁾	73.0

자료: 일본해상보안청

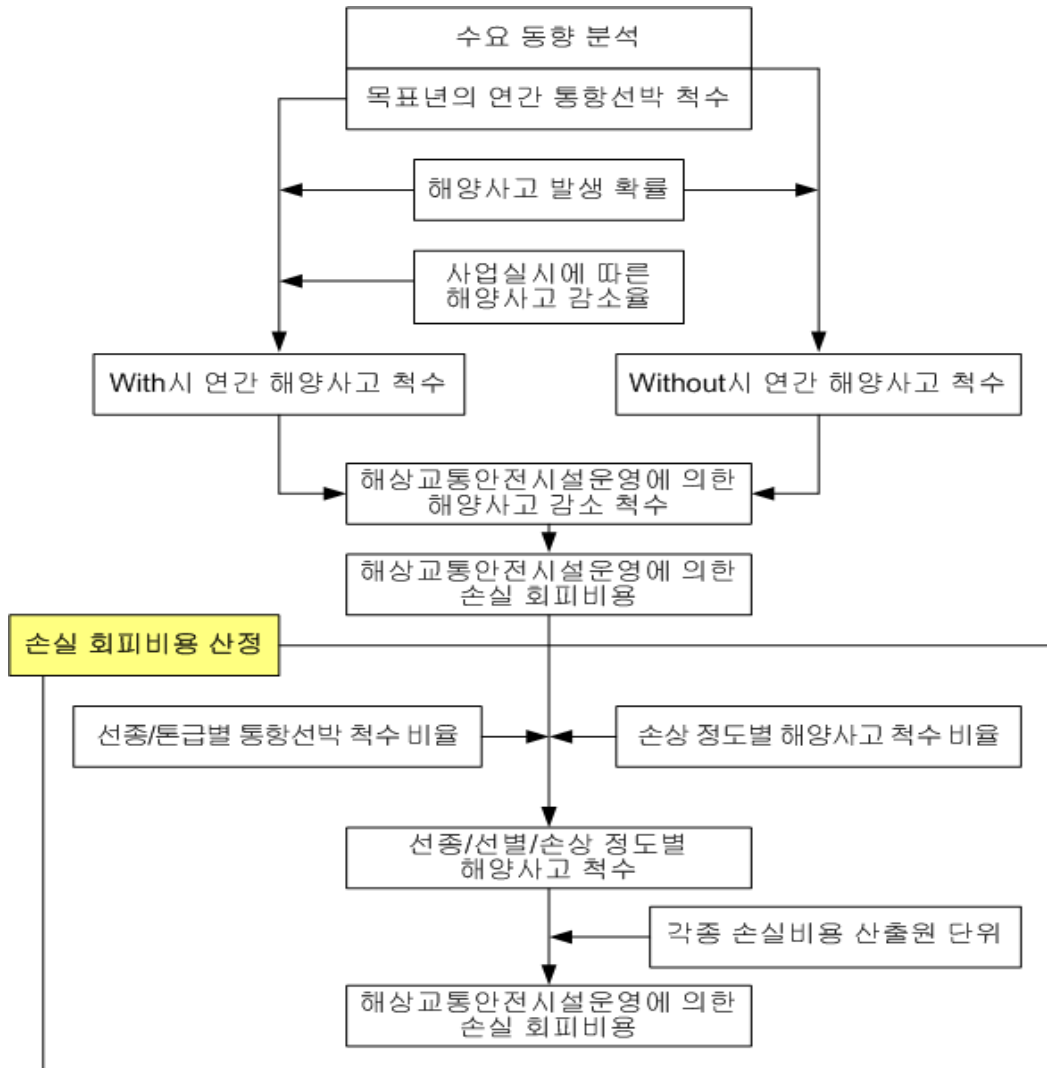
주 1) 장애표지와 항만표지의 평균값으로 산정함

3. 해상교통안전시설에 의한 손실 회피비용의 산출

1) 기본원칙

위에서 예측한 해상교통안전시설사업을 실시한 경우에 감소한다고 예상되는 해양사고 척수를 선종, 톤급, 손상 정도별로 환산하고, 해양사고에 관계되는 여러 가지 손실 중, 화폐가치 환산이 가능한 물적 손실(선체, 화물), 인적손실, 해양사고 처리 등에 따른 직접적인 손해를 대상으로 하여 산출한다. 해양사고에 따른 손실 피해비용은 해양사고 선박의 선종, 톤급과 손상 정도에 따라 다르므

로 본 연구에서는 선종, 톤급 및 손상 정도별로 연간 해양사고 감소 척수를 산출한다.



<그림 3-3> 손실회피비용 산정 Flow Chart

2) 선종·톤급·손상정도별 해양사고 감소율의 산출

선종·톤급·손상정도별 해양사고 감소율은 앞에서 산출한 운영에 따른 해양사고 감소척수(ADR)에 수요동향분석에서 산출한 연간통항선박척수에서의 선종·톤

급별 척수비율(DWP), 대상해역에 있어서 운영개시 전에 발생한 해양사고의 손상정도별 척수비율(ALP)을 적용하여 선종·톤급·손상정도별 해양사고감소척수(ALDR)를 산출한다.

$$\text{선종·톤급·손상정도별 해양사고감소율(ALDR)} = \frac{\text{사업실시에 따른 해양사고감소율(ADR)}}{\text{선종·톤급별 척수비율(DWP)}} \times \frac{\text{손상정도별 척수비율(ALP)}}{\text{척수비율(ALP)}}$$

여기서

$$\text{선종·톤급별 척수비율(DWP)} = \frac{\text{대상해역의 선종·톤급별 연간통항선박척수(예측치)}}{\text{대상해역의 연간통항선박척수(D)(예측치)}}$$

$$\text{손상정도별 척수비율(ALP)} = \frac{\text{대상해역에서 발생한 손상정도별 해양사고발생척수(실적치)}}{\text{대상해역에서 발생한 해양사고척수(실적치)}}$$

선종/톤급별 척수 비율은 수요동향분석으로 예측한 사업대상 해역의 연간통항 선박 척수의 선종/톤급별 비율을 적용한다. 손상 정도별 척수 비율은 대상해역에 있어 운영개시 전 5~6년 정도의 기간에 발생한 해양사고의 손상 정도별 척수 비율의 각 연평균 값을 적용한다. 또, 해양사고의 손상 정도 구분은 <표 4-2>에 나타내는 구분을 표준으로 한다. 이와 같은 선종/톤급별 척수 비율에 대한 자료가 없는 경우에는 선종/톤급별의 구분 없이 모든 선박에 대한 해양사고감소율을 적용한다.

<표 3-4> 해양사고 손상정도 구분

손상 정도 구분	손상 내용
전손	본래의 용도로 사용할 수 없게 된 상태 (복구가 불가능한 상태의 손상)
중대 손상	선체 파손이 중(中) ~ 대(大) 규모인 손상 (복구는 가능하나 자력 항행은 불가능한 상태의 손상)
경미한 손상	선체 파손이 소규모인 상태 (복구가 가능하며 자력 항행도 가능한 상태의 손상)
손상 없음	선체의 손상을 동반하지 않는 상태

3) 손실 회피비용 산출

해양사고 감소에 동반하는 기대손실 회피비용은 해양사고의 직접적인 손실로 평가되는 선박손상에 따른 손실비용, 선박 보수기간 중의 손실비용, 인적 손실비용, 화물 손상비용, 해양사고 선박처리에 따른 손실비용, 유출유(流出油)에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용을 각각 계산하여 합계한다. 그리고 이 합계와 해상교통량 증가에 따른 해양사고발생 증가율을 감안한 해양사고 발생건수 및 해상교통안전시설의 설치로 인한 해양사고건수의 감소율을 곱하여 산출한다.

해양사고 감소에 따른 손실 회피비용(ADC):

$$ADC = DR \times OC \times (DC_1 + DC_2 + DC_3 + DC_4 + DC_5 + DC_6) \times (1 + \delta IR) \quad \text{식(3-1)}$$

여기서,

DR : 해상교통안전시설의 설치로 인한 해양사고건수의 감소율(%)

OC : 해양사고 연간 평균발생건수(건/연)

DC₁ : 선박 손상에 따른 손실비용(억원/건)

- DC₂ : 선박 보수기간 중의 손실비용(억원/건)
- DC₃ : 인적 손실비용(억원/건)
- DC₄ : 화물 손실비용(억원/건)
- DC₅ : 해양사고 선박처리에 따른 손실비용(억원/건)
- DC₆ : 유출유에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용(억원/건)
- δ : 해양사고발생계수
- IR_t : 각 t년도의 교통량 증가율(%)

(1) 선박 손상에 따른 손실비용(DC₁) 계산

선박 손상에 따른 손실비용(DC₁)은 해양사고에 의해 발생한 선체의 손상부분 등을 보수하기 위해 필요한 비용으로 아래 식을 이용하여 계산한다.

$$DC_1 = \sum_i \sum_j \sum_k (NSP_{ij} \times \left(\frac{1 + SCR_{ij}}{2} \right) \times DDR_k) \quad \text{식(3-2)}$$

여기서,

- DC₁ : 선박 손상에 따른 손실비용(억원/년)
- NSP_{ij} : 선종/톤급별 신조선가(억원/척: 선종 i, 톤급 j별 1척당 신조선가)
- SCR_{ij} : 신조선가 대비 폐선가의 비율
- DDR_k : 해양사고 손상정도별 선체 손상을
- i : 선종 구분
- j : 톤급 구분
- k : 해양사고 손상 정도 구분

선박 손상에 따른 손실비용은 선체를 보수하는 비용으로 한다. 보수하는 비용은 해양사고의 발생형태, 선체의 손상부분 등에 따라 모두 다르므로 그것들을 하나하나 계산하기는 어렵다. 그러므로 간편한 방법으로 보수에 필요한 비용을 해양사고 선박과 같은 선종/톤급의 중고선박에 대해 해양사고 손상 정도

별로 설정하는 선체 손상율을 사용하여 손상정도를 고려한 보수비용을 계산한다. 여기서 중고선가는 신조선가와 폐선가의 합계액을 1/2로 나눈 것을 대표치로 사용한다. 본 연구에서 폐선가는 신조선가의 10%(0.1)로 가정한다.

<표 3-5> 어선의 신조선가(NSP_{ij})

(단위: 천만 원/척)

선종/톤급 구분		신조선 가격
어선	20GT 미만	24
	20GT이상 100GT미만	216
	100GT이상 500GT미만	424
	500GT 이상	176

<표 3-6> 일반선박의 선종/톤급별 신조선가(NSP_{ij})

(단위: 억원/척)

톤급 구분		선종 구분						
이상	미만	일 반 화물선	자 동 차 전 용 선	컨 테 이 너 선	LPG선 LNG선	탱 커	페 리 여 객 선	일 반 선 박
	100GT	4.8	-	-	-	8.0	-	5.6
100GT	500GT	20	-	-	-	22.4	59.2	37.6
500GT	1,000GT	47.2	56.8	-	-	35.2	136.0	88.0
1,000GT	3,000GT	76.8	64.8	-	67.2	62.4	232.0	144.0
3,000GT	10,000GT	144	120.0	128	144.0	152.0	360.0	152.0
10,000GT	20,000GT	160	216.0	200	152.0	272.0	824.0	256.0
20,000GT	50,000GT	224	360.0	416	408.0	368.0	-	392.0
50,000GT	100,000GT	328	-	656	872.0	1,072.0	-	624.0
100,000GT	150,000GT	-	-	-	145.6	1,920.0	-	1,920.0
150,000GT	200,000GT	-	-	-	-	2,688.0	-	2,688.0

<표 3-7> 해양사고 손상정도별 선체 손상율(DDR_k)

손상정도 구분	선체 손상율
전손	1.0
중대 손상	0.7
경미 손상	0.2
손상 없음	0.0

(2) 선박 보수기간 중의 손실비용(DC₂) 계산

선박 보수기간 중의 손실비용(DC₂)은 일반 선박의 손실비용(DC₂₁)과 어선 손실비용(DC₂₂)의 합계비용으로 하고, 아래 식을 사용하여 계산한다.

$$DC_2 = DC_{21} + DC_{22} \quad \text{식(3-3)}$$

여기서,

DC₂ : 선박 보수 기간 중의 손실비용(원/년)

DC₂₁ : 일반선박의 보수 기간 중의 손실비용(원/년)

DC₂₂ : 어선의 보수 기간 중의 손실비용(원/년)

① 일반선박의 선박 보수기간 중의 손실비용(DC₂₁)

일반선박의 선박 보수기간 중의 손실비용(DC₂₁)은 해양사고에 의해 발생한 선체의 손상 부분 등을 보수하는 기간 중, 해양사고 선박과 같은 선종/톤급의 선박을 별도로 용선한 경우에 필요한 비용(용선료)으로 아래 식을 사용하여 계산한다.

$$DC_{21} = \sum_i \sum_j \sum_k (RT_{ik} \times CC_{ij}) \quad \text{식(3-4)}$$

여기서,

DC₂₁ : 일반선박의 선박 보수기간 중의 손실비용(억원/년)

RT_{ik} : 선종/손상 정도별 보수기간(일/척: 선종 i, 손상정도 k별 해양 사고 선박의 보수기간)

CC_{ij} : 선종/톤급별 용선료(원/일: 선종 i, 톤급 j별 해양사고 선박과 같은 선종/톤급의 선박을 1일 용선했을 경우에 필요한 비용)

i : 선종 구분

j : 톤급 구분

k : 해양사고 손상 정도 구분

② 어선의 선박 보수 기간 중의 손실비용(DC_{22})

어선의 선박 보수 기간 중의 손실비용(DC_{22})은 해양사고에 의해 발생한 선체의 손상 부분 등을 보수 기간 중의 조업중지 등에 따른 손실비용(휴업 손실)으로, 아래 식을 사용하여 계산한다.

$$DC_{22} = \sum_i \sum_j \sum_k (RT_{ik} \times CC_{ij}) \quad \text{식(3-5)}$$

여기서,

DC_{22} : 어선의 선박 보수기간 중의 손실비용(원/년)

RT_{ik} : 선종/손상 정도별 보수기간(일/척: 선종 i, 손상정도 k별 해양 사고 선박의 보수기간)

CC_{ij} : 선종/톤급별 휴업 손실비용(원/일: 선종 i, 톤급 j별 해양사고 선박의 1일 당 휴업 손실비용)

i : 선종 구분

j : 톤급 구분

k : 해양사고 손상 정도 구분

선박 보수 기간 중의 손실비용은 해양사고에 의해 발생한 선체의 손상부분 등을 보수하는 기간 중에 해양사고 선박과 같은 선종/톤급의 선박을 용선했을 때에 필요한 비용을 계산한다. 선체 손상을 보수하는 기간은 해양사고 선박의 선종/톤급/손상 정도에 따라 모두 다르므로 모든 해양사고 선박에 대한 보수 기

간을 개별로 설정하는 것은 어려우므로 간편한 방법으로 선종/손상 정도별의 보수 기간을 설정하여 손실비용으로 계산한다. 보수 기간 중에 발생하는 비용은 해당 기간 중의 선사의 대응방법에 따라 다르다. 본 연구에서는 일반선박은 해양사고 선박과 같은 선종/톤급의 선박을 별도로 용선한 경우에 필요로 하는 용선료(연료비, 선원비를 제외)를 보수 기간 중의 손실비용으로 계산한다. 어선은 보수 기간 중의 조업은 정지된다고 예상하여 휴업 손실비용을 보수 기간 중의 손실비용으로 계산한다.

<표 3-8> 선종/손상 정도별 보수 기간 (RT_{ik})

해양사고 손상정도구분	선종 구분		보수 기간
전손	어선		6개월(180일)/척
	일반 선박	일반 화물선, 자동차 전용선, 탱커 페리, 여객선, 컨테이너선,	12개월(365일)
		LPG선, LNG선	18개월(545일)/척
중대 손상	어선		1개월(30일)/척
	일반 선박	일반 화물선, 자동차 전용선, 탱커 페리, 여객선, 컨테이너선,	8월(240일)/척
		LPG선, LNG선	12개월(365일)/척
경미 손상	어선		2주간(14일)/척
	일반 선박	일반 화물선, 자동차 전용선, 탱커 페리, 여객선, 컨테이너선,	2개월(60일)/척
		LPG선, LNG선	3개월(90일)/척

- 전손: 동일선박을 다시 건조하는 경우를 전제로 한다.
- 중대 손상: 기관부가 손상한 경우를 전제로 한다.
- 경미 손상: 기관부 손상 이외의 경우를 전제로 한다.

<표 3-9> 일반선박의 선종/톤급별 용선료

(단위: 만원/척, 일)

톤급 구분		선종 구분						
이상	미만	일반 화물선	자동차 전용선	컨테이 너선	LPG선 LNG선	탱커	페리 여객선	일 반 선 박
	100GT	96	-	-	-	144	-	103.2
100GT	500GT	120	-	-	-	192	144	136.8
500GT	1,000GT	144	480	-	-	240	288	216.0
1,000GT	3,000GT	192	624	-	288	336	576	373.6
3,000GT	10,000GT	240	816	288	720	480	816	336.8
10,000GT	20,000GT	336	1,104	384	1,104	864	1,632	505.6
20,000GT	50,000GT	432	1,440	480	1,440	960	-	484.8
50,000GT	100,000GT	648	-	912	2,400	960	-	883.2
100,000GT	150,000GT	-	-	-	2,640	1,200	-	1,200.0
150,000GT	200,000GT	-	-	-	-	1,920	-	1,920.0

<표 3-10> 어선의 휴업 손실비용

(단위: 만원/척/일)

구분		휴업 손실비용
어선	20톤 이하	22.8
	20~100톤	30.4
	100~500톤	83.6
	500톤 이상	129.2

(3) 인적 손실비용(DC₃) 계산

인적 손실비용(DC₃)은 해양사고에 의한 사망자 인적 손실비용(DC₃₁)과 부상자 인적 손실비용(DC₃₂)의 합계로 하고, 아래 식을 사용하여 계산한다.

$$DC_3 = DC_{31} + DC_{32} \quad \text{식(3-6)}$$

여기서,

DC₃ : 인적 손실비용(천원/년)

DC₃₁ : 사망자의 일실이익(逸失利益)/의료비/위자료(천원/년)

DC₃₂ : 부상자의 의료비/위자료(천원/년)

① 사망자의 인적 손실비용(DC₃₁)

사망자의 인적 손실비용(DC₃₁)은 아래 식을 사용하여 계산한다.

$$DC_{31} = \sum_i \sum_k \sum_p (NDP_{ik} \times DPC_{ip}) \quad \text{식(3-7)}$$

여기서,

DC₃₁ : 사망자의 인적 손실비용(천원/년)

NDP_{ik} : 손상정도별 1척당 사망자 수(인/척: 손상정도 k별 해양사고 선

박 1척당 사망자 수)

DPC_{ip} : 사망자 1인당 인적 손실비용(천원/인)

i : 선종 구분

j : 톤급 구분

k : 해양사고 손상정도 구분

② 부상자의 인적 손실비용(DC_{32})

부상자의 인적 손실비용(DC_{32})은 아래 식을 사용하여 계산한다.

$$DC_{32} = \sum_i \sum_k \sum_p (NIP_{ik} \times IPC_{ip}) \quad \text{식(3-8)}$$

여기서,

DC_{32} : 부상자의 인적 손실비용(천원/년)

NIP_{ik} : 손상정도별 1척당 부상자 수(인/척: 손상정도 k 별 해양사고 선박 1척당 사망자 수)

IPC_{ip} : 부상자 1인당 인적 손실비용(천원/인)

i : 선종 구분

j : 톤급 구분

k : 해양사고 손상정도 구분

해양사고에 의한 해양사고 선박 1척당 사망자 수 및 부상자 수는 해양사고 선박의 선종/톤급 등의 손상 정도에 따라 모두 다르고, 모든 해양사고 선박에 대한 사망자 수 및 부상자 수를 개별적으로 설정하는 것은 어렵다. 그러므로 간단히 선종/손상정도별로 해양사고 선박 1척당 사망자 및 부상자 수를 설정하여 인적 손실비용을 계산한다. 사망자의 인적 손실비용은 「일실이익」, 「의료비」, 「정신적 손해(위자료)」를 계산한다. 또한, 일반선박인 경우의 일실이익은 선원과 승객이 각각 다르지만, 데이터 제약(사망자 데이터에 있어 선원, 승객 구분이 없다) 때문에 선원과 승객으로 구분하여 인적 손실비용을 계산하는 것은 어렵다. 부상자의 인적 손실비용은 「의료비」 및 「정신적 손해(위자료)」를

포함한다.

<표 3-11> 손상정도별 1척당 사망자 수

(단위: 인/척)

선종 구분	손상정도 구분	1인당 사망자 수
일반선박	전손	0.764
	중대 손상	0.006
어선	전손	0.204
	중대 손상	0.070

자료: 일본항로표지협회(2003년)

<표 3-12> 손상정도별 1척당 부상자 수

(단위: 인/척)

선종 구분	손상정도 구분	척당 부상자 수(인/척)
일반 선박	전손	0.284
	중대 손상	0.239
	경미 손상	0.109
	손상 없음	0.025
어선	전손	0.355
	중대 손상	0.332
	경미 손상	0.283
	손상 없음	0.158

자료: 일본항로표지협회(2003년)

<표 3-13> 사망자/부상자 1인당 인적 손실

(단위: 천원/척)

사망자/부상자 구분	선종 구분	일실이익	의료비	위자료
사망자	일반선박	61,333		
	어선	55,813		
부상자	일반선박	3,884		
	어선	3,535		

자료: 일본항로표지협회(2003년)

(4) 화물 손실비용(DC₄) 계산

화물 손실비용(DC₄)은 해양사고 선박이 수송하고 있던 화물이 피해를 입었을 경우에 발생하는 손실비용으로, 아래 식을 이용하여 계산한다.

$$DC_4 = \sum_i \sum_j \sum_k (LFC_{ij} \times GT_{ij} \times FLR_{ij} \times IFR_k) \quad \text{식(3-9)}$$

여기서,

DC₄ : 화물 손실비용(원/년)

LFC_{ij} : 선종/톤급별 적재화물 톤 단가(원/톤: 선종 i, 톤급 j별 선박 적재화물 톤 단가)

GT_{ij} : 선종/톤급별 중량 톤수(톤/척: 선종 i, 톤급 j별 1척당 중량 톤수)

FLR_{ij} : 선종/톤급별 화물 적재율(선종 i, 톤급 j별 1척당 화물 적재율)

IFR_k : 손상정도별 화물 손상율

i : 선종 구분

j : 톤급 구분

k : 해양사고 손상정도 구분

화물 손실비용은 여객선, 페리를 제외한 일반선박만을 대상으로 계산한다. 화물 손실비용은 해양사고 선박의 선종, 톤급, 손상정도, 수송화물 품목 등에 따라 모두 다르고, 모든 해양사고 선박에 대한 화물 손실을 개별적으로 산정하는 것은 어렵다. 그러므로 간편한 방법으로 해양사고 선박이 수송하는 화물의 가격에 손상정도별 화물 손상율을 곱하여 화물 손실비용을 계산한다.

<표 3-14> 선종/톤급별 적재화물 톤수(LFC_{ij})

(단위: 천원/톤)

톤급 구분		선종 구분					
이상	미만	일 반 화물선	자동차 전용선	컨테이 너선	LPG선 LNG선	탱커	일반선박
	100GT	700	-	-	-	230	630
100GT	500GT	700	-	-	-	230	630
500GT	1,000GT	240	16,520	-	-	230	310
1,000GT	3,000GT	1,470	16,520	-	290	230	1,360
3,000GT	10,000GT	1,470	16,520	1,920	290	230	1,850
10,000GT	20,000GT	1,470	16,520	1,920	290	230	1,850
20,000GT	50,000GT	1,470	16,520	1,920	290	230	1,850
50,000GT	100,000GT	1,470	16,520	1,920	290	230	1,840
100,000GT	150,000GT	-	-	-	290	230	230
150,000GT	200,000GT	-	-	-	-	230	230

주) 수요동향 분석의 「일반선박」 구분으로 척수를 예측할 경우, 「일반선박」 원가단위를 적용한다.

<표 3-15> 선종/톤급별 중량 톤수(GT_{ij})

(단위: 중량 톤수/척)

톤급 구분		선종 구분					
이상	미만	일 반 화물선	자 동 차 전 용 선	컨 테 이 너 선	LPG선 LNG선	탱 커	일 반 선 박
	100GT	90				90	90
100GT	500GT	560				550	559
500GT	1,000GT	1,400	1,000			1,500	1,413
1,000GT	3,000GT	3,700	2,500		2,400	3,700	3,694
3,000GT	10,000GT	12,000	8,000	7,400	7,800	11,800	8,005
10,000GT	20,000GT	28,000	19,000	17,000	18,000	27,000	18,437
20,000GT	50,000GT	66,500	43,000	40,000	42,000	63,300	43,444
50,000GT	100,000GT	140,000		85,000	90,000	136,000	92,201
100,000GT	150,000GT				150,000	226,000	226,000
150,000GT	200,000GT					316,000	316,000

<표 3-16> 선종/톤급별 화물 적재율(FLR_{ij})

선종/톤급 구분		적재율
일반화물선	100GT 미만	0.44
	100GT 이상 500GT 미만	0.44
	500GT이상 1,000GT미만	0.44
	1,000GT 이상	0.5
자동차 전용선		0.5
컨테이너선		0.8
LPG선, LNG선		0.5
탱커		0.5
일반선박		0.5

주) 화물 적재율은 일반적인 화물 수송 상황을 기초로 상정. 컨테이너선이
외는 출항/입항의 한쪽만 화물을 적재하는 것으로 설정.

주) 수요동향 분석에 있어 「일반선박」 구분으로 척수를 예측한 경우, 「일
반선박」 원단위를 적용한다.

<표 3-17> 손상정도별 화물 손상율(IFR_k)

손상정도 구분	화물 손상율
전손	1.0
중대 손상	0.6
경미 손상	0.2
손상 없음	0.0

(5) 해양사고 선박처리에 따른 손실비용(DC₅) 계산

해양사고 선박처리에 따른 손실비용(DC₅)은 자력 항행 불가능한 해양사고 선박의 철거 및 구조에 필요한 비용으로 아래 식으로 계산한다.

$$DC_5 = \sum_k (MC_k) \quad \text{식(3-10)}$$

여기서,

DC₅ : 해양사고 선박처리에 따른 손실비용(원/년)

MC_k : 손상정도별 해양사고 처리비용(원/척: 손상정도 K별 해양사고 선박의 처리비용)

k : 해양사고 손상정도 구분

해양사고 선박처리에 따른 손실비용은 자력 항행이 불가능한 것을 상정한 해양사고 손상정도 구분에 있어 「전손」 과 「중대 손상」 의 해양사고 선박을 계산 대상으로 한다. 해양사고 선박처리에 따른 비용은 해양사고의 발생장소, 선체 손상장소, 해양사고 선박의 선종/톤급 등에 따라 모두 다르고, 모든 해양사고 선박에 대한 해양사고 선박처리에 따른 손실을 개별로 설정하는 것은 어렵다. 그러므로 간편한 방법으로 작업선 사용료, 작업 인건비, 구조 보수비의 합계인 손상정도별 해양사고 선박처리 비용을 사용하여 계산한다.

<표 3-18> 손상정도별 해양사고 선박처리비용(SSK)

(단위: 만원/척)

손상정도 구분	해양사고 선박처리비용
전손	3,680
중대 손상	5,600

자료) 일반적인 사고선 처리에 필요한 작업선 사용료, 작업 인건비, 구조 보수비 등을 기초로 설정.

주) 중대 손상의 경우는 선체의 구조 보상비가 포함되어 있으므로 전손 때보다도 처리비용 단가는 크다.

(6) 유출유(流出油)에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용(DC₆) 계산

유출유에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용(DC₆)은 해양사고 선박이 유출유에 의해 해양환경 오염의 대응으로써 필요로 하는 유제거비(油除去費), 유독방제비(油濁防除費), 어업 보상비의 합계비용으로 하고, 아래 식을 사용하여 계산한다.

$$DC_6 = \sum_i \sum_k (OO_{ik} \times OOC) \quad \text{식(3-11)}$$

여기서,

DC₆ : 유출유에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용(원/년)

OO_{ik} : 해양사고 선박 1척당 유출유량(kl/척)

OOC : 유출 유량손실비용(원/kl)

i : 선종 구분(탱크, 탱크 이외 선박의 2개 구분)

k : 해양사고 손상정도 구분(전손, 중대 손상만)

유출유에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용은 선체의 손상이 발생하는 해양사고 손상정도 구분인 「전손」과 「중대 손상」의 해양사고 선박을 계산 대상으로 한다. 유출유에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용은 해양사고 선박의 종류, 해양사고의 발생장소, 유출유의 품종 및 유출량의 부유상황 등에 따라

모두 다르고, 모든 해양사고 선박에 대하여 유출유에 의한 해양환경 오염에 따른 손실을 개별로 설정하는 것은 어렵다. 그러므로 간편한 방법으로 탱크와 탱크 이외의 선박으로 구분하여 이들을 선종 구분별로 설정하는 해양사고 선박 1척당 유출유량에 단위 유출유량 당의 손실비용을 곱하여 유출유에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용을 계산한다.

유출유는 연료유와 적화한 기름의 양자를 고려한 것이다. 또, 탱커의 경우는 「화물 손실비용(DC₄)」에서는 화물만의 유출량을 산출하고 있지만, 여기서는 탱커 이외의 선박 유출유(연료유)와의 일치성을 취하기 위해 별도로 유출유량을 설정하고 있다.

<표 3-19> 해양사고 선박 1척당 유출유량 (OO₁, OO₂)

선종 구분	해양사고 선박 1척당 유출량 (kl/척)
탱크	1.53
그 외 일반선박	0.29
어선	0.14

<표 3-20> 단위 유출량 당 손실비용(OOC)

유출유 1kl 당 손해비용	2천6백만 원/kl
----------------	------------

주) 해양사고 척수 1척마다 단위 유출량 당의 보상비용(유제거비, 유독방제비, 어업 보상비, 손해배상비의 합계 값) 을 산출하고, 그들의 평균값을 구하여 설정

(7) 해양사고발생계수(δ)

해양사고발생계수(δ)는 해양사고 감소에 따른 손실회피비용에 해상교통량 증가율을 적용할 때 이의 반영률을 조정하는 값을 말한다. 즉 해양사고 감소에 따른 손실회피비용과 교통량 증가율의 선형적인 관계에 적용된 값이다. 해양사고는 해양경찰청의 “해양경찰백서(2006)”에 따르면 해양사고의 80%를 어선이 차지하고 있다.²⁰⁾ 그러나 해양사고로 인한 사고비용은 상대적으로 사고건수가

적은 화물선, 유조선 등 어선이외의 선박이 큰 비중을 차지한다. 따라서 이를 반영하기 위해 본 연구에서는 과거 연간 해양사고건수의 증가율을 선박입항 총톤수의 증가율로 나눈 값을 적용하였다. 2001년부터 2005년까지의 해양사고건수 및 선박입항 총톤수의 평균 증가율을 보면 각각 4.97%, 5.87%이다. 따라서 본 연구에서는 해양사고발생계수를 0.85로 설정하였다.

<표 3-21> 해양사고건수 및 선박입항 총톤수의 현황

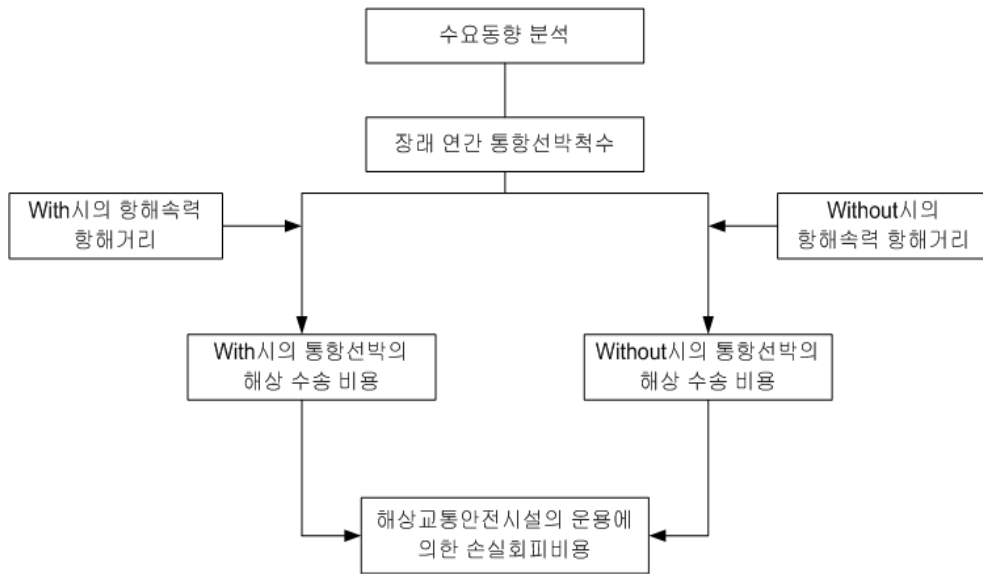
구분		2001	2002	2003	2004	2005	평균
선박입항 총톤수 (백만 G/T)	국적선	118	130	126	135	152	
	외국선	652	690	733	787	850	
	연안선	156	158	164	153	161	
	계	926	978	1023	1075	1163	
해양사고건수(건/년)	610	557	531	804	658		
선박입항 총톤수 증가율(%)			5.62	4.60	5.08	8.19	5.87
해양사고건수증가율(%)			-8.69	-4.67	51.41	-18.16	4.97
해양사고발생계수							0.85

자료: 해양경찰백서(2006)

3.2.2.2 수송편익의 산출

1. 기본원칙

수송 편익 산출은 <그림 4-3>에 나타낸 것과 같이 with시와 without시의 선박 통항 루트, 연간 통항선박 척수, 통항선박의 선종/톤급에 따라 해상수송 비용을 계산하고, 그 차비용을 수송 편익으로 계산한다. 해상교통안전시설을 실시할 경우와 실시하지 않을 경우의 통항선박 수송비용을 계산하고, 그 차이를 계산한다.



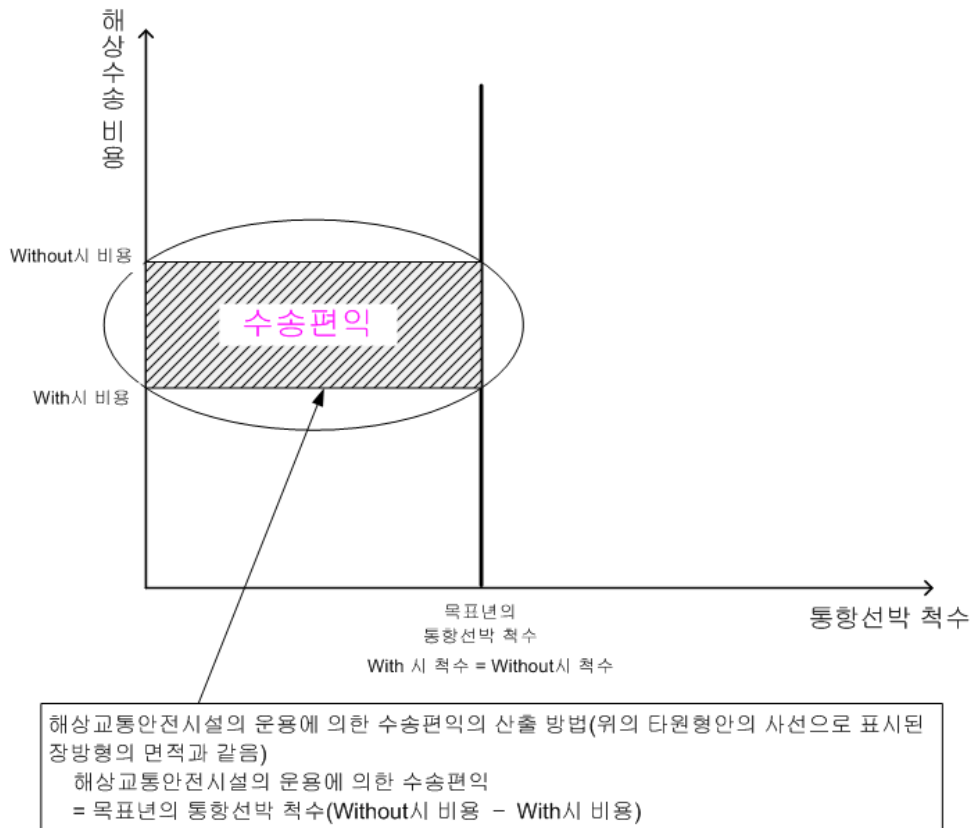
<그림 3-4> 수송 편익 산출 Flow Chart

본 모델에서는 해상수송 비용을 「대상 선박의 1시간당 용선료(연료비, 선박비, 선원비 등)에서 구하는 수송비용」과 「대상 선박을 수송할 화물의 시간 가치를 고려한 수송시간 비용」의 합계 값으로 구한다.

$$\text{해상교통안전시설운영에 의한 해상수송 비용 삭감비용(TB)} = \text{without시의 해상수송 비용(TCO)} - \text{with시의 해상수송 비용(TCW)}$$

여기서,

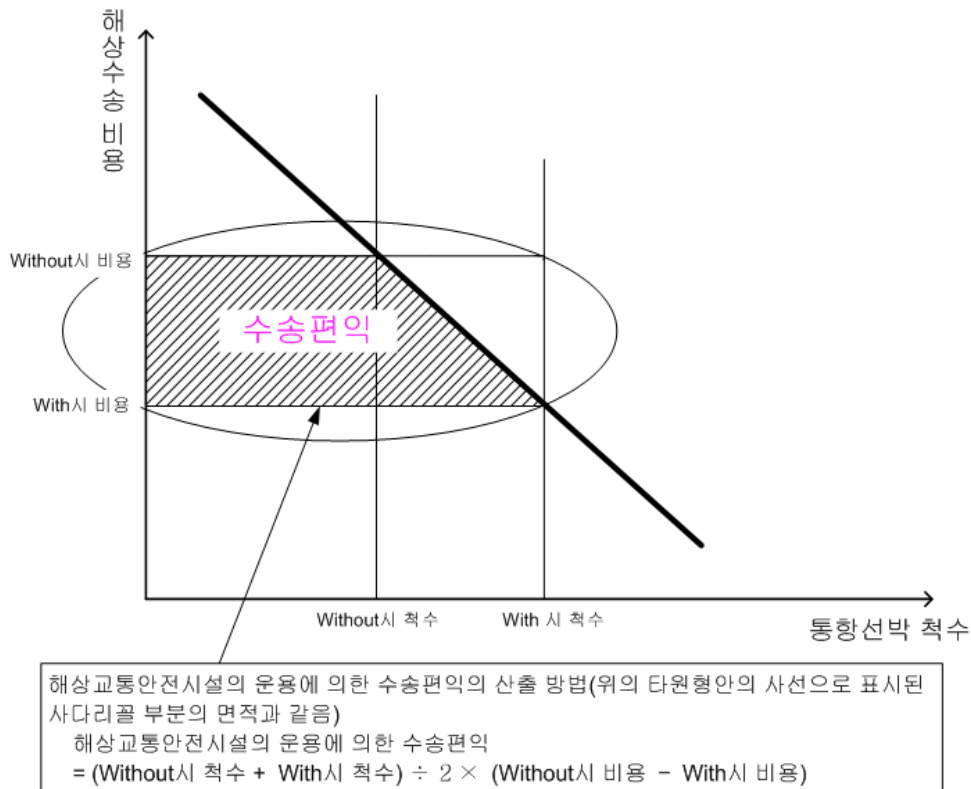
$$\text{해상수송 비용} = \text{수송비용} + \text{수송시간비용}$$



<그림 3-5> with시와 without시의 연간 통항선박 척수가 같을 경우의 수송편익 파악방법

수요동향 분석에 있어 해상교통안전시설을 운영할 경우(with시)와 해상교통안전시설을 운영하지 않을 경우(without시)의 양쪽 케이스의 수요를 예측한 경우에 있어서도 with시와 without시의 해상수송 비용 편차를 수송편익으로 계산한다. 이 경우, 해상교통안전시설 운영에 의해 with시의 연간 통항선박 척수가 증가할 경우, 단순히 with시와 without시의 해상수송 비용 차비용을 산출하면, 수송편익으로는 마이너스 평가가 된다.

따라서, 여기서는 아래에 나타낸 방법으로 수송편익을 산출한다.



<그림 3-6> with시와 without시의 연간 통항선박 척수가 다를 경우의 수송편익 파악방법

2. 통항소요시간의 계산

수요동향 분석에 있어, 대상 해역을 통항하는 선박을 대상으로 with시와 without시의 항해거리, 항해속력을 설정하고, 통항선박 1척당 통항 소요시간을 계산한다. with시와 without시의 항해거리, 항해속력은 대상 해역을 통항하는 선박 항해자의 경험으로 설정한다. 개별로 설정하는 것이 어려운 경우에는 <표 3-22>, <표 3-23>에 나타낸 전국의 평균적인 항해속력을 적용한다.

<표 3-22> 항해속력 설정(일반선박 및 20톤 이상의 어선 등)

속력 구분		톤급 구분				
	출력	20톤 이하	20~100톤	100~500톤	500~1,000톤	1,000톤 초과
최대속력	100%	6.9노트	8.2노트	10.5노트	11.6노트	14.3노트
순항속력	70%	4.8노트	5.7노트	7.4노트	8.1노트	10.0노트
위험회피 등으로 키를 돌릴 때의 속력	45%	3.1노트	3.7노트	4.7노트	5.2노트	6.4노트
(비고)		선박 크기(20톤)를 채택	선박 크기(50톤)과 100톤의 평균을 채택	선박 크기(200톤)과 500톤의 평균을 채택	선박 크기(1,000톤)를 채택	선박 크기(3,000톤)과 10,000톤의 평균을 채택

<표 3-23> 항해속력 설정(20톤 이하의 소형 어선 등)

속력 구분	출력	항해속력
최대 속력	100%	19.0노트
순항 속력	70%	13.3노트
위험 회피 등으로 키를 돌릴 때의 속력	36%	6.8노트

3. 해상수송 비용 계산

with시와 without시의 선종/톤급별 통항선박 1척당 통항소요시간을 사용하여 각각의 수송비용 및 수송시간 비용을 계산하고, 양자의 차비용을 수송편익으로 구한다.

1) 수송비용 계산

with시와 without시의 각각에 대하여 수송시간에 따른 수송비용(TC) 을 아래 식을 사용하여 계산한다.

$$TC = \sum_i \sum_j (NT_{ij} \times UTC_{ij} \times N_{ij}) \quad \text{식(3-12)}$$

여기서,

TC : 수송비용(원/년)

NT_{ij} : 선종/톤급별 통항 소요시간(시/척)

UTC_{ij} : 선종/톤급별 단위시간 당 수송비용(원/척·시)

N_{ij} : 목표년의 선종/톤급별 연간 통항 선박 척수(척/년)

i : 선종 구분

j : 톤급 구분

선종/톤급별 통항 소요시간은 with시와 without시의 항해거리와 항해속력으로 산출한 것을 적용한다. 선종/톤급별 단위시간 당 수송비용은 대상선박의 선종, 톤급에 따라 항해자의 경험 등을 이용하여 설정한다. 개별 설정이 어려운 경우는 <표 3-24>에 나타난 전국 평균적인 수송비용을 적용한다.

<표 3-24> 선종/톤급별 단위시간당 수송비용(일반선박)

(단위: 만/척·시)

톤급 구분		선종 구분						
이상	미만	일반 화물선	자동차 전용선	컨테이 너선	LPG선 LNG선	탱커	페리 여객선	일반 선박
	100GT	0.8	-	-	-	1.3	-	0.9
100GT	500GT	1.0	-	-	-	1.7	1.3	1.2
500GT	1,000GT	1.3	4.2	-	-	2.1	2.5	1.9
1,000GT	3,000GT	1.7	5.4	-	2.5	2.9	5.0	3.3
3,000GT	10,000GT	2.1	7.1	2.5	6.3	4.2	7.1	2.9
10,000GT	20,000GT	2.9	9.6	3.3	9.6	7.5	14.2	4.4
20,000GT	50,000GT	3.8	12.5	4.2	12.5	8.3	-	4.2
50,000GT	100,000GT	5.6	-	7.9	20.8	8.3	-	7.6
100,000GT	150,000GT	-	-	-	22.9	10.4	-	10.4
150,000GT	200,000GT	-	-	-	-	16.7	-	16.7

주) 표 중의 우측 끝에 기재한 「일반선박」이란 각 선종/톤급별 용선비용에 대하여 동경만에 입항하는 선박의 선종별 총 톤수로 가중평균하여 설정.

주) RORO 선, 내항 컨테이너선은 일반화물선을 적용한다.

<표 3-25> 톤급별 단위시간당 수송비용(어선)

(단위: 천원/시)

톤급 구분	시간당 수송비용
20톤 이하	38
20~100톤	72
100~500톤	183
500톤 초과	394

주) 수송비용은 연료비, 선원비, 선박비를 포함

2) 수송시간 비용 계산

대외무역의 컨테이너 화물과 국내무역의 단위적재(unit load) 화물(페리, RORO선 및 내항 컨테이너선)을 대상으로 하고, with시 각각에 대하여 통항 소요시간에 화물의 시간비용원단위를 곱하여 수송시간비용(CT)을 계산한다.

(1) 대외무역 컨테이너 화물에 관계되는 수송시간비용

통항소요시간에 대외무역 컨테이너 화물의 시간비용원단위와 화물량(1척당 컨테이너 적재량 × 컨테이너선의 연간 통항선박 척수)을 곱하여 수송시간비용을 계산한다.

$$CT_c = \sum_j (CNT_j \times UTC_c \times CL_j \times N_j) \quad \text{식(3-13)}$$

여기서,

CT_c : 대외무역 컨테이너 화물의 수송시간 비용(원/년)

CNT_j : 톤급j별 외항 컨테이너선의 통항 소요시간(시/척)

UTC_c : 대외무역 컨테이너 화물 시간비용 원단위(원/TEU·시)

CL_j : 1척당의 컨테이너 적재량(TEU/척)

N_j : 톤급j별 외항 컨테이너선의 연간 통항선박 척수(척/년)

j : 톤급 구분

(2) 국내무역 단위적재 화물에 관계되는 수송시간비용

통항소요시간에 국내무역 단위적재 화물의 시간비용과 화물량(1척당 수송화물량 × 연간 통항선박 척수)을 곱하여 수송시간비용을 계산한다.

$$CT_u = \sum_i \sum_j (VT_{ij} \times CTV_{uk} \times CS_{uk}) \quad \text{식(3-14)}$$

여기서,

CT_u : 국내무역 단위적재 화물의 수송시간 비용(원/년)

VT_{ij} : 선종i / 톤급j 별 선박의 통항 소요시간원단위(시/척)

CTV_{uk}: 국내무역 단위적재화물 품목 k별 시간비용원단위(원/freight ton·시)

CS_{uk} : 국내무역 단위적재화물 품목 k별 연간 화물량(freight ton/년)

i : 선종 구분

j : 톤급 구분

일반적으로 대외무역 컨테이너 화물, 국내무역 단위적재(페리, RORO선, 내항 컨테이너선으로 수송되는 화물) 이외의 화물은 시간 가치가 낮으므로, 수송시간의 단축에 따른 화물 수송시간비용 산출의 대상 외로 한다. 대외무역 컨테이너 화물의 시간비용, 컨테이너선 1척당 적재 컨테이너 개수, 대내무역 단위적재 화물의 시간비용 등을 개별로 설정하는 것이 어려울 경우는 <표 3-26> ~ <표 3-28>에 나타낸 전국의 평균적인 시간비용 등을 적용한다.

또한 사업대상 해역을 통항하는 선박이 기항하는 항만을 특정화할 수 있을 경우, 대외무역 컨테이너 화물, 국내무역 단위적재 화물의 연간 화물량은 해당 항만의 항만 관리자에 의해 항만통계로 파악 가능하고, 시간단축량, 단위시간당 시간비용, 연간 화물량에서 수송시간비용을 산출할 수 있다.

<표 3-26> 대외무역 컨테이너 화물의 시간비용

수출 컨테이너 : 27,000원/TEU·시 수입 컨테이너 : 14,000원/TEU·시
--

<표 3-27> 컨테이너선 1척당 적재 컨테이너 개수 산출식

$Y = (0.068 x - 15.129) \times \text{적재율}(0.8)$ <p>여기서, X = 톤급(총 톤수/척) Y = 컨테이너 적재 개수(TEU/척)</p>
--

<표 3-28> 대외무역 컨테이너 1TEU 당 수송 화물량

대외무역 컨테이너 1TEU 당 수송 화물량 = 15 revenue ton/TEU

<표 3-29> 국내무역 단위적재 화물시간 비용

품목 구분	선종 구분	
	RORO 선 내항 컨테이너	페리
농수산물/잡공업품	284.0	38.3
광산품 등	101.0	13.6
화학/금속공업품 등	109.0	14.7
기계공업품 등	106.0	14.3
평균	110.5	14.9

주) 품목 구분은 각 품목의 연간 이출입량을 사용하고, 가중평균하여 설정.

<표 3-30> 페리, RORO선 1척당 적재가능 화물량

선종 구분		적재가능 화물량 (metric ton/척)	적재율	1척당 수송 화물량 (metric ton/척)
이상	미만			
100GT	500GT	64	0.5	32
500GT	1,000GT	147	0.5	74
1,000GT	3,000GT	175	0.5	88
3,000GT	10,000GT	892	0.5	446
10,000GT		1,671	0.5	836

주) 적재가능 화물량은 2003년 5월 현재, 취항하고 있는 페리 항로에 배선되고 있는 페리의 적재가능 트럭 대수(10톤 차)에서 산출

<표 3-31> 내항 컨테이너선 1척당 적재가능 화물량

톤급 구분		적재가능 화물량 (revenue ton/척)	적재율	1척당 수송 화물량 (revenue ton/척)
이상	미만			
100GT	500GT	888	0.5	444
500GT	1,000GT	888	0.5	444
1,000GT	3,000GT	960	0.5	480
3,000GT	10,000GT	1,640	0.5	82
10,000GT		1,671	0.5	836

주) 적재가능 화물량은 2003년 현재, 취항하고 있는 내항 정기 컨테이너 항로에 배선되어 있는 내항 컨테이너선의 적재가능 컨테이너 수송 개수와 컨테이너당 수송 화물량(8 freight ton/TEU: 국내무역에서 컨테이너 수송 개수와 국내무역 화물량(freight ton) 산출)

<표 3-32> Freight ton(FT)와 메트릭톤(MT) 환산 계수

화물 종류	MT/FT
페리 화물 이외	0.919
페리 화물	0.124

주) 페리 화물 이외란 컨테이너선, RORO선을 말한다.

(3) 각 대상사업에 있어 항해거리 및 통항소요시간 단축량 산정

각 대상사업의 특성을 근거로, with시와 without시의 항해거리, 항해속력을 적절히 설정하고, 항해거리 단축량, 통항소요시간 단축량을 파악한다. 분석 실시자는 각 사업의 특성을 근거로, 대상으로 하는 선박유동에 관계되는 항해자들의 경험을 파악하고, with시와 without시의 항해거리, 항해속력을 적절히 설정할 필요가 있다. 개별로 해상교통안전시설 사업에 따른 통항소요시간 단축량을 설정하기 어려운 경우는 과거의 유사한 사업에 관한 항해자들의 경험을 근거로 설정한 전국의 평균적인 항해거리 단축량 혹은 통항소요시간 단축량을 적용한다.

또한 현시점에서 항해거리 단축량 등에 관한 데이터 축적이 불가능한 것에서 전국의 평균적인 항해거리 단축량 등의 정밀도를 확인하는 것은 어렵다. 그러므로 사후 평가 실시에 따른 데이터 축적이 진행된 시점 이후에 확인하는 것으로 한다.

<표 3-33> 해상교통안전시설 사업에 따른 항해거리 단축량
또는 통항소요시간 단축량

대상 사업	항해거리 단축량	비고
1. 연안표지	0.27km	
2. 장애표지	- 일반화물 20톤 이하: 761m 20~100톤: 748m 100~500톤: 697m 500톤 초과: 615m - 어선 20톤 이하: 747m	- 일반선박 500톤 초과에 대해서는 500~1,000톤의 평균 값을 나타낸다. - 어선 20톤 이상에 대해서는 일반 선박의 값을 사용한다.
3. 항만표지	- 일반선박 대상선박의 항해속력을 적용하고, 항해거리 단축량을 산출한다. - 어선: 611m	- 항만표지 유무의 접근 조건 방법은 항해자 공청회를 통하여 실태 베이스로 파악한 것이다.
4. 마이크로파 표지(레이마크 비콘)	0.27km	- 연안표지와 동일
5. 조류신호소	해당사항 없음	
6. 연안VTS	- 전국을 통일적으로 항해거리 단축량 혹은 통항소요시간 단축량을 설정하는 것은 어렵다.	- 연안VTS의 설치 전과 설치 후의 항로관제 및 선박통항 계획을 작성하고, 그 시간차를 산출한다.
7. 기상신호소	해당사항 없음	

3.2.2.3 기타편익의 산출

해상교통안전시설은 기술의 발전과 새로운 장비 등의 수요로 인하여 기존 해상교통안전시설과 다른 특성을 가질 수 있다. 따라서 이러한 해상교통안전시설에 대해서는 그 특성에 따른 편익을 별도로 산출할 필요가 있다. 기타 편익은 안전편익, 수송편익외의 모든 편익을 포함하는 편익이다.

3.2.3 비용의 산정

3.2.3.1 비용항목의 추출

계산하는 비용은 건설비, 특수비로 하고, 사업계획의 연도별 비용을 사용한다. 일반비용 편익분석에서는 사업에 관계되는 비용은 모두 계산한다.

1. 건설비

건설비에 대해서는 표에 나타내는 비목에 대한 그 필요항목을 계산한다.

<표 3-34> 건설비 계산의 필요항목

(1) 조사/설계(지질, 도로, 부지, 전파전반, 관사, 철탑 등)
(2) 용지 측량
(3) 용지 구입
(4) 보상
(5) 토목공사(도로, 부지 등)
(6) 건축공사(국사/등탑건설, 전기/기계설비 등)
(7) 철탑제조/건설공사
(8) 전력 인입 공사
(9) 각종 기기 제조/구입
(10) 각종 기기 설치공사
(11) 부담금

2. 유지보수비

유지보수비는 <표 3-35>에 나타내는 비목에 대하여 그 필요비용을 계산한다. 또, 비용 산출의 입력 데이터로 하기 위하여 운영 유지비와 갱신비로 나누어 계산한다.

<표 3-35> 유지비

① 물품비(비품비, 소모품비) ② 전기/수도비(전력, 수도, 가스요금, 청사유지) ③ 순회 점검비(인건비) ④ 보수비(건물, 설비, 기기) ⑤ 토지건물 차용비	운영 유지보수비
기기 갱신비	갱신비

1) 물품비(비품비, 소모품비)

해상교통안전시설을 유지하기 위해 필요한 비품비, 소모품비의 실적 데이터를 계산한다.

2) 전기/수도비(전력, 수도, 가스연료, 청사유지)

해상교통안전시설을 유지하기 위해 필요한 전력, 수도, 가스연료, 청사유지 실적 데이터를 계산한다.

3) 순회 점검비(인건비)

해상교통안전시설의 운용 및 기능유지는 공무원에 의해 직접 이루어지고 있으나, 해상교통안전시설마다 그 형태는 다르고, 게다가 직원은 해상교통안전시설 운용 및 기능유지에 전적으로 종사하는 것도 아니며, 일반 행정사무(대외행정을 포함)와 병행하여 업무를 보고 있다.

연안표지, 장애표지, 전파표지에 대해서는 충분한 기능을 발휘하기 위해서는 정기적인 보수점검(순회점검)을 반드시 실시할 필요가 있다. 또, DGPS국, 조류신호소, 연안VTS는 여기에 추가하여 운용요원(통상 당직체제)을 필요로 한다.

이상을 근거로 해상교통안전시설에 대해서는 명확하게 구분할 수 있는 정기적인 보수점검 및 운용에 종사할 직원의 인건비를 비용에 포함하는 것으로 한다.

(1) 운영 및 유지관리에 관계되는 직접적인 인건비

해당 해상교통안전시설의 기능을 유지하기 위해 필요한 유지 혹은 운용을 직접적으로 하기 위해 필요한 인건비

① 연안표지 등 순회점검 방법으로 관리를 하는 표지

A). 표지기능을 유지하기 위한 순회점검 시간에 상응하는 요원의 직접 경비

B). 표지기능을 유지하기 위한 순회점검에 상응하는 차량, 선박, 교통비 등의 간접경비(양쪽 경비 모두 산출이 어려울 경우는 외부에 위탁한 경우를 상정한 경비를 계산한다.)

② 연안VTS 등 정기적인 보수점검에 더하여 직접운용 방법으로 관리하는 표지 등 관제, 정보제공 등의 기능을 유지하기 위한 연안VTS의 직원에 관계되는 직접경비(봉급, 여러 가지 수당)

(2) 참고

간접비 - 차량(차량본체, 검사료, 유지경비, 연료비)

선박(선박본체, 검사료, 유지경비, 연료비)

임대료(페리 요금, 렌트카 등)

통행료(고속도로 이용요금 등)

교통비(여비, 기차, 버스로 등)

4) 보수비(건물, 설비, 기기)

해상교통안전시설을 유지하기 위해 건물, 설비, 기기의 보수에 필요한 실적 데이터를 계산한다.

5) 토지건물 임차료

토지건물 임차료를 계산한다.

6) 기기 갱신비

기기 설비에 대해서는 계산기간 중에 갱신이 발생한다.

기기 갱신비에 대해서는 각각의 물리적인 내구연한에 기초하여 계산한다.

3.2.3.2 비용의 산정

비용은 사업의 특성을 고려하여 추출한 비용 모두를 적절한 방법에 의거하여 산정한다. 또한 비용에 계산되지 않는 사업비가 존재할 경우는 그 이유 등을 명시한다.

사업특성을 생각하여 가능한 한 평가 대상 기간에 발생하는 것을 계산함과 동시에 그 발생하는 시기를 명확히 한다.

평가 대상 기간에 비용으로 발생하는 것이 상정되지만, 별도의 사업으로 취급될 경우와 사전의 상정이 어려운 경우 등, 비용편익분석 비용으로 계산하지 않는 경우는 그 이유를 명확히 한다.

1. 비용 계산 시기

비용편익분석의 비용 계산 시기는 <표 3-36>과 같다.

<표 3-36> 비용편익분석의 계산 시기

구 분		계산 시기
건설비		발생년도의 비용으로 계산
유지비	유지 운영비	매년 비용으로 계산
	갱신비	발생년도의 비용으로 계산
시설/기기의 잔존가치		계산기간 말에 편익으로 계산
토지의 존재가치		구입 때의 토지대를 계산기간 말에 편익으로 계산

2. 세금 취급

비용편익분석에서는 사업실시에 의해 잃어버린 재산과 서비스 가격을 비용으로 한다. 그러므로 건설비 등의 비용을 그대로 사용하는 것이 아니고, 비용이 국민경제적으로 볼 때 단순히 이전하는 세금을 공제한다.

비용에서 공제되어야 하는 세금은 소비세만으로 좋다고 이론적으로 정해져있는 것은 아니다. 본 모델에서는 다른 사업의 사례, 계산의 간편성을 고려하여 각종 비용에서 소비세를 공제한 값을 사용한다.

3.2.4 잔존가치의 산출

잔존가치를 계산할 경우는 이론적인 원칙에 따라 평가기간 이후에 발생하는 순편익을 산정하고, 이것을 편익으로 계산한다.

구체적으로는, 계산기간 말에 잔존가치를 평가해야하는 자산으로는 물리적인 내구연한에 미치지 않는 시설, 기기 및 토지다.

시설 및 기기의 감각자산에 대해서는 기업회계의 감가상각 개념을 채용하고, 정비용법에 따라 산정한다.

$$SV = IV \times (1.0 - 0.9 \times UT/ET) \quad \text{식(3-15)}$$

여기서, SV : 잔존가치

IV : 설치 때의 가치

UT : 사용년수

ET : 물리적인 내구연한

토지 등의 비감각 자산에 대해서는 일반적으로 평가기간 말에 가치산정이 어려우므로, 취득시의 가격에 근거하여 잔존가치를 산정한다.

물리적인 내구연한은 <표 3-37>에 나타낸 기간을 적용한다.

<표 3-37> 물리적인 내구연한

구분	내구연한
주기기	10 ~ 15 년
등탑(철조), 전광관(철조)	30 년
등탑, 관사(RC 제조)	50 년

3.2.5 비용편익분석

3.2.5.1 기본원칙

사업의 투자 효율성을 다양한 시점에서 판단할 수 있는 환경을 갖추고, 사업 평가 결과의 투명성을 높이기 위해 비용편익분석에서는 「비용편익비, 순현재 가치, 경제적 내부수익률」의 세 가지 지표를 사용하여 사업투자효율성을 평가한다.

1. 평가지표 종류

비용편익분석의 평가지표로는 다양한 것들을 예상할 수 있지만, 일반적으로 비용편익비(CBR: Cost Benefit Ratio, 「B/C」로 표기되는 일이 많음), 순현재 가치(NPV: Net Present Value), 경제적 내부수익률(EIRR: Economic internal Rate of Return)이 사용된다.

1) 비용편익비(CBR: Cost Benefit Ratio)

비용편익비는 아래의 식에 의해 산출한다. 비용편익비는 비용에 대한 편익의 상대적 크기를 비로 나타낸 것으로, 이 수치가 1보다 클 때는 사회경제적으로 보아 효율적인 사업과 평가를 할 수 있다. 또, 비용편익비는 사회적 할인율의 영향을 받는다.

$$\frac{\sum_{t=1}^n B_t / (1+i)^{t-1}}{\sum_{t=1}^n C_t / (1+i)^{t-1}} \quad \text{식(3-16)}$$

여기서, n : 평가기간,

B_t : t 년차의 편익,

C_t : t 년차의 이익,

i : 사회적 할인율

2) 순현재가치(NPV: Net Present Value)

순현재가치는 편익에서 비용을 뺀 것으로, 이 수치가 플러스일 때는 사회경제적으로 보아 효율적인 사업으로 평가할 수 있다. 또, 순현재가치는 사회적 할인율의 영향을 받는다.

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^{t-1}} \quad \text{식(3-17)}$$

단, n : 평가기간,

Bt : t 년차의 편익,

Ct : t 년차의 이익,

i : 사회적 할인율

3) 경제적 내부수익률 (EIRR: Economic Internal Rate of Return)

경제적 내부수익률은 「투자한 자본을 계산 기간 내에 발생하는 편익으로 점차 갚을 경우에 반제율(返濟率)이 어느 정도까지면 계산 기간 말의 수지가 맞는지」를 생각했을 때에 수지가 맞는 한도 이율이다. 이 수치가 설정하고 있는 사회적 할인율보다도 클 경우에는 사회경제적으로 봐서 효율적인 사업(투자비용의 회수율이 좋은 사업)으로 간주할 수 있다.

또한 경제적 내부수익률은 사회적 할인율의 영향을 받지 않는다.

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i_0)^{t-1}} = 0 \quad \text{식(3-18)}$$

여기서, n : 평가기간,

Bt : t 년차의 편익,

Ct : t 년차의 이익,

i : 사회적 할인율

2. 비용편익분석 결과 취급

사업평가는 사업의 투자 효율성과 파급적 영향, 실시환경이라는 다양한 시점에서 종합적으로 이루어져야 한다.

그 중에서 어느 사업이 그 투자에 맞는 성과를 얻을 수 있는 것이지를 확인하는 것이 중요하므로, 사업평가에 있어서는 비용편익분석을 하고, 사업의 투자 효율성을 평가하여 그 결과를 사업채택시의 판단 자료의 하나로써 활용한다.

3.2.5.2 비용편익분석의 실시

1. 사회적 할인율 설정

사회적 할인율은 6.5%로 한다. 사회적 할인율에 대해서는 이론적으로는 ①자본회비비용에 따라 설정하는 방법과 ②사회적 시간선호에 따라 설정하는 방법을 생각할 수 있지만, 실무적으로는 ②의 생각에 근거하여 사회적 할인율을 설정하는 것은 어렵다.

본 모델에서는 사회적 할인율에 대하여 별도의 산출과정 없이 한국개발원의 예비타당성조사부문에서 제시하는 사회적 할인율을 따른 것을 원칙으로 한다. 2004년에 한국개발원에서 수행된 “예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정/보완 연구(제4판)”에서는 기본적으로 6.5%의 사회적 할인율을 적용하도록 하고 있다.²¹⁾

2. 평가대상 기간 등의 설정

평가대상 기간은 내구연한 등을 고려하여 정한다. 또, 현재 가치화의 기준시점은 평가를 실시하는 연도로 한다.

1) 평가대상 기간의 설정에 대한 생각

비용편익분석의 평가 대상기간은 대상이 되는 사업의 사업실시 기간에 내구연한 등을 고려한 공용기간으로 한다.

물리적인 내구연한은 <표 3-37>에 나타낸 기간을 적용한다. 또, 공용기간은 50년으로 한다.

2) 현재가치화의 기준시점에 대한 생각

현재가치화의 기준시점은 이해를 쉽게 하기 위하여 평가를 실시하는 연도로 한다.

이때 비용, 편익산정의 원단위 등은 물가상승분을 제거하기 위해 현재가치화 기준년도의 실질가격으로 변환한다.

3) 실질가격으로 통일

편익, 비용에 대해서는 디플레이터를 사용하고, 비용을 실질가격으로 통일할 필요가 있다.

편익에 대해서는 실제로 많은 경우, 평가를 실시하는 연도 가격으로 하여 산출하는 일이 많으므로 실질가격으로 통일되어있다고 생각할 수 있지만, 과거의 손해비용 등의 데이터를 사용할 때는 디플레이터(deflator)를 사용하여 평가를 실시하는 연도 가격으로 통일한다.

장래에 관한 비용에 대해서는 평가를 실시하는 연도 가격을 사용하고 있다고 생각할 수 있으므로 과거에 지불된 비용에 대해서만 지불시기와 평가시점 사이의 디플레이터를 사용하여 산정시점 가격으로 통일한다.

※ 실질가격과 명목가격 : 실질가격은 가격산정 시점에서의 가격, 명목가격은 당해시점에서의 가격

3. 비용편익분석의 실시

비용, 편익을 발생년도에서 계산하면서 공용 최종년도의 편익에는 잔존가치를 합하여 비용편익분석을 실시한다.

1) 편익의 현재가치로의 변환

표지의 운영기간 및 공용기간중의 연도별 편익에서 사회적 할인율을 사용하여 기준년도의 현재가치를 산출한다. 해당 사업의 전체 편익의 현재가치는 편익별 현재가치를 합제한 것에 의해 산출된다.

다음 식에서 산출된 편익별 현재가치 및 잔존가치를 합계하고, 사업전체 편익의 순현재가치(B) 로 하여 이 값을 비용편익분석에 사용한다.

항목 k 편익의 현재가치 :

$$B_k = \sum_{t=1}^n \left\{ \frac{B_{kt}}{(1+i)^t} \right\} \quad \text{식(3-19)}$$

여기서, Bk : k편익의 현재가치(원)
 k : 편익 종류
 n : 표지 운영기간 및 공용기간(년)
 t : 기준년도를 0으로 하는 연도(년)
 Bkt : 기준년도에서 t년째의 k편익(원)
 i : 사회적 할인율(6.5%)

<표 3-38> 편익의 현재가치 산정표

연도(t)		안전편익B1t		수송편익B2t		잔존가치	편익의 현재가치
		편익비용	현재가치	편익비용	현재가치		
기준년도 = 0		-	-	-	-	-	-
운영기간	1년차						
	2년차						
						
공용개시 년도	1년차	△△△	△△△	△△△	△△△	-	△△△
	2년차	△△△	△△△	△△△	△△△	-	△△△
	3년차	△△△	△△△	△△△	△△△	-	△△△
	-
	50년차	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△
합 계		△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	편익의 총 현재가치

주) 편익은 해당사업에서 관련하는 항목만 계산한다.

2) 비용의 현재가치로의 변환

표지의 운영기간 및 공용기간 중의 연도별 비용에서 사회적 할인율을 사용하여 기준년도의 현재가치를 산출한다. 해당사업 전체 비용의 현재가치는 비목별

현재가치를 합계하는 것으로 산출된다. 다음 식으로 산출된 비목별 현재가치를 합계하고, 해당사업 전체 비용의 총 현재가치로 하여 이 값을 비용편익 분석으로 사용한다.

항목 l 비용의 현재가치 :

$$C_l = \sum_{t=1}^n \left\{ \frac{C_{lt}}{(1+i)^t} \right\} \quad \text{식(3-20)}$$

여기서, C_l : l 비용의 현재가치(원)

l : 비목

n : 표지의 운영기간 및 공용기간(년)

t : 기준년도를 0으로 하는 년도(년)

C_{lt} : 기준년도에서 t 년째의 l 비용(원)

i : 사회적 할인율(=6.5%)

<표 3-39> 비용의 현재가치 산정표

연도(t)		건설비 C_{1t}		갱신비 C_{2t}		유지 운영비 C_{3n}		비용의 현재가치
		비용	현재가치	비용	현재가치	비용	현재가치	
기준년도=0								
운영 기간	1년째	△△△	△△△					
					
					
	t년째	△△△	△△△					
공용개 시년도	1년째	-	-	-		△△△	△△△	△△△
	2년째	-	-	-	-	△△△	△△△	△△△
	3년째	-	-	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△

	50년째	-	-	-	-	△△△	△△△	△△△
합 계			△△△		△△△		△△△	

3) 비용편익분석의 각 평가지표 산출

이상의 계산 결과를 사용하여 3개의 평가지표에 대하여 각각 산출한다.

(1) 비용편익비 $CBR = B/C$

(2) 순현재가치 $NPV = B-C$

(3) 경제적 내부수익률 $EIRR = \text{순현재가치 } NPV = 0 \text{ 가 되는 이율 } i$

3.2.6 효과의 산출

3.2.6.1 기본원칙

사업효과는 가능한 한 화폐환산에 의해 정량적으로 파악하는 것으로 하지만, 현시점에 있어 기술적/실무적 관점에서 관측에 어려운 것에 대해서는 정량적 혹은 정성적으로 설명한 후에 분석한다.

항해자의 심리적 부담 경감효과에 대해서는 조건부 가치측정법(Contingent Valuation Method: CVM)을 사용하여 효과를 화폐 환산하는 방법을 고려한다.

3.2.6.2 항해자의 심리적 부담 경감효과 산출

1. 산출의 중요성

해상교통안전시설 사업에 있어, 항해자의 심리적 부담 경감효과를 산출하는 것은 안전성 향상 효과를 적절하게 파악한다는 점에서 중요하다.

해상교통안전시설이 없는 경우, 항해자는 입출항 때 신중하게 조선해야하는 심리적인 부담감이 발생한다. 한편, 해상교통안전시설이 있는 경우는 방파제와 얕은 여울의 시인성이 향상되어 운항경비를 절감할 수 있음과 동시에 심리적인 부담을 느끼지 않고 조선이 가능하다. 이 심리적 부담의 차가 「항해자의 심리적 부담 경감효과」가 된다.

예를 들면, 도로 등은 일반 이용자가 많고, without시(안전에 관계되는 시설

등이 운영되어 있지 않은 경우)에는 교통사고 다발이라는 형태로 문제가 구체화 될 것으로 생각되어진다. 하지만, 해상교통안전시설의 경우 이용자는 일정한 자격을 가진 전문가 내지는 숙련자가 많고, without시에는 해양사고 다발이라는 형태로 문제가 구체화되기보다 조선 때의 긴장감 즉, 심리적 부담이라는 형태로 문제가 발생하는 일이 많다고 생각할 수 있다.

그러므로 해상교통안전시설 사업에 있어 안전성 향상 효과를 「해양사고 감소효과」 뿐 아니라 「항해자의 심리적 부담 경감효과」와 병행하여 평가하는 것이 중요하다.

2. 산출 대상으로 하는 시설 분류

「방과제 등대」와 「항로를 나타내는 등부표, 도등, 지향등 등」에 대해서는 가능한 한 항해자의 심리적 부담 경감효과를 산출한다.

항해자가 심리적 부담을 느끼는 경우로는 「입항 시에 방과제의 시인성이 낮은 경우」, 「얕은 너울 등의 위치가 불명확하여 항로를 알기 어려울 경우」를 생각할 수 있다.

따라서, 「방과제 등대」와 「항로를 나타내는 등부표, 도등, 지향등 등」에 대해서는 가능한 한 항해자의 심리적 부담 경감효과를 산출한다.

<표 3-40> 항해자의 심리적 부담 경감효과

설 비	효 과
A. 방과제 등대	- 방과제의 시인성이 향상되어 (예를 들면, 돌출사고 등은 없어도) 안심하고 운항할 수 있으므로 항해자의 심리적 부담 경감을 기대할 수 있다.
B. 항로를 나타내는 등부표, 도등, 지향등 등	- 얕은 너울 등의 존재의 시인성이 향상되므로(예를 들면, 좌초사고 등은 없어도) 안심하고 운항할 수 있으므로 항해자의 심리적 부담 경감을 기대할 수 있다.

3. 산출 방법

항해자의 심리적 부담 경감효과는 CVM으로 산출한다. 단, 해상교통안전시설

사업은 사업비가 수천만 원 정도의 것이 많고, 사업 마다 CVM을 실시하여 항해자의 심리적 부담 경감효과를 산출한다는 것은 효율적이지 못하다.

따라서, 장기적으로는 모델에 있는 해상교통안전시설의 사업을 몇 개의 패턴으로 분류하고, 패턴별로 심리적 부담 경감효과의 편익 원단위를 준비하는 검토가 필요하다.

항해자의 심리적 부담 경감효과는 「비시장재(시장의 거래가격이 형성되어 있지 않은 재산)적 효과」인 것에서 기본적으로 CVM(조건부 가치측정법)을 사용하여 산출한다.

CVM에 있어서는 설문조사를 사용하여 아래와 같이 사업을 실시한 경우 (with시)와 사업을 실시하지 않은 경우 (without시)의 상황을 회답자에게 제시하고, 사업을 운영한 것에 대한 지불의사비용을 묻는 것으로 효과를 산출할 수 있다.

<표 3-41> 심리적 부담 경감효과 산출의 with - without 설정

설정	내용
with	해상교통안전시설이 있음으로 운항경비를 절감할 수 있음과 동시에 심리적인 부담을 느끼지 않고 항행할 수 있다.
without	해상교통안전시설이 없으므로 감속 등이 필요하고, 동시에 해난을 일으킬지도 모른다는 심리적인 부담을 느낀다.

또, CVM은 설문조사를 하기 위해 상당한 조사비용 및 조사기간을 필요로 한다.

그러므로 장기적으로는 아래에 나타낸 것과 같이 해상교통안전시설 사업 및 선종을 몇 개의 패턴으로 분류하고, 패턴별로 심리적 부담 경감효과의 편익 원단위를 준비하여 참고값으로 모델에 게시하는 것에 대한 검토가 필요하다.

<표 3-42> 해상교통안전시설사업의 심리적 부담

경감효과의 원단위 설정표 분류(안)

대상사업		선종	
		일반선박	어선
광과표지	연안표지		
	장해표지		
	항만표지		
전과표지	DGPS국		
	마이크로파 표지 (레이더 비콘)		
	마이크로파 표지 (레이마크 비콘)		
조류신호소			
연안VTS			
기상신호소			

3.2.6.3 CVM에 의한 항해자의 심리적 부담 경감효과 산출

해상교통안전시설의 항해자에 대한 심리적 부담 경감효과에 대한 지불의사비용을 묻는 것으로 항해자 1인 1회당 경감효과 원단위(basic unit)를 파악한다.

이 원단위에 연간 통항선박 척수를 곱하여 연간 효과를 산출한다.

1. 항해자 1인 1회당 효과원단위 파악

아래와 같은 가상적 시장을 해상교통안전시설 이용이 상정되는 항해자에게 제시하고, 심리적 부담 경감효과에 대한 지불 의사비용을 묻는다. 횡수에 대해서는 적어도 100건 정도의 회답이 얻어지는 것이 바람직하지만, 어려운 경우는 그것보다 적어도 좋다.

또, 효과원 단위는 선종/톤급에 따라 다르다고 생각할 수 있지만 가능한 한 선종/톤급별로 파악한다.

【문】 ○○ 방파제 등대의 운영효과를 금비용으로 바꾸어 평가하기 위해 여기서는 해상교통안전시설을 이용하는 선박의 이용료로 표지운영/유지관리를 하는 구조가 있다는 상황을 상상하여주세요. (이것은 어디까지나 사업 효과를 평가하기 위한 가정이고, 실제로 이와 같은 구조가 취해질 리는 없습니다.)

한편, 아래에 나타낸 2개의 상황을 보십시오. 그 아래의 ①에서 ⑥으로 【운영 후】 이용료의 금비용을 제시할 테니 각각에 대하여 아래에 나타낸 【운영 전】 상황과 【운영 후】 상황 중, 바람직하다고 생각하는 쪽에 ○를 쳐주세요. 또한 이용료분만큼 당신의 수입이 줄어드는 것을 충분히 염두에 두고 생각하십시오.

또한 어느 경우든지 입항에 관계되는 시간과 운항경비는 완전히 같다고 생각하십시오.

【운영 전】 해상교통안전시설이 없는 경우	【운영 후】 해상교통안전시설이 운영된 경우
<ul style="list-style-type: none"> - 방파제 소재가 멀어서 알기 어려우므로, 특히 야간 등은 입항 시에 신중한 조선이 필요하고, 심리적인 부담(스트레스)이 생깁니다. (현재의 상황) - 방파제 등대 이용료는 필요 없습니다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 방파제 소재가 멀어서도 알기 쉬우므로 야간에도 입항 때 조선의 심리적 부담(스트레스)이 경감된다. - 입항 때 방파제 등대 이용료가 필요하다.

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| ① 【입항 후】 이용료가 500원/회인 경우 | 1)운영전이 좋다 2)운영후가 좋다 3)모른다 |
| ② 【입항 후】 이용료가 1000원/회인 경우 | 1)운영전이 좋다 2)운영후가 좋다 3)모른다 |
| ③ 【입항 후】 이용료가 2000원/회인 경우 | 1)운영전이 좋다 2)운영후가 좋다 3)모른다 |
| ④ 【입항 후】 이용료가 5000원/회인 경우 | 1)운영전이 좋다 2)운영후가 좋다 3)모른다 |
| ⑤ 【입항 후】 이용료가10000원/회인 경우 | 1)운영전이 좋다 2)운영후가 좋다 3)모른다 |
| ⑥ 【입항 후】 이용료가20000원/회인 경우 | 1)운영전이 좋다 2)운영후가 좋다 3)모른다 |

2. 효과 산출

위에서 얻어진 효과 원단위를 사용하여 아래 식으로 연간 항해자의 심리적 부담 경감효과를 산출한다.

$$\text{항해자의 심리적 부담 경감효과(연비용)} = p_1 p_2 + n_1 n_2 \quad \text{식(3-21)}$$

여기서, p_1 : 일반선박 1척당 지불의사비용(원/년)

n_1 : 어선 1척당 지불의사비용(원/년)

p_2 : 일반선박의 연간 통항선박 척수(척)

n_2 : 어선의 연간 통항선박 척수(척)

3.2.7 민감도분석

3.2.7.1 기본원칙

사업의 적절한 집행관리와 국민의 의무를 부과함과 동시에 사업평가의 정밀도와 신뢰성 향상을 도모하기 위하여 장래의 불확실성을 고려한 사업평가를 실시한다. 그러므로 비용편익분석 결과에 큰 영향을 미치는 원인에 대하여 민감도분석을 실시하고, 그 요인이 변화한 경우의 비용 편익분석 결과로의 영향 크기 등을 파악하고, 비용편익분석 결과를 폭을 가지고 나타낸다.

1. 민감도분석이란

민감도분석이란 비용편익분석에 사용되어지는 변수의 불확실성의 폭에 따라 비용편익분석 평가지표 산정비용의 변화를 관찰하는 것이다.

2. 민감도분석 목적

민감도분석을 실시하고, 주요한 영향 원인이 변화한 경우의 비용편익분석 결과에의 영향 정도를 파악하는 것으로 사전에 사업을 둘러싼 불확실성을 정확하

게 인식하고, 지속적인 확인에 의한 적절한 사업의 집행관리와 효율성저하 등으로의 대응책 실시 등을 적시적절하게 강구하여 사업의 효율성 향상을 도모한다.

민감도분석을 실시하고, 비용편익분석 결과를 폭을 가지고 나타내어 수요의 변동이나 경제적 불확실성을 반영한다.

비용편익분석의 민감도분석 결과와 재평가, 사후평가 결과로 실현된 상황을 비교/분석함으로써 비용편익분석, 민감도분석 방법과 수가를 재점검하는 등 그 정밀도와 신뢰성 향상을 도모한다.

3.2.7.2 민감도분석 실시

비용편익분석과 아울러, 요인별 민감도분석을 실시한다. 또, 요인별 민감도분석과 재평가/사후평가 실시 결과 등의 축적을 거쳐 순차적으로 신규사업 채택 시 평가, 중간평가에 있어 상위 케이스/하위 케이스 분석을 실시하도록 노력한다.

민감도분석 결과는 영향요인과 그 변동 폭을 비용편익분석 결과와 더불어 공표한다.

1. 민감도분석 방법

민감도분석에는 요인별 민감도분석, 상위 케이스/하위 케이스 분석, 몬테카를로 민감도분석이 있지만, 본 모델에서는 요인별 민감도분석을 실시한다.

<표 3-43> 민감도분석 방법

분석 방법 구분	분석 방법 개요	결과
요인별 민감도분석	분석으로 설정한 전제조건과 가정 중, 하나만을 변동시켰을 경우, 분석결과에의 영향을 파악하는 방법	하나의 전제조건/가정을 변동했을 때, 비용편익분석의 각 지표값 변동범위를 나타낸다.
상위 케이스/하위 케이스	분석으로 설정한 전제조건과 가정 중, 중요한 것 모두를 변동시켰을 경우에 분석 결과가 양호한 경우(상위 케이스 시나리오)와 악화될 경우(하위 케이스 시나리오)를 설정하고, 분석결과 폭을 파악하는 방법	주요한 모든 전제조건/가정이 변동했을 때의 비용편익분석의 각 지표값의 변동범위를 나타낸다.
몬테카를로 민감도분석	분석으로 설정한 전제조건과 가정의 주요한 모든 변수에 확률분포를 주고, 몬테카를로 시뮬레이션으로 분석결과에의 확률분포를 파악하는 방법	주요한 모든 전제조건/가정이 변동했을 때의 비용편익분석의 각 지표값의 확률분포를 나타낸다.

2. 민감도분석 결과 처리

사업의 채택과 계속 여부의 의사결정에 있어, 민감도분석 결과도 판단자료의 하나로 취급한다.

재평가에 있어 비용편익분석 결과가 변동 폭을 넘었을 경우 또는 사업실시 중에 사업을 둘러싼 환경 변동 등으로 변동 폭을 넘을 조짐이 보였을 경우는 변동 폭의 적정선에 대하여 검토함과 동시에 그 변동의 원인을 분석한다. 필요에 따라 사업의 재수정 등을 검토한다.

3.2.8 의사결정의 기준

대상사업의 수행여부에 대한 의사결정의 기본원칙은 기본적으로 순편익을 통해 판단하는 것이다. 일반적으로 공공투자사업에 대한 판정기준은 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR), 그리고 편익/비용(B/C) 비율, 이 세 가지를 모두 적절히 고려하여 의사결정을 내리는 것이 최선의 방법이다. 본 연구에서 해당사

업의 특성은 주로 여러 사업 중에서 최종 대안을 선택하는 것이 아니라 한 개의 사업에 대해 채택할지의 여부를 결정하는 것이다. 따라서 이 경우의 의사결정기준은 순현재가치가 0보다 크면 사회후생에 긍정적인 공헌이 있다고 보고 그 사업을 채택하면 된다.²²⁾

그러나 해상교통안전시설은 공공사업 중에서도 안전부문이기 때문에 이에 대한 사업수행여부는 사회적 여론과 조직의 가치에 따라 의사결정의 상황이 변할 수 있다. 그러므로 이에 관련한 여러 가지 환경적요소를 종합적으로 고려하여 사업여부를 결정할 필요가 있다.

3.2.9 분석결과의 종합

3.2.9.1 비용편익분석의 요약

1. 전제조건

해상교통안전시설사업의 비용편익분석을 위한 전제조건은 공용년도와 건설기간으로 한다. 공용년도(①)는 대상사업수행 시작년도를 의미하며 건설기간(②)은 대상사업을 건설하는데 소요된 시작년도부터 종료년도까지의 기간을 말한다.

2. 비용의 산출

계산하는 비용은 건설비, 유지보수비, 기기갱신비로 하고, 사업계획의 연도별 비용을 사용한다. 일반적으로 비용 편익분석에서는 사업에 투여되는 모든 비용을 포함한다.

1) 건설비(③)

대상사업에 투입된 건설비용으로서 조사/설계, 용지측량, 용지구입, 보상, 토목공사(도로, 부지 등), 건축공사(국사/등탑건설, 전기/기계설비 등), 철탑제조/건립공사, 전력인입공사, 각종 기기 제조/구입, 각종 기기 설치공사, 부담금 등을 포함하며, 해당 발생년도에 비용으로 계산한다.

2) 갱신비(④)

평가 계산기간 중 기기의 갱신비용으로서 각종 기기의 물리적인 내구연한에 기초하여 계산되며, 해당 발생년도에 비용으로 계산한다.

3) 유지운영비(⑤)

평가 계산기간 중 대상사업의 유지운영에 소요된 비용으로서 인건비, 물품비(비품비, 소모품비), 전기/수도비(전력, 수도, 가스요금, 청사유지), 순회점검비, 보수비(건물, 설비, 기기), 토지건물 차용비 등을 포함하는 필요비용을 포함하며, 해당 발생년도에 비용으로 계산한다.

3. 편익의 산출

해상교통안전시설사업에 따른 효과를 화폐가치로 환산한 것이 편익이다. 해상교통안전시설사업은 각각 대상사업의 특징에 따라 편익 발생구조가 다르므로 대상사업이 하는 역할, 실시 목적 등을 고려한 후에 산출할 편익을 선정한다. 본 모델에서는 해상교통안전시설 사업의 효과 중에서 화폐가치 환산이 가능한 해양사고감소는 안전 편익, 운항능률에 따른 운항시간단축, 운항경비절감 등은 수송편익, 안전편익과 수송편익 이외의 편익을 기타편익으로 한다. 그리고 시설, 기기, 토지 등의 잔존가치도 편익에 포함시켜 산출한다.

1) 안전편익(⑥)

본 모델에서는 해양사고 감소효과를 화폐가치로 환산한 것을 「안전편익」이라고 한다. 해양사고 감소에 따른 기대손실 회피비용은 해양사고에 따른 직접적인 손실로 평가되는 「선박손상에 따른 손실비용, 선박 보수 기간 중의 손실비용, 인적 손실비용, 화물 손실비용, 해양사고 선박처리에 따른 손실비용, 유출 기름에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용」을 각각 계산한다. 이는 해양사고 감소에 따른 손실 회피비용(ADC)으로서 다음과 같은 항목으로 산출된다.

- (1) 해상교통안전시설의 설치로 인한 해양사고 감소율
- (2) 연간 해양사고 발생건수
- (3) 선박손상의 손실비용
- (4) 선박보수기간 중 손실비용
- (5) 인적 손실비용
- (6) 화물 손실비용
- (7) 사고선박 처리 손실비용

- (8) 환경오염비용
- (9) 해양사고발생계수
- (10) 각 연도의 교통량 증가율

2) 수송편익(⑦)

해상교통안전시설사업운영을 실시함에 따라 사업 대상해역을 통항하는 선박의 통항시간, 운항경비가 절감된다. 이 절감효과는 각각의 통항선박의 운항시간 단축율, 운항경비 절감비용을 산출하고, 나아가 사업대상 해역을 통항하는 선박척수의 예측으로 일정한 환산계수를 사용하여 화폐가치를 환산한다. 본 모델에서는 통항능률의 증감에 따라 효과를 화폐가치로 환산한 것을 「수송편익」이라 칭하고, with시와 without시의 선박통항루트, 연간 통항선박척수에 따라 해상수송비용을 계산하고 그 차이의 비용을 수송편익으로 계산하였다. 이는 다음과 같은 항목으로 산출된다.

- (1) 항행거리 단축량
- (2) 항행단축시간
- (3) 단위시간당 수송비용

3) 기타편익(⑧)

안전편익과 수송편익 이외의 잔존가치를 제외한 화폐환산 가능한 모든 편익을 말한다.

4) 잔존가치(⑨)

잔존가치를 계산할 경우는 이론적인 원칙에 따라 평가기간 이후에 존재하는 자산의 가치를 산정하고, 이것을 편익으로 계산한다. 계산기간 말에 잔존가치를 평가해야하는 자산으로는 물리적인 내구연한에 미치지 않는 시설, 기기 및 토지다.

4. 평가지표

사업의 투자 효율성을 다양한 시점에서 판단할 수 있는 환경을 갖추고, 사업평가 결과의 투명성을 높이기 위해 운영효과분석에서는 「비용편익비, 순현재가치, 경제적 내부수익률」의 세 가지 지표 및 정량적, 정성적 분석결과를 사용하여 사업투자의 타당성을 평가한다.

- 평가지표 종류

비용편익분석의 평가지표로는 다양한 것들을 예상할 수 있지만, 일반적으로 비용편익비(CBR: Cost Benefit Ratio, 「B/C」로 표기되는 일이 많음), 순현재가치(NPV: Net Present Value), 경제적 내부수익률(EIRR: Economic internal Rate of Return)이 사용된다.

1) 비용편익비(⑩)

비용편익비(CBR: Cost Benefit Ratio)는 비용에 대한 편익의 상대적 크기를 비로 나타낸 것으로, 이 수치가 1보다 클 때는 경제적 타당성이 있는 것으로 본다. 그리고 비용편익비는 사회적 할인율의 영향을 받는다는 점을 유의한다.

2) 순현재가치(⑪)

순현재가치(NPV: Net Present Value)는 편익에서 비용을 뺀 것으로, 이 수치가 양(+)의 값을 가질 때는 사회경제적으로 보아 효율적인 사업으로 평가할 수 있다. 그리고 순현재가치는 사회적 할인율의 영향을 받는다는 점을 유의한다.

3) 경제적 내부수익률(⑫)

경제적 내부수익률(EIRR: Economic Internal Rate of Return)은 「투자한 자본을 계산 기간 내에 발생하는 편익으로 점차 갚을 경우에 반제율(返濟率)이 어느 정도까지면 계산 기간 말의 수지가 맞는지」를 생각했을 때에 수지가 맞는 한도 이율이다. 이 수치가 설정하고 있는 사회적 할인율보다도 클 경우에는 사회경제적으로 봐서 효율적인 사업(투자비용의 회수율이 좋은 사업)으로 간주할 수 있다. 또한 경제적 내부수익률은 사회적 할인율의 영향을 받지 않는다.

○ 비용편익분석의 결과 활용

사업평가는 사업의 투자 효율성과 파급적 영향, 실시환경이라는 다양한 시점에서 종합적으로 이루어져야 한다. 그 중에서 해당 사업이 그 투자에 맞는 성과를 얻을 수 있는 것인지를 확인하는 것이 중요하므로, 사업평가에 있어서는 비용편익분석을 수행하여 사업의 투자 효율성을 평가하고 그 결과를 사업채택시의 판단 자료로서 활용한다.

<표 3-44> 비용편익분석 모델의 요약표

사업명	○○ 사업	
(1) 전제조건		
① 공용년도	대상사업수행 시작년도	
② 건설기간	대상사업을 건설하는데 소요된 시작년도부터 종료년도까지의 기간	
총 비 용	③ 건설비	대상사업에 투입된 건설비용으로 조사/설계, 용지측량, 용지구입, 보상, 토목·건축공사, 철탑제조/건설공사, 전력인입공사, 각종 기기 제조/구입, 각종 기기 설치공사, 부담금 등을 포함하며, 발생년도의 비용으로 계산
	④ 갱신비	평가계산기간 중 기기의 갱신비용으로 각종 기기의 물리적인 내구연한에 기초하여 계산하며, 발생년도의 비용으로 계산
	⑤ 유지운영비	평가계산기간 중 대상사업의 운영유지에 소요된 비용으로 인건비, 물품비, 전기/수도비, 순회점검비, 보수비, 토지건물 차용비 등을 포함하며, 매년 비용으로 계산
총 편 익	⑥ 안전편익	해양사고 감소효과를 화폐가치로 환산한 것을 말하며, 해양사고 감소에 따른 기대손실 회피비용은 해양사고에 따른 직접적인 손실로 평가되는 「선박손상에 따른 손실비용, 선박 보수 기간 중의 손실비용, 인적 손실비용, 화물 손실비용, 해양사고 선박처리 등에 따른 손실비용, 유출 기름에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용」을 각각 계산
	⑦ 수송편익	with시와 without시의 선박통항루트, 연간 통항선박척수에 따라 해상수송비용을 계산하고 그 차이의 비용을 수송편익으로 계산
	⑧ 기타편익	안전편익과 수송편익 이외의 잔존가치를 제외한 화폐환산 가능한 모든 편익을 말한다.
	⑨ 잔존가치	시설/기기의 잔존가치는 감가상각의 개념과 물리적 내구연한을 적용하여 계산기간 말에 편익으로 계산하며, 토지의 존재가치는 취득시의 가격에 근거하여 계산기간 말에 편익으로 계산
평 가 지 표	⑩ 비용편익비	비용에 대한 편익의 상대적 크기를 비로 나타낸 것으로 이 수치가 1보다 클때 사회경제적으로 효율적인 사업으로 평가
	⑪ 순현재가치	편익에서 비용을 뺀 것으로 이 수치가 양(+)의 값을 가질때 사회경제적으로 효율적인 사업으로 평가
	⑫ 경제적 내부수익률	「투자한 자본을 계산기간 내에 발생하는 편익으로 점차 값을 경우에 반제율(返濟率)이 어느 정도까지면 계산기간 말의 수치가 맞는지」를 생각했을 때에 수치가 맞는 한도 이율을 말하며, 이 수치가 설정하고 있는 사회적 할인율보다도 클 경우 사업 수익적 측면에서 양호한 사업으로 평가

3.2.9.2 분석결과의 정리

대상사업의 비교평가분석 결과에 대하여 전제조건(공용년도, 건설기간, 비용), 분석결과(편익 산출결과, 비용 산출결과, 평가 지표 값, 민감도 분석결과)를 총괄하는 형태로 아래와 같이 표로 정리한다.

1. 비용편익분석의 전제조건과 결과

사업명		○○ 사업
(1) 전제조건		
① 공용년도		년도
② 건설기간		년
③ 건설비		백만 원
④ 갱신비		백만 원
⑤ 유지 운영비		백만 원/년
(2) 비용편익분석 결과		
⑥ 총편익(현재가치)	안전편익	백만 원
	수송편익	백만 원
	잔존가치	백만 원
	편익 합계	백만 원
⑦ 총비용(현재가치)	건설비	백만 원
	갱신비	백만 원
	유지 운영비	백만 원
	비용 합계	
⑧ 평가지표	비용편익비	
	순현재가치	백만 원
	경제적 내부수익률	%

2. 비용편익분석용 기초자료(예)

1) 편익 산출 데이터

연간 통항선박 척수	(척)
표지설치전의 해양사고 척수	척/년
단축시간	시간
통항루트 단축시간	마일
1시간당 운항경비	원

2) 연도별 편익 및 비용 등

편익의 현재가치 산정표(기준년도: ○○○○년)

(단위: 천원)

연도(t)		안전편익 B_{1t}		수송편익 B_{2t}		기타편익 B_{3t}		잔존 가치	편익의 현재가치
		편익	현재 가치	편익	현재 가치	편익	현재 가치		
1	1년차	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△
2	2년차	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△

n	n년차	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△
m	m년차	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△

합 계		△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△

주) 편익은 해당사업에서 관련하는 항목만을 계산한다.

비용의 현재가치 산정표(기준년도: ○○○○년)

(단위: 천원)

연도(t)		건설비 C _{1t}		갱신비 C _{2t}		유지 운영비 C _{3n}		비용의 현재가치
		비용	현재가치	비용	현재가치	비용	현재가치	
1	1년차	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△
2	2년차	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△

n	n년차	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△
m	m년차	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△

합 계		△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△	△△△

편익과 비용의 평가지표 산출표

(단위: 천원)

구 분		현재가치	
		편 익	비 용
1	1년차	△△△	△△△
2	2년차	△△△	△△△

n	n년차	△△△	△△△
m	m년차	△△△	△△△

합계		△△△	△△△
순현재가치(천원)		△△△	
비용·편익비율		△△△	
내부수익률(%)		△△△	

3) 민감도분석 결과

케이스	비용편익비	순현재가치	내부수익률	비고
① 수요동향 +10%		백만 원		
② 수요동향 -10%		백만 원		
③ 사회적 할인율 5.5%		백만 원		※ 5년 이상의 건설기간을 요하는 신규사업이나 필요한 경우
④ 사회적 할인율 7.5%		백만 원		
⑤ 건설비 +10%		백만 원		
⑥ 건설비 -10%		백만 원		

3.2.9.3 운영효과분석의 총괄표

운영효과의 총괄표를 <표 3-44>에 나타낸 요령으로 작성한다.

1. 비용편익분석 결과와 함께 비용편익분석에서는 충분히 설명할 수 없는 사업의 의의를 명확하게 하기위해 현시점에서 기술적/실무적으로 화폐환산이 어려운 사업효과에 대해서도 정량적/정성적으로 설명한 후 분석한다. 그리고 사업효과의 중복을 허용한다.

2. 설명에 대해서는 각각의 효과에 대한 소견을 나타냄과 동시에 해당사업의 특징적인 효과에 대해서 ◎를 단다.

<표 3-45> 운영효과분석 총괄표

1. 사업명		○○사업	
2. 사업목적		선박이 폭주하는 ○○해역의 북서부에 위치하는 개소에 ○○시설을 설치하고, 그것으로써 사업대상해역의 선박교통의 안전한 통항을 확보함과 동시에 운항능률 향상을 도모하는 것으로 한다.	
3. 연간 통항선박 척수(현황 및 추정)			
해당해역 통항 척수		통항 척수	척
4. 비용편익분석			
사회적 할인율			%
현재 가치화 기준년도			년
평가 지표	비용편익비		
	순현재가치		백만 원
	경제적 내부수익률		%
5. 민감도분석			
수요동향(±10%)	비용편익비		
	순현재가치		백만 원
	경제적 내부수익률		%
사회적 할인율 +1.0%	비용편익비		
	순현재가치		백만 원
	경제적 내부수익률		%
사회적 할인율 -1.0%	비용편익비		
	순현재가치		백만 원
	경제적 내부수익률		%
건설비(±10%)	비용편익비		
	순현재가치		백만 원
	경제적 내부수익률		%

6. 정량적 평가 데이터 및 정성적 평가		
(1) 안전성 향상		
① 해양사고 감소	사업대상 해역에서의 좌초사고가 약 ○할 감소한다.	
② 2차 재해 감소	- 사업대상해역을 통항하는 연간 ○○○척의 안전한 통항이 확보된다. - 해난발생의 초기대응이 신속하게 처리되어 해상 화재 등의 거대한 재해가 방지된다.	
③ 항해자에게 부담 경감	항해자의 심리적인 부담이 경감된다.	
(2) 국제적 요청에 대응	국제표준의 해상교통안전시설을 채용함으로써 우리나라의 연안을 통항하는 외국선이 안전하게 통항할 수 있다.	
(3) 효율성 향상		
① 시간 비용의 절감	- 사업대상 해역에서는 일반선박이 연간 ○○○척, 어선이 연간 ○○○척 통항하고, 해당 표지설치에 따라 1척당 약 ○○분, 연간 ○○○시간 단축을 꾀할 수 있다. - 선박 통항 시간의 단축으로 공장 등에서의 화물 재고가 삭감될 가능성이 있다.	
② 해상작업의 효율화	해상교통안전시설 설치로 해상 구조물의 위치 결정이 정확하고 용이하게 되고, 연간 ○○건에 이르는 해상작업 시간, 비용의 일부가 삭감된다.	
(4) 신뢰성 향상		
물류비용 삭감	해상 화물 수송이 증가하고, A품목에서는 하주의 물류비용이 ○○% 삭감될 가능성이 있다.	
(5) 환경 보전		
CO ₂ , NO _x 배출량 삭감	해상교통의 신뢰성이 높아지고, modal shift가 촉진되어 CO ₂ , NO _x 의 배출량이 삭감될 가능성이 있다.	
(6) 산업진흥		
① 해양개발	새로운 해상교통안전시설 설치로 소형선의 안전성도 높아지고, 레저보트 판매 증가를 예측할 수 있다.	
② 신제품 개발	새로운 해상교통안전시설 대응의 제품이 판매되거나 신기술이 해상교통안전시설 이외의 분야에 응용되어 신제품이 판매된다.	
(7) 지역의 매력 향상		
① 경관 형성	해상교통안전시설 설치로 양호한 경관이 형성된다.	
② 관광객유치 효과	해상교통안전시설 설치로 연간 ○○○인의 관광객이 들어오고, 해당 지역에서 연간 ○○○만원의 소비가 예상된다.	

3.3 타 모델과의 비교 검증

본 연구에서는 수립된 모델의 적합성 및 유효성을 검증하기 위하여 유럽수역 연안 VTS의 비용편익 분석모델과 비교하였다. 총편익과 총비용을 구분하여 각각의 세부항목에 따른 두 모델의 특성을 비교하여 제시하였다. 이를 종합하면 다음 <표 3-46>와 같다.

1. 총편익의 비교검증

총편익은 크게 안전편익과 수송편익, 잔존가치, 기타편익으로 구분되었고 그 세부항목은 다음과 같다.

1) 안전편익은 인명사고, 선박손실비용, 화물손실비용, 구난활동, 수색과 구조, 선박과 화물의 지연과 가속에 대한 VTS효과, 환경적 영향 등으로 구분되었다.

인명사고의 경우 본 모델은 선박의 손상정도별로 전손, 중대손상, 경미손상, 손상없음 등 네 가지로 분류되고 이에 따른 인명사고가 사망과 부상으로 구분되었으나, 유럽의 모델은 충돌과 좌초라는 사고유형으로 분류되고 이에 따른 인명사고가 사망과 부상으로 구분되었다.

선박손실비용의 경우 본 모델은 인명사고와 같이 선박의 손상정도를 전손, 중대손상, 경미손상, 손상없음 등 4가지로 분류되고 이는 다시 선종, 선박크기별로 구분되었으나, 유럽모델은 선박의 손상정도를 전손과 부분손실 등 2가지로 구분되어 있고 이는 다시 선종, 선박크기별로 세분되었다.

화물손실비용의 경우 본 모델에서는 선종/톤급별 적재화물의 톤당 단가, 중량톤수, 화물적재율, 손상별 화물손상률이 고려되나, 유럽모델에서는 전손(구조적 전손, 부분 선적된 선박 및 공선선박을 포함)에 대해 손실은 운송될 수 있는 화물가치의 60%, 심각한 부분손실과 경미한 손실은 구분 없이 화물가치의 20%로 산출되었다.

구난활동의 경우 본 모델에서는 손상정도(전손, 중대손상)별로 해양사고 선박 처리에 따른 손실비용이 고려되었으나, 유럽모델에서는 전손의 경우만 고려되었다.

수색과 구조에 관해서는 두 모델 모두에서 고려되지 않았다.

선박과 화물의 지연과 가속에 대한 VTS효과에 대해서는 본 모델에서는 선종별, 선박손상정도별(전손, 중대손상, 경미손상)로 구분하여 선박수리로 인한 비용이 고려되고 화물지연비용은 고려되지 않았으나, 유럽모델에서는 시간절약이 고려되지 않고 수리로 인한 선박시간 손실분이 고려되었다. 심각한 손상의 경우 평균 수리기간을 10일로 설정하고 선종과 크기별 선박시간비용/일, 선종별 일별 톤당 화물지연비용, 선종 및 크기별 일당 화물의 지연비용이 고려되었다.

환경적 영향의 경우 본 모델에서는 해양사고로 인한 유출유에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용이 추정되나, 유럽모델에서는 고려되지 않았다.

2) 수송편익에 대해서는 본 모델에서 항행거리단축에 따른 항행단축시간이 고려되었으나, 유럽모델에서는 고려되지 않았다.

3) 잔존가치에 대해서는 본 모델에서 평가기간 이후에 발생하는 시설, 기기 및 토지 등의 잔존가치를 고려되었으나, 유럽모델에서는 고려되지 않았다.

4) 기타편익은 본 모델에서 항해자의 심리적 부담경감, 유류소비 절감, 운영률 향상 등의 효과를 필요시 일부 편익항목으로서 고려되었으나, 유럽모델에서는 일부 항목으로서 고려되지 않았다.

2. 총비용의 비교검증

총비용은 크게 건설비와 갱신비, 운영유지비로 구분되었으며 세부사항은 다음과 같다.

1) 건설비의 경우 본 모델에서는 조사/설계, 용지측량, 용지구입, 보상, 토목·건축공사, 철탑제조/건설공사, 전력인입공사, 각종 기기 제조/구입, 각종 기기 설치공사, 부담금 등을 포함하며, 발생년도의 비용으로 계산되었다. 유럽모델에서는 토지, 건물, 장비, 선박 등과 관련된 비용으로 계산하였다. 비록 세부항목의 분류에서 차이가 있을 수 있으나 결국 두 모델에서 분석되는 건설비의 총액 개념에서는 같다고 볼 수 있다.

2) 갱신비의 경우 본 모델에서는 각종 기기의 물리적인 내구연한에 기초하여 장비에 따라 5년 또는 10년으로 계산하였고, VTS 연수는 20년으로 가정하여 갱신발생년도 비용으로 산출되었다. 그러나 유럽모델의 경우 장비의 전면적 교체는 10년, VTS 연수는 20년으로 가정하여 갱신비를 산출하였다. 장비 및 기

기의 첨단화와 함께 고가로 유지되는 추세로 갱신비의 비중은 높아지는 경향을 보이므로 갱신비의 주기에 대해서는 해당 장비 및 기기의 특성에 따라 세분하여 적용하는 것이 바람직하다.

3) 운영유지비의 경우 본 모델에서는 인건비, 물품비, 전기/수도비, 순회점검비, 보수비, 토지건물 차용비 등을 포함하는 비용으로 매년 비용으로 계산되었다. 유럽모델에서도 유지보수비, 인건비, 기타운영비 등으로 계산하였다. 이는 건설비와 마찬가지로 두 모델에서 동일한 비용이 산출된다고 볼 수 있다.

<표 3-46> 연안 VTS 운영효과분석을 위한 본 모델과

유럽모델과의 비교검증표

구분		본 모델	유럽모델
총 편 익	인명 사고	선박의 손상정도별(전손, 중대손상, 경미손상, 손상 없음)으로 구분하고 이에 따른 인명사고를 사망, 부상으로 구분	사고유형(충돌, 좌초)으로 구분하고 이에 따른 인명사고를 사망과 부상으로 구분
	선박손 실비용	전손, 중대손상, 경미손상, 손상 없음으로 구분 선종과 선박크기별로 구분	전손과 부분손실로 구분 선종과 선박크기별로 구분
	화물 손 실비용	선종/톤급별 적재화물 톤 단가, 중량톤수, 화물적재율, 손상별 화물손상률을 고려하여 산출	전손(구조적 전손, 부분 선적된 선박 및 공선선박을 포함)에 대해 손실은 운송될 수 있는 화물가치의 60% 심각한 부분 손실과 경미한 손실의 경우 화물가치의 20%로 산출
	구난 활동	손상정도(전손, 중대손상)별로 해양사고 선박처리에 따른 손실비용으로 고려	전손의 경우에만 적용함
	수색과 구조	고려하지 않음	고려하지 않음
	선박과 화물의 지연과 가속에 대한 VTS효 과	선종별로 구분 선박손상정도별(전손, 중대손상, 경미손상)로 구분하여 선박 수리로 인한 비용 고려 화물지연비용 미고려	시간절약은 고려하지 않음 수리로 인한 선박시간 손실은 고려 심각한 손상의 경우 평균수리기간 10일 선종과 크기별 선박시간비용/일, 선종별 일별 톤당 화물지연비용, 선종 및 크기별 일당 화물의 지연비용을 고려
	환경적 영향	유출유에 의한 해양환경 오염에 따른 손실비용	고려하지 않음
	수송편익	항행거리단축에 따른 항행단축 시간 고려	고려하지 않음
	잔존가치	평가기간 이후에 발생하는 시설, 기기 및 토지 등의 잔존가치 고려	고려하지 않음
	기타편익	항해자의 심리적 부담경감을 CVM기법을 이용하여 고려	고려하지 않음

구분	본 모델	유럽모델	
총 비 용	건설비	조사/설계, 용지측량, 용지구입, 보상, 토목·건축공사, 철탑제조/건설공사, 전력인입공사, 각종 기기 제조/구입, 각종 기기 설치공사, 부담금 등을 포함하며, 발생년도의 비용으로 계산	자본비(토지, 건물, 장비, 선박 등과 관련된 비용)
	갱신비	각종 기기의 물리적인 내구연한에 기초하여 계산하며, 갱신발생년도의 비용으로 계산	장비의 전면적 교체는 10년 연수는 20년으로 가정
	운영유지비	인건비, 물품비, 전기/수도비, 순회점검비, 보수비, 토지건물 차용비 등을 포함하며, 매년 비용으로 계산	유지보수비, 인건비, 기타 운영비 등

3.4 요약

이 장에서는 해상교통안전시설의 정의와 그 종류들로는 시각표지, 전파표지, 음파표지, 특수신호표지와 집약관리시스템이 있으며 그들의 기능에 대하여 서술하였다. 그리고 해상교통안전시설의 운영효과 편익산출모델에서는 모델수립의 기본원칙과 모델을 수립하는데 필요한 데이터와 자료를 제시하였으며 분석모델의 적용범위에 대하여 서술하였다.

운영효과의 편익산출에서는 해상교통안전시설의 운영효과 중에서 편익은 크게 안전편익과 수송편익 그리고 기타편익으로 구분하였다. 안전편익의 산출에서는 해양사고 감소율을 산출하고 그에 따른 해상교통안전시설에 의한 손실회피비용이 화폐가치로 환산한 것이 안전편익으로 산출하였다. 수송편익에서는 통항소요시간의 계산을 통하여 통항소요시간의 감소에 따른 운항시간 단축율, 운항경비 절감비용을 수송편익으로 산출하였다. 기타편익에서는 집약관리시스템의 운영으로 표지선의 유류절감비용과 항로표지의 운영율의 증가에 따른 운영경비절감 등 안전편익과 수송편익 이외의 모든 편익을 산출하여 기타편익으로 하였다.

비용의 산출에서 계산하는 비용은 건설비, 유지보수비, 기기갱신비로 하고,

사업계획의 연도별 비용을 사용하였다. 건설비용으로서는 조사/설계, 용지측량, 용지구입, 보상, 토목공사(도로, 부지 등), 건축공사(국사/등탑건설, 전기/기계설비 등), 철탑제조/건설공사, 전력인입공사, 각종 기기 제조/구입, 각종 기기 설치공사, 부담금 등을 포함하였으며, 해당 발생년도에 비용으로 계산하였다. 갱신비용으로서는 각종 기기의 물리적인 내구연한에 기초하여 계산되었으며, 해당 발생년도의 비용으로 계산하였다. 유지운영비는 유지운영에 소요된 비용으로서 인건비, 물품비(비품비, 소모품비), 전기/수도비(전력, 수도, 가스요금, 청사유지), 순회점검비, 보수비(건물, 설비, 기기), 토지건물 차용비 등을 포함하는 필요비용을 포함하였으며, 해당 발생년도에 비용으로 계산하였다.

운영효과분석에서는 비용편익비, 순현재가치, 경제적 내부수익률의 세 가지 지표 및 정량적, 정성적 분석결과를 사용하여 사업투자의 타당성을 평가한다. 비용편익비는 비용에 대한 편익의 상대적 크기를 비로 나타낸 것으로, 이 수치가 1보다 클 때는 경제적 타당성이 있는 것으로 본다. 그리고 비용편익비는 사회적 할인율의 영향을 받는다는 점을 유의한다. 순현재가치는 편익에서 비용을 뺀 것으로, 이 수치가 양(+)의 값을 가질 때는 사회경제적으로 보아 효율적인 사업으로 평가할 수 있다. 그리고 순현재가치도 사회적 할인율의 영향을 받는다. 경제적 내부수익률이 설정하고 있는 사회적 할인율보다도 클 경우에는 사회경제적으로 봐서 효율적인 사업으로 간주할 수 있다. 또한 경제적 내부수익률은 사회적 할인율의 영향을 받지 않는다.

제4장 운영효과의 편익산출모델 적용

이 장에서는 서해안교통의 요지인 인천해역과 목포해역을 연구대상해역으로 설정하였다. 인천해역과 목포해역은 해상교통량이 비교적 많고 자료의 수집이 편리했기 때문이다. 해상교통조사 및 해양사고분석을 통하여 적합한 해상교통 안전시설 중에서 사업규모와 대표성을 고려하여 인천조류신호소, 목포집약관리 시스템, 진도 연안VTS를 선정하여 제3장에서 제안한 해상교통안전시설의 운영 효과 편익산출모델을 적용하여 대상사업을 평가하고자 한다.

대상해역에 대한 해상교통안전시설의 필요성을 확인하기 위한 방안으로 먼저 해당해역의 자연환경을 조사하고 교통특성을 파악하기 위하여 교통조사를 실시하여 교통량현황과 향후의 교통량을 추정하였다. 해양사고를 조사 분석하여 해상교통안전시설의 운영에 의한 해양사고 감소의 손실회피비용을 안전편익으로 산출하고 항행거리 단축과 수송비용 삭감에 따른 편익을 수송편익으로 산출하며 항해자의 심리적 부담 경감비, 유류비 절감 및 운영률 향상에 따른 기타편익을 기타편익으로 산출한다. 비용항목으로는 건설비, 유지운영비, 갱신비로 구분하여 산출하고 평가지표에서는 비용편익비, 순현재가치 및 경제적 내부수익률을 이용하여 운영효과를 분석하고자 한다.

인천조류신호소 부근 해역은 조차가 크고, 조류도 강하여 해양사고가 자주 발생하는 편이다. 따라서 이 해역에서는 통항 선박에게 조석과 조류에 대한 정보를 실시간 제공하는 조류신호소가 해양사고 감소에 따른 안전편익을 산출하여 운영효과를 분석하고자 한다.

목포집약관리시스템을 운영함으로써 인하여 목포 부근해역의 해양사고 감소로 인한 안전편익, 유류비절감 및 운영률 향상에 따른 기타편익을 산출하여 운영효과를 분석하고자 한다.

진도 연안VTS를 운영함으로써 선박손상의 손실비용, 선박보수기간중 손실비용, 인적손실비용, 선박사고처리비용 등이 안전편익과 항행거리 단축과 수송비용 삭감에 따른 수송편익을 산출하여 운영효과를 분석하고자 한다.

4.1. 조류신호소

4.1.1 인천조류신호소의 개요

인천조류신호소는 1998년 2월에 항로표지 장기개발계획에 관한 연구용역을 제시하여 1999년 3월에 설치운영계획 수립 및 실시설계 용역을 발주하였고 2000년 11월에 용역이 완료하여 설치 운영계획을 확정지었다. 그리고 2002년 9월에 해양수산부에서 사업을 발주하여 2005년 5월에 준공되었으며 동년 6월에 운영을 개시하였다.

4.1.2 인천항 주변의 자연환경^{23)~32)}

4.1.2.1 평균 풍속

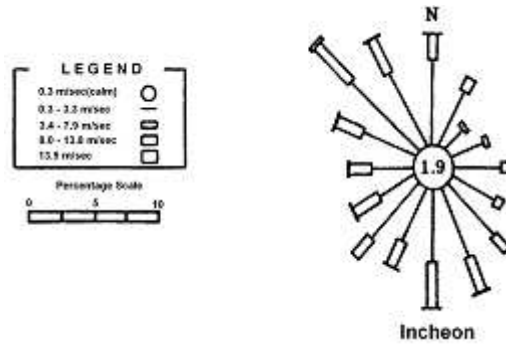
<표 4-1>은 인천항에 대한 최근 10년(1995~2004) 동안의 월별 평균 풍속값이다. 인천의 월 평균풍속은 1~3월이 다른 달에 비해 강하고, 8~10월이 가장 약하며, 전년 평균값은 2.6m/s로 비교적 풍속이 약한 편이다.

<표 4-1> 월 평균풍속(m/s)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
인천	3.0	3.2	3.5	3.3	2.6	2.1	2.3	1.9	1.6	1.9	2.4	2.8	2.6

자료 : 기상청

<그림 4-1>은 인천의 연 평균바람의 바람장미로, 인천의 경우 북~북서풍과 남~남동풍이 우세하며, 폭풍이 나타나는 경우는 적은 편이다.



<그림 4-1> 인천의 연 평균바람의 바람장미

4.1.2.2 폭풍

<표 4-2>는 인천에서 최대풍속이 13.9m/s 이상의 바람이 나타나는 일수를 나타낸 표이다. 인천에서는 전년을 통해 월 1번 이상 폭풍이 나타난 달이 없어 폭풍 발생은 매우 드문 것으로 나타났다.

<표 4-2> 월 평균 폭풍일수($\geq 13.9\text{m/s}$)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
인천	0.4	0.7	1.1	0.6	0.1	0.2	0.3	0.5	0.1	0.1	0.0	0.4	4.5

자료 : 기상청

<표 4-3>은 월별 최대순간풍속 및 풍향을 나타낸 것으로, 풍속은 25~35m/s의 범위이며, 뚜렷한 계절적 특징은 없지만 겨울과 여름이 다른 계절에 비해 약간 강한 것으로 보이며, 이것은 겨울철 온대저기압 및 여름철 열대저기압 통과 시 기록된 것으로 보인다.

최대순간풍속이 나타난 풍향은 연중 북서~남서풍이 우세한 것으로 나타났다.

<표 4-3> 월별 최대순간풍속(m/s) 및 풍향

월 \ 향	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
	인천	25.1 W	24.0 WNW	24.2 SSW	20.9 SW	19.3 E	26.3 S	23.2 SW	27.1 S	32.8 SSW	22.2 WNW	23.0 WNW	24.5 WSW

자료 : 기상청

4.1.2.3 태풍

<표 4-4>는 최근 10년(1995~2004)동안 서해(인천 및 평택 포함)에 영향을 미친 태풍 일람표로서, 서해에 영향을 미친 것은 10개이지만, 인천에서 최대풍속이 나타난 적은 한 번도 없는 것으로 나타났다.

<표 4-4> 최근 10년(1995~2004)동안 서해에 영향을 미친 태풍 일람

번호	호 수	태풍명	기간	바람(m/s)		강수 량 (mm)	기압 (hPa)	영향권
				최대풍향 풍속	최대순간 풍향풍속			
1	9507	Janis	95. 8. 25~27	18.7 SW	23.5 SW	397.5	995.3	서해(보령)
2	9905	Neil	99. 7. 26~28	14.2 NE	26.8 NE	137.0	983.8	서해(군산)
3	9907	Olga	99. 8. 2~4	30.7 S	40.0 S	296.0	974.6	남해(여수), 서해
4	9917	Ann	99. 9. 16~19	15.2 NE	19.8 NE	85.1	993.1	서해(제주)
5	0004	Kai-Tak	00. 7. 10~11	19.2 S	22.6 SSW	192.5	1003.4	남해(여수), 서해
6	0012	Prapiroon	00. 8. 31~9.1	47.4 S	58.3 S	99.5	980.1	서해(흑산도)
7	0209	Fengshen	02. 7. 26~27	20.6 SE	30.2 SE	116.0	990.9	남해(고산), 서해
8	0215	Rusa	02. 8. 30~9.1	43.7 N	56.7 N	898.0	962.6	전국(고산)
9	0314	Maemi	03. 9. 12~13	51.1 N	60.0 N	410.0	954.0	전국(고산)
10	0415	Megi	04. 8. 17~18	24.1 NW	46.1 NW	334.5	973.2	전국(고산)

* 자료 : 기상청

* 주 : (1) 우리나라에 영향을 준 태풍 중 최대풍속이 13.9m/s 미만의 태풍은 제외시켰음

(2) 영향권 난의 ()내의 지명은 최대풍속이 가장 강하였던 곳임

(3) 각 기상요소의 값은 극대 또는 극소치임.

4.1.2.4 안개

<표 4-5>는 인천에서의 월별 평균 안개발생일수를 나타낸 것이다. 연 안개 발생일수는 50.1일로 인천은 안개다발지역인 것으로 보인다.

<표 4-5> 월 평균 안개발생일수

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
인천	2.1	3.8	4.6	4.6	7.9	7.6	9.3	1.9	2.2	2.4	1.9	1.8	50.1

자료 : 기상청

<표 4-6>은 안개의 지속성을 알아보기 위해서 작성한 월별 평균 안개계속시간으로, 인천에서 연중 계속시간이 269.2시간이며, 월별 분포는 발생일수의 분포와 유사한 패턴을 보이고 있다. 인천에서는 일 년 중 5~6월에 안개지속성이 가장 강하다.

<표 4-6> 월 평균 안개계속시간

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
인천	12.0	24.3	23.7	27.9	44.3	38.6	48.7	8.8	7.8	13.4	11.9	7.8	269.2

자료 : 기상연보(1995~2005)

4.1.2.5 강수

<표 4-7>은 인천의 월 평균 강수량을 나타낸 것으로 6~9월에 강수가 집중되며, 겨울철(12~2월)은 20mm 내외의 갈수기인 것으로 나타났다.

<표 4-7> 평균 강수량(mm)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
인천	22.1	19.9	46.4	70.9	98.1	115.8	303.4	403.8	126.4	41.3	46.0	15.8	1309.9

자료 : 기상청

<표 4-8>은 인천의 일강수량이 0.1mm 이상인 월 평균 강수일수를 나타낸 것으로, 7, 8월이 강수일수가 가장 많고, 2월에는 4.6일로 가장 적은 것으로 나타났다.

<표 4-8> 월 평균 강수일수(≥ 0.1mm)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
인천	7.0	4.6	5.8	7.3	8.8	9.6	14.6	12.9	7.9	6.1	7.9	5.4	97.9

자료 : 기상청

<표 4-9>는 인천의 월 평균 강수계속기간을 보여주고 있다. 인천에서는 5~8월 사이의 강수계속시간이 다른 계절에 비해 길다.

<표 4-9> 월 평균 강수 계속시간

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
인천	46.4	29.9	39.5	59.7	71.9	72.5	108.6	96.7	56.9	29.7	47.9	27.8	687.5

자료 : 기상청

<표 4-10>은 인천의 월 평균 적설량을 나타낸 것으로, 눈은 1월에 최고치를 보이며, 대부분 12~2월에 내린다.

<표 4-10> 월 평균 적설량(cm)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
인천	7.3	3.9	1.6	-	-	-	-	-	-	-	1.1	1.6	15.5

자료 : 기상청

<표 4-11>은 인천의 월 평균 강설일수로 강설일수는 1월이 8.6일로 다른 달에 비해 월등히 많은 것으로 나타났다.

<표 4-11> 월 평균 강설일수

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
인천	8.6	3.3	2.0	-	-	-	-	-	-	-	1.5	3.6	19.0

자료 : 기상청

4.1.2.6 조류

조석은 태양과 달의 인력으로 인해 발생하는 해면의 승강운동이며, 조류는 조석에 수반되어 일어나는 수평운동을 말한다. 인천 부근 해역의 조석은 1일 2회의 고조와 저조가 나타나는 반일주조이며, 우리나라에서 가장 조차가 크게 나타나며, 조류도 강한 편이다. 또한 조류는 이곳의 지형적 영향으로 복잡한 형태의 흐름을 나타내는 곳도 있고, 부분적으로 매우 강하여 이곳을 향해하는 선박의 안전운항에 크게 영향을 미친다.

인천의 경우, 인천 외항에서 창조류는 저조 후 약 30분에서 고조 후 약 30분까지 월미도의 서단을 향해 북쪽으로 흐르고 낙조류는 이와 반대로 흐른다. 최강 유속은 3.8kn에 달하며 각 전류시 약 15분간은 유속이 매우 약하게 나타난다. 인천 외항에 출입하는 선박의 주항로인 동·서수도에서의 조류는 일반적으로 북동 및 남서류이고 대체로 인천항의 고저조시에 전류한다. 그러나 이 장소에서는 여러 섬들의 영향으로 불규칙적인 흐름을 보이기도 한다.

<표 4-12>는 인천항의 비조화상수표로, 인천항에서의 평균고조간격은 4.28시간이고, 대조승은 8.6m, 소조승은 6.4m, 평균해면은 4.66m인 것으로 나타나, 대조뿐 아니라 소조 시에도 조차가 매우 큰 것으로 나타났다.

<표 4-12> 인천항 비조화상수

상수 장소	평균고조간격(hour) (MHWI)	대조승(m) (Sp)	소조승(m) (Np)	평균해면(m) (MSL)
인 천	4.28	8.6	6.4	4.64

4.1.2.7 파랑

인천항 해역에서는 지형적 영향으로 북서풍~남서풍계의 바람이 지속적으로 부는 경우 파랑이 생성되므로 주로 겨울 북서풍계의 강한 바람과 저기압 통과 시 저기압 후면에 위치할 때 파랑이 자주 발생한다.

<표 4-13>은 부도 부근(37.0N, 126.0E)에서 10년(1986~1995) 동안의 자료를 이용하여 모델에 의해 산출한 파랑자료이다. 평균유의파고는 계절적으로 큰 차이를 보이지 않으며 파고는 대략 1.0m 정도이다.

최대유의파고의 파고는 대체적으로 여름 및 겨울에 높게 나타나며, 파향은 서향계가 우세하다.

<표 4-13> 평균유의파고(m) 및 최대유의파고(m) · 파향

계절 장소	봄		여름		가을		겨울	
	평균유 의파고	최대유의 파고 · 파향	평균유 의파고	최대유의 파고 · 파향	평균유 의파고	최대유의 파고 · 파향	평균유 의파고	최대유의 파고 · 파향
부도 부근	0.7	4.6 SSW	0.8	5.8 W	0.7	3.4 WNW	0.9	5.3 WNW

4.1.2.8 자연환경의 종합적 특징

인천항 및 부근 해역의 지형 및 해양기상 특징을 해양사고와 관련하여 종합해 보면, 이 해역에서 풍속은 비교적 약하고, 폭풍일수는 적은 편이다. 그러나 2~7월에는 안개가 자주 발생하고 7~8월에는 집중호우가 내려 시계가 제한됨으로 인해 충돌사고가 자주 발생한다. 그리고 이 해역은 해안선이 복잡하고 항로 주변에 많은 섬들이 산재하고 수심이 얕은 천수역이 많은 지형적 특징으로 인해 좌초 및 전복사고가 자주 발생하는 편이고, 또 조차가 크고(8m), 최강유속 약 4kn의 강조류에 의해 선체가 압류됨으로 인한 해양사고가 자주 발생하는 편이다. 따라서 이 해역에서는 통항 선박에게 조석과 조류에 대한 정보를 실시간 제공함으로써 해양사고를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

4.1.3 인천항의 교통 및 해양사고분석

4.1.3.1 교통량 현황

인천항을 입항한 교통량의 현황은 해양수산부에서 제공하는 PORT-MIS의 선박 입항현황에서 1996년도부터 2005년도까지 10년간의 자료로 분석되었다.³³⁾ 교통량은 연간 입항척수와 1,000톤 이상의 선박척수로 구분되었다. 여기에서 1,000톤 이상의 선박은 조류신호소의 정보를 사용하는 선박으로 분류되었다. 이는 소형선박의 경우 통항 시 조류의 영향에 비해 조종능력이 상대적으로 대형선박보다 높아 조류정보의 활용도가 크지 않기 때문이다. 과거 10년간의 전체 입항척수, 물동량, 척당 물동량지수, 1,000톤 이상 입항척수, 전체 선박 중에서 1,000톤 이상의 선박비중을 보면 <표 4-14>와 같다.

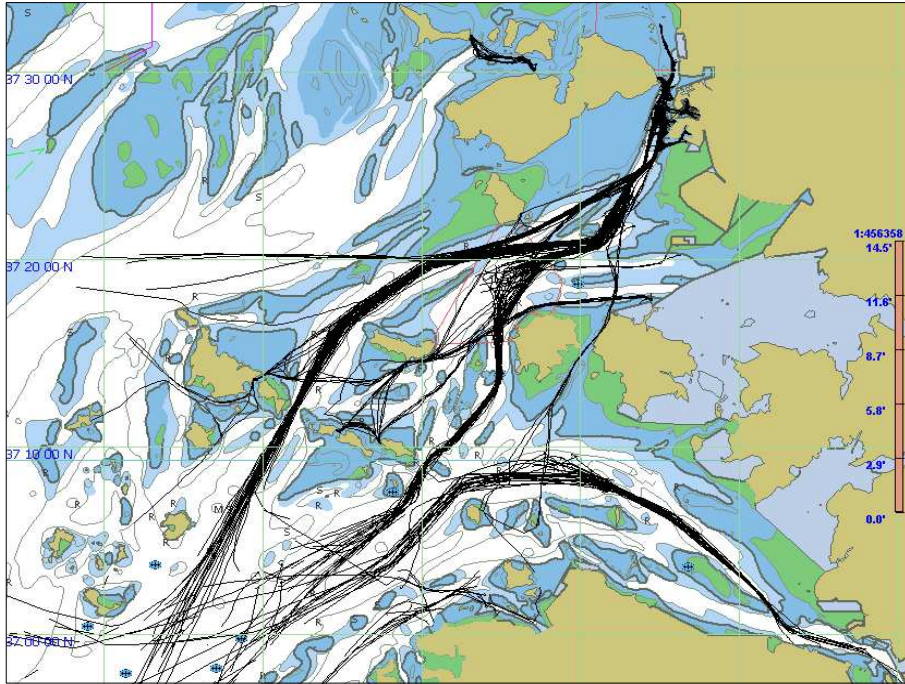
<표 4-14> 전체 입항척수, 물동량, 물동량지수,
1,000톤 이상 입항척수 현황(인천항)

연도	전체 입항척수	물동량	척당 물동량지수	1,000톤 이상 입항척수	1,000톤 이상 선박비중
1996	33,350	116,002	3.48	19,358	0.58
1997	32,755	123,412	3.77	20,881	0.64
1998	26,627	93,948	3.53	16,928	0.64
1999	20,337	108,227	5.32	9,955	0.49
2000	22,475	120,399	5.36	10,078	0.45
2001	23,858	120,685	5.06	9,714	0.41
2002	24,771	125,857	5.08	10,651	0.43
2003	25,445	127,071	4.99	11,249	0.44
2004	20,219	113,654	5.62	12,170	0.60
2005	21,234	123,453	5.81	13,179	0.62

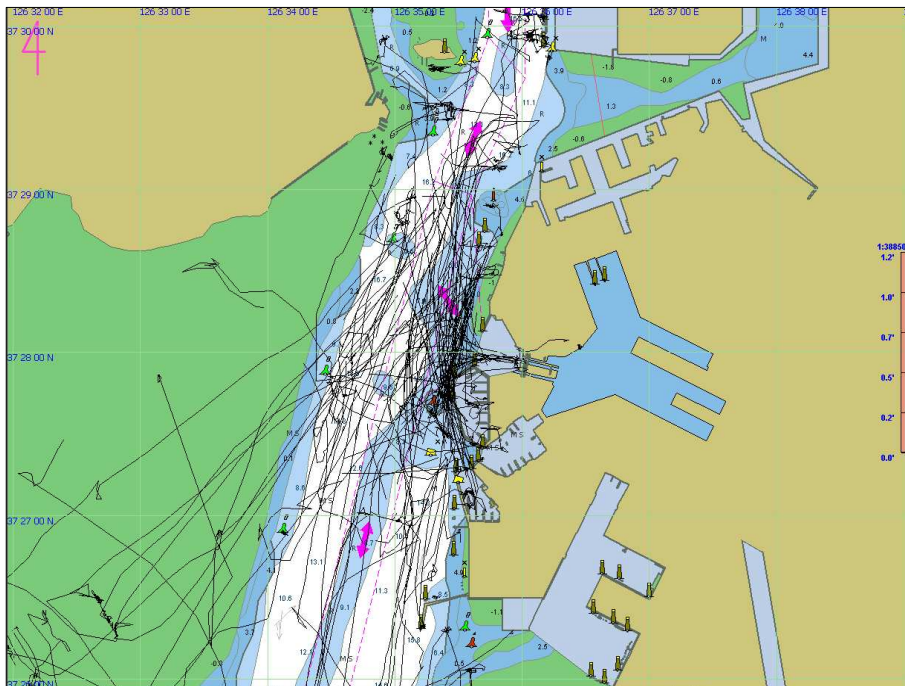
자료: 해양수산부

인천항의 교통현황을 실제 관측하기 위하여 해상교통 관측 장비를 인천해양경찰서 부두의 방파제 등대에 설치하였다. 2006년 7월 14일부터 7월 18일까지 관측을 수행하였다. 관측기간 동안 기상불량으로 인해 7월 16일 03:00부터 7월 17일 15:00까지 관측을 중단하였다. 또한 인천부두의 조류신호소에서의 교통관측은 7월 20일부터 7월 22일까지 수행하였다.³⁴⁾ 관측 장비로 AIS 데이터와 레이더의 ARPA 데이터를 동시에 수집하였다. <그림 4-2>~<그림 4-3>은 관측기간 중 일부 일일자료(7월 15일)의 항적으로서 각각 AIS와 ARPA의 선박항적이다.

AIS 데이터를 통해 분석한 결과 인천 갑문 조류신호를 가장 유용하게 사용하는 갑문으로 입·출항하는 선박의 수는 1일(7월 15일) 51척이었다. 그러나 이는 1일 입·출항 최대 가능척수이고, 실제 평균 갑문을 통한 평균 입·출항 선박척수는 33.5척으로써 2006년 기준 12,234척이었다. 전체적으로 남항이나 북항 등으로 입·출항하는 선박의 척수까지 고려할 때 실제 교통 관측한 자료가 해양수산부에서 제공하는 PORT-MIS의 자료와 유사하게 나오는 것으로 추정할 수 있었다.



<그림 4-2> 인천해역의 일일 AIS 항적(7.15)



<그림 4-3> 인천갑문 중심의 일일 ARPA 항적(7.15)

4.1.3.2 교통량 추정

장래 교통량은 한국종합물류연구원(GLORI)과 영국 해운컨설팅회사인 OSC의 전국 항만물동량 예측점검(2005.10)을 근거로 향후 20년간에 대해 추정되었다. 먼저 예측된 2011년, 2015년, 2020년의 물동량을 각 기준으로 삼고 각 기준연도 사이의 물동량은 톤급적인 추세를 하는 것으로 가정하였다.³⁵⁾ 그리고 척당 물동량지수의 추세모형을 구축하고 예측된 물동량을 이 값으로 나눠 해상 교통량을 산출하였다. 또한 1,000톤 이상의 입항척수는 1,000톤 이상 선박비중의 추세를 반영하여 산출하였다.³⁶⁾

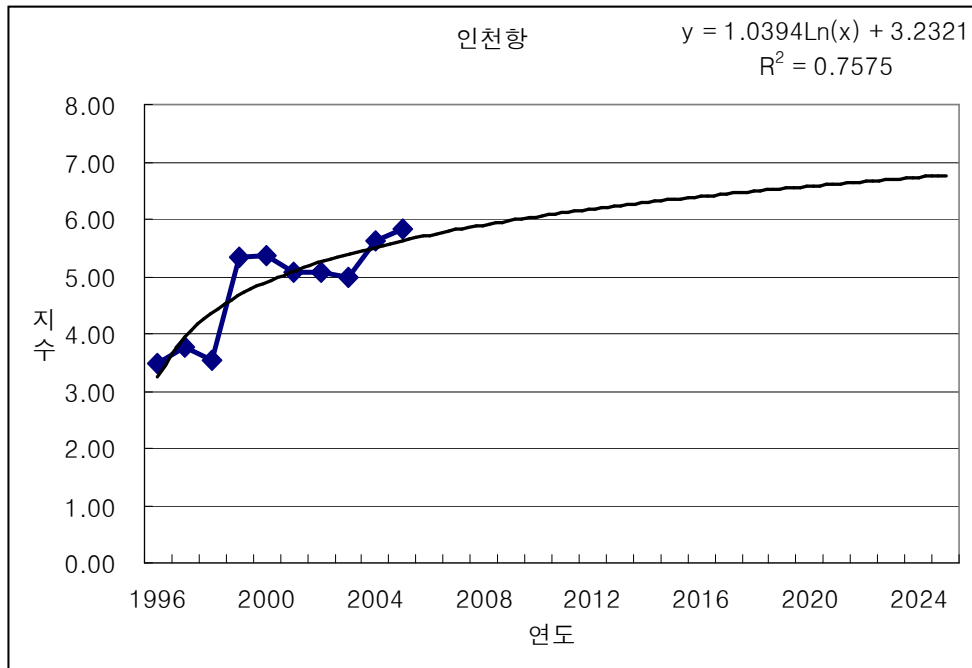
1.척당 물동량지수

척당 물동량지수는 다음과 같은 추세모형이 적합한 것으로 가정하여 산출하였다. 이 모형은 로그모형으로서 작지만 지속적으로 증가하는 경향을 잘 보여주고 있다.

$$Y = 1.0394LM(x) + 3.2321$$

여기서 Y : 척당 물동량지수

x : 1996년=1, 1997년=2, ..., 2024=29



<그림 4-4> 인천항의 적당 물동량지수의 예측추세(인천항)

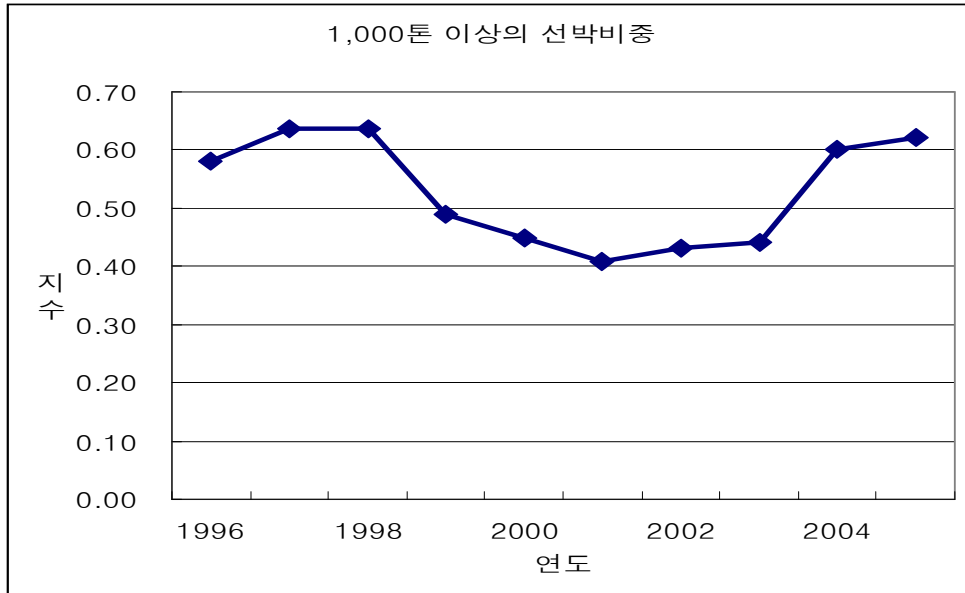
2. 1,000톤 이상의 선박비중

1,000톤 이상의 선박비중은 가중산술평균을 이용하여 산출하였다. 이는 <그림 4-4>와 같이 전반적인 추세를 반영할 수 있는 모형을 구축하기가 힘든 경우에 사용할 수 있는 방법이다. 최근 2005년을 기준으로 추세가 증가하는 경향을 보이는 5년간의 자료에 순차적으로 2배수의 가중치를 부여하여 계산하였다. 이는 장래의 값을 예측하기 위해 가장 최근 자료에 가장 큰 가중치를 부여하고 과거로 갈수록 가중치의 비중을 점차 낮추기 위한 방법이다. 2001년 자료에 가중치 1, 2002년 자료에 가중치 2, 2003년 자료에 가중치 4를 적용하고, 이와 같이 순차적으로 하여 최종 2005년 자료에 16을 적용하였다. 이로 계산된 1,000톤 이상의 선박비중은 0.57로 나타났다.

3. 예측 교통량

2007년부터 2026년까지 20년간의 연간 물동량, 전체 입항척수, 1,000톤 이상

의 입항척수는 <표 4-15>와 같이 예측되었다.



<그림 4-5> 과거 10년간 1,000톤 이상의 선박비중(인천항)

**<표 4-15> 예상 연간 물동량, 전체 입항척수 및
1,000톤 이상의 입항척수(인천항)**

연도	물동량	척당 물동량지수	전체 입항척수	교통량증가 율 IR (%)	1,000톤 이상 선박비중	1,000톤 이상 입항척수
2006	134,413	5.72	23,480	11	0.57	13,384
2007	145,374	5.81	25,000	18	0.57	14,250
2008	156,334	5.90	26,506	25	0.57	15,108
2009	167,294	5.98	27,998	32	0.57	15,959
2010	178,255	6.05	29,479	39	0.57	16,803
2011	189,215	6.11	30,948	46	0.57	17,640
2012	195,079	6.18	31,582	49	0.57	18,002
2013	200,944	6.24	32,221	52	0.57	18,366
2014	206,808	6.29	32,865	55	0.57	18,733
2015	212,672	6.35	33,513	58	0.57	19,103
2016	219,595	6.40	34,330	62	0.57	19,568
2017	226,519	6.44	35,147	66	0.57	20,034
2018	233,442	6.49	35,963	69	0.57	20,499
2019	240,366	6.54	36,779	73	0.57	20,964
2020	247,289	6.58	37,594	77	0.57	21,429
2021	254,212	6.62	38,409	81	0.57	21,893
2022	261,136	6.66	39,223	85	0.57	22,357
2023	268,059	6.70	40,035	89	0.57	22,820
2024	274,983	6.73	40,847	92	0.57	23,283

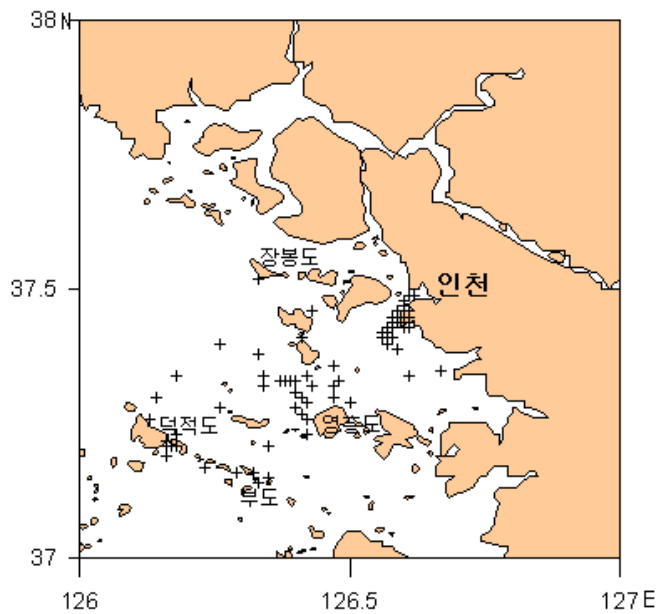
주) 교통량 증가율은 2005년 기준

4.1.3.3 해양사고 조사 분석

인천항 및 출입항로 부근해역은 지형적으로 섬들이 여기저기 산재해 있고, 수심이 얕은 천수해역이 많다. 그리고 해양기상적으로는 안개가 빈번히 발생하고, 동계에는 풍속이 강하며, 특히 조석 간만의 차가 크고 조류가 강한 특징을

가지고 있다. 따라서 이 해역에서는 이들 지형 및 해양기상적 특징이 해양사고의 근본적인 요인이 된다.³⁷⁾

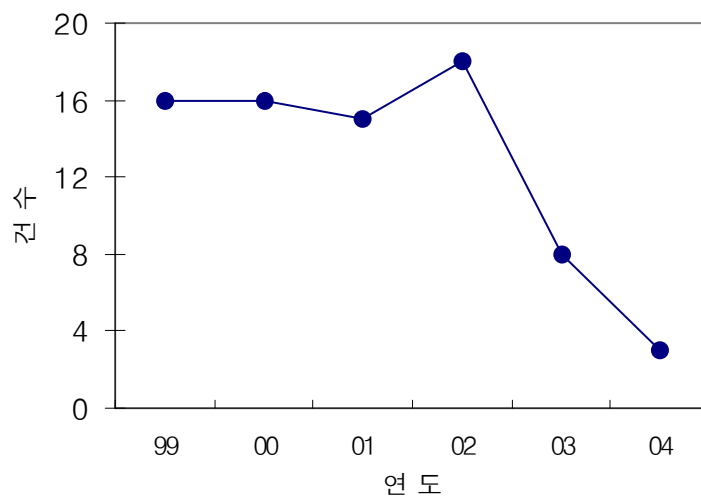
최근 7년(1999~2005) 동안 인천항 및 인천항 출입항로(본 논문에서는 인천항 및 출입항로 부근해역을 인천항내, 동수도 및 서수도, 부도 및 갑문입구의 조류신호를 이용할 수 있는 수역(부도-선미도-장봉도-인천항-오이도-영흥도-부도를 잇는 선)으로 정하였음) 부근에서 발생한 해양사고의 발생위치를 살펴보면<그림 4-6>, 부도와 영흥도 북서쪽의 동수도 및 인천항 갑문 입구에서 집중적으로 발생한 것을 알 수 있다.³⁸⁾



<그림 4-6> 해양사고 발생장소(1999~2005)

그리고 6년(1999~2004) 동안 발생한 해양사고를 연도, 선종, 톤수, 사고종류, 원인, 인명사고 및 해양기상별로 세분하여 조사, 분석하면 다음과 같다.

<그림 4-7>은 인천항 및 출입항로 부근에서 연도별 해양사고 발생빈도를 나타낸 것이다. 1999~2002년 동안에는 매년 15~18건의 해양사고가 발생하였으나, 2003년 이후 급격히 감소하였다.



<그림 4-7> 연도별 해양사고 발생빈도

<표 4-16>은 인천항 및 출입항로 부근에서 선박종류별 해양사고 발생현황으로 이 해역에서는 어선이 약 25%를 차지하여 가장 많고, 그 다음으로 예인선, 부선 및 화물선 순이며, 위험물 운반선의 사고도 7건이나 발생하였다.

<표 4-16> 선박종류별 해양사고 발생현황

구분	여객선	화물선	어선	위험물운반선	예인선	부선	기타
척수	11	18	33	7	23	19	22

<표 4-17>은 인천항 및 출입항로 부근에서 선박톤수별 해양사고 발생현황으로 10~1,000톤이 약 60%를 차지하고 있으며, 10톤 미만의 소형선박이 18척 발생하였고, 10,000톤 이상의 선박도 10척 발생하였다.

<표 4-17> 선박톤수별 해양사고 발생현황

구 분	< 10	10~100	100~1000	1000~5000	5000~10000	≥ 10000	미 상
척 수	18	38	42	17	4	10	4

<표 4-18>은 인천항 및 출입항로 부근에서 사고종류별 해양사고 현황으로, 충돌사고가 전체의 45%로 가장 많고, 그 다음으로 전복 및 침몰, 좌초 순이며, 기기 및 기관손상과 접촉사고도 5건 정도 발생하였다.

<표 4-18> 사고종류별 해양사고 발생현황

구 분	충돌	접촉	좌초	화재 폭발	전복 침몰	기기 기관손상	인명 사상	기 타
건 수	34	5	11	1	14	5	3	2

<표 4-19>는 인천항 및 출입항로 부근에서 사고원인별 해양사고 현황으로 사고의 약 30%가 항법미준수 및 운항상 부주의로 인해 발생하였으며, 경계소홀과 기기·정비 불량은 각각 16%, 황천 등의 기상요인이 13% 정도 차지하고 있다. 그리고 이곳에서는 강조류에 압류되거나 또는 조류의 세기 및 방향을 파악하지 못함으로 인해 4건의 해양사고가 발생하였다.

<표 4-19> 사고원인별 해양사고 발생현황

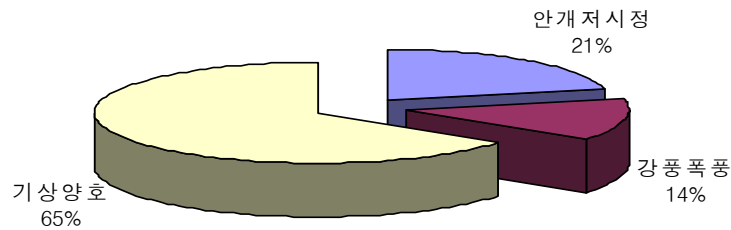
구 분	경계 소홀	항법미준수 운항부주의	선위미 확인	기상요인 (황천 등)	조류압류 미확인	기기 정비 취급불량	화물적재 불량	기 타
건 수	12	23	1	9	4	12	2	13

이 해역에서의 인명사고는 실종을 포함한 사망자 수가 연 약 6명에 이르며, 부상은 6년 동안 무려 155명이었다. 이는 이 해역에서 여객선이 연루된 해양사고가 매년 평균 2건 정도 발생하였기 때문으로 사료된다.

<표 4-20> 해양사고로 인한 인명사고 현황

구 분	사 망	행방불명	부 상
인 원	21	14	155

<그림 4-8>은 인천항 및 출입항로 부근에서 해양기상별 해양사고 발생현황으로 안개 및 제한된 시정에서 약 21%, 강풍 및 폭풍에 의한 사고가 약 14% 발생하였다. 그러나 대다수의 사고는 기상이 양호한 상태에서 발생한 것으로 나타났다.



<그림 4-8> 해양기상별 해양사고 백분율

4.1.4 비용편익 산출의 적용

4.1.4.1 안전편익의 산출

1. 해양사고 감소에 따른 손실 회피비용(ADC): 안전편익

$$\begin{aligned}
 ADC &= DR \times OC \times (DC_1 + DC_2 + DC_3 + DC_4 + DC_5 + DC_6) \times (1 + \delta IR) \\
 &= 0.65 \times 0.67 \times (16.74 + 4.931 + 0 + 0 + 0.23 + 0) \times (1 + 0.85 IR)
 \end{aligned}$$

(단위: 천 원)

연도	DR	OC	DC ₁	DC ₂	DC ₃	DC ₄	DC ₅	DC ₆	δ	IR(%)	ADC
2005										0	476,873
2006										11	1,042,920
2007										18	1,099,668
2008										25	1,156,416
2009										32	1,213,164
2010										39	1,269,911
2011										46	1,326,659
2012										49	1,350,980
2013										52	1,375,300
2014	0.65	0.67	16.74	4.931	0	0	0.23	0	0.85	55	1,399,621
2015										58	1,423,941
2016										62	1,456,369
2017										66	1,488,796
2018										69	1,513,116
2019										73	1,545,544
2020										77	1,577,971
2021										81	1,610,398
2022										85	1,642,826
2023										89	1,675,253
2024										92	1,699,574
합계											27,345,300

1) 선박손상의 손실비용(DC₁)

구분	내용	비고
연간 평균발생건수(건/년)	0.67	연간 발생건수(OC)로 설정
사고당 평균비용(억 원/건)	16.74	

2) 선박보수기간 중 손실비용(DC₂)

구분	선종	톤수 (GT)	손상정도	보수기간 (일)	용선료 (만원/일)	소계 (만원)
사고 1	화물선	17,331	중대 손상	240	336	80,640
사고 2	어선	4	경미 손상	14	228	319
	예선	47	없음	-	-	-
	피예선	486	없음	-	-	-
사고 3	피예인선	544	전손	365	216	78,840
사고 4	화물선	2,000	경미 손상	60	192	11,520
	화물선	22,190	경미 손상	60	432	25,920
합계						197,239
건당 평균손실비용 (억 원/건)		4.931				

3) 인적 손실비용(DC₃): 인적손실 없음

4) 화물 손상비용(DC₄): 화물 손상 없음

5) 사고선박처리 손실비용(DC₅)

손상정도	전손	중대 손상	소계
발생건수	1	1	2
사고처리비용(만원/척)	3,680	5,600	
사고당 발생비율(%)	14.3	14.3	28.6
사고당 평균처리비용(억 원/건)	0.23		

6) 환경오염비용(DC₆): 유류 유출 없음

4.1.4.2 기타편익의 산출

1. 항해자의 심리적 부담 경감비: 기타편익

항해자의 심리적 경감효과는 인천항을 출입하는 선박의 항해자와 도선사를 대상으로 CVM기법을 이용하여 산출하였다.

<표 4-21> 지불의사비용 및 연간 심리적 부담 경감비용

연도	1,000톤 이상 입항척수(척)	척당 지불의사비용 (원)	항해자의 연간 심리적 부담 경감비용(천원)
2005	13,179	10,966	72,260
2006	13,384	10,966	146,769
2007	14,250	10,966	156,266
2008	15,108	10,966	165,674
2009	15,959	10,966	175,006
2010	16,803	10,966	184,262
2011	17,640	10,966	193,440
2012	18,002	10,966	197,410
2013	18,366	10,966	201,402
2014	18,733	10,966	205,426
2015	19,103	10,966	209,483
2016	19,568	10,966	214,583
2017	20,034	10,966	219,693
2018	20,499	10,966	224,792
2019	20,964	10,966	229,891
2020	21,429	10,966	234,990
2021	21,893	10,966	240,079
2022	22,357	10,966	245,167
2023	22,820	10,966	250,244
2024	23,283	10,966	255,321

1) CVM을 이용한 지불의사비용(WTP; willingness to pay)

항해자, 도선사 등 주요 사용자들을 대상으로 설문지를 총 190부를 배포하여

58부를 회수하였다. 이로써 산출된 갑문 조류신호소와 부도 조류신호소의 정보에 대한 지불의사비용은 다음 <표 4-22>와 같다. 인천 조류신호소의 정보에 대한 지불의사비용의 평균은 10,966원으로 나타났다.

<표 4-22> 인천 조류신호소의 정보에 대한 지불의사비용(WTP)

구분	평균 WTP(원/척/회)	비고
갑문 조류신호소	8,233	
부도 조류신호소	2,733	
합계	10,966	

2) 연간 지불의사비용(WTP)

향후 20년간의 연간 통항선박척수, 지불의사비용 및 항해자의 연간 심리적 부담 경감비용은 <표 4-21>과 같다. 여기에서 조류신호소의 정보를 사용하는 선박은 주로 대형선박으로 간주하고 1,000톤 이상의 선박만을 대상으로 지불의사비용을 산출하였다.

4.1.4.3 잔존가치

조류신호소에 대한 분석기간 20년 후의 잔존가치는 내구연한이 분석기간을 초과하는 토지와 전광판(철골)을 대상으로 산출한다.

$$\begin{aligned}
 SV &= IV \times (1.0 - 0.9 \times UT/ET) + \text{토지취득가격} \\
 &= (685,305 + 136,436) \times (1.0 - 0.9 \times 20/30) + 52,480 \\
 &= 328,696 + 52,480 \\
 &= 381,176(\text{천원})
 \end{aligned}$$

구분	설치·취득비용(천원)	비고
토지	52,480	내구연한 없음
갑문 전광판	685,305	내구연한 30년
부도 전광판	136,436	

1. 토지

인천 조류신호소의 토지비용은 분석기간인 20년 후의 잔존가치로 처리한다.

2. 전광판(철골)

철골 구조물인 전광판은 내구연한이 30년이다. 따라서 분석기간 20년 후의 잔존가치를 산정한다.

4.1.4.4 비용항목

1. 건설비

<표 4-23> 인천 조류신호소의 건설비 현황

(단위: 천원)

구분	취득단가	비고
합계	12,929,704	
토지	52,480	1m ² 공시가: 164
운영센터시스템	1,192,585	
갑문신호시스템	6,243,156	
부도신호시스템	5,441,484	

2. 유지운영비

1) 통신비: 360천원/월 × 12월/년 = 4,320천원/년

한국통신 전용선

ARS 전화 3회선

2) 유류비: 32,000천 원/회 × 4회/년 = 1,280,000천 원/년

3) 전기료: 859천 원/월 × 12월/년 = 10,308천 원/년

(단위 : 천원)

구분	사용량(kwh)	비용	비 고
1월	5,894	755	
2월	8,345	941	
3월	6,299	796	
4월	4,747	690	
5월	9,143	966	
6월	9,405	976	
7월	5,524	730	
8월	5,430	885	
9월	6,125	989	
월평균	6,768	859	

4) 인건비: 33,249천 원/년 × 2인 + 28,781천 원/년 × 2인 = 124,060천 원/년

(단위: 천원/년)

구분	6급(12호봉)	7급(10호봉)
기본급	22,183	18,622
정근수당	1,849	1,552
정근수당가산금	720	720
정비용급식비	1,560	1,560
시간외근무수당	2,061	1,730
교통보조비	1,560	1,560
직급보조비	1,860	1,680
연가보상비	616	517
위험근무수당	480	480
특수근무수당	360	360
합계	33,249	28,781

5) 보수비

12,929,704천원 × 0.02 = 258,594천원 (단, 하자보수기간 이후)

※ 하자보수기간: 2005. 5 - 2007. 4.

3. 갱신비

인천 조류신호소의 변경설계서 중 외자분공사분을 대상으로 조달청 고시 제 2006-1호 “내용연수 개정”에 근거하여 컴퓨터 관련 장비는 5년마다 교체하는 것을 기준으로 하며, 기타 주요장비는 10년마다 교체하는 것을 기준으로 한다.³⁹⁾ 적용한 기준 환율은 100엔당 800원이다.

내자분공사분에 해당되는 장비의 갱신은 유지운영비 중 보수비로 충당하는 것으로 한다. 조류신호소 외자분공사분의 갱신비용은 2009년(5년), 2014년(10년), 2019년(5년)에 각각 발생한다.

4.1.4.5 계산기간과 사회적 할인율

1. 계산기간(n): 20년

조류신호소의 주요 시설에 대한 내구연한의 공용기간을 고려하여 비용효과분석의 계산기간은 20년으로 설정한다.

2. 사회적 할인율: 6.5%

사회적 할인율은 한국개발원에서 수행된 연구에서의 제시된 6.5%를 적용한다.

4.1.4.6 평가지표

1. 편익의 현재가치 산정표(기준년도: 2005년)

(단위: 천원)

연도(t)	안전편익B _{1t}		수송편익B _{2t}		기타편익B _{3t}		잔존 가치	편익의 현재가치	
	편익	현재 가치	편익	현재 가치	편익	현재 가치			
1	2005	476,895	476,895	-	-	72,260	72,260	-	549,155
2	2006	1,110,761	1,042,968	-	-	156,309	146,769	-	1,189,737
3	2007	1,247,328	1,099,718	-	-	177,241	156,266	-	1,255,984
4	2008	1,396,956	1,156,469	-	-	200,126	165,674	-	1,322,143
5	2009	1,560,765	1,213,219	-	-	225,139	175,006	-	1,388,225
6	2010	1,739,968	1,269,969	-	-	252,455	184,262	-	1,454,231
7	2011	1,935,873	1,326,720	-	-	282,256	193,440	-	1,520,160
8	2012	2,099,500	1,351,041	-	-	306,772	197,410	-	1,548,451
9	2013	2,276,220	1,375,363	-	-	333,319	201,402	-	1,576,765
10	2014	2,467,043	1,399,685	-	-	362,078	205,426	-	1,605,111
11	2015	2,673,055	1,424,006	-	-	393,228	209,483	-	1,633,489
12	2016	2,911,634	1,456,435	-	-	428,984	214,583	-	1,671,018
13	2017	3,169,935	1,488,864	-	-	467,748	219,693	-	1,708,557
14	2018	3,431,130	1,513,186	-	-	509,713	224,792	-	1,737,978
15	2019	3,732,463	1,545,614	-	-	555,158	229,891	-	1,775,505
16	2020	4,058,476	1,578,043	-	-	604,357	234,990	-	1,813,033
17	2021	4,411,100	1,610,472	-	-	657,579	240,079	-	1,850,551
18	2022	4,792,418	1,642,901	-	-	715,164	245,167	-	1,888,068
19	2023	5,204,671	1,675,330	-	-	777,422	250,244	-	1,925,574
20	2024	5,623,443	1,699,651	-	-	844,752	255,321	381,176	2,336,148
합 계		56,319,634	27,346,549	-	-	8,322,060	4,022,158	381,176	31,749,883

2. 비용의 현재가치 산정표(기준년도: 2005년)

(단위: 천원)

연도(t)		건설비 C _{1t}		갱신비 C _{2t}		유지 운영비 C _{3n}		비용의 현재가치
		비용	현재가치	비용	현재가치	비용	현재가치	
1	2005	12,929,704	12,929,704	-	-	177,792	177,792	13,107,496
2	2006	-	-	-	-	284,023	266,688	266,688
3	2007	-	-	-	-	498,292	439,324	439,324
4	2008	-	-	-	-	634,949	525,642	525,642
5	2009	-	-	223,485	173,720	676,221	525,642	699,362
6	2010	-	-	-	-	720,175	525,642	525,642
7	2011	-	-	-	-	766,986	525,642	525,642
8	2012	-	-	-	-	816,841	525,642	525,642
9	2013	-	-	-	-	869,935	525,642	525,642
10	2014	-	-	7,618,836	4,322,571	926,481	525,642	4,848,213
11	2015	-	-	-	-	986,702	525,642	525,642
12	2016	-	-	-	-	1,050,838	525,642	525,642
13	2017	-	-	-	-	1,119,142	525,642	525,642
14	2018	-	-	-	-	1,191,887	525,642	525,642
15	2019	-	-	419,512	173,720	1,269,359	525,642	699,362
16	2020	-	-	-	-	1,351,868	525,642	525,642
17	2021	-	-	-	-	1,439,739	525,642	525,642
18	2022	-	-	-	-	1,533,322	525,642	525,642
19	2023	-	-	-	-	1,632,988	525,642	525,642
20	2024	-	-	-	-	1,739,132	525,642	525,642
합 계		12,929,704	12,929,704	8,261,833	4,670,011	19,686,672	9,819,718	27,419,433

3. 편익과 비용의 평가지표 산출표

구분	연도	현재가치(천원)	
		편익	비용
1	2005	549,155	13,107,496
2	2006	1,189,737	266,688
3	2007	1,255,984	439,324
4	2008	1,322,143	525,642
5	2009	1,388,225	699,362
6	2010	1,454,231	525,642
7	2011	1,520,160	525,642
8	2012	1,548,451	525,642
9	2013	1,576,765	525,642
10	2014	1,605,111	4,848,213
11	2015	1,633,489	525,642
12	2016	1,671,018	525,642
13	2017	1,708,557	525,642
14	2018	1,737,978	525,642
15	2019	1,775,505	699,362
16	2020	1,813,033	525,642
17	2021	1,850,551	525,642
18	2022	1,888,068	525,642
19	2023	1,925,574	525,642
20	2024	2,336,148	525,642
합계		31,749,883	27,419,433
순현재가치(천원)		4,330,450	
비용·편익비율		1.16	
내부수익률(%)		9.18	

4.1.4.7 운영효과분석 총괄표

1. 사업명		인천 조류신호소	
2. 사업목적		조류의 영향을 많이 받는 인천해역의 갑문입구와 부도에 조류신호소 시설을 설치하고, 그것으로써 사업대상해역의 선박교통의 안전한 통항을 확보하는 것으로 한다.	
3. 연간 통항(입항)선박 척수(현황 및 추정)			
① 해당해역 통항 척수		통항 척수 21,234척(2005년), 40,847척(2024년) 1,000톤 이상의 선박 13,179척(2005년), 23,283척(2024년) ※조류신호소 정보를 이용하는 선박은 총톤수 1,000톤 이상으로 한함	
4. 비용편익분석			
사회적 할인율		6.5%	
현재 가치화 기준년도		2005년	
평가 지표	비용편익비	1.16	
	순현재가치	4,330백만 원	
	경제적 내부수익률	9.18%	
5. 민감도분석			
수요동향(+10%)	비용편익비	1.25	
	순현재가치	6,792백만 원	
	경제적 내부수익률	10.92%	
수요동향(-10%)	비용편익비	1.04	
	순현재가치	1,074백만 원	
	경제적 내부수익률	7.21%	

6. 정량적 평가 데이터 및 정성적 평가		
(1) 안전성 향상		
① 해양사고 감소	선박항행에 필요한 정보제공이 개시된 것에 의해, 선박의 안전성이 향상하고, 해양사고에 관계되는 잠재 리스크 감소를 기대할 수 있다.	◎
② 2차 재해 감소	해양사고를 미연에 방지하는 것에서 인천해역에 입출항하는 선박유동예의 영향을 억제 가능하다.	
③ 항해자의 부담 경감	항해자의 심리적인 부담이 경감된다.	◎
(2) 국제적 요청에 대응	국제표준의 해상교통안전시설을 채용함으로써 우리나라의 연안을 통항하는 외국선이 안전하게 통항할 수 있다.	
(3) 효율성 향상		
① 시간 비용의 절감	선박 통항 시간의 단축으로 수송비용의 절감의 효과가 있다.	
② 해상작업의 효율화	각종 공사, 장애물 등의 정보제공에 의해 해상작업의 효율성이 향상될 것으로 기대된다.	
(4) 신뢰성 향상		
물류비용 삭감	선박통항시간의 단축으로 물류비용이 삭감될 가능성이 있다.	
(5) 환경 보전		
CO ₂ , NO _x 배출량 삭감	해상교통의 신뢰성이 높아지고, modal shift가 촉진되어 CO ₂ , NO _x 의 배출량이 삭감될 가능성이 있다.	
(6) 산업진흥		
① 해양개발	새로운 해상교통안전시설 설치로 소형선의 안전성도 높아지고, 레저보트 판매 증가를 예측할 수 있다.	
② 신제품 개발	새로운 해상교통안전시설 대응의 제품이 판매되거나 신기술이 해상교통안전시설 이외의 분야에 응용되어 신제품이 판매된다.	
(7) 지역의 매력 향상		
① 경관 형성	해상교통안전시설 설치로 양호한 경관이 형성된다.	
② 관광객유치 효과	해상교통안전시설 설치로 연간 ○○○인의 관광객이 들어오고, 해당 지역에서 연간 ○○○만원의 소비가 예상된다.	

4.1.5 운영효과편익산출의 적용결과

운영효과 편익산출모델을 인천 조류신호소에 적용한 결과 편익항목은 해양사고 감소에 따른 손실 회피비용인 안전편익과 기타편익으로 항해자의 심리적 부담 경감비이다. 조류신호소의 운영으로 인한 사고감소율은 0.65로 설정되었다. 안전편익에서는 선박손상의 손실비용, 선박보수기간 중 손실비용, 사고선박처리 손실비용이 포함되었다. 선박손상의 손실비용에서 연간 평균발생건수는 0.67건, 사고당 평균비용이 16.74억 원/건이 산출되었다. 선박보수기간 중 손실비용에서 건당 평균손실비용은 4.931억 원/건으로 산출되었다. 사고선박처리 손실비용에서 사고당 평균처리비용은 0.23억 원/건으로 산출되었다. 그리고 해양사고건수의 증가율을 선박입항 총톤수의 증가율로 나눈 값인 해양사고발생계수는 0.85를 적용하였다.

기타편익은 항해자의 심리적 부담 경감비로서 항해자의 심리적 경감효과를 인천항을 출입하는 선박의 항해자와 도선사를 대상으로 CVM기법을 이용하여 산출하였다. 설문조사결과 인천 조류신호소의 정보에 대한 지불의사비용의 평균은 10,966원으로 나타났다. 이로써 항해자의 연간 심리적 부담 경감비용은 2007년 1.56억원, 2024년 2.55억원인 것으로 산출되었다. 추가적으로 토지와 전광판의 분석기간 20년 후의 잔존가치는 총 3.81억원으로 산출되었다.

인천 조류신호소에 대한 운영효과 편익산출모델에 사용된 비용항목은 건설비, 유지운영비, 갱신비로 구성되었다. 건설비는 총 129.30억원이고, 유지운영비는 통신비, 유류비, 전기료, 인건비, 보수비 등으로 2007년 4.39억원, 2024년 5.26억원으로 예상되었다. 갱신비는 2009년 1.74억원, 2014년 43.23억원, 그리고 2019년 1.74억원으로 각각 예상되었다.

인천 조류신호소에 대한 운영효과 편익산출모델의 편익과 비용을 종합하여 분석한 비용편익비는 현재 가치화 기준연도를 2005년으로 볼 때 1.16으로 산출되었다. 그리고 순현재가치는 43.30억원이었다. 경제적 내부수익률은 9.18%로서 사회적 할인율보다 높게 나왔다. 민감도분석의 결과 해상교통량의 10% 증감에 따라 각각 비용편익비가 1.25, 1.04로 나왔다. 경제적 내부수익률은 각각 10.92%, 7.26%를 보였다. 기본적으로 순현재가치(NPV)가 43.30억원으로 나타나 사회후생에 긍정적인 공헌이 있다고 판단되었다. 또한 비용편익비는 1보다 높게 나와 경제적으로 타당성이 있는 것으로 평가되었다.

4.2 집약관리시스템

4.2.1 목포집약관리시스템의 개요

목포집약관리시스템은 해양수산부에서 2001년 3월에 항로표지집약관리시스템 추진계획 수립하여 2001년 5월에 실시설계 용역을 발주하여 2002년 5월에 실시설계 용역을 완료하였으며 2002년 7월에 설치 및 운영계획을 확정하였다. 그리고 2002년 11월에 목포지방해양수산청에서 사업을 발주하여 동년 12월에 착수하여 2005년 4월에 사업을 준공하여 동년 5월에 운영을 개시하였다.

4.2.2 목포항 주변의 자연환경^{23)~32)}

4.2.2.1 평균 풍속

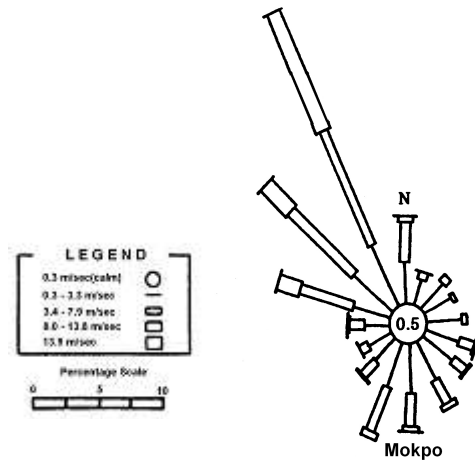
<표 4-24>는 목포항에 대한 최근 10년(1995~2004) 동안의 월별 평균 풍속 값이다. 목포의 월별 평균풍속은 대체적으로 겨울~봄이 다른 계절보다 강하고, 인천보다 훨씬 풍속이 강하며, 이 지역은 우리나라 연안역의 강풍대에 속한다.

<표 4-24> 월 평균풍속(m/s)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	4.8	4.9	4.6	4.0	3.5	3.1	3.4	3.0	3.1	3.8	4.3	4.3	3.9

자료 : 기상청

<그림 4-9>는 목포의 연 평균바람의 바람장미로, 특히 북서풍계가 현저하고, 또 이 풍계에서 폭풍이 자주 발생하는 것으로 나타났다.



<그림 4-9> 목포의 연 평균바람의 바람장미

4.2.2.2 폭풍

<표 4-25>는 목포에서 최대풍속이 13.9m/s 이상의 바람이 나타나는 일수를 나타낸 표이다. 목포에서는 11~3월 동안 월 3~4개의 폭풍이 나타난 반면 여름철에는 폭풍이 발생하는 경우가 드문 것으로 나타났다.

<표 4-25> 월 평균 폭풍일수($\geq 13.9\text{m/s}$)

월 \항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	3.6	2.8	2.9	1.4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.7	1.6	3.1	2.9	21.2

자료 : 기상청

<표 4-26>은 월별 최대순간풍속 및 풍향을 나타낸 것으로, 풍속은 25~35m/s의 범위이며, 뚜렷한 계절적 특징은 없지만 겨울과 여름이 다른 계절에 비해 약간 강한 것으로 보이며, 이것은 겨울철 온대저기압 및 여름철 열대저기압 통과 시 기록된 것으로 보인다.

최대순간풍속이 나타난 풍향은 연중 북서~남서풍이 우세한 것으로 나타났다.

<표 4-26> 월별 최대순간풍속(m/s) 및 풍향

월/항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	24.0	23.2	26.7	22.0	22.8	25.4	22.0	35.0	27.1	25.9	27.6	25.0	35.0
	NNE	NNW	NW	N	SW	SW	NNW	S	NE	SW	NW	NW	S

자료 : 기상청

4.2.2.3 태풍

<표 4-27>은 최근 10년(1995~2004)동안 서해(목포 및 진도 포함)에 영향을 미친 태풍 일람표로서, 서해에 영향을 미친 것은 10개이며, 그 중 중심이 목포 부근해역(흑산도)을 통과한 경우가 1회 있었던 것으로 나타났다.

<표 4-27> 최근 10년(1995~2004)동안 서해에 영향을 미친 태풍 일람

번호	호수	태풍명	기간	바람(m/s)		강수량(mm)	기압(hPa)	영향권
				최대풍향 풍속	최대순간 풍향풍속			
1	9507	Janis	95. 8. 25~27	18.7 SW	23.5 SW	397.5	995.3	서해(보령)
2	9905	Neil	99. 7. 26~28	14.2 NE	26.8 NE	137.0	983.8	서해(군산)
3	9907	Olga	99. 8. 2~4	30.7 S	40.0 S	296.0	974.6	남해(여수), 서해
4	9917	Ann	99. 9. 16~19	15.2 NE	19.8 NE	85.1	993.1	서해(제주)
5	0004	Kai-Tak	00. 7. 10~11	19.2 S	22.6 SSW	192.5	1003.4	남해(여수), 서해
6	0012	Prapiroon	00. 8. 31~9.1	47.4 S	58.3 S	99.5	980.1	서해(흑산도)
7	0209	Fengshen	02. 7. 26~27	20.6 SE	30.2 SE	116.0	990.9	남해(고산), 서해
8	0215	Rusa	02. 8. 30~9.1	43.7 N	56.7 N	898.0	962.6	전국(고산)
9	0314	Maemi	03. 9. 12~13	51.1 N	60.0 N	410.0	954.0	전국(고산)
10	0415	Megi	04. 8. 17~18	24.1 NW	46.1 NW	334.5	973.2	전국(고산)

* 자료 : 기상청

* 주 : (1) 우리나라에 영향을 준 태풍 중 최대풍속이 13.9m/s 미만의 태풍은 제외시켰음

(2) 영향권 난의 ()내의 지명은 최대풍속이 가장 강하였던 곳임

(3) 각 기상요소의 값은 극대 또는 극소치임.

4.2.2.4 안개

<표 4-28>은 목포에서의 월별 평균 안개발생일수를 나타낸 것이다. 목포에서는 4~7월에 안개가 가장 많이 발생하며, 연 안개발생일수는 23.7일로 인천해역에 비해 안개발생빈도가 적은 편이다.

<표 4-28> 월 평균 안개발생일수

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	0.8	2.0	2.1	3.7	3.6	2.8	3.2	0.8	1.5	1.7	0.8	0.7	23.7

자료 : 기상청

<표 4-29>는 안개의 지속성을 알아보기 위해서 작성한 월별 평균 안개계속시간으로, 목포에서 연중 계속시간이 74.4시간이며, 월별 분포는 발생일수의 분포와 유사한 패턴을 보이며 일 년 중 4~7월에 안개지속성이 가장 강하다.

<표 4-29> 월 평균 안개계속시간

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	3.3	8.3	6.3	13.9	10.5	8.3	8.0	2.1	4.5	6.0	1.9	1.4	74.4

자료 : 기상연보(1995~2005)

4.2.2.5 강수

<표 4-30>은 목포의 월 평균 강수량을 나타낸 것으로 6~9월에 강수가 집중되며, 겨울철(12~2월)은 20~30mm 정도로 강수량이 매우 적은 것으로 나타났다.

<표 4-30> 평균 강수량(mm)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	36.0	32.0	63.4	72.9	76.7	202.1	235.8	202.8	157.3	42.6	44.8	28.2	1194.6

자료 : 기상청

<표 4-31>은 목포의 일강수량이 0.1mm 이상인 월 평균 강수일수를 나타낸 것으로, 7, 8월이 강수일수가 가장 많고, 10월에는 6.86일로 가장 적은 것으로 나타났다.

<표 4-31> 월 평균 강수일수(≥ 0.1mm)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	12.2	7.2	9.2	8.3	10.8	10.8	12.6	12.1	9.0	6.8	9.9	9.2	118.1

자료 : 기상청

<표 4-32>는 목포의 월 평균 강수계속기간을 보여주고 있다. 목포에서는 6~7월 사이의 강수계속기간이 다른 계절에 비해 길다.

<표 4-32> 월 평균 강수계속시간

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	101.3	54.9	63.2	67.3	78.1	94.8	96.7	80.8	65.1	37.6	61.2	65.2	866.2

자료 : 기상청

<표 4-33>은 목포의 월 평균 적설량을 나타낸 것으로, 눈은 1월에 최고치를 보이며, 대부분 12~2월에 내린다.

<표 4-33> 월 평균 적설량(cm)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	5.1	2.4	0.6	-	-	-	-	-	-	-	0.4	4.1	12.6

자료 : 기상청

<표 4-34>는 목포의 월 평균 강설일수로 강설일수는 1월이 10.0일로 전체의 약 절반을 차지한다.

<표 4-34> 월 평균 강설일수

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	10.0	4.8	1.0	-	-	-	-	-	-	-	0.9	6.1	22.8

자료 : 기상청

4.2.2.6 조류

목포의 경우, 목포구는 목포항을 출입하는 유일한 항로로서 유속이 강한 곳이지만 영암방조제 및 금호방조제가 완공되어 영산강 하굿둑 축조전보다 약 50% 정도 감소되었다. 목포구의 창조류는 남동류하고 낙조류는 북서류하며 낙조류가 창조류보다 훨씬 강하다. 창조류는 목포항 저조 후 0.1~0.4시경에 전류하여 고조~고조 후 0.3시경까지 6.1시간 지속되며, 최강창조류는 고조 전 2.5~4.6시경에 나타나고 연간 평균대조기 최강유속은 1.8~2.8 kn로 나타난다. 낙조류는 고조~고조 후 0.3시경에 전류하여 저조 후 0.1~0.4시까지 6.3시간 지속되며, 최강낙조류는 저조 전 2.1~3.0시경에 나타나고 연간 평균대조기 최강유속은 1.7~4.3 kn에 이른다.

<표 4-35>는 목포항의 비조화상수로, 평균고조간격 2.03시간, 대조승 4.1m, 소조승 4.1m, 평균해면 2.34m이다. 이는 인천항에 비해 비조화상수값이 작지만, 대조 시 조차가 상당히 높게 나타난다.

<표 4-35> 목포항 비조화상수

상수 장소	평균고조간격(hour) (MHWI)	대조승(m) (Sp)	소조승(m) (Np)	평균해면(m) (MSL)
목 포	2.03	4.1	3.2	2.34

4.2.2.7 파랑

목포와 그 인근 해역에서는 지형적 영향으로 북서풍~남서풍계의 바람이 지속적으로 부는 경우 파랑이 생성되므로 주로 겨울 북서풍계의 강한 바람과 저기압 통과 시 저기압 후면에 위치할 때 파랑이 자주 발생한다.

<표 4-36>은 진도 부근(34.5N, 125.9E)에서 10년(1986~1995) 동안의 자료를 이용하여 모델에 의해 산출한 파랑자료이다. 평균유의파고는 계절적으로 큰 차이를 보이지 않으며 파고는 대략 1.0m 정도이다.

최대유의파고의 파고는 대체적으로 여름 및 겨울에 높게 나타나며, 파향은 서향계가 우세하다. 또 진도 부근이 부도 부근보다 파고가 높게 나타나며, 이것은 풍속, 폭풍일수의 분포와 관련이 있는 것으로 보인다.

<표 4-36> 평균유의파고(m) 및 최대유의파고(m) · 파향

계절 장소	봄		여름		가을		겨울	
	평균유 의파고	최대유의 파고 · 파향	평균유 의파고	최대유의 파고 · 파향	평균유 의파고	최대유의 파고 · 파향	평균유 의파고	최대유의 파고 · 파향
진도 부근	1.1	4.9 SSW	0.9	7.3 W	1.1	6.7 NW	1.1	6.5 NW

4.2.2.8 자연환경의 종합적 특징

목포항 및 관할수역의 지형 및 해양기상 특징을 해양사고와 관련하여 종합해 보면, 이 해역에서 특히 동계에 풍속은 강하고 폭풍이 자주 나타남으로 인해

파랑 발생이 빈번하여 소형선의 해양사고가 자주 발생한다. 또 이 해역에서는 4~7월에 자주 형성되는 안개로 인해 충돌사고가 자주 발생한다. 그리고 이 해역은 해안선이 복잡하고 섬들이 여기저기 산재해 있으며, 협수도가 많아 해수 유동이 복잡하고 협수도에서는 강조류가 나타난다. 이 같은 지형적, 해양기상적 특징으로 보아 이 해역에서는 항로표지의 정상작동이 해양사고를 방지하는데 매우 중요한 역할을 한다고 판단된다.

4.2.3 목포항의 교통 및 해양사고분석

4.2.3.1 교통량 현황

목포항을 입항한 교통량의 현황은 해양수산부에서 제공하는 PORT-MIS의 선박 입항현황에서 1996년도부터 2005년도까지 10년간의 자료로 분석되었다. 과거 10년간의 전체 입항척수, 물동량, 척당 물동량지수를 보면 <표 4-37>과 같다.

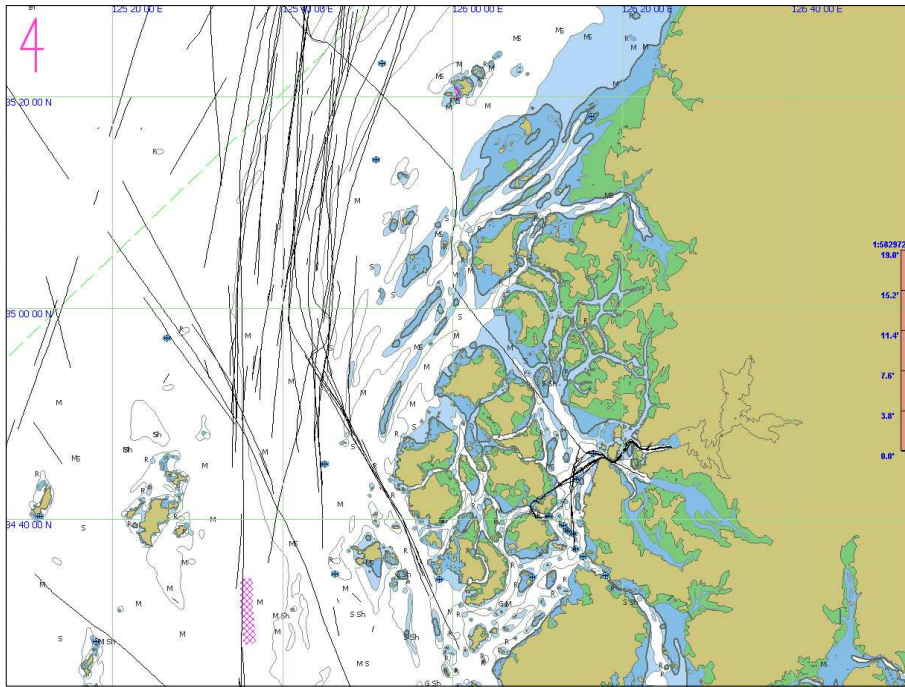
<표 4-37> 전체 입항척수, 물동량 및 물동량지수 현황(목포항)

연도	전체 입항척수	물동량	척당 물동량지수
1996	5,714	4,462	0.78
1997	5,855	5,422	0.93
1998	6,116	5,205	0.85
1999	7,358	5,919	0.80
2000	9,118	6,481	0.71
2001	11,742	6,788	0.58
2002	12,172	8,275	0.68
2003	10,818	6,945	0.64
2004	9,962	6,262	0.63
2005	9,360	7,594	0.81

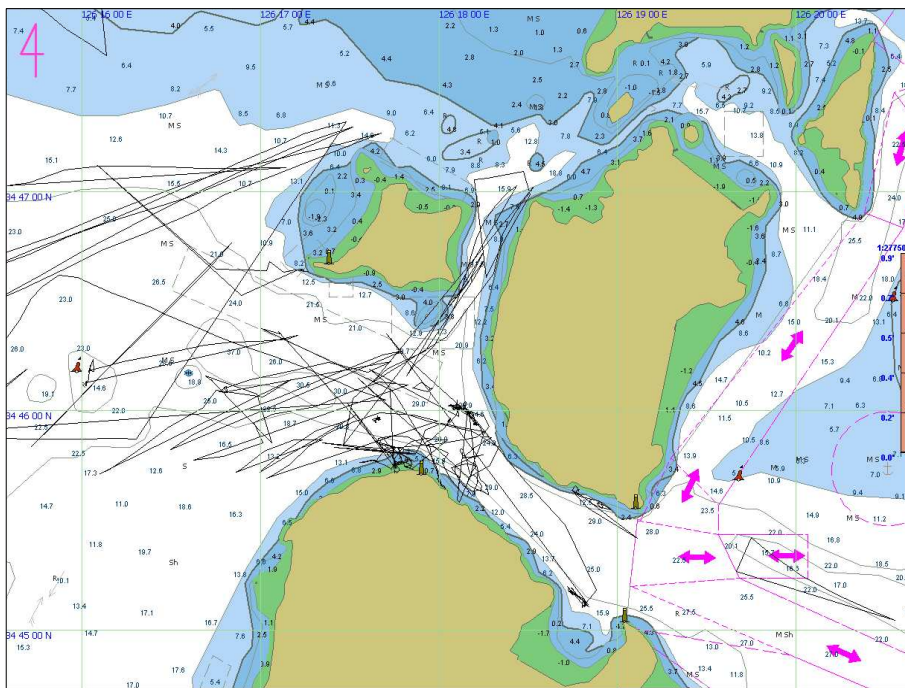
자료: 해양수산부

목포항의 교통현황을 실제 관측하기 위하여 해상교통 관측 장비를 목포구 유인등대 숙소에 설치하였다. 2006년 8월 7일 20:00부터 8월 11일 20:00까지 관측을 수행하였다. 관측 장비로 AIS 데이터와 레이더의 ARPA 데이터를 동시에 수집하였다. <그림 4-10>~<그림 4-11>은 관측기간 중 일부 일일자료(8월 8일 또는 8월 9일)의 항적으로서 각각 AIS와 레이더 ARPA의 선박항적이다.

AIS 데이터를 통해 분석한 결과 목포항을 입·출항하는 선박의 수는 1일(8월 8일) 6척이었다. 그러나 연평균 일일 입·출항 선박의 척수는 약 15척 내외이다. 이는 300톤 이상 톤급의 AIS가 장착된 선박으로서 전체적으로 실제 교통 관측한 자료가 해양수산부에서 제공하는 PORT-MIS의 자료와 유사하게 나오는 것으로 추정할 수 있었다.



<그림 4-10> 목포해역의 일일 AIS 항적(8.9)

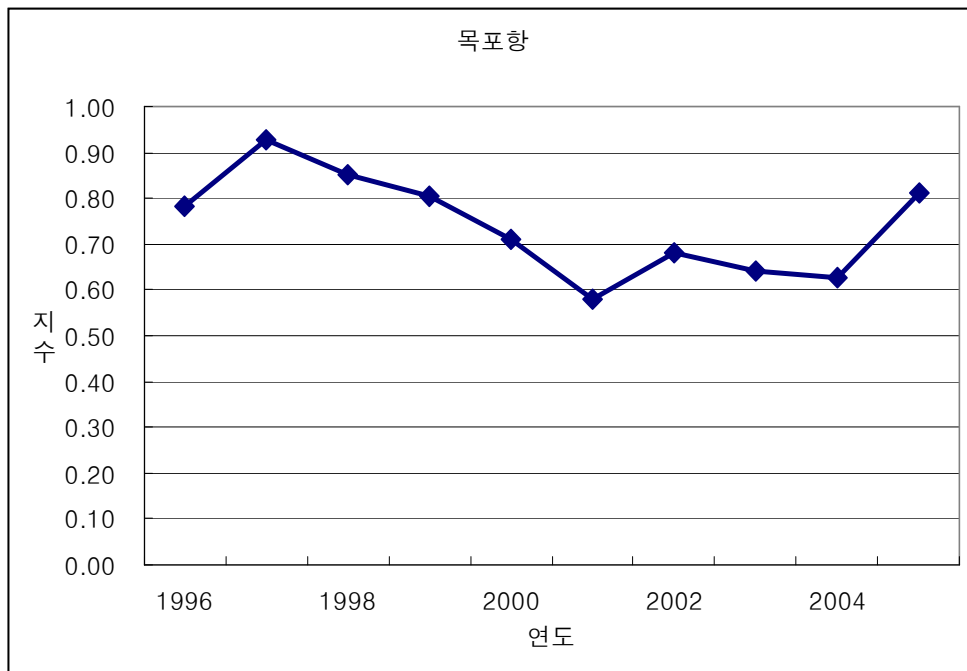


<그림 4-11> 목포구 등대 중심의 일일 ARPA 항적(8.8)

4.2.3.2 교통량 추정

1. 척당 물동량지수

목포항의 척당 물동량지수는 가중산술평균을 이용하여 산출하였다. 이는 <그림 4-12>와 같이 전반적인 추세를 반영할 수 있는 모형을 구축하기가 힘든 경우에 사용할 수 있는 방법이다. 최근 2005년을 기준으로 5년간의 자료에 순차적으로 2배수의 가중치를 부여하여 계산하였다. 2001년 자료에 가중치 1, 2002년 자료에 가중치 2, 2003년 자료에 가중치 4를 적용하고, 이와 같이 순차적으로 하여 최종 2005년 자료에 16을 적용하였다. 이로 계산된 척당 물동량지수는 0.73으로 나타났다.



<그림 4-12> 척당 물동량지수의 예측추세(목포항)

2. 예측 교통량

2006년부터 2015년까지 10년간의 연간 물동량, 전체 입항척수는 <표 4-38>

과 같이 예측되었다.

<표 4-38> 예상 연간 물동량, 전체 입항척수(목포항)

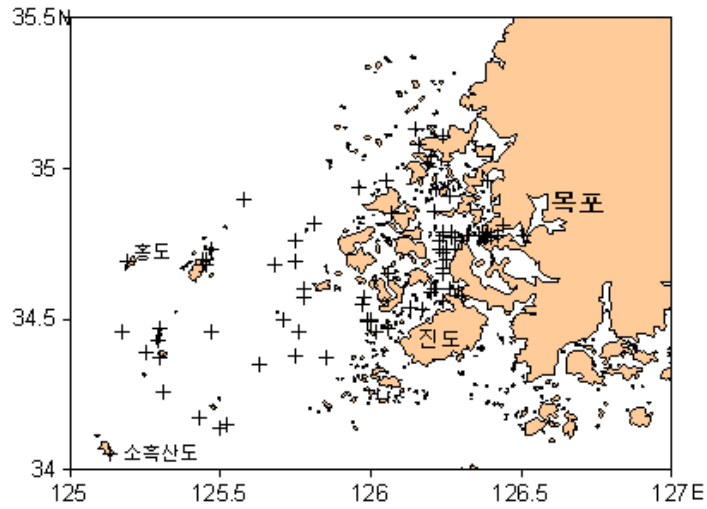
연도	물동량	척당 물동량지수	전체 입항척수	교통량 증가율 IR_f (%)
2005	7,594	0.81	9,360	0
2006	9,108	0.73	12,477	33
2007	10,622	0.73	14,551	55
2008	12,136	0.73	16,625	78
2009	13,650	0.73	18,699	100
2010	15,164	0.73	20,773	122
2011	16,678	0.73	22,847	144
2012	17,511	0.73	23,988	156
2013	18,345	0.73	25,129	168
2014	19,178	0.73	26,271	181

주) 교통량 증가율은 2005년 기준

4.2.3.3 해양사고 분석

목포항 및 관할수역은 지형적으로 선박의 주항로 부근에 섬들이 여기저기 많이 산재해 있고 수로가 좁은지라, 항해하는 선박은 서로 근접통항 또는 교차통항하는 경우가 많다. 그리고 해양기상적으로는 안개가 빈번히 발생하고, 동계에는 풍속이 강하며, 좁은 수로에서는 조류가 강한 편이다. 따라서 이 해역에서는 이 들 지형 및 해양기상적 특징이 해양사고의 근본적인 요인이 된다.

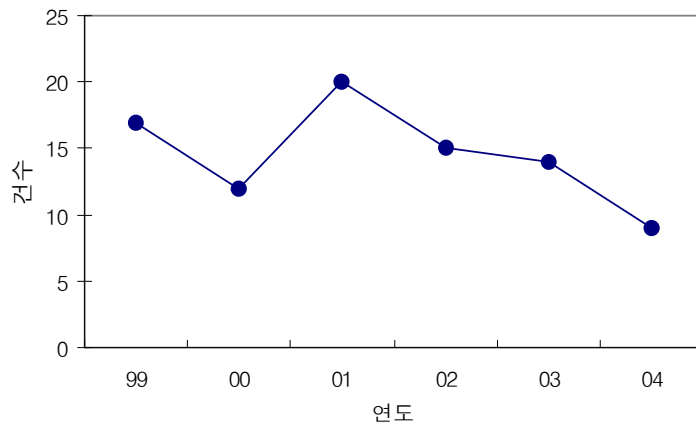
최근 7년(1999~2005) 동안 목포항 및 관할수역 부근에서 발생한 해양사고의 발생위치를 살펴보면<그림 4-13>, 목포구 및 가사도-목포항 항로부근에서 해양사고가 가장 많이 발생한 것으로 나타났다. 단, 그림에는 진도 연안 VTS 센터 관할수역과 중복된 해역에서 발생한 사고도 함께 표시되어 있다.⁴⁰⁾



<그림 4-13> 해양사고 발생장소(1999~2005)

그리고 6년(1999~2004) 동안 발생한 해양사고를 연도, 선종, 톤수, 사고종류, 원인, 인명사고 및 해양기상별로 세분하여 조사, 분석하면 다음과 같다.

<그림 4-14>는 목포항 및 관할수역에서의 연도별 해양사고 발생빈도를 나타낸 것이다. 1999년 17건이던 해양사고는 그 다음해 약간 감소하였다가 2001년에는 20건으로 최다를 보인 후, 점차 감소하는 경향을 보이고 있다.



<그림 4-14> 연도별 해양사고 발생빈도

<표 4-39>는 목포항 및 관할수역에서의 선박종류별 해양사고 발생현황으로 이 해역에서는 어선이 전체의 약 41%를 차지하여 가장 많고, 그 다음으로 예인선, 화물선, 위험물운반선 순이며, 여객선의 사고도 총 9건 발생하였다.

<표 4-39> 선박종류별 해양사고 발생현황

구 분	여객선	화물선	어 선	위험물운반선	예인선	부 선	기 타
척 수	9	17	56	14	19	12	8

<표 4-40>은 목포항 및 관할수역에서의 선박톤수별 해양사고 발생현황으로 10~100톤 및 100~1,000톤의 선박의 사고가 많이 발생하며, 이 들 선박의 사고는 전체의 약 66%를 차지하고 있다. 또한 이 해역에서는 10톤 미만의 소형선박도 총 24건 발생하였다.

<표 4-40> 선박톤수별 해양사고 발생현황

구 분	< 10	10~100	100~1000	1000~5000	5000~10000	≥10000	미 상
척 수	24	49	40	18	2	1	1

<표 4-41>은 목포항 및 관할수역에서의 사고종류별 해양사고 발생현황으로 이 해역에서는 충돌사고가 전체의 약 42%로 가장 많이 발생하였고, 그 다음으로 전복 및 침몰이 전체의 약 27%를 차지하여 이 두 사고가 전체의 70%를 차지하고 있다.

<표 4-41> 사고종류별 해양사고 발생현황

구 분	충돌	접촉	좌초	화재 폭발	전복 침몰	기기 기관손상	인명 사상	기 타
건 수	36	3	9	8	23	4	4	-

목포항 및 관할수역에서 발생한 해양사고의 원인을 살펴보면 <표 4-42>, 경

계소홀과 항법미준수 및 운항부주의가 가장 큰 원인 것으로 나타났으며, 또 기기 정비·취급불량에 의한 사고와 황천 등의 기상요인으로 인한 사고도 각각 16건, 11건 발생하였다.

<표 4-42> 사고원인별 해양사고 발생현황

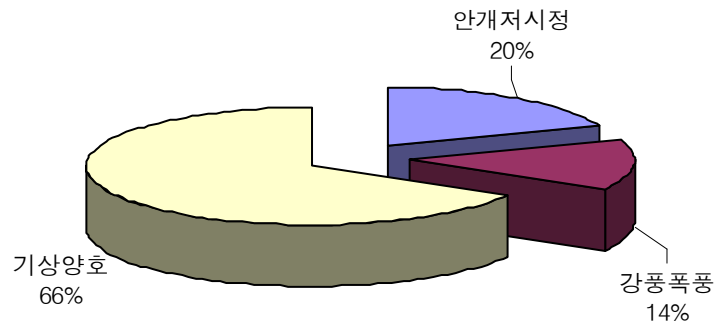
구 분	경계소홀	항법미준수 운항부주의	선위미확 인	기상요인 (황천 등)	기기 정비 취급불량	화물적재 불량	기 타
건 수	20	22	4	11	16	1	13

<표 4-43>은 목포항 및 관할수역에서 발생한 해양사고로 인한 인명사고 현황으로, 행방불명을 포함하여 연 평균 약 8명의 사망자가 발생하였으며, 부상자 수는 연평균 약 10명 정도 발생하는 것으로 나타났다.

<표 4-43> 해양사고로 인한 인명사고 현황

구 분	사 망	행방불명	부 상
인 원	31	15	59

<그림 4-15>는 목포항 및 관할수역에서의 해양기상별 해양사고 발생현황으로 이 해역에서는 전체의 약 66%의 사고는 양호한 기상상태에서 발생하였고, 안개 및 제한시계에서 발생한 사고는 전체의 20%, 강풍 및 폭풍으로 인한 사고는 전체의 14%를 차지하고 있다.



<그림 4-15> 해상기상별 해상사고 발생현황

4.2.4 비용편익 산출의 적용

4.2.4.1 안전편익의 산출

1. 해상사고 감소에 따른 손실 회피비용(ADC): 안전편익

$$\begin{aligned}
 ADC &= DR \times OC \times (DC_1 + DC_2 + DC_3 + DC_4 + DC_5 + DC_6) \times (1 + \delta IR_p) \\
 &= (0.73 \times 0.05) \times 1.667 \times (5.645 + 0.767 + 0.056 + 0 + 0.037 + 0) \times (1 + 0.85 IR_p)
 \end{aligned}$$

(단위: 천원)

연도	DR	OC	DC ₁	DC ₂	DC ₃	DC ₄	DC ₅	DC ₆	δ	IR(%)	ADC
2005	0.73 × 0.05	1.667	5.645	0.767	0.056	0	0.037	0	0.85	0	39,580
2006										33	50,682
2007										55	58,084
2008										78	65,822
2009										100	73,223
2010										122	80,624
2011										144	88,026
2012										156	92,063
2013										168	96,100
2014										181	100,474
합계											744,678

1) 선박손상의 손실비용(DC₁)

구분	내용	비고
연간 평균발생건수(건/년)	1.667	연간 발생건수(OC)로 설정
사고당 평균비용(억 원/건)	5.645	

2) 선박보수기간 중 손실비용(DC₂)

구분	선종	톤수 (GT)	손상정도	보수기간 (일)	용선료 (만원/일)	소계 (만원)
사고 1	어선	7	전손	180	22.8	4,104
사고 2	탱커	910	경미 손상	60	240	14,400
사고 3	어선	69	경미 손상	14	30.4	425.6
사고 4	화물선	1981	경미 손상	60	192	11,520
	예인선	81	없음	0	-	0
	피예인선	447	경미 손상	60	103.2	6,192
사고 5	화물선	1028	없음	0	-	0
	어선	4	경미 손상	14	22.8	319.2
사고 6	유조선	198	경미 손상	60	192	11,520
	어선	37	전손	180	30.4	5,472
사고 7	여객선	321	경미 손상	60	144	8,640
사고 8	어선	72	경미 손상	14	30.4	425.6
사고 9	예인선	101	없음	0	-	0
	피예인선	430	없음	0	-	0
	어선	5	경미 손상	14	22.8	319.2
사고 10	모래운반선	742	경미 손상	60	216	12,960
	어선	96	경미 손상	14	30.4	425.6
합계						76,723.2
건당 평균손실비용 (억 원/건)		0.767				

3) 인적 손실비용(DC₃):

구분	사망		부상		소계
	일반 선박	어선	일반 선박	어선	
발생건수(건)	0	1	0	0	1
발생인원(인)	0	1	0	0	1
사고처리비용(천원/인)	0	55,813	0	0	55,813
사고당 발생비율(%)	0	10	0	0	10
사고당 평균처리비용(억 원/건)	0.056				

4) 화물 손상비용(DC₄): 화물 손상 없음

5) 사고선박처리 손실비용(DC₅):

손상정도	전손	중대 손상	소계
발생건수	2	0	2
사고처리비용(만원/척)	3,680	-	3,680
사고당 발생비율(%)	20.0	0	20.0
사고당 평균처리비용(억 원/건)	0.037		

6) 환경오염비용(DC₆): 유류 유출 없음

4.2.4.2 기타편익의 산출

1. 표지선의 유류소비 절감비용: 기타 편익

표지선의 유류에는 F.O.과 L.O.이 있다. 본 분석에서는 이 중에서 금비용 비

중이 높은 F.O.만을 고려하였다. 집약관리시스템을 운용함으로써 항로표지선의 유류비는 약 42.4% 절약되는 것으로 확인되었다. 운영전과 운영후의 월 평균 F.O. 소비량과 월 평균 유류비를 고려할 때 연간 유류절감비용은 83,363천원으로 계산되었다.

<표 4-44> 유류비 소비 현황(목포청)

구분	기간	운영률 (%)	F.O. 소비량 (ℓ)	단가 (원/ℓ)	유류비 (천원)	운영 후 유류 절감률(%)	
운영전	2005.01	95	10,550	1,277	13,472	42.4	
	2005.02	95	10,650	1,277	13,600		
	2005.03	95	19,560	1,277	24,978		
	2005.04	95	9,640	1,277	12,3100		
	2005.05	95	13,800	1,277	17,623		
	소계			64,200			81,983
	월평균			12,840			16,397
운영후	2006.01	99.9	7,600	1,277	9,705		
	2006.02	99.9	8,200	1,277	10,471		
	2006.03	99.8	7,600	1,277	9,705		
	2006.04	100	7,900	1,277	10,088		
	2006.05	100	5,700	1,277	7,279		
	소계			44,140			47,249
	월평균			7,400			9,450

2. 운영률 향상에 따른 편익: 기타 편익

집약관리시스템을 운영하기 전의 운영률은 정확하게 산출하기 어렵다. 따라서 실무경험값인 95%로 설정하였다. 이는 해당 항로표지가 기능이상으로 작동하지 않을 경우에 실시간 확인할 수 없고 점검이나 신고로 확인할 수 있기 때문이다. 현재 IALA에서는 항로표지시설의 운영률을 99%이상을 요구하고 있다. 따라서 집약관리시스템의 도입으로 인해 향상된 운영률의 차이를 편익으로 산출하였다. 이것은 항로표지시설이 100% 활용되지 못함으로써 발생하는 사장이

치를 집약관리시스템을 통해 높이는 효과가 있기 때문이다.

<표 4-45> 운영률 향상의 연간 편익(목포청)

(단위: 기, 천원)

구분	수량	설치금비용	운영률 향상 편익	비고
등부표	23	368,647	334,858	
등표	10	4,825,843		
무인등대	58	1,502,674		
합계	81	6,697,164		

4.2.4.3 비용 항목

1. 건설비

목포 집약관리시스템의 총 건설비는 목포권의 주요 제조구매자재 구입가격 전액과 공사비 전액, 그리고 도서할증 및 위험할증은 군산, 목포, 진도권의 총 공사비를 합하여 3으로 나누어 산출하였다. 제잡비는 해양수산본부, 군산권, 목포권, 진도권의 제잡비를 총합하여 4로 나누어 산출하였다.

구분	비용(천원)	비고
주요 제조구매자재비	1,099,549	
목포권 공사비	341,482	
도서할증	85,079	
위험할증	7,684	
제잡비	309,919	
합계	1,843,713	

2. 유지운영비

하자보수기간이 끝난 2008년 이후 매년 발생하는 유지운영비는 총건설비의 2%를 기준으로 산출한다.

유지운영비(천원/년) : 총 건설비 1,843,713(천원) × 0.02 = 36,874(천원)

3. 갱신비

조달청 고시 제2006-1호 “내용연수 개정”에 근거하여 목포 집약관리시스템 변경설계서 중 주요자재내역에서 집약관리시스템의 주요장비를 5년마다 교체한다. 따라서 갱신기간은 2009년에 발생한다.

현재 등부표는 2년을 주기로 수리함으로 그 기간 동안 자국의 장비를 교체할 수 있어 자국의 장비설치와 관련한 공사비, 위험할증료와 도서할증료 등은 포함하지 않는다.

4.2.4.4 계산기간과 사회적 할인율

1. 계산기간(n): 10년

집약관리시스템의 주요 장비에 대한 내구연한의 공용기간을 고려하여 비용효과분석의 계산기간은 10년으로 설정한다.

2. 사회적 할인율: 6.5%

사회적 할인율은 한국개발원에서 수행된 연구에서의 제시된 6.5%를 적용한다.

4.2.4.5 평가지표

1. 편익의 현재가치 산정표(기준년도: 2005년)

(단위: 천원)

연도(t)		안전편익 B_{1t}		수송편익 B_{2t}		기타편익 B_{3t}		잔존 가치	편익의 현재가치
		편익	현재 가치	편익	현재 가치	편익	현재 가치		
1	2005	19,790	19,790	-	-	209,111	209,111	-	228,901
2	2006	53,976	50,682	-	-	445,405	418,221	-	468,903
3	2007	65,880	58,084	-	-	474,357	418,221	-	476,305
4	2008	79,510	65,822	-	-	505,190	418,221	-	484,043
5	2009	94,199	73,223	-	-	538,027	418,221	-	491,444
6	2010	110,462	80,624	-	-	572,999	418,221	-	498,845
7	2011	128,442	88,026	-	-	610,244	418,221	-	506,247
8	2012	143,065	92,063	-	-	649,910	418,221	-	510,284
9	2013	159,045	96,100	-	-	692,154	418,221	-	514,321
10	2014	177,092	100,474	-	-	737,144	418,221	-	518,695
합 계		1,031,461	724,888	-	-	5,434,541	3,973,100	-	4,697,988

2. 비용의 현재가치 산정표(기준년도: 2005년)

(단위: 천원)

연도(t)		건설비 C_{1t}		갱신비 C_{2t}		유지 운영비 C_{3n}		비용의 현재가치
		비용	현재가치	비용	현재가치	비용	현재가치	
1	2005	1,843,713	1,843,713	-	-	-	-	1,843,713
2	2006	-	-	-	-	-	-	0
3	2007	-	-	-	-	-	-	0
4	2008	-	-	-	-	44,542	36,874	36,874
5	2009	-	-	1,414,533	1,099,549	47,437	36,874	1,136,423
6	2010	-	-	-	-	50,521	36,874	36,874
7	2011	-	-	-	-	53,804	36,874	36,874
8	2012	-	-	-	-	57,302	36,874	36,874
9	2013	-	-	-	-	61,026	36,874	36,874
10	2014	-	-	-	-	64,993	36,874	36,874
합 계		1,843,713	1,843,713	1,414,533	1,099,549	379,625	258,118	3,201,380

3. 편익과 비용의 평가지표 산출표

(단위: 천원)

구 분		현재가치	
		편 익	비 용
1	2005	228,901	1,843,713
2	2006	468,903	0
3	2007	476,305	0
4	2008	484,043	36,874
5	2009	491,444	1,136,423
6	2010	498,845	36,874
7	2011	506,247	36,874
8	2012	510,284	36,874
9	2013	514,321	36,874
10	2014	518,695	36,874
합계		4,697,988	3,201,380
순현재가치(천원)		1,496,608	
비용·편익비율		1.47	
내부수익률(%)		22.14	

4.2.4.6 운영효과분석 총괄표

1. 사업명		목포 집약관리시스템	
2. 사업목적		관리해역의 등부표, 등표, 무인등대 등의 항로표지시설을 정보통신기술을 이용하여 원격 감시 및 제어를 하는 시스템으로서 실시간 관리를 가능하게 한다.	
3. 연간 통항(입항)선박 척수(현황 및 추정)			
① 목포해역 통항 척수		통항 척수 9,360척(2005년), 19,178척(2014년)	
4. 비용편익분석			
사회적 할인율		6.5%	
현재 가치화 기준년도		2005년	
평가 지표	비용편익비	1.47	
	순현재가치	1,497백만 원	
	경제적 내부수익률	22.14%	
5. 민감도분석			
수요동향(+10%)	비용편익비	1.49	
	순현재가치	1,564백만 원	
	경제적 내부수익률	22.76%	
수요동향(-10%)	비용편익비	1.45	
	순현재가치	1,431백만 원	
	경제적 내부수익률	21.54%	

6. 정량적 평가 데이터 및 정성적 평가		
(1) 안전성 향상		
① 해양사고 감소	선박항행에 필요한 정보제공이 개시된 것에 의해, 선박의 안전성이 향상하고, 해양사고에 관계되는 잠재 리스크 감소를 기대할 수 있다.	◎
② 2차 재해 감소	해양사고를 미연에 방지하는 것에서 목포해역에 입출항하는 선박유동에의 영향을 억제 가능하다.	○
③ 항해자의 부담 경감	항해자의 심리적인 부담이 경감된다.	◎
(2) 국제적 요청에 대응	국제표준의 해상교통안전시설을 채용함으로써 우리나라의 연안을 통항하는 외국선이 안전하게 통항할 수 있다.	◎
(3) 효율성 향상		
① 시간 비용의 절감	선박 통항 시간의 단축으로 수송비용의 절감의 효과가 있다.	
② 해상작업의 효율화	각종 공사, 장애물 등의 정보제공에 의해 해상작업의 효율성이 향상될 것으로 기대된다.	
(4) 신뢰성 향상		
물류비용 삭감	선박통항시간의 단축으로 물류비용이 삭감될 가능성이 있다.	
(5) 환경 보전		
CO ₂ , NO _x 배출량 삭감	해상교통의 신뢰성이 높아지고, modal shift가 촉진되어 CO ₂ , NO _x 의 배출량이 삭감될 가능성이 있다.	
(6) 산업진흥		
① 해양개발	새로운 해상교통안전시설 설치로 소형선의 안전성도 높아지고, 레저보트 판매 증가를 예측할 수 있다.	
② 신제품 개발	새로운 해상교통안전시설 대응의 제품이 판매되거나 신기술이 해상교통안전시설 이외의 분야에 응용되어 신제품이 판매된다.	
(7) 지역의 매력 향상		
① 경관 형성	해상교통안전시설 설치로 양호한 경관이 형성된다.	
② 관광객유치 효과	해상교통안전시설 설치로 연간 〇〇〇인의 관광객이 들어오고, 해당 지역에서 연간 〇〇〇만원의 소비가 예상된다.	

4.2.5 운영효과편익산출의 적용결과

운영효과 편익산출모델을 목포 집약관리시스템에 적용한 결과 편익항목은 해양사고 감소에 따른 손실 회피비용인 안전편익과 기타편익으로 표지선의 유류소비 절감비용과 운영률 향상에 따른 편익이 있다. 집약관리시스템의 운영으로 인한 사고감소율은 0.73으로 설정되었다. 안전편익에서는 선박손상의 손실비용, 선박보수기간 중 손실비용, 인적 손실비용, 사고선박처리 손실비용이 포함되었다. 선박손상의 손실비용에서 연간 평균발생건수는 1.667건, 사고당 평균비용이 5.645억 원/건이 산출되었다. 선박보수기간 중 손실비용에서 건당 평균손실비용은 0.767억 원/건으로 산출되었다. 그리고 해양사고건수의 증가율을 선박입항 총톤수의 증가율로 나눈 값인 해양사고발생계수는 0.85를 적용하였다.

기타편익은 표지선의 유류소비 절감비용으로서 목포해양수산청의 항로표지선에 대한 유류비 약 42.4%의 절감을 적용하여 연간 유류절감비용을 산출하였다. 운영전과 운영후의 월 평균 F.O. 소비량과 월 평균 유류비를 고려할 때 연간 유류절감비용은 0.83억원으로 계산되었다. 또한 운영률 향상에 따른 편익은 집약관리시스템이 설치된 등부표, 등표, 무인등대 등의 총 설치비용 66.97억원에 대한 운영향상률 5%를 적용하여 연간 3.35억원으로 나타났다.

운영효과 편익산출모델에 사용된 비용항목은 건설비, 유지운영비, 갱신비로 구성되었다. 건설비는 총 18.44억원이고, 유지운영비는 2008년 이후부터 연간 0.37억원으로 예상되었다. 갱신비는 주요 자재내역의 통신장비 등 주요장비를 5년마다 교체하는 것으로 하여 2009년에 11.00억원이 발생하는 것으로 산출되었다.

목포 집약관리시스템에 대한 운영효과 편익산출모델의 편익과 비용을 종합하여 분석한 비용편익비는 현재 가치화 기준연도를 2005년으로 볼 때 1.47로 산출되었다. 그리고 순현재가치는 14.97백만원이었다. 경제적 내부수익률은 22.14%로서 사회적 할인율보다 높게 나왔다. 민감도분석의 결과 해상교통량의 10% 증감에 따라 각각 비용편익비가 1.49, 1.45로 나왔다. 경제적 내부수익률은 각각 22.76%, 21.54%를 보였다. 기본적으로 순현재가치(NPV)가 14.97백만원으로 나타나 사회후생에 긍정적인 공헌이 있다고 판단되었다. 또한 비용편익비는 1보다 높게 나와 경제적으로 타당성이 있는 것으로 평가되었다.

4.3 연안VTS

4.3.1 진도 연안VTS의 개요

진도 연안VTS센터는 선박 통항이 빈번하고 해상 교통밀도가 높아 해양사고가 빈번한 서남해역의 해양사고를 방지하고자 2003년도부터 진도 연안VTS센터설치를 시작하여 2006년 7월 19일 개국식을 갖고 본격적인 운영중에 있습니다. 진도군 임회면 서망항 내 1300㎡ 부지에 연건평 1071㎡, 7층 규모로 최근 완공된 VTS 운영센터는 도초도, 가사도, 서거차도, 하조도, 어란진레이더국소와 우이도 중계소로 구성되었습니다. 진도 연안VTS센터의 주요임무는 항해하는 선박에 대한 감시 업무, 해상기상과 통항선박 및 항로표지정보의 통보 업무, 그리고 항해사가 인지하지 못한 부분에 대한 권고 업무, 재난의 방지에 필요한 지시 혹은 통제 업무를 수행하여 서남해안 해역 해상교통안전에 크게 기여하고 있다.

4.3.2 자연환경^{23)~32)}

4.3.2.1 평균 풍속

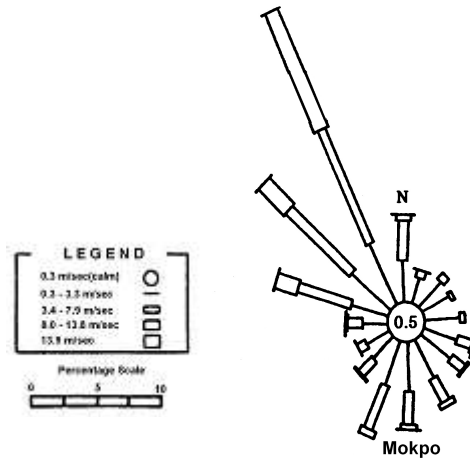
<표 4-46>은 진도해역에 대한 최근 10년(1995~2004) 동안의 월별 평균 풍속값이다. 목포의 월별 평균풍속은 대체적으로 겨울~봄이 다른 계절보다 강하고, 인천보다 훨씬 풍속이 강하며, 이 지역은 우리나라 연안역의 강풍대에 속한다.

<표 4-46> 월 평균풍속(m/s)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	4.8	4.9	4.6	4.0	3.5	3.1	3.4	3.0	3.1	3.8	4.3	4.3	3.9

자료 : 기상청

<그림 4-16>은 진도해역의 연 평균바람의 바람장미로, 특히 북서풍계가 현저하고, 또 이 풍계에서 폭풍이 자주 발생하는 것으로 나타났다.



<그림 4-16> 목포의 연 평균바람의 바람장미

4.3.2.2 폭풍

<표 4-47>은 진도해역에서 최대풍속이 13.9m/s 이상의 바람이 나타나는 일수를 나타낸 표이다. 진도해역에서는 11~3월 동안 월 3~4개의 폭풍이 나타난 반면 여름철에는 폭풍이 발생하는 경우가 드문 것으로 나타났다.

<표 4-47> 월 평균 폭풍일수($\geq 13.9\text{m/s}$)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	3.6	2.8	2.9	1.4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.7	1.6	3.1	2.9	21.2

자료 : 기상청

<표 4-48>은 월별 최대순간풍속 및 풍향을 나타낸 것으로, 풍속은 25~35m/s

의 범위이며, 뚜렷한 계절적 특징은 없지만 겨울과 여름이 다른 계절에 비해 약간 강한 것으로 보이며, 이것은 겨울철 온대저기압 및 여름철 열대저기압 통과 시 기록된 것으로 보인다.

최대순간풍속이 나타난 풍향은 연중 북서~남서풍이 우세한 것으로 나타났다.

<표 4-48> 월별 최대순간풍속 및 풍향

월 향	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	24.0 NNE	23.2 NNW	26.7 NW	22.0 N	22.8 SW	25.4 SW	22.0 NNW	35.0 S	27.1 NE	25.9 SW	27.6 NW	25.0 NW	35.0 S

자료 : 기상청

4.3.2.3 태풍

<표 4-49>는 최근 10년(1995~2004)동안 서해(목포 및 진도 포함)에 영향을 미친 태풍 일람표로서, 서해에 영향을 미친 것은 10개이며, 그 중 중심이 진도 부근해역(흑산도)을 통과한 경우가 1회 있었던 것으로 나타났다.

<표 4-49> 최근 10년(1995~2004)동안 서해에 영향을 미친 태풍 일람

번호	호수	태풍명	기간	바람(m/s)		강수량(mm)	기압(hPa)	영향권
				최대풍향 풍속	최대순간 풍향풍속			
1	9507	Janis	95. 8. 25~27	18.7 SW	23.5 SW	397.5	995.3	서해(보령)
2	9905	Neil	99. 7. 26~28	14.2 NE	26.8 NE	137.0	983.8	서해(군산)
3	9907	Olga	99. 8. 2~4	30.7 S	40.0 S	296.0	974.6	남해(여수), 서해
4	9917	Ann	99. 9. 16~19	15.2 NE	19.8 NE	85.1	993.1	서해(제주)
5	0004	Kai-Tak	00. 7. 10~11	19.2 S	22.6 SSW	192.5	1003.4	남해(여수), 서해
6	0012	Prapiroon	00. 8. 31~9.1	47.4 S	58.3 S	99.5	980.1	서해(흑산도)
7	0209	Fengshen	02. 7. 26~27	20.6 SE	30.2 SE	116.0	990.9	남해(고산), 서해
8	0215	Rusa	02. 8. 30~9.1	43.7 N	56.7 N	898.0	962.6	전국(고산)
9	0314	Maemi	03. 9. 12~13	51.1 N	60.0 N	410.0	954.0	전국(고산)
10	0415	Megi	04. 8. 17~18	24.1 NW	46.1 NW	334.5	973.2	전국(고산)

* 자료 : 기상청

* 주 : (1) 우리나라에 영향을 준 태풍 중 최대풍속이 13.9m/s 미만의 태풍은 제외시켰음

(2) 영향권 난의 ()내의 지명은 최대풍속이 가장 강하였던 곳임

(3) 각 기상요소의 값은 극대 또는 극소치임.

4.3.2.4 안개

<표 4-50>은 목포에서의 월별 평균 안개발생일수를 나타낸 것이다. 진도해역에서는 4~7월에 안개가 가장 많이 발생하며, 연 안개발생일수는 23.7일로 인천 해역에 비해 안개발생빈도가 적은 편이다.

<표 4-50> 월 평균 안개 발생일수

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
진도해역	0.8	2.0	2.1	3.7	3.6	2.8	3.2	0.8	1.5	1.7	0.8	0.7	23.7

자료 : 기상청

<표 4-51>은 안개의 지속성을 알아보기 위해서 작성한 월별 평균 안개계속 시간으로, 목포에서 연중 계속시간이 74.4시간이며, 월별 분포는 발생일수의 분포와 유사한 패턴을 보이며 일 년 중 4~7월에 안개지속성이 가장 강하다.

<표 4-51> 월 평균 안개계속시간

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	3.3	8.3	6.3	13.9	10.5	8.3	8.0	2.1	4.5	6.0	1.9	1.4	74.4

자료 : 기상청

4.3.2.5 강수

<표 4-52>는 진도해역의 월 평균 강수량을 나타낸 것으로 6~9월에 강수가 집중되며, 겨울철(12~2월)은 20~30mm 정도로 강수량이 매우 적은 것으로 나타났다.

<표 4-52> 평균 강수량(mm)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	36.0	32.0	63.4	72.9	76.7	202.1	235.8	202.8	157.3	42.6	44.8	28.2	1194.6

자료 : 기상청

<표 4-53>은 진도해역의 일강수량이 0.1mm 이상인 월 평균 강수일수를 나

타낸 것으로, 7, 8월이 강수일수가 가장 많고, 10월에는 6.86일로 가장 적은 것으로 나타났다.

<표 4-53> 월 평균 강수일수(≥ 0.1mm)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	12.2	7.2	9.2	8.3	10.8	10.8	12.6	12.1	9.0	6.8	9.9	9.2	118.1

자료 : 기상청

<표 4-54>는 진도해역의 월 평균 강수계속시간을 보여주고 있다. 진도해역에서는 6~7월 사이의 강수계속시간이 다른 계절에 비해 길다.

<표 4-54> 월 평균 강수계속시간

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	101.3	54.9	63.2	67.3	78.1	94.8	96.7	80.8	65.1	37.6	61.2	65.2	866.2

자료 : 기상청

<표 4-55>는 진도해역의 월 평균 적설량을 나타낸 것으로, 눈은 1월에 최고치를 보이며, 대부분 12~2월에 내린다.

<표 4-55> 월 평균 적설량(cm)

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	5.1	2.4	0.6	-	-	-	-	-	-	-	0.4	4.1	12.6

자료 : 기상청

<표 4-56>은 진도해역의 월 평균 강설일수로 강설일수는 1월이 10.0일로 전체의 약 절반을 차지한다.

<표 4-56> 월 평균 강설일수

월 항	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
목포	10.0	4.8	1.0	-	-	-	-	-	-	-	0.9	6.1	22.8

자료 : 기상청

4.3.2.6 조류

진도연안 VTS 관할수역인 맹골수도의 조류는 북서 및 남동쪽으로 흐르며 북서쪽으로 흐르는 조류는 창조류로 하조도의 저조 후 약 2시부터 고조 후 약 2시까지 흐른다. 그리고 남동류인 낙조류는 고조 후 약 2시부터 저조 후 약 2시까지 흐르고 최강유속은 6.8 kn이다. <표 4-57>은 진도 부근해역의 비조화상수로, 진도의 경우 진도 인근의 하조도에서의 비조화상수를 보면, 평균고조간격이 1.31시간, 대조승 3.1m, 소조승 2.4m, 평균해면 1.81m이다. 이곳은 육지에서 다소 떨어져 있어 전반적으로 목포항에 비해 그 값이 작은 것으로 나타났다.

<표 4-57> 진도해역 비조화상수

상수 장소	평균고조간격(hour) (MHWI)	대조승(m) (Sp)	소조승(m) (Np)	평균해면(m) (MSL)
하조도	1.31	3.1	2.4	1.81

4.3.2.7 파랑

진도와 그 인근 해역에서는 지형적 영향으로 북서풍~남서풍계의 바람이 지속적으로 부는 경우 파랑이 생성되므로 주로 겨울 북서풍계의 강한 바람과 저기압 통과시 저기압 후면에 위치할 때 파랑이 자주 발생한다.

<표 4-58>은 진도 부근(34.5N, 125.9E)에서 10년(1986~1995) 동안의 자료를 이용하여 모델에 의해 산출한 파랑자료이다. 평균유의파고는 계절적으로 큰 차

이를 보이지 않으며 파고는 대략 1.0m 정도이다.

최대유의파고의 파고는 대체적으로 여름 및 겨울에 높게 나타나며, 파향은 서향계가 우세하다. 또 진도 부근이 부도 부근보다 파고가 높게 나타나며, 이것은 풍속, 폭풍일수의 분포와 관련이 있는 것으로 보인다.

<표 4-58> 평균유의파고(m) 및 최대유의파고(m) · 파향

계절 장소	봄		여름		가을		겨울	
	평균유 의파고	최대유 의파고 · 파향	평균유 의파고	최대유 의파고 · 파향	평균유 의파고	최대유 의파고 · 파향	평균유 의파고	최대유 의파고 · 파향
진도 부근	1.1	4.9 SSW	0.9	7.3 W	1.1	6.7 NW	1.1	6.5 NW

4.3.2.8 자연환경의 종합적 특징

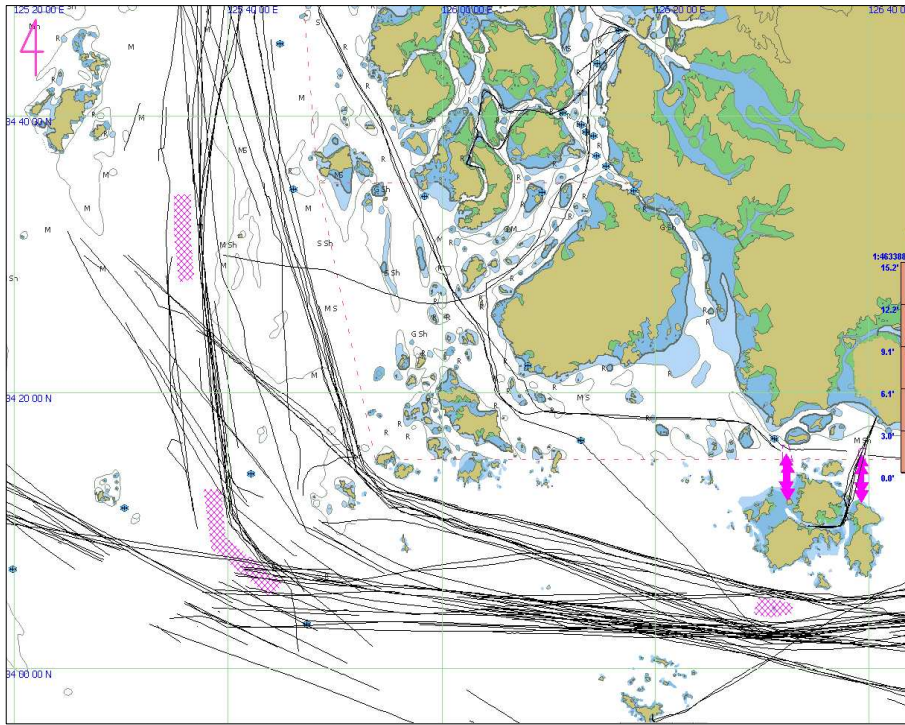
진도연안 VTS 관할수역의 지형 및 해양기상 특징을 해양사고와 관련하여 종합해 보면, 이 해역에서 특히 동계에 풍속은 강하고 폭풍이 자주 나타남으로 인해 파랑 발생이 빈번하여 소형선의 해양사고가 자주 발생한다. 또 이 해역에서는 4~7월에 자주 형성되는 안개로 인해 충돌사고가 자주 발생한다. 그리고 이 해역은 협수도가 많고 강조류가 존재하여 선체압류 및 조선곤란 등의 사고가 자주 발생하며, 또 매물수도를 통항하는 선박수의 증가로 해양사고의 발생 개연성이 높아, 통항선박에 대한 효과적인 교통관제를 통해 해양사고가 크게 감소될 수 있을 것으로 기대된다.

4.3.3 교통 및 해양사고분석

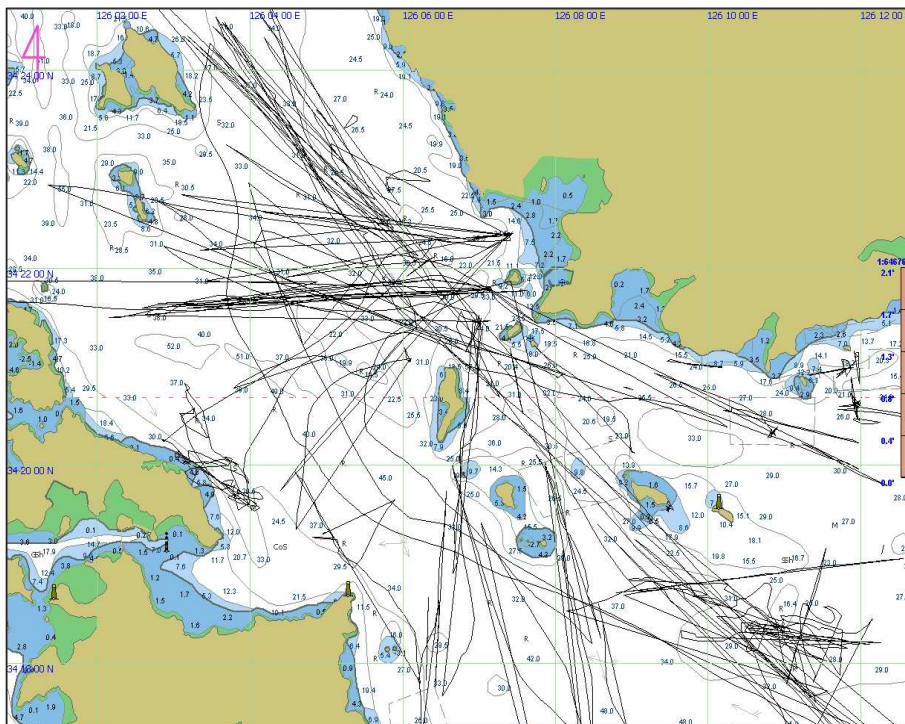
4.3.3.1 교통량 현황

진도해역의 교통현황을 실제 관측하기 위하여 해상교통 관측 장비를 하조도 유인등대 부근에 설치하였다. 2006년 8월 11일 13:00부터 8월 14일 13:00까지 관측을 수행하였다. 관측 장비로 AIS 데이터와 레이더의 ARPA 데이터를 동시에 수집하였다. <그림 4-17>과 <그림 4-18>은 관측기간 중 일부 일일자료(8월 13일)의 항적으로서 각각 AIS와 레이더 ARPA의 선박항적이다.

진도해역에서의 향후 교통량은 크게 변동하지 않는 것으로 가정하였다. 이는 하조도 부근 교통조사 결과가 일부해역에 국한되었기 때문에 진도해역 전체의 교통량을 파악할 수 없었던 것이 가장 큰 이유이다. 또한 진도해역의 향후 교통량을 분석하기 위해서는 통항선박(중국과 남해안을 통항하는 선박 및 서해안과 남해안을 통항)의 향후 교통변화량, 입출항 선박(목포항 등)의 교통량 변화량 등을 종합적으로 분석하지 않고서는 정확한 향후 교통량의 파악이 불가능하기 때문에 본 연구에서는 교통량 증가율(IR)을 현행과 동일하다는 가정하에 0%로 설정하여 분석을 행하였다. 향후 교통량 변화에 대해서는 차후 체계적이고 종합적인 데이터 수집 및 분석을 통해 추가적인 검증이 이루어져야 할 것으로 판단된다.



<그림 4-17> 진도해역의 일일 AIS 항적(8.13)



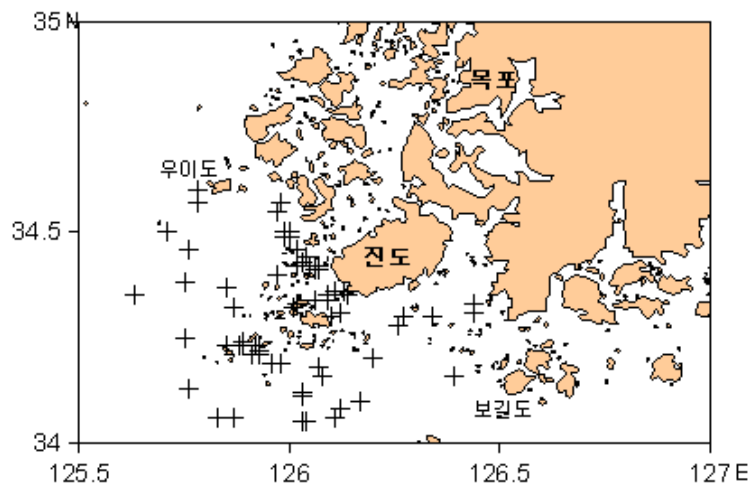
<그림 4-18> 하조도 등대 중심의 일일 ARPA 항적(8.13)

4.3.3.2 해양사고 조사 분석

1. 해양사고 분석

진도 연안 VTS 관할수역에는 중소형선이 이용하는 장죽수도, 거차수도 및 맹골수도와 같은 좁은 수도가 있고, 중대형선들이 이용하는 매물수도가 있다. 이 수역에서는 항로 부근에 여러 섬들이 많이 산재해 있고 수로가 좁은지라, 항해하는 선박은 서로 근접통항 또는 교차 통항하는 경우가 많다. 그리고 해양 기상적으로는 안개가 빈번히 발생하고, 동계에는 풍속이 강하며, 좁은 수로에서는 조류가 강한 편이다. 따라서 이 해역에서는 이들 지형 및 해양기상적 특징이 해양사고의 근본적인 요인이 된다.

최근 7년(1999~2005) 동안 진도 연안 VTS 관할수역에서 발생한 해양사고의 발생위치를 살펴보면<그림 4-19>, 장죽수도와 맹골수도에서 해양사고가 빈번히 발생하는 것을 알 수 있다. 단, <그림 4-19>에는 목포항 관할수역과 중복되는 매물수도 및 장죽수도 북쪽해역에서 발생한 사고도 함께 표시되어 있다.⁴¹⁾

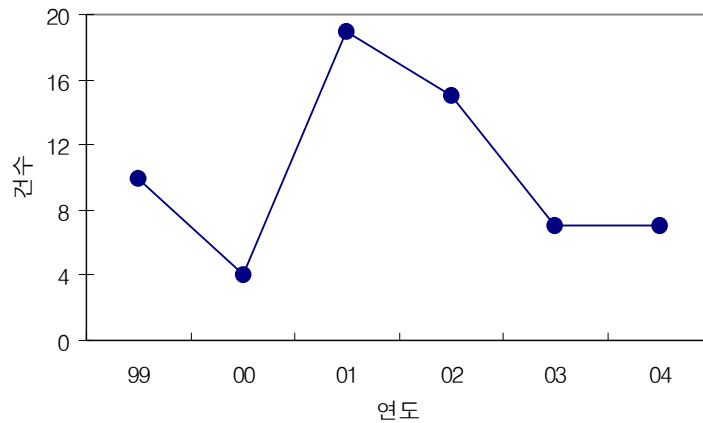


<그림 4-19> 해양사고 발생장소(1999~2005)

그리고 6년(1999~2004) 동안 발생한 해양사고를 연도, 선종, 톤수, 사고종류,

원인, 인명사고 및 해양기상별로 세분하여 조사, 분석하면 다음과 같다.

<그림 4-20>은 진도 연안 VTS 관할수역에서의 연도별 해양사고 발생빈도를 나타낸 것으로, 1999년 10건의 해양사고가 발생하였고 2000년에는 4건으로 급격히 감소하였으나, 2001년 19건, 2002년 15건으로 크게 증가한 후 다시 감소한 것으로 나타났다.



<그림 4-20> 연도별 해양사고 발생빈도

<표 4-59>는 진도 연안 VTS 관할수역에서의 선박종류별 해양사고 발생현황으로 이 해역에서는 인천 및 목포와 달리 화물선의 사고가 가장 많이 발생하였고, 그 다음으로 어선, 위험물운반선, 예인선 순이다. 이것은 많은 화물선들이 이 해역의 좁은 수도를 통해 남해와 서해를 왕래하는 것을 보여주고 있고, 또한 위험물운반선의 사고가 다른 수역에 비해 많이 발생하는 것으로 보아, 이 수역에서는 위험물운반선의 통항이 빈번한 것을 알 수 있다.

<표 4-59> 선박종류별 해양사고 발생현황

구 분	여객선	화물선	어 선	위험물운반선	예인선	부 선	기 타
척 수	2	32	30	17	15	13	4

<표 4-60>은 진도 연안 VTS 관할수역에서의 선박톤수별 해양사고 발생현

황으로, 이 해역에서는 인천 및 목포에 비해 다소 큰 1,000~5,000톤급의 선박사고가 가장 많은 것으로 나타났다. 그 다음으로 10~100톤, 100~1,000톤급 선박사고 순이다.

<표 4-60> 선박톤수별 해양사고 발생현황

구 분	< 10	10~100	100~1000	1000~5000	5000~0000	≥10000	미 상
척 수	12	32	29	34	3	3	-

<표 4-61>은 진도 연안 VTS 관할수역에서의 사고종류별 해양사고 발생현황으로, 충돌사고가 전체의 56%를 차지하여 가장 많고, 그 다음으로 전복·침몰사고가 전체의 약 21%를 차지하고 있다.

<표 4-61> 사고종류별 해양사고 발생현황

구 분	충돌	접촉	좌초	화재 폭발	전복 침몰	기기 기관손상	인명 사상	기 타
건 수	35	2	6	3	13	-	3	-

<표 4-62>는 진도 연안 VTS 관할수역에서의 사고원인별 해양사고 발생현황으로, 항법미준수 및 운항부주의와 경계소홀이 주요인으로 이들 요인이 전체의 65% 차지하고 있어 통항선의 안전통항과 관련된 주의, 지시 및 정보제공을 통해 해양사고를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

<표 4-62> 사고원인별 해양사고 발생현황

구 분	경계소홀	항법미준수 운항부주의	선위미확 인	기상요인 (황천 등)	기기 정비 취급불량	화물적재 불량	기 타
건 수	18	23	2	4	3	1	11

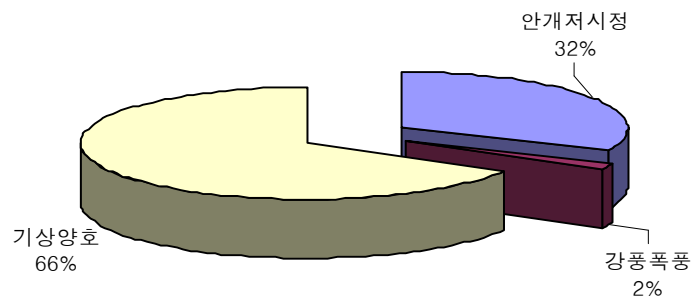
진도 연안 VTS 관할수역에서 발생한 해양사고로 인한 인명피해를 살펴보면

<표 4-63>, 행방불명을 포함하여 연 평균 사망자수는 약 4~5명이고 부상자는 연 평균 2명 정도인 것으로 나타났다.

<표 4-63> 해양사고로 인한 인명사고 현황

구 분	사 망	행방불명	부 상
인 원	11	15	13

<그림 4-21>은 진도 연안 VTS 관할수역에서의 해양기상별 해양사고 발생 현황으로 이 해역에서는 전체의 약 66%의 사고는 양호한 기상상태에서 발생하였다. 그리고 안개 및 제한시계에서 발생한 사고는 전체의 32%로 차지하여, 저시정에서 충돌 등의 사고가 자주 발생하는 것으로 보이며, 반면에 강풍 및 폭풍으로 인한 사고는 매우 적은 것으로 나타났다.



<그림 4-21> 해양기상별 해양사고 발생현황

4.3.4 비용편익 산출의 적용

4.3.4.1 안전편익의 산출

1. 해양사고 감소에 따른 손실회피액의 추정(ADC)

$$\begin{aligned}
 \text{ADC} &= \text{DR} \times \text{OC} \times (\text{DC}_1 + \text{DC}_2 + \text{DC}_3 + \text{DC}_4 + \text{DC}_5 + \text{DC}_6) \times (1 + \delta \text{IR} \rho) \\
 &= 0.148 \times 9.33 \times (29.627 + 5.3879 + 0.989 + 0 + 0.4615 + 0) \times (1 + 0.85 \\
 &\quad \text{IR} \rho)
 \end{aligned}$$

단, 2006년도 손실회피액은 연안VTS의 운영일수가 1년이 되지 않기 때문에 실제 운영일수(166일)로 나누어 산정한다.

(단위: 억 원)

연도	DR	OC	DC ₁	DC ₂	DC ₃	DC ₄	DC ₅	DC ₆	δ	IR(%)	ADC
2006	0.148	9.33	29.627	5.3879	0.9890	0	0.4615	0	0.85	0	22.93
2007										0	50.42
2008										0	50.42
2009										0	50.42
2010										0	50.42
2011										0	50.42
2012										0	50.42
2013										0	50.42
2014										0	50.42
2015										0	50.42
2016										0	50.42
2017										0	50.42
2018										0	50.42
2019										0	50.42
2020										0	50.42
2021										0	50.42
2022										0	50.42
2023										0	50.42
2024										0	50.42
2025										0	50.42
합계											930.49

1) 선박손상의 손실비용(DC₁)

진도 해역에서 데이터가 불분명한 2005년도를 제외한 과거 6년간(1999년~2004년) 해양사고 발생건수는 56건이다. 즉, 과거 6년간의 실적으로부터 연평균사고발생건수는 9.33건/년이 된다. 진도 연안VTS의 건립에 의해 안전편

익이 바로 발생할 수 있다고 기대되기 때문에 해양사고 발생률은 현재 상황과 같고, 계획기간 중에 통항선박척수도 동일하다고 가정한다.

또한 연안VTS의 건립에 의한 해양사고감소율은 일본의 VTS 전국평균 사고 감소율인 14.82%를 적용한다. 따라서 with시의 해양사고건수는 7.973건 ($=18.0 \times (1 - 0.1482)$)이 되기 때문에 without시의 해양사고 감소건수는 연간 1.38건이 된다.

<표 4-64> 해양사고 감소건수 및 비용

구 분	내 용	비 고
연간 평균사고발생건수(건/년)	9.33	연간 발생건수(OC)로 설정
사고당 평균비용(억 원/건)	29.63	

2) 선박보수기간 중 손실비용(DC₂)

과거 6년간(1999년~2004년) 발생한 해양사고 56건에 대해 선종별, 톤수별로 선박보수기간중의 손실액을 계산하였다. 그 결과 56건의 건당 평균손실비용은 538,791천원으로 산정되었다.

3) 인적 손실비용(DC₃)

진도 해역에서 과거 6년간 발생한 해양사고 56건 중 인명피해가 있었던 13건에 대해 인적손실액을 계산하였다. 그 결과 13건에 대한 건당 평균손실비용은 98,904천원으로 산정되었다.

4) 화물 손상비용(DC₄): 화물 손상 없음

5) 선박사고 처리비용(DC₅)

진도 해역에서 과거 6년간(1999년~2004년) 발생한 해양사고 56건 중 경미손

상을 제외한 전손 및 중대손상이 있었던 것으로 조사된 39건에 대해 해양사고 선박처리에 따른 손실액을 계산하였다. 그 결과 39건의 건당 평균손실비용은 46,150천원으로 산정되었다.

<표 4-65> 선박사고 처리비용

손상정도	전손	중대손상	소계
발생건수	20	19	39
사고처리비용(만원/척)	3,680	5,600	-
처리비용(만원)	73,600	106,400	180,000
사고당 평균처리비용(억 원/건)	0.4615		

6) 환경오염비용(DC₆): 유류 유출 없음

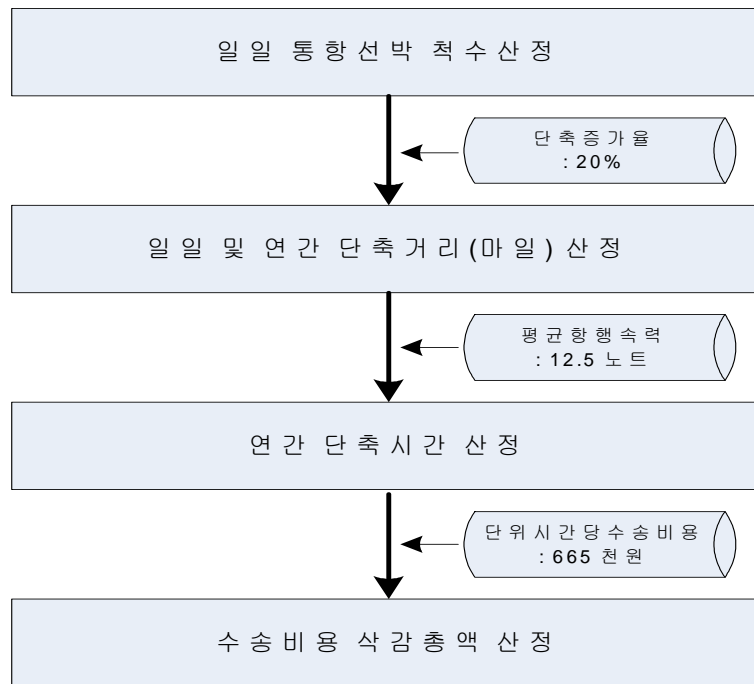
4.3.4.2 수송편익의 산출

1. 항행거리 단축량의 측정

해상교통밀도가 높아 해양사고가 빈번한 진도해역에 있어서 연안VTS 관제가 행해지는 것에 의해 매물수도의 통항분리대(TSS)로 멀리 돌아가던 선박이 맹골수도로 통항가능하게 되었다. 이는 연안 VTS센터의 고성능 레이더에 의해 선박의 동정파악이 가능하게 되고, 어선지도, 통항중인 타선박의 정보 제공 등 관제사의 적극적인 관제에 의한 것으로 판단된다.

항행거리 단축량을 산정하기 위하여 먼저 관제사의 설문조사자료를 종합하여 일일 TSS 통항선박을 북상 및 남하 각각 20척으로 산정하였다. 일일TSS 통항선박 중 20%의 선박이 연안VTS센터의 적극적 관제에 의해 TSS가 아닌 맹골수도로 통항가능하게 됨을 산정하여, 일일 항행거리 단축량(마일)을 계산하게

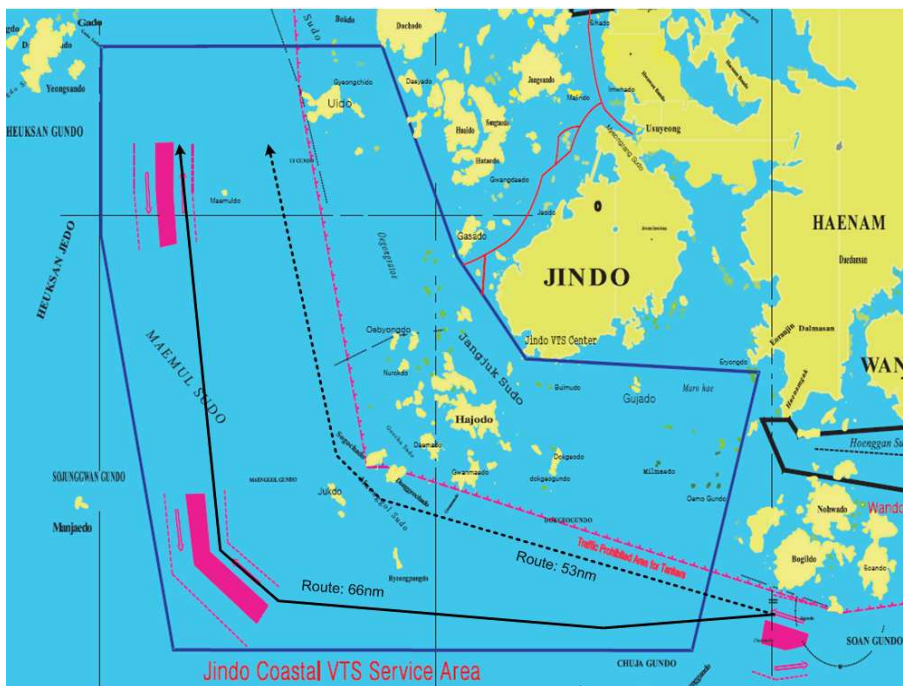
된다. 여기서 북상 및 남하시의 항행거리 단축량은 실제 해도 상에 기준점과 기준점사이의 Course line을 작도하여 계산하였으며, 북상의 경우는 <그림 4-23>과 같이 TSS를 이용하는 경우 항행거리 66마일, 맹골수도의 경우 53마일로 한 척당 13마일 항행거리 단축되었다. 같은 방법으로 계산하면 남하하는 경우 16마일의 항행거리 단축량이 계산되었다. 이를 통해 연간 항행단축거리를 계산하면 북상 18,980마일, 남하 23,360마일이 단축된다.



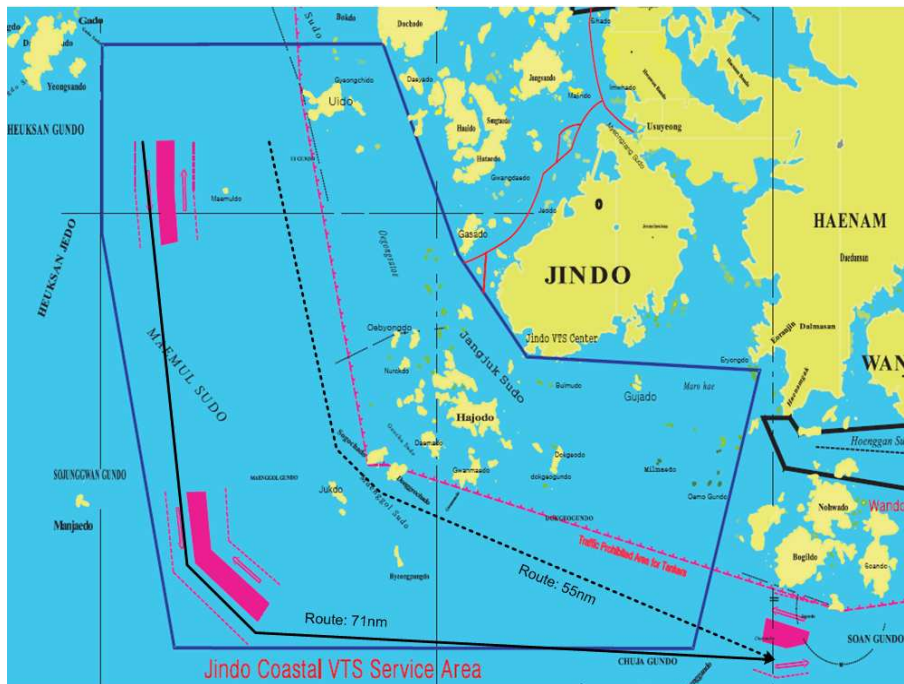
<그림 4-22> 수송편익 계산 Flow

<표 4-66> 항행거리 단축량

	북 상	남 하	비 고
TSS 통과선박(척/일)	20	20	VTS관제사설문조사결과
단축증가율(%)	20%	20%	
증가선박(척/일)	4.0	4.0	
단축거리(마일)	13.0	16.0	<그림4-23~24> 참조
단축거리(마일/1일)	52.0	64.0	
단축거리(마일/연간)	18,980	23,360	



<그림 4-23> 항행거리 단축량(북상)



<그림 4-24> 항행거리 단축량(남하)

2. 해상수송 Cost 삭감액의 산출

1) 수송비용 삭감액

위에서 산출한 연간 항행거리 단축량을 평균항해속력(12.5knots)로 나누면 연간 단축시간이 북상 및 남하에 대해 각각 계산된다. 이 연간단축시간에 단위시간당 수송비용(일본해상보안청 자료에 의거 656천원으로 산정)을 곱하면 연간 항해거리 단축에 따른 비용삭감액이 계산된다. 이 비용 삭감액을 북상 및 남하 모두 합치면 연간 비용삭감액의 총액이 계산되며, 계산결과 연간 22억 2천만원의 수송편익이 산출된다. 다만, 이러한 수송편익이 발생되기 위해서는 VTS 센터가 양적·질적으로 성장했을 때 가능할 것으로 판단되며, 향후 항행거리 단축의 실현이 가능하다면 수송편익으로써 산출될 수 있다고 판단되기에, 본 연구에서는 이러한 수송편익을 고려하였을 때와 고려하지 않았을 때로 나누어 각각 수송편익을 산정한다.

<표 4-67> 해상수송 비용 삭감총액

평균항해속력(노트)	북상		남하		비용삭감액총액 (천원/년)
	단축시간	비용삭감액	단축시간	비용삭감액	
12.5	1,518.40	996,070	1,868.80	1,225,930	2,222,000

4.3.4.3 잔존가치

잔존가치(SV)는 기기의 잔존가치(SV₁)와 설비의 잔존가치(SV₂)를 고려한다. 하지만 기기의 잔존가치는 내용연수보다 사용연수가 크기 때문에 0이 되고, 설비의 잔존가치를 계산하면 2,276,952천원이 된다.

$$SV_1 = 6,696,331 \times (1.0 - 0.9 \times 20\text{년}/10\text{년}) = 0 \text{ (천원)}$$

$$SV_2 = 4,139,913 \times (1.0 - 0.9 \times 20\text{년}/40\text{년}) = 2,276,952 \text{ (천원)}$$

$$SV = SV_1 + SV_2 = 2,276,952 \text{ (천원)}$$

4.3.4.4 비용항목

1. 건설비

건설비는 연안 VTS센터의 설치에 필요로 경비로 다음 <표 4-68>과 같이 산정한다.

<표 4-68> 건설비 현황

	공사금액 (천원)
설계용역	499,000
시스템구매설치	6,696,331
진도VTS센터건립	2,410,864
레이더사이트건축	1,729,049
책임감리	1,082,161
소 계	12,417,405

2. 유지운영비

유지운영비는 해당 시설을 관리하기 위해 필요한 경비로서 비품의 갱신 및 소모품의 보충에 필요한 경비와 직원이 점검을 행하는데 필요한 경비로 보수비 및 인건비로 구분하여 산정한다. 연간 유지운영비는 건설비 대비 2.07%의 비율로 계산되었다.

<표 4-69> 연간 유지운영비 현황

연간 유지운영비	세부 항목	금 액 (천원)	비 고
통신비	전용선(인터넷)	840	
	일반전화	1,800	
광열비 (청사 및 부대시설 유지비 포함)	전기료	9,600	
	수도료	600	
	가스비	1,200	
	연료비	2,400	
물품비(비품, 소모품)		120,000	
장비 유지보수비		120,000	
소 계		256,440	

3. 인건비

근무요원의 인건비는 현재 근무인원의 직급 및 호봉을 기준으로 일반적 공무원 연봉계산식을 이용하였으며, 기본급은 중앙인사위원회에서 제공하는 2006년도 일반직에 준하는 특정직 및 별정직 공무원 등의 봉급표 및 기능직공무원 봉급표를 이용하였다.

$$(기본급 \times 12) + (기본급 \times \text{약}650\%) + (\text{제수당(기본급의 약}60\%) \times 12)$$

<표 4-70> 인건비 현황

(단위: 원)

직 렬	직무등급	호 봉	기본급	연봉
전무 1	6급	19호봉	2,177,400	55,959,180
전무 2	6급	26호봉	2,403,100	61,759,670
전무 3	7급	12호봉	1,658,800	42,631,160
선박 1	6급	7호봉	1,530,200	39,326,140
전송 1	6급	17호봉	2,095,600	53,856,920
수로 1	7급	5호봉	1,245,200	32,001,640
수로 2	6급	13호봉	1,903,300	48,914,810
수로 3	7급	10호봉	1,551,800	39,881,260
기능 1	6급	20호봉	2,214,900	56,922,930
기능 2	8급	3호봉	1,006,500	25,867,050
기능 3	8급	5호봉	1,116,100	28,683,770
합 계				457,120,760

4. 갱신비

갱신비는 조달청 고시 제2006-1호 “내용연수 개정”에 근거하여 컴퓨터 관련 장비는 5년마다 교체하는 것을 기준으로 하며, 기타 주요장비는 10년마다 교체하는 것을 기준으로 한다. 다만, 세부항목에 대한 갱신비용을 산출하는 것이 현 단계에서 어려우므로 일본 VTS의 자료를 이용하여 계산기간 중 갱신비용이 건설비의 56.7%에 해당하는 비용으로 산정하였다.

4.3.4.5 계산기간과 사회적 할인율

1. 계산기간(n): 20년

연안 VTS의 주요 장비 및 시설에 대한 내구연한의 공용기간을 고려하여 비용효과분석의 계산기간은 20년으로 설정한다.

2. 사회적 할인율: 6.5%

사회적 할인율은 한국개발원에서 수행된 연구에서의 제시된 6.5%를 적용한다.

4.3.4.6 평가지표

1. 편익의 현재가치 산정표(기준년도: 2006년)

(단위: 천원)

연도(t)		안전편익B _{1t}		수송편익B _{2t}		잔존가치	편익의 현재가치
		편익비용	현재가치	편익비용	현재가치		
1	2006	2,293,119	2,293,119	1,010,553	1,010,553	-	3,303,674
2	2007	5,369,835	5,042,099	2,366,430	2,222,003	-	7,264,102
3	2008	5,718,875	5,042,099	2,520,248	2,222,003	-	7,264,102
4	2009	6,090,602	5,042,099	2,684,064	2,222,003	-	7,264,102
5	2010	6,486,491	5,042,099	2,858,528	2,222,003	-	7,264,102
6	2011	6,908,113	5,042,099	3,044,333	2,222,003	-	7,264,102
7	2012	7,357,140	5,042,099	3,242,214	2,222,003	-	7,264,102
8	2013	7,835,354	5,042,099	3,452,958	2,222,003	-	7,264,102
9	2014	8,344,652	5,042,099	3,677,400	2,222,003	-	7,264,102
10	2015	8,887,054	5,042,099	3,916,431	2,222,003	-	7,264,102
11	2016	9,464,713	5,042,099	4,170,999	2,222,003	-	7,264,102
12	2017	10,079,919	5,042,099	4,442,114	2,222,003	-	7,264,102
13	2018	10,735,114	5,042,099	4,730,852	2,222,003	-	7,264,102
14	2019	11,432,896	5,042,099	5,038,357	2,222,003	-	7,264,102
15	2020	12,176,035	5,042,099	5,365,850	2,222,003	-	7,264,102
16	2021	12,967,477	5,042,099	5,714,631	2,222,003	-	7,264,102
17	2022	13,810,363	5,042,099	6,086,082	2,222,003	-	7,264,102
18	2023	14,708,037	5,042,099	6,481,677	2,222,003	-	7,264,102
19	2024	16,682,223	5,042,099	7,351,680	2,222,003	-	7,264,102
20	2025	16,682,223	5,042,099	7,351,680	2,222,003	2,276,952	9,541,054
합 계		194,030,235	98,093,000	85,507,081	43,228,610	2,276,952	143,598,564

2. 비용의 현재가치 산정표(기준년도: 2006년)

(단위: 천원)

연도(t)		건설비 C _{1t}		갱신비 C _{2t}		유지 운영비 C _{3n}		비용의 현재가치
		비용	현재가치	비용	현재가치	비용	현재가치	
1	2006	12,417,405	12,417,405	-	-	324,523	324,523	12,741,928
2	2007	-	-	-	-	759,941	713,560	713,560
3	2008	-	-	-	-	809,338	713,560	713,560
4	2009	-	-	-	-	861,945	713,560	713,560
5	2010	-	-	1,408,134	1,811,517	917,971	713,560	2,121,694
6	2011	-	-	-	-	977,639	713,560	713,560
7	2012	-	-	-	-	1,041,186	713,560	713,560
8	2013	-	-	-	-	1,108,863	713,560	713,560
9	2014	-	-	-	-	1,180,939	713,560	713,560
10	2015	-	-	4,224,401	7,445,804	1,257,700	713,560	4,937,961
11	2016	-	-	-	-	1,339,450	713,560	713,560
12	2017	-	-	-	-	1,426,514	713,560	713,560
13	2018	-	-	-	-	1,519,238	713,560	713,560
14	2019	-	-	-	-	1,617,988	713,560	713,560
15	2020	-	-	1,408,134	3,400,466	1,723,158	713,560	2,121,694
16	2021	-	-	-	-	1,835,163	713,560	713,560
17	2022	-	-	-	-	1,954,448	713,560	713,560
18	2023	-	-	-	-	2,081,488	713,560	713,560
19	2024	-	-	-	-	2,360,875	713,560	713,560
20	2025	-	-	-	-	2,360,875	713,560	713,560
합 계		12,417,405	12,417,405	7,040,669	12,657,787	27,459,242	13,882,163	33,340,237

3. 편익과 비용의 평가지표 산출표(수송편익을 고려했을 때)

구 분		현재가치(천원)	
		편 익	비 용
1	2006	3,303,674	12,741,928
2	2007	7,264,102	713,560
3	2008	7,264,102	713,560
4	2009	7,264,102	713,560
5	2010	7,264,102	2,121,694
6	2011	7,264,102	713,560
7	2012	7,264,102	713,560
8	2013	7,264,102	713,560
9	2014	7,264,102	713,560
10	2015	7,264,102	4,937,961
11	2016	7,264,102	713,560
12	2017	7,264,102	713,560
13	2018	7,264,102	713,560
14	2019	7,264,102	713,560
15	2020	7,264,102	2,121,694
16	2021	7,264,102	713,560
17	2022	7,264,102	713,560
18	2023	7,264,102	713,560
19	2024	7,264,102	713,560
20	2025	9,541,054	713,560
합계		143,598,564	33,340,237
순현재가치(천원)		110,258,327	
비용·편익비율		4.307	
내부수익률(%)		73.73	

4. 편익과 비용의 평가지표 산출표(수송편익을 고려하지 않았을 때)

구 분		현재가치(천원)	
		편 익	비 용
1	2006	2,293,119	12,741,928
2	2007	5,042,099	713,560
3	2008	5,042,099	713,560
4	2009	5,042,099	713,560
5	2010	5,042,099	2,121,694
6	2011	5,042,099	713,560
7	2012	5,042,099	713,560
8	2013	5,042,099	713,560
9	2014	5,042,099	713,560
10	2015	5,042,099	4,937,961
11	2016	5,042,099	713,560
12	2017	5,042,099	713,560
13	2018	5,042,099	713,560
14	2019	5,042,099	713,560
15	2020	5,042,099	2,121,694
16	2021	5,042,099	713,560
17	2022	5,042,099	713,560
18	2023	5,042,099	713,560
19	2024	5,042,099	713,560
20	2025	7,319,051	713,560
합계		100,369,952	33,340,237
순현재가치(천원)		67,029,715	
비용·편익비율		3.01	
내부수익률(%)		45.43	

4.3.4.7 운영효과분석 총괄표

1. 사업명		진도연안VTS	
2. 사업목적		선박통항이 빈번하고 해상교통밀도가 높아 해양사고가 빈번한 서남해안에 진도 연안VTS을 설치하고, 그것으로써 사업대상해역의 선박교통의 안전한 통항을 확보함과 동시에 운항능률 향상을 도모하는 것으로 한다.	
3. 연간 통항선박 척수(현황)			
① 해당해역 통항 척수		통항 척수 109,500 척	
4. 비용편익분석			
사회적 할인율		6.5%	
현재 가치화 기준년도		2006년	
평가 지표		수송편익 고려 시	수송편익 미 고려 시
	비용편익비	4.31	3.01
	순현재가치	110,258백만 원	67,029백만 원
	경제적 내부수익률	73.73%	45.43%
5. 민감도분석(수송편익 고려 시)			
수요동향(+10%)	비용편익비	4.44	
	순현재가치	114,581백만 원	
	경제적 내부수익률	76.84%	
수요동향(-10%)	비용편익비	4.18	
	순현재가치	105,935백만 원	
	경제적 내부수익률	70.67%	

6. 정량적 평가 데이터 및 정성적 평가		
(1) 안전성 향상		
① 해양사고 감소	사업대상 해역에서의 해양사고가 연간 1.38건 감소한다.	◎
② 2차 재해 감소	- 사업대상해역을 통항하는 연간 109,500척의 안전한 통항이 확보된다. - 해난발생의 초기대응이 신속하게 처리되어 해상 화재 등의 거대한 재해가 방지된다.	◎
③ 항해자의 부담 경감	항해자의 심리적인 부담이 경감된다.	◎
(2) 국제적 요청에 대응	국제표준의 해상교통안전시설을 채용함으로써 우리나라의 연안을 통항하는 외국선이 안전하게 통항할 수 있다.	◎
(3) 효율성 향상		
① 시간 비용의 절감	- 사업대상 해역에서는 해당 표지설치에 따라 연간 42,340마일의 항해거리 단축을 꾀할 수 있다. - 선박 통항 시간의 단축으로 수송비용의 절감의 효과가 있다.	◎
② 해상작업의 효율화	각종 공사, 장애물 등의 정보제공에 의해 해상작업의 효율성이 향상될 것으로 기대된다.	◎
(4) 신뢰성 향상		
물류비용 삭감	선박통항시간의 단축으로 물류비용이 삭감될 가능성이 있다.	◎
(5) 환경 보전		
CO2, NOX 배출량 삭감	해상교통의 신뢰성이 높아지고, modal shift가 촉진되어 CO2, NOX의 배출량이 삭감될 가능성이 있다.	◎
(6) 산업진흥		
① 해양개발	-	
② 신제품 개발	-	
(7) 지역의 매력 향상		
① 경관 형성	-	
② 관광객유치 효과	-	

4.3.5 운영효과편익산출의 적용결과

진도 연안VTS센터에 대한 운영효과 편익산출모델의 적용결과 안전편익은 선박손상의 손실비용, 선박보수시간중 손실비용, 인적 손실비용, 선박사고처리 비용 등이 포함되었으며, 계산결과 연간 50.42억 원의 안전편익이 발생되었다.

수송편익을 고려 시 현재 가치화 기준연도를 2005년으로 볼 때 비용편익비율이 4.31로 산출되었다. 또한 경제적 내부수익률이 73.73%로서 사회적 할인율보다 대단히 높게 나왔다. 수송편익을 미고려 시에는 비용편익비율이 3.01, 내부수익률은 45.43%로 나타났다. 민감도분석의 결과 해상교통량의 10% 증감에 따라 비용편익비가 각각 4.44 및 4.17로 산정되었으며, 경제적 내부수익률은 76.84% 및 70.67%를 보였다.

기타 편익으로서 최종년도의 편익에 기기 및 설비에 대한 잔존가치를 합하여 계산하였다. 잔존가치는 기기의 잔존가치와 설비의 잔존가치를 고려하게 되며, 22.77억원으로 산정되었다.

진도 연안VTS센터에 대한 운영효과 편익산출모델에 사용된 비용항목은 건설비, 인건비, 유지운영비, 갱신비로 구성되었다. 건설비는 총 124.17억원이고, 유지운영비는 비품의 갱신 및 소모품의 보충에 필요한 경비와 직원이 점검을 행하는데 필요한 경비로 연간 2.56억원으로 산정되었다. 인건비는 현재 근무인원의 직급을 호봉을 기준으로 일반적 공무원 연봉계산식을 이용하여 총 4.57억원으로 계산되었다. 갱신비는 주요장비는 10년마다, 컴퓨터 관련 장비는 5년마다 교체하는 것을 기준으로 하여 산정하였으며, 건설비의 56.7%에 해당하는 70.41억원으로 예상되었다.

기본적으로 순현재가치(NPV)가 670.29억원으로 나타나 사회후생에 긍정적인 공헌이 있다고 판단되었다. 또한 비용편익비는 1.0보다 약 4배 이상으로 높게 산정되어 경제적으로 타당성이 매우 높은 것으로 평가되었다.

4.3.6 다른 모델과의 비교

본 연구에서 제안된 모델을 바탕으로 수행된 진도 연안 VTS의 운영효과 분석결과를 Goss & Halliday²⁾에 의해 수행된 유럽수역(도버해협)에서의 연안 VTS의 비용편익분석 결과를 상호 비교함으로써 본 모델을 검증하고자 한다. 다만, 동일한 평가대상에 대한 비교가 아니기 때문에 객관적인 비교를 통한 검증이 어려운 부분이 많다. 특히 두 수역의 통항량 등의 교통특성, 비용편익 계산 등에 있어서의 상이한 기준으로 명확한 비교는 어려우나, 편익 및 비용 비교를 통해 비용편익비 계산결과에 대해 비교하고자 한다.

기본 계산 조건으로 사용연수는 20년으로 두 경우 모두 동일하며, 사회적 할인율은 본 모델의 경우 6.5%, 유럽 연안VTS 모델의 경우 5%를 각각 적용한다. 또한, 유럽 모델에서는 GO(Gross Output) 및 WTP(Willingness to Pay) 방법 등 두가지 방식에 의해 비용편익비를 계산하고 있으나, 본 비교에서는 혼동을 막기 위해 Gross Output 방법에 의한 비용편익 계산방법과 서로 비교를 한다. 그리고 도버해협 연안 VTS모델의 금액에 대한 모든 단위가 파운드(GBP)이므로 두 결과를 직관적으로 비교 가능하도록 모든 금액을 2006년 12월 31일 기준 환율(1GBP=1,825원)로 환산하여 비교한다.

사용연수를 20년으로 동일하게 적용하여 두 모델에 대한 편익과 비용의 평가 지표 산출결과를 비교하면 <표 4-71>과 같다. 본 모델의 비용편익계산결과보다 유럽모델에서의 안전편익 산출결과가 약 12.3배 높은 것으로 나타났으며, 다소 상이한 점은 유럽모델에서는 편익항목 중 수송편익에 대한 산출결과가 없었다. 비용에서도 유럽모델의 경우가 약 1.7배 높은 결과를 나타냈다. 결과적으로 도버해협의 비용편익비율이 진도 연안VTS보다 약 5배 높은 것으로 조사되었다.

다만, 이 결과는 Dover Coastal VTS가 통항량이 많고 국제수로인 도버해협을 관리하고 있는 곳으로 통항분리항로(TSS)의 준수 독려 및 감시를 통해 선박사고 예방에 크게 기여하고 있는 것을 고려했을 때 진도 연안VTS보다 훨씬 높은 비용편익비율을 나타내는 것으로 판단된다.

<표 4-71> 비용편익계산에 대한 유럽모델과의 비교·검증

(단위: 천원)

		본 연구 제안모델 (진도 연안VTS)	유럽 모델 (Dover Coastal VTS)
기본조건	사회적 할인율	6.5%	5.0%
	사용연수	20년	20년
I. 편익	안전편익	100,369,952	1,233,335,000
	수송편익	43,228,612	미 고려
	합 계	143,598,564	1,233,335,000
II. 비용		33,340,237	57,670,000
III. 순현재가치		110,258,327	1,175,665,000
IV. 비용편익비율		4.307	21.386

4.4 요약

이 장에서는 해상교통안전시설의 운영효과분석모델을 실제로 해양수산부에서 운영·관리하는 인천조류신호소, 목포집약관리시스템, 진도 연안 VTS에 적용하여 평가하였다.

인천조류신호소의 안전편익에서는 선박손상의 손실비용, 선박보수기간 중 손실비용, 사고선박처리 손실비용이 포함되었다. 선박손상의 손실비용에서 연간 평균발생건수는 0.67건, 사고당 평균비용이 16.74억 원/건이 산출되었다. 선박보수기간 중 손실비용에서 건당 평균손실비용은 4.931억 원/건으로 산출되었다. 사고선박처리 손실비용에서 사고당 평균처리비용은 0.23억 원/건으로 산출되었다. 그리고 해양사고건수의 증가율을 선박입항 총톤수의 증가율로 나눈 값인 해양사고발생계수는 0.85를 적용하였다. 기타편익은 항해자의 심리적 부담 경감 비로서 항해자의 심리적 경감효과는 인천항을 출입하는 선박의 항해자와 도선사를 대상으로 CVM기법을 이용하여 산출하였다. 설문조사결과 인천 조류신호소의 정보에 대한 지불의사비용의 평균은 10,966원으로 나타났다. 이로써 항해자의 연간 심리적 부담 경감비용은 2007년 1.56억원, 2024년 2.55억원인 것으로 산출되었다. 추가적으로 토지와 전광판의 분석기간 20년 후의 잔존가치는 총 3.81억원으로 산출되었다.

비용항목에서는 건설비, 유지운영비, 갱신비로 구성되었다. 건설비는 총 129.30억원이고, 유지운영비는 통신비, 유류비, 전기료, 인건비, 보수비 등으로 2007년 4.39억원, 2024년 5.26억원으로 예상되었다. 갱신비는 2009년 1.74억원, 2014년 43.23억원, 그리고 2019년 1.74억원으로 각각 예상되었다.

인천 조류신호소에 대한 운영효과 편익산출모델의 편익과 비용을 종합하여 분석한 비용편익비는 현재 가치화 기준연도를 2005년으로 볼 때 1.16으로 산출되었다. 그리고 순현재가치는 43.30억원이었다. 경제적 내부수익률은 9.18%로서 사회적 할인율보다 높게 나왔다. 민감도분석의 결과 해상교통량의 10% 증감에 따라 각각 비용편익비가 1.25, 1.04로 나왔다. 경제적 내부수익률은 각각 10.92%, 7.26%를 보였다. 기본적으로 순현재가치(NPV)가 43.30억원으로 나타나 사회후생에 긍정적인 공헌이 있다고 판단되었다. 또한 비용편익비는 1보다 높

게 나와 경제적으로 타당성이 있는 것으로 평가되었다.

목포집약관리시스템의 안전편익에서는 선박손상의 손실비용, 선박보수기간 중 손실비용, 인적 손실비용, 사고선박처리 손실비용이 포함되었다. 선박손상의 손실비용에서 연간 평균발생건수는 1.667건, 사고당 평균비용이 5.645억 원/건이 산출되었다. 선박보수기간 중 손실비용에서 건당 평균손실비용은 0.767억 원/건으로 산출되었다. 기타편익은 표지선의 유류소비 절감비용으로서 목포해양수산청의 항로표지선에 대한 유류비 약 42.4%의 절감을 적용하여 연간 유류절감비용을 산출하였다. 운영전과 운영후의 월 평균 F.O. 소비량과 월 평균 유류비를 고려할 때 연간 유류절감비용은 0.83억원으로 계산되었다. 또한 운영률 향상에 따른 편익은 집약관리시스템이 설치된 등부표, 등표, 무인등대 등의 총 설치비용 66.97억원에 대한 운영향상률 5%를 적용하여 연간 3.35억원으로 나타났다.

비용항목은 건설비, 유지운영비, 갱신비로 구성되었다. 건설비는 총 18.44억원이고, 유지운영비는 2008년 이후부터 연간 0.37억원으로 예상되었다. 갱신비는 주요 자재내역의 통신장비 등 주요장비를 5년마다 교체하는 것으로 하여 2009년에 11.00억원이 발생하는 것으로 산출되었다.

목포 집약관리시스템에 대한 운영효과 편익산출모델의 편익과 비용을 종합하여 분석한 비용편익비는 현재 가치화 기준연도를 2005년으로 볼 때 1.47로 산출되었다. 그리고 순현재가치는 14.97억원이었다. 경제적 내부수익률은 22.14%로서 사회적 할인율보다 높게 나왔다. 민감도분석의 결과 해상교통량의 10%증감에 따라 각각 비용편익비가 1.49, 1.45로 나왔다. 경제적 내부수익률은 각각 22.76%, 21.54%를 보였다. 기본적으로 순현재가치(NPV)가 14.97억원으로 나타나 사회후생에 긍정적인 공헌이 있다고 판단되었다. 또한 비용편익비는 1보다 높게 나와 경제적으로 타당성이 있는 것으로 평가되었다.

진도 연안 VTS의 안전편익은 선박손상의 손실비용, 선박보수시간중 손실비용, 인적 손실비용, 선박사고처리비용 등이 포함되었으며, 계산결과 연간 50.42억 원의 안전편익이 발생되었다.

진도 연안VTS센터건립에 따른 수송편익은 일일 TSS(통항분리대) 통항선박중 20%의 선박이 연안VTS센터의 적극적 관제에 의해 TSS가 아닌 맹골수로 통항가능하게 될 때의 일일 항행거리 단축량(마일)을 계산하여 해상수송비

용의 삭감액인 연간 22.2억원의 수송편익이 산출되었다.

기타 편익으로서 최종년도의 편익에 기기 및 설비에 대한 잔존가치를 합하여 계산하였다. 잔존가치는 기기의 잔존가치와 설비의 잔존가치를 고려하게 되며, 22.77억원으로 산정되었다.

비용항목은 건설비, 인건비, 유지운영비, 갱신비로 구성되었다. 건설비는 총 124.17억원이고, 유지운영비는 비품의 갱신 및 소모품의 보충에 필요한 경비와 직원이 점검을 행하는데 필요한 경비로 연간 2.56억원으로 산정되었다. 인건비는 현재 근무인원의 직급을 호봉을 기준으로 일반적 공무원 연봉계산식을 이용하여 총 4.57억원으로 계산되었다. 갱신비는 주요장비는 10년마다, 컴퓨터 관련 장비는 5년마다 교체하는 것을 기준으로 하여 산정하였으며, 건설비의 56.7%에 해당하는 70.40억원으로 예상되었다.

진도 연안VTS센터에 대한 운영효과 편익산출모델의 편익과 비용을 종합하여 분석한 비용편익비는 수송편익을 고려 시 현재 가치화 기준연도를 2005년으로 볼 때 비용편익비율이 4.31로 산출되었다. 또한 경제적 내부수익률이 73.73%로서 사회적 할인율보다 대단히 높게 나왔다. 민감도분석의 결과 해상교통량의 10% 증감에 따라 비용편익비가 각각 4.44 및 4.17로 산정되었으며, 경제적 내부수익률은 76.84% 및 70.67%를 보였다. 기본적으로 순현재가치(NPV)가 670.29억원으로 나타나 사회후생에 긍정적인 공헌이 있다고 판단되었다. 또한 비용편익비는 1.0보다 약 4배 이상으로 높게 산정되어 경제적으로 타당성이 매우 높은 것으로 평가되었다.

제5장 결 론

해상교통안전시설은 선박이 연안을 항해할 때, 연안에서의 선박을 안전하게 유도하거나 선박의 위치를 용이하게 측정할 수 있도록 하여 해양사고를 예방하는데 커다란 기여를 하고 있다. 따라서 이러한 시설을 도입하기 위해 도입대상 해역에 대한 해상교통조사를 실시하여 교통량, 항적 등의 교통특성을 파악하고, 해양사고를 분석하여 그 원인요소를 도출한 후, 해상교통안전시설의 종류별 기능을 고찰하여 대상해역에 설치된 해상교통안전시설의 경제성을 판단하기 위하여 편익산출모델을 수립하고 대상해역에 적용하여 설치운용에 대한 운영효과를 분석하고 평가하게 된다.

본 연구에서는 해상교통안전시설의 경제성을 판단하기 위하여 국내외 사례조사와 해상교통안전시설들의 기능, 실측교통조사, 교통자료 통계조사 및 해양사고 통계조사 등을 행하고 이의 면밀한 분석 작업을 통하여 운영효과 편익산출모델을 구축하였다. 또한 운영효과 편익산출모델은 보다 실제적인 분석이 이루어질 수 있도록 하기 위하여 세세한 부분까지 고려하여 편익항목을 안전편익, 수송편익 및 기타편익 3개로 분류하여 수립하였다. 안전편익은 인명, 선체와 화물, 운항손실, 해난구조, 수색 및 구조, 시설물 손상, 수송편익은 운항경비 절감비용, 기타편익은 해상교통안전시설의 기술발전과 새로운 장비 등의 수요로 인한 기존 해상교통안전시설과 다른 특성에 따른 편익을 세분하였다. 모든 편익항목을 정량화하는 방법을 제안하였다.

비용의 산출에서 계산하는 비용은 건설비, 유지보수비, 기기갱신비로 하고, 사업계획의 연도별 비용을 사용하였으며, 운영효과분석에서는 비용편익비, 순현재가치, 경제적 내부수익률의 세 가지 지표 및 정량적, 정성적 분석결과를 사용하여 사업투자의 타당성을 평가하였다.

또한 서해안에서 교통의 요지인 인천해역과 목포해역을 연구대상해역으로 설정하고 해상교통조사 및 해양사고분석을 통하여 적합한 해상교통안전시설을 선정 후, 이 설비의 운영에 대해 수립된 운영효과 편익산출모델을 적용하여 대상해역에 있어서의 해상교통안전시설 편익을 산출하고 비용을 산출하여 운영효과를 분석하여 평가하였다.

각 장별 내용을 요약하면 다음과 같다.

제1장에서는 연구의 배경 및 목적과 연구의 방법, 연구의 동향, 연구의 내용에 대하여 기술하였다.

제2장에서는 해상교통시설의 운영효과에 대한 평가절차나 평가방법을 제안하였다. 평가방법은 가능한 한 구체적인 지표·수치에 의한 정량적인 평가방법을 사용하고 정량적인 평가방법이 곤란한 경우는 정성적인 평가방법을 적용한다. 평가절차에서는 사전평가, 중간평가, 재평가로 구분하였다. 그리고 국내의 1999년부터 2005년까지 비용 편익 분석 사례를 조사하였으며 국외의 운영효과 분석 사례도 조사하였다.

제3장에서는 해상교통안전시설의 편익산출 모델의 수립에서는 해상교통안전시설의 정의와 그 종류들로는 시각표지, 전파표지, 음파표지, 특수신호표지와 집약관리시스템이 있으며 그들의 기능에 대하여 서술하였다. 그리고 해상교통안전시설의 운영효과 편익산출모델에서는 모델수립의 기본원칙과 모델을 수립하는데 필요한 데이터와 자료를 제시하였으며 분석모델의 적용범위에 대하여 제시하였다.

운영효과의 편익산출에서 편익은 안전편익과 수송편익 그리고 기타편익으로 구분하였다. 안전편익의 산출에서는 해양사고 감소율을 산출하고 그에 따른 해상교통안전시설에 의한 손실회피비용이 화폐가치로 환산한 것이 안전편익으로 산출하였다. 수송편익에서는 통항소요시간의 계산을 통하여 통항소요시간의 감소에 따른 운항시간 단축율, 운항경비 절감비용을 수송편익으로 산출하였다. 기타편익에서는 항해자의 심리적 부담 경감비, 해상교통안전시설의 기술발전과 새로운 장비 등의 투입으로 해상교통안전시설의 운영율의 증가와 운영경비절감 등 안전편익과 수송편익 이외의 모든 편익을 산출하여 기타편익으로 하였다.

비용의 산출에서 계산하는 비용은 건설비, 유지보수비, 기기갱신비로 하고, 사업계획의 연도별 비용을 사용하였다. 건설비용으로서는 조사/설계, 용지측량, 용지구입, 보상, 토목공사(도로, 부지 등), 건축공사(국사/등탑건설, 전기/기계설비 등), 철탑제조/건설공사, 전력인입공사, 각종 기기 제조/구입, 각종 기기 설치공사, 부담금 등을 포함하였으며, 해당 발생년도에 비용으로 계산하였다. 갱신비용으로서는 각종 기기의 물리적인 내구연한에 기초하여 계산되었으며, 해당

발생년도의 비용으로 계산하였다. 유지운영비는 유지운영에 소요된 비용으로서 인건비, 물품비(비품비, 소모품비), 전기/수도비(전력, 수도, 가스요금, 청사유지), 순회점검비, 보수비(건물, 설비, 기기), 토지건물 차용비 등을 포함하는 필요비용을 포함하였으며, 해당 발생년도에 비용으로 계산하였다.

운영효과분석에서는 비용편익비, 순현재가치, 경제적 내부수익률의 세 가지 지표 및 정량적, 정성적 분석결과를 사용하여 사업투자의 타당성을 평가한다. 비용편익비는 비용에 대한 편익의 상대적 크기를 비로 나타낸 것으로, 이 수치가 1보다 클 때는 경제적 타당성이 있는 것으로 본다. 그리고 비용편익비는 사회적 할인율의 영향을 받는다는 점을 유의한다. 순현재가치는 편익에서 비용을 뺀 것으로, 이 수치가 양(+의 값을 가질 때는 사회경제적으로 보아 효율적인 사업으로 평가할 수 있다. 그리고 순현재가치도 사회적 할인율의 영향을 받는다. 경제적 내부수익률이 설정하고 있는 사회적 할인율보다도 클 경우에는 사회경제적인 관점에서 효율적인 사업으로 간주될 수 있다. 또한 경제적 내부수익률은 사회적 할인율의 영향을 받지 않는 항목이다.

제4장에서는 해상교통안전시설의 운영효과분석모델을 실제로 해양수산부에서 운영·관리하는 인천조류신호소, 목포집약관리시스템, 진도 연안 VTS에 적용하여 평가하였다.

인천조류신호소의 안전편익에서는 선박손상의 손실비용, 선박보수기간 중 손실비용, 사고선박처리 손실비용이 포함되었다. 선박손상의 손실비용에서 연간 평균발생건수는 0.67건, 사고당 평균비용이 16.74억 원/건이 산출되었다. 선박보수기간 중 손실비용에서 건당 평균손실비용은 4.931억 원/건으로 산출되었다. 사고선박처리 손실비용에서 사고당 평균처리비용은 0.23억 원/건으로 산출되었다. 그리고 해양사고건수의 증가율을 선박입항 총톤수의 증가율로 나눈 값인 해양사고발생계수는 0.85를 적용하였다. 기타편익은 항해자의 심리적 부담 경감비로서 항해자의 심리적 경감효과는 인천항을 출입하는 선박의 항해자와 도선사를 대상으로 CVM기법을 이용하여 산출하였다. 설문조사결과 인천 조류신호소의 정보에 대한 지불의사비용의 평균은 10,966원으로 나타났다. 이로써 항해자의 연간 심리적 부담 경감비용은 2007년 1.56억원, 2024년 2.55억원인 것으로 산출되었다. 추가적으로 토지와 전광판의 분석기간 20년 후의 잔존가치는 총 3.81억원으로 산출되었다.

비용항목에서는 건설비, 유지운영비, 갱신비로 구성되었다. 건설비는 총 129.30억원이고, 유지운영비는 통신비, 유류비, 전기료, 인건비, 보수비 등으로 2007년 4.39억원, 2024년 5.26억원으로 예상되었다. 갱신비는 2009년 1.74억원, 2014년 43.23억원, 그리고 2019년 1.74억원으로 각각 예상되었다.

인천 조류신호소에 대한 운영효과 편익산출모델의 편익과 비용을 종합하여 분석한 비용편익비는 현재 가치화 기준연도를 2005년으로 볼 때 1.16으로 산출되었다. 그리고 순현재가치는 43.30억원이었다. 경제적 내부수익률은 9.18%로서 사회적 할인율보다 높게 나왔다. 민감도분석의 결과 해상교통량의 10% 증감에 따라 각각 비용편익비가 1.25, 1.04로 나왔다. 경제적 내부수익률은 각각 10.92%, 7.26%를 보였다. 기본적으로 순현재가치(NPV)가 43.30억원으로 나타나 사회후생에 긍정적인 공헌이 있다고 판단되었다. 또한 비용편익비는 1보다 높게 나와 경제적으로 타당성이 있는 것으로 평가되었다.

목포집약관리시스템의 안전편익에서는 선박손상의 손실비용, 선박보수기간 중 손실비용, 인적 손실비용, 사고선박처리 손실비용이 포함되었다. 선박손상의 손실비용에서 연간 평균발생건수는 1.667건, 사고당 평균비용이 5.645억 원/건이 산출되었다. 선박보수기간 중 손실비용에서 건당 평균손실비용은 0.767억 원/건으로 산출되었다. 기타편익은 표지선의 유류소비 절감비용으로서 목포해양수산청의 항로표지선에 대한 유류비 약 42.4%의 절감을 적용하여 연간 유류절감비용을 산출하였다. 운영전과 운영후의 월 평균 F.O. 소비량과 월 평균 유류비를 고려할 때 연간 유류절감비용은 0.83억원으로 계산되었다. 또한 운영률 향상에 따른 편익은 집약관리시스템에 설치된 등부표, 등표, 무인등대 등의 총 설치비용 66.97억원에 대한 운영향상률 5%를 적용하여 연간 3.35억원으로 나타났다.

비용항목은 건설비, 유지운영비, 갱신비로 구성되었다. 건설비는 총 18.44억원이고, 유지운영비는 2008년 이후부터 연간 0.37억원으로 예상되었다. 갱신비는 주요 자재내역의 통신장비 등 주요장비를 5년마다 교체하는 것으로 하여 2009년에 11.00억원이 발생하는 것으로 산출되었다.

목포 집약관리시스템에 대한 운영효과 편익산출모델의 편익과 비용을 종합하여 분석한 비용편익비는 현재 가치화 기준연도를 2005년으로 볼 때 1.47로 산출되었다. 그리고 순현재가치는 14.97억원이었다. 경제적 내부수익률은 22.14%

로서 사회적 할인율보다 높게 나왔다. 민감도분석의 결과 해상교통량의 10% 증감에 따라 각각 비용편익비가 1.49, 1.45로 나왔다. 경제적 내부수익률은 각각 22.76%, 21.54%를 보였다. 기본적으로 순현재가치(NPV)가 14.97억 원으로 나타나 사회후생에 긍정적인 공헌이 있다고 판단되었다. 또한 비용편익비는 1보다 높게 나와 경제적으로 타당성이 있는 것으로 평가되었다.

진도 연안 VTS의 안전편익은 선박손상의 손실비용, 선박보수시간중 손실비용, 인적 손실비용, 선박사고처리비용 등이 포함되었으며, 계산결과 연간 50.42억 원의 안전편익이 발생되었다.

진도 연안VTS센터건립에 따른 수송편익은 일일 TSS를 통항선박 중 20%의 선박이 연안VTS센터의 적극적 관제에 의해 TSS가 아닌 맹골수도로 통항가능하게 될 때의 일일 항행거리 단축량(마일)을 계산하여 해상수송비용의 삭감액인 연간 22.2억 원의 수송편익이 산출되었다.

기타 편익으로서 최종년도의 편익에 기기 및 설비에 대한 잔존가치를 합하여 계산하였다. 잔존가치는 기기의 잔존가치와 설비의 잔존가치를 고려하게 되며, 22.77억 원으로 산정되었다.

비용항목은 건설비, 인건비, 유지운영비, 갱신비로 구성되었다. 건설비는 총 124.17억 원이고, 유지운영비는 비품의 갱신 및 소모품의 보충에 필요한 경비와 직원이 점검을 행하는데 필요한 경비로 연간 2.56억 원으로 산정되었다. 인건비는 현재 근무인원의 직급을 호봉을 기준으로 일반적 공무원 연봉계산식을 이용하여 총 4.57억 원으로 계산되었다. 갱신비는 주요장비는 10년마다, 컴퓨터 관련 장비는 5년마다 교체하는 것을 기준으로 하여 산정하였으며, 건설비의 56.7%에 해당하는 70.41억 원으로 예상되었다.

진도 연안VTS센터에 대한 운영효과 편익산출모델의 편익과 비용을 종합하여 분석한 비용편익비는 수송편익을 고려 시 현재 가치화 기준연도를 2005년으로 볼 때 비용편익비율이 4.31로 산출되었다. 또한 경제적 내부수익률이 73.73%로서 사회적 할인율보다 대단히 높게 나왔다. 민감도분석의 결과 해상교통량의 10% 증감에 따라 비용편익비가 각각 4.44 및 4.17로 산정되었으며, 경제적 내부수익률은 76.84% 및 70.67%를 보였다. 기본적으로 순현재가치(NPV)가 67,029백만 원으로 나타나 사회후생에 긍정적인 공헌이 있다고 판단되었다. 또한 비용편익비는 1.0보다 약 4배 이상으로 높게 산정되어 경제적으로 타당성

이 매우 높은 것으로 평가되었다.

운영효과편익산출모델을 적용하여 편익을 산출하는데 어려운 부분은 관련된 해상교통안전시설과 관련된 해양사고에 대한 구체적인 자료의 데이터베이스 구축이 되어있지 않은 것이다. 조류신호소, 집약관리시스템과 진도연안VTS는 설치된 역사가 짧기 때문에 자료의 데이터베이스가 없다는 것이다. 조류신호소와 관련된 운영효과 편익산출에서 해양사고감소로 인한 편익을 정확하게 산출하기 위해서는 발생한 해양사고에 대한 구체적인 내용의 데이터베이스가 구축되어 있어야 한다. 집약관리시스템에 대한 운영효과를 정확하게 파악하기 위해서는 발생한 해양사고에 대한 구체적인 내용의 데이터베이스가 구축되어 있어야 한다. 연안VTS와 관련된 운영효과의 편익산출에서 해양사고감소로 인한 편익을 정확하게 산출하기 위해서는 발생한 해양사고에 대한 구체적인 내용의 데이터베이스가 구축되어 있어야 한다. 즉 조류 및 해상교통안전시설로 인한 사고에 대한 해양사고선박 현황, 손실화물 종류 및 이의 추정금액, 인적피해 정도 및 이의 추정금액, 기타 환경피해액 등을 상세하게 집약한 총괄적 자료구성이 되지 못한 부분이 있었다.

그리고 조류신호소의 장비 및 기기의 구성이 전문적이고 복잡하여 그 특성에 따라 갱신기간, 내구수명이 다르다. 그 외에 기기의 금액도 명시가 없으면 산출하기가 어렵다. 그리하여 본 연구에서는 실제적인 운영에 따른 장비의 관리 운용측면을 고려한 비용을 산출할 수 없어서 조달청에서 정한 장비의 내구년수를 이용하여 비용을 산출하였다.

해상교통안전시설의 특수신호표지 중에서 조류신호소와 선박통항관제신호소(VTS)의 편익산출모델을 적용하여 운영효과분석을 행하여 경제적 내부수익률은 사회적 할인율보다 높게 나왔고 비용편익비가 1보다 높게 나와 경제적으로 타당성이 있는 것으로 나타났다. 하지만 해상교통안전시설의 운영에 따른 정확하고 상세한 데이터를 구축하지 못한 부분이 있기 때문에 운영효과분석에 미진한 부분이 있다. 그러므로 해상교통안전시설의 운영효과분석을 행한다면 해상교통안전시설의 운영에 따른 해양사고와 관련된 보다 많은 데이터를 상세하게 구축하는 것이고 해상교통안전시설의 장비와 기기의 금액과 갱신기간, 내구년 등의 데이터를 상세하게 작성하여 편익산출모델을 적용하여 편익을 산출하고 운영효과에 대한 분석을 행하는 것이 향후 연구의 과제라고 생각한다.

참고문헌

1. Jules Dupuit, "On the Measurement of Utility of Public Works," International Economic Papers, Vol. 2, 1952(Originally Published in France in 1844)
2. A Report by R. O. Goss & J. E. Halliday of the Department of Maritime Studies University of Wales Institute of Science and Technology Cardiff
3. The US Department of Transportation's Research and Special Programs Administration's Volpe National Transportation Systems Center, VNTSC, 1990.2 ~ 1991.8
4. Expected Safety Benefits of Electronic Chart and Integrated Navigation Systems by Hauke L. Kite-Powell - Journal of Transport Economics and Policy 1997.5
5. 인도네시아공화국, "항행원조시설 정비 기본계획"보고서
6. IALA, 선박통행업무(VTS Manual) 1993.9.
7. Boardman., Greenberg., Vining and Weimer, Cost-Benefit Analysis Concepts and Practice, Prentice Hall, New Jersey, 1996. pp. 2-5.
8. Sasson P. G. and W. A. Schaffer, *Cost-Benefit Analysis: A Hand Book*, Academic Press, Inc., 1978, p. 3.
9. 국제항로표지협회, <http://www.iala-aism.org>
10. 해양수산부 "항로표지업무편람" 2006, pp1-2
11. 항로표지법 시행규칙 [일부개정 2006.6.26 해양수산부령 제340호]
12. 해양수산부 "항로표지업무편람" 2006, pp7-12
13. 해양수산부 "항로표지업무편람" 2006, pp9-72
14. Hahn, R. W., and J. A. Hird, "The Costs and Benefits of Regulation: Review and Synthesis," Yale Journal of Regulation 8(1) 1991, pp233-278
15. Hazilla, M., and R. Kop, "Social Cost of Environmental Quality Regulations: A General Equilibrium Analysis," Journal of Political Economy 98(4) 1990, pp853-873
16. Anthony E. B., and D. H. G., and A. R. V., and D. L. W., "Cost-Benefit

- Analysis" Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458
17. 정재룡, “항해원조시설의 비용편익분석 모델에 관한 연구”, 한국해양대학교. 2001, pp1-74
 18. 김태윤, 김상봉, “비용·편익분석의 이론과 실제”, 박영사. 2004, pp25-27
 19. 일본해상보안청, “해양사고감소율 통계자료” 일본해상보안청.
 20. 해양경찰청, “해양경찰백서” 해양경찰청. 2006,
 21. 한국개발원, “예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정/보완 연구”(제4판) 2004,
 22. 김동건, “비용·편익분석”, 박영사. 2004, pp33-56
 23. 기상청, 기상연보, 1995,
 24. 기상청, 기상연보, 1996,
 25. 기상청, 기상연보, 1997,
 26. 기상청, 기상연보, 1998,
 27. 기상청, 기상연보, 1999,
 28. 기상청, 기상연보, 2000,
 29. 기상청, 기상연보, 2001,
 30. 기상청, 기상연보, 2002,
 31. 기상청, 기상연보, 2003,
 32. 기상청, 기상연보, 2004,
 33. 해운항만정보센터, <http://www.spidc.go.kr>
 34. 박진수, “(증보)해상교통공학” 한국해양대학교 해사도서출판부, 2001. 2. PP33-98,
 35. 한국종합물류연구원(GLORI), 전국 항만물동량 예측점검, 2005.10.
 36. 영국 해운컨설팅회사(OSC), 전국 항만물동량조사결과.
 37. 박진수, “(증보)해상교통공학” 한국해양대학교 해사도서출판부, 2001. 2. PP99-136,
 38. 해양심판원, <http://www.kmst.go.kr>, 인천항주변해역 해양사고분석자료
 39. 조달청, <http://www.pps.go.kr>,
 40. 해양심판원, <http://www.kmst.go.kr>, 목포항주변해역 해양사고분석자료
 41. 해양심판원, <http://www.kmst.go.kr>, 진도부근해역 해양사고분석자료