

長木里 南海基地 建設事業에 따른
環境影響評價書

1994. 10.

韓國海洋研究所

提 出 文

韓國海洋研究所 所長 責下

본 보고서를 “장목리 남해기지 건설사업에 따른 환경영향평가보고서”의 최종
보고서로 제출합니다.

1994. 10.

주 관 기 관 명 : 한국해양연구소

총괄책임자 : 김 은 수

목 차

제1장 요약문	17
1.1 사업의 내용	17
1.2 사업시행으로 인한 주요영향	17
1.3 환경피해 저감방안	19
1.4 사후환경관리 계획	21
1.5 대안	22
1.6 결론	23
제2장 사업의 개요	25
2.1 사업의 배경 및 목적	27
2.2 향후 추진계획	28
2.3 사업내용	29
2.4 평가서 작성	30
제3장 지역개황	33
3.1 사업지역 및 주변지역의 토지이용 현황	35
3.2 환경관련지구·지역 지정현황	37
3.3 환경기준 및 녹지자연도	38
3.4 환경피해 유발시설물	39
3.5 주요보호대상시설물	40
3.6 환경기초시설	42
3.7 어업권현황	43
제4장 환경영향요소 및 환경인자간의 행렬식대조표	45
4.1 환경영향요소의 추출	47
4.2 환경항목의 설정	47
4.3 환경영향요인 및 항목간 행렬식 대조표	49

제5장 환경현황조사, 예측, 분석 및 저감방안	51
5.1 자연환경	53
1. 지형·지질	53
2. 육수환경	58
3. 기상	62
4. 동·식물상	72
5. 해양환경	151
5.2 생활환경	306
1. 토지이용	306
2. 대기질	311
3. 폐기물	325
4. 토양오염	331
5. 소음 및 진동	335
5.3 사회경제환경	340
1. 인구 및 주거	340
2. 산업구조현황	344
3. 교통	346
제6장 환경에 미치는 악영향의 저감방안	359
6.1 자연환경	361
6.2 생활환경	363
제7장 불가피한 환경영향	365
제8장 사후 환경 관리계획	371
제9장 종합평가 및 결론	375
제10장 기타	383

표 목 차

표 3.1.1	토지이용현황	36
표 3.1.2	거제군 도시계획현황	37
표 3.2.1	거제군의 특별청소지역 지정율	37
표 3.3.1	녹지 자연도 등급별 분포현황	38
표 3.3.2	녹지 자연도 현황	39
표 3.4.1	거제군 공업단지 현황	39
표 3.4.2	도로현황	40
표 3.5.1	문화재 일람표	41
표 3.5.2	천연기념물	41
표 3.6.1	분뇨처리장 현황	42
표 3.6.2	쓰레기 매립장 현황	42
표 3.7.1	거제도 수산관계 현황	43
표 3.7.2	장목리 주변해역의 어업권 현황	43
표 4.2.1	환경설정항목	47
표 4.2.2	환경설정항목의 설정사유	48
표 4.3.1	행렬식 대조표 등급 설정기준	49
표 4.3.2	환경영향요소 및 환경인자간 행렬식 대조표	50
표 5.1.1	자질계통	55
표 5.1.2	거제도 지역의 기상현상일수(0.1일)	70
표 5.1.3	조사지역 및 인근지역의 기후현황	86
표 5.1.4	우점도와 군도의 사정기준	87
표 5.1.5	녹지 자연도 사정기준	88
표 5.1.6	현존량과 순생산량 산정계수	89
표 5.1.7	조사지역의 식물상 현황	93
표 5.1.8	조엽수림대의 표정종 및 분포종	98
표 5.1.9	조사지역의 곰솔, 사방오리, 왕대, 리기다소나무 군락의 종조성표	99
표 5.1.10	조사지역의 식물군락의 분포현황	101
표 5.1.11	거제도 거제군 장목면에 있는 상록활엽수림과 관상수	103
표 5.1.12	곰솔식재림의 밀도, 빈도, 기저면적 및 우점도, 피도, 상대피도 중요치현황	108
표 5.1.13	사방오리 식재림의 밀도, 빈도, 기저면적 및 우점도, 피도, 상대피도 중요치현황	112
표 5.1.14	리기다소나무 식재림의 밀도, 빈도, 기저면적 및 우점도, 피도, 상대피도 중요치현황	116

표 5.1.15	완대 식재림의 밀도, 빈도, 기저면적 및 우점도, 피도, 상대피도 중요치현황	120
표 5.1.16	녹지 자연도 등급별 분포현황	121
표 5.1.17	녹지 자연도 현황	123
표 5.1.18	조사지의 식물 현존량 추정	124
표 5.1.19	조사지역의 식물 현존량 및 순생산량	125
표 5.1.20	각 군락별 기저면적, 수고 및 식물 현존량	126
표 5.1.21	조사지역의 생활형 분포현황	127
표 5.1.22	조사지역의 귀화식물 현황	129
표 5.1.23	토양의 색깔, 수분량, 유기물함량, pH, 총질소, 가용성 인, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량	137
표 5.1.24	거제군 지역의 노거수 현황	139
표 5.1.25	희귀식물 및 자원식물의 분포현황	140
표 5.1.26	대기오염물질과 SO ₂ 에 의한 피해	145
표 5.1.27	대기오염에 내성이 강한 식물(상, 중, 하)의 예	146
표 5.1.28	식재 수종	147
표 5.1.29	지표식물에 의한 대기오염 평가방법	149
표 5.1.30	조석 및 조류관측 위치 및 사용계기	151
표 5.1.31	장목항의 조석 조화상수	155
표 5.1.32	진해·마산해역 조석관측(한국해양연구소, 1983)	157
표 5.1.33	기존 조석자료의 주요성분의 조석 조화상수	157
표 5.1.34	칠천수로의 조류 조화상수	174
표 5.1.35	장목리 주변해역 해수의 온도(℃)	197
표 5.1.36	장목리 주변해역 해수의 염분(‰)	198
표 5.1.37	장목리 주변해역 해수의 용존산소량(mg/l)	199
표 5.1.38	장목리 주변해역 해수의 pH	200
표 5.1.39	장목리 주변해역 해수의 화학식산소요구량(mg/l)	201
표 5.1.40	장목리 주변해역 해수의 부유물질농도(mg/l)	202
표 5.1.41	장목리 주변해역 해수의 유지류농도(mg/l)	203
표 5.1.42	장목리 주변해역 해수의 총무기질소농도(μ g/l)	204
표 5.1.43	장목리 주변해역 해수의 아질산염농도(μ g/l)	205
표 5.1.44	장목리 주변해역 해수의 질산염농도(μ g/l)	206
표 5.1.45	장목리 주변해역 해수의 암모니아농도(μ g/l)	207
표 5.1.46	장목리 주변해역 해수의 인산염농도(μ g/l)	208
표 5.1.47	장목리 주변해역 해수의 규산염농도(μ g/l)	209
표 5.1.48	장목리 주변해역 해수의 클로로필-a농도(μ g/l)	210
표 5.1.49	장목리 주변해역 해수의 카드뮴농도(μ g/l)	211
표 5.1.50	장목리 주변해역 해수의 구리농도(μ g/l)	211

표 5.1.51	장목리 주변해역 해수의 납농도($\mu\text{g/l}$)	212
표 5.1.52	장목리 주변해역 해수의 아연농도($\mu\text{g/l}$)	212
표 5.1.53	장목리 주변해역 해수의 비소농도($\mu\text{g/l}$)	213
표 5.1.54	장목리 주변해역 해수의 크롬농도($\mu\text{g/l}$)	213
표 5.1.55	장목리 주변해역 해수의 수은농도(ng/l)	214
표 5.1.56	장목리 주변해역 해수의 입자성물질의 유기탄소 및 질소함량(mg/l)	215
표 5.1.57	장목리 주변해역 표층퇴적물의 유기탄소 및 질소함량(%)	216
표 5.1.58	장목리 주변해역 표층퇴적물의 중금속농도(ppm)	216
표 5.1.59	경남 거제군 일대의 해저퇴적물의 입도분석 결과	217
표 5.1.60	1993년 6월의 우점종 및 우점율	222
표 5.1.61	1993년 10월의 우점종 및 우점율	223
표 5.1.62	1994년 2월의 우점종 및 우점율	223
표 5.1.63	1994년 5월의 우점종 및 우점율	224
표 5.1.64	조사해역의 동물플랑크톤 종조성 및 개체수(1993년 6월)	226
표 5.1.65	조사해역의 동물플랑크톤 종조성 및 개체수(1993년 10월)	227
표 5.1.66	조사해역의 동물플랑크톤 종조성 및 개체수(1994년 2월)	228
표 5.1.67	조사해역의 동물플랑크톤 종조성 및 개체수(1994년 5월)	229
표 5.1.68	조사해역에서 채집된 어란과 치자의 계절별 평균 출현량	231
표 5.1.69	조사해역에서 출현된 어란과 치자의 정점별 출현량	232
표 5.1.70	장목리 주변해역의 퇴적물 입도조성과 총유기물함량	242
표 5.1.71	조사해역에서 출현한 대형저서동물의 종조성(1993.6)	242
표 5.1.72	조사해역에서 출현한 대형저서동물의 종조성(1993.10)	242
표 5.1.73	조사해역에서 출현한 대형저서동물의 종조성(1994.2)	243
표 5.1.74	조사해역에서 출현한 대형저서동물의 종조성(1994.5)	243
표 5.1.75	조사해역의 주요 우점종(1993.6)	244
표 5.1.76	조사해역의 주요 우점종(1993.10)	244
표 5.1.77	조사해역의 주요 우점종(1994.2)	245
표 5.1.78	조사해역의 주요 우점종(1994.5)	245
표 5.1.79	남해 연안역의 저서동물군집의 우점종 비교	246
표 5.1.80	해수유동모델의 상수 및 계산입력조건	263
표 5.2.1	총별토지이용현황	306
표 5.2.2	대기질 측정지점	311
표 5.2.3	측정항목 및 분석방법	313
표 5.2.4	측정시 기상조건	314
표 5.2.5	각 지점별 대기질 측정결과	315
표 5.2.6	대기질 환경기준	315
표 5.2.7	공사장비별 연료사용량과 오염물질의 배출계수	316

표 5.2.8	공사장비별 오염물질 배출량	317
표 5.2.9	공사시 건설장비에 의한 오염물질의 총발생량	320
표 5.2.10	수직확산계수와 결정상수	321
표 5.2.11	수평확산계수의 결정상수	321
표 5.2.12	안정도 함수 R(s)	322
표 5.2.13	시설물에 의한 연료사용량과 오염물질 배출계수	323
표 5.2.14	시설물에 의한 오염물질의 배출량	323
표 5.2.15	해양조사선의 종류 및 연료사용량	324
표 5.2.16	거제군 쓰레기 배출량	325
표 5.2.17	거제군 쓰레기 조성별 발생량 및 처리현황	325
표 5.2.18	거제군 산업폐기물 발생량	326
표 5.2.19	거제군 산업폐기물 처리현황	326
표 5.2.20	거제군 분뇨 발생량 및 처리내역	326
표 5.2.21	일반폐기물 성상별 발생량 원단위	327
표 5.2.22	오수처리형식의 개요	330
표 5.2.23	토양분석결과(mg/kg)	333
표 5.2.24	농산물 재배를 제한할 수 있는 환경오염기준	333
표 5.2.25	소음 측정기준	335
표 5.2.26	소음의 측정조건	335
표 5.2.27	소음환경기준	336
표 5.2.28	각 지점별 소음도(Leq) 측정결과	337
표 5.2.29	환경측정치와 환경기준치의 비교	338
표 5.2.30	거설장비의 소음도	339
표 5.2.31	공사시 소음 예상도	339
표 5.3.1	거제군의 읍면별 전입·전출 인구수(1991년)	342
표 5.3.2	거제군의 읍면별 가구수 및 인구분포현황	343
표 5.3.3	지역별 어선 보유현황	345
표 5.3.4	현재 네트워크 상태에서의 접근도	351
표 5.3.5	수정 네트워크 상태에서의 접근도	357
표 7.1.1	자연환경의 주요 불가피한 악영향	367
표 7.1.2	육상동·식물상의 주요 불가피한 악영향	368
표 7.1.3	해양환경에 있어서의 주요 불가피한 악영향	368
표 7.1.4	생활환경의 주요 불가피한 악영향	369
표 8.1.1	지형·지질	373
표 8.1.2	육상동·식물상	373
표 8.1.3	해양환경	374
표 8.1.4	대기질	374
표 9.1.1	지형·지질, 육수	377

표 9.1.2	기상 및 동·식물상	378
표 9.1.3	해양환경	379
표 9.1.4	대기질 및 폐기물	381
표 9.1.5	소음	382

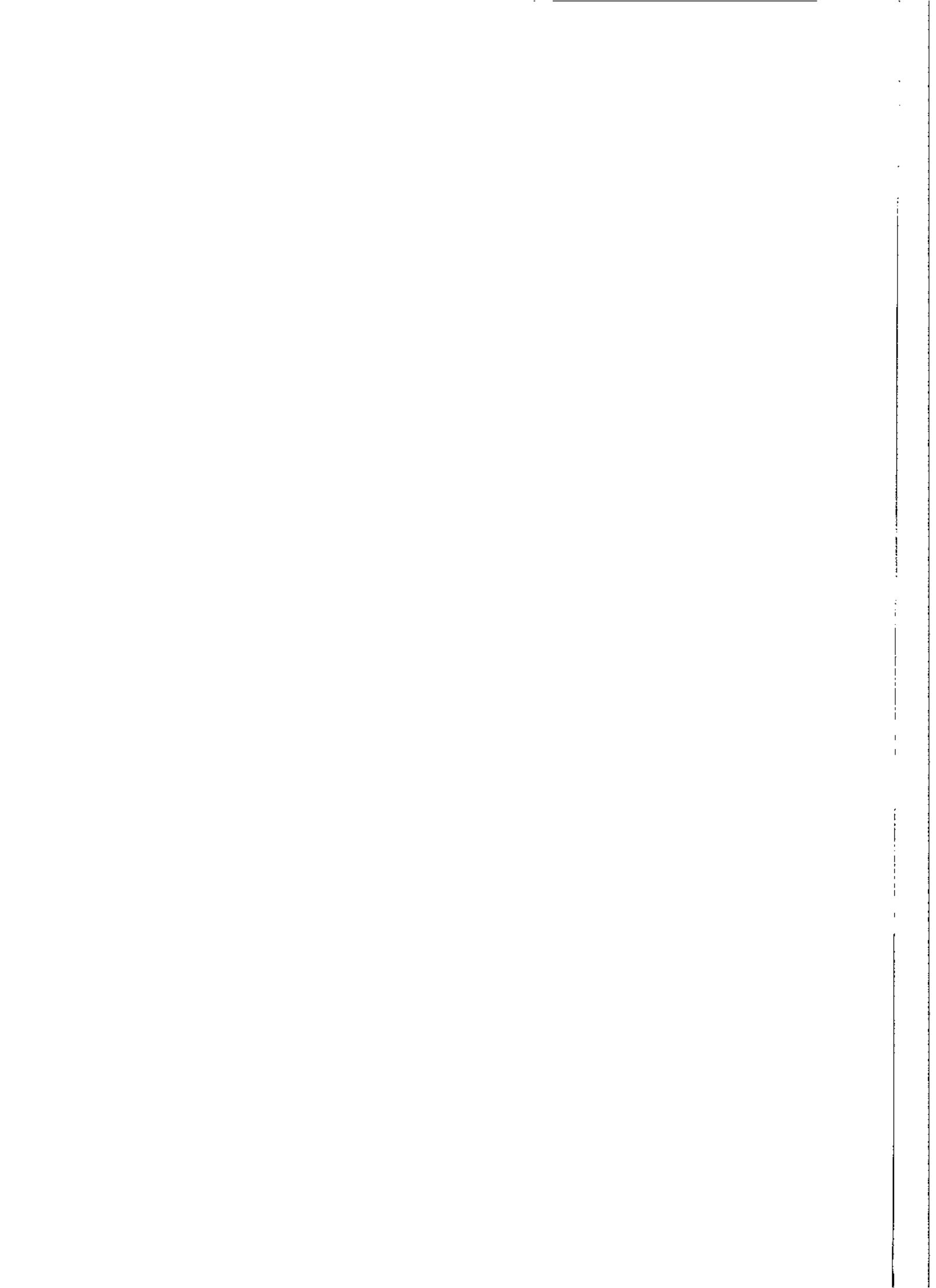


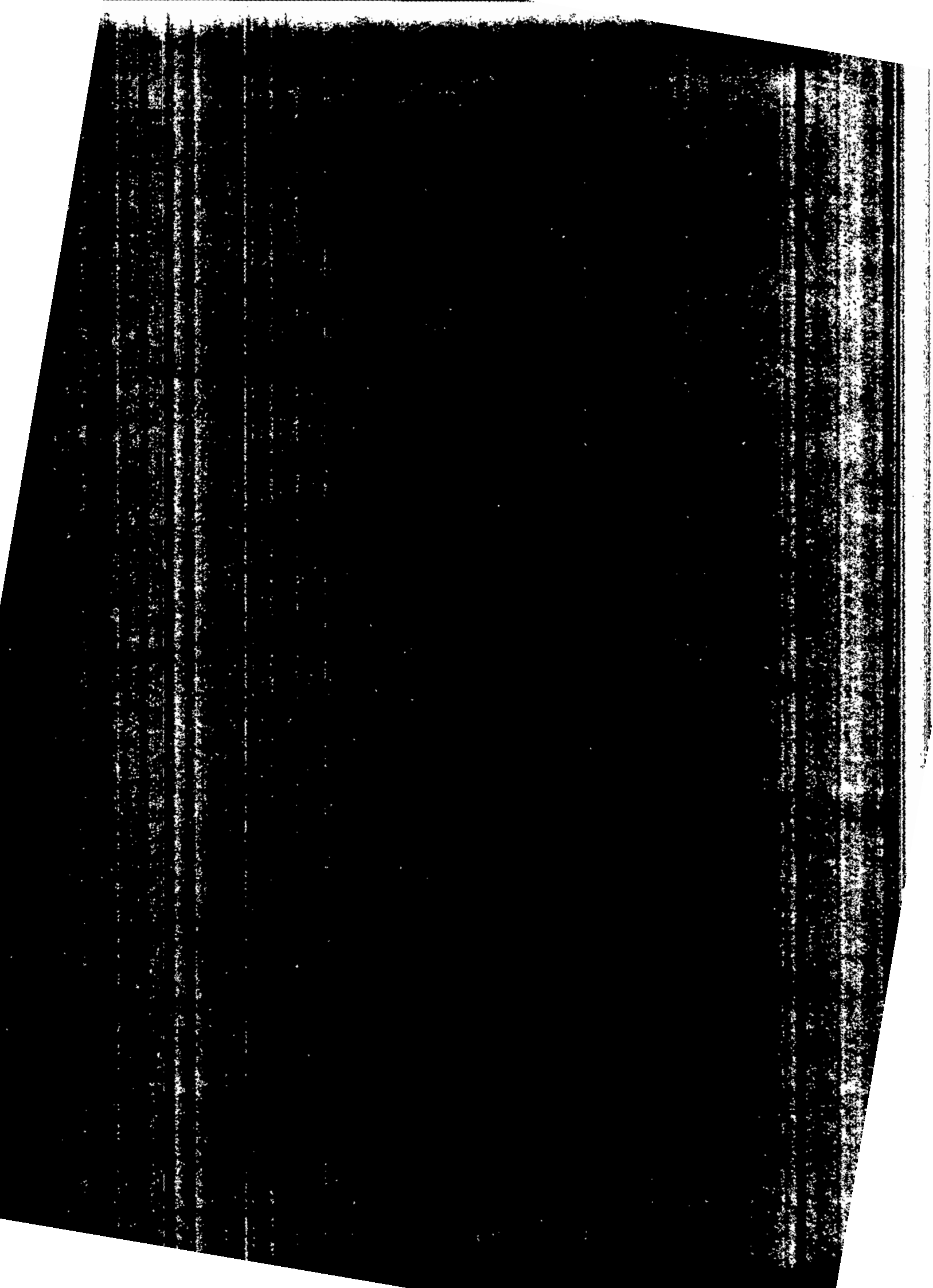
그림 목 차

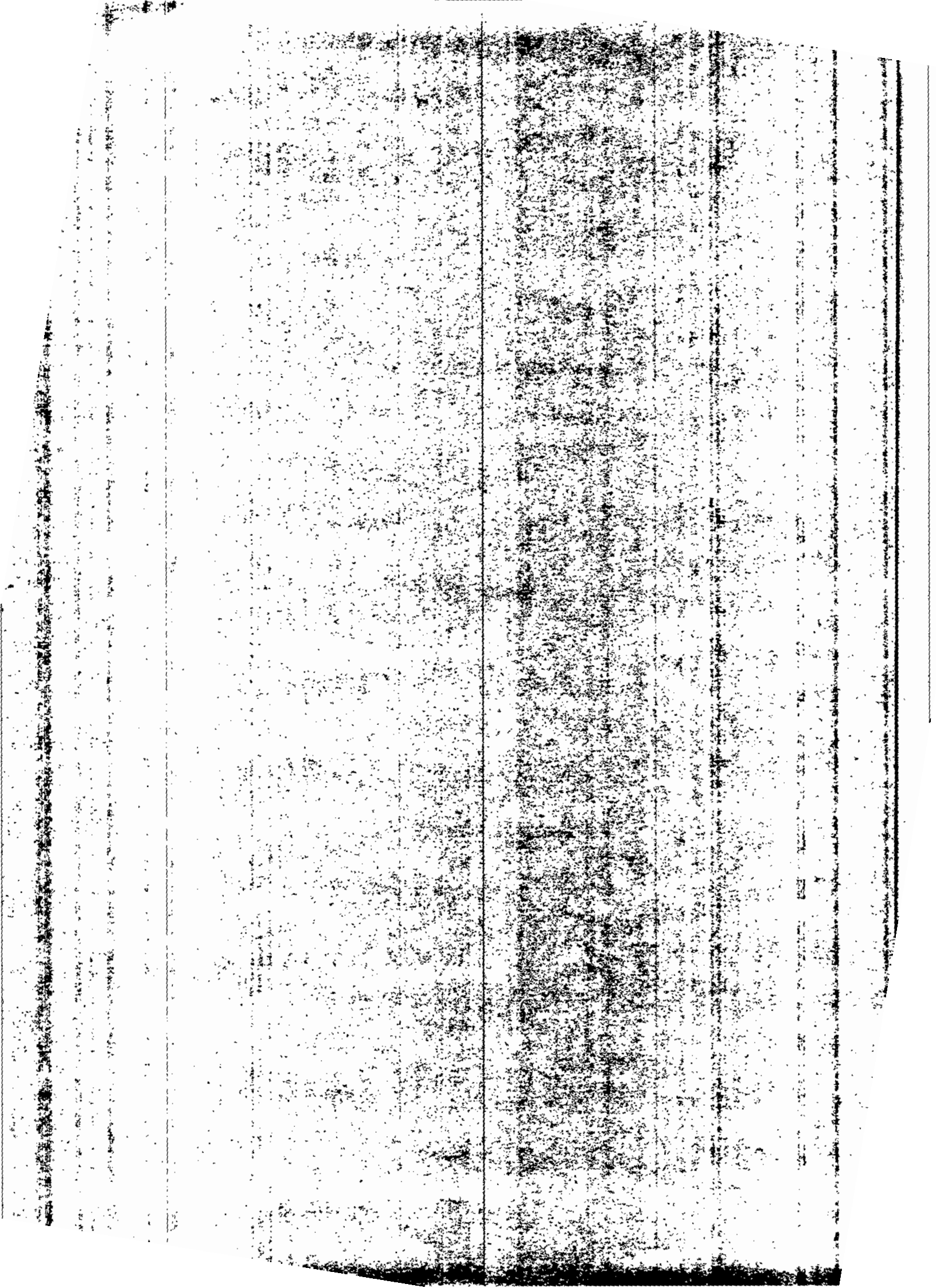
그림 3.7.1	장목만 주변해역의 어업권 현황도	44
그림 4.1.1	환경영향요소 및 환경인자 추출흐름도	47
그림 4.3.1	환경영향 행렬식 대조표 표시	49
그림 5.1.1	지형구분	54
그림 5.1.2	지질구분	57
그림 5.1.3	수계망	59
그림 5.1.4	지하수위 및 유선	61
그림 5.1.5	조사지역의 하이더그래프	63
그림 5.1.6	조사지역의 월별기온	64
그림 5.1.7	조사지역의 월별 상수량	65
그림 5.1.8	조사지역의 바람장미	66
그림 5.1.9	조사지역의 상대습도와 증발량	67
그림 5.1.10	운량과 일조율	68
그림 5.1.11	해양연구소 남해기지 건설지역 육상동물 조사구역	73
그림 5.1.12	조사지역(거제군 장목면)의 지형 및 연구소 예정부지	84
그림 5.1.13	거제도의 Climate-diagram	85
그림 5.1.14	해양연구소 남해기지 건설예정지(목밭)의 주요우점종 분포도	94
그림 5.1.15	사업지구 및 조사지역의 현존식생도	95
그림 5.1.16	속(屬) 수준에서의 관속식물 분포범위	96
그림 5.1.17	곰솔의 온량지수(WI) 호적범위(식재포함)	97
그림 5.1.18	조사지역 곰솔식재림의 수고(m)와 식피율(%)	105
그림 5.1.19	각 군락의 DBH Class-Frequency 분포 및 개체수(100m ²)	106
그림 5.1.20	곰솔식재림의 군락단면도	107
그림 5.1.21	조사지역 사방오리 식재림의 수고(m) 및 식피율(%)	110
그림 5.1.22	사방오리림의 군락단면도	111
그림 5.1.23	조사지역 리기다소나무 식재림의 수고(m) 및 식피율(%)	114
그림 5.1.24	리기다소나무림의 군락단면도	115
그림 5.1.25	조사지역 왕대 식재림의 수고(m) 및 식피율(%)	118
그림 5.1.26	왕대림의 군락 단면도	119
그림 5.1.27	사업지구 및 조사지역의 녹지자연도 등압별 분포현황	122
그림 5.1.28	귀화식물종의 작과 구성비(%)	128
그림 5.1.29	조사지역의 토양도	131
그림 5.1.30	경작지 식생의 토양 단면도	132
그림 5.1.31	곰솔 식재림 토양 단면도	133
그림 5.1.32	사방오리 식재림의 토양 단면도	134

그림 5.1.33	연구소 건설 부지 및 매립 예정지	143
그림 5.1.34	장목항 해역의 조석 및 조류 관측 위치도	152
그림 5.1.35	조석관측의 시계열 자료	153
그림 5.1.36	평활화된 조석관측 자료	154
그림 5.1.37	장목항의 조위도	156
그림 5.1.38	C1에서 관측된 유속관측의 원자료	160
그림 5.1.39	C2에서 관측된 유속관측의 원자료	161
그림 5.1.40	C3에서 관측된 유속관측의 원자료	162
그림 5.1.41	C4에서 관측된 유속관측의 원자료	163
그림 5.1.42	C1에서 관측된 유속자료의 Histogram	164
그림 5.1.43	C1에서 관측된 유속자료의 Scatter plot	165
그림 5.1.44	C2에서 관측된 유속자료의 Histogram	166
그림 5.1.45	C2에서 관측된 유속자료의 Scatter plot	167
그림 5.1.46	C3에서 관측된 유속자료의 Histogram	168
그림 5.1.47	C3에서 관측된 유속자료의 Scatter plot	169
그림 5.1.48	C1-1에서 관측된 유속자료의 원자료	170
그림 5.1.49	C1-1에서 관측된 유속자료의 Histogram	171
그림 5.1.50	C1-1에서 관측된 유속자료의 Scatter plot	172
그림 5.1.51	C1-1에서 관측된 조석잔차류	173
그림 5.1.52	C3-1에서 관측된 유속자료의 원자료(1차)	175
그림 5.1.53	C1-1에서 관측된 유속자료의 원자료(2차)	176
그림 5.1.54	T1에서 관측된 SS의 시간별 농도	177
그림 5.1.55	소조기에 관측된 SS의 시간별 농도	178
그림 5.1.56	대조기에 관측된 SS의 시간별 농도	179
그림 5.1.57	장목리 수질조사 정점	181
그림 5.1.58	장목리 일대의 해양 지질 분포도	218
그림 5.1.59	장목리 생물조사 정점	220
그림 5.1.60	조사해역의 식물플랑크톤 현존량 분포	247
그림 5.1.61	조사해역의 식물플랑크톤 종다양성지수	248
그림 5.1.62	조사해역에서 출현한 계절별 치자어의 출현종수	249
그림 5.1.63	조사해역에서 출현한 어란의 계절별 평균출현량	250
그림 5.1.64	조사해역에서 출현한 치자어의 계절별 평균 출현량	251
그림 5.1.65	조사해역의 각 정점에서 계절별로 출현한 저서동물의 개체수	252
그림 5.1.66	조사해역의 각 정점에서 계절별로 출현한 저서동물의 종수	253
그림 5.1.67	조사해역의 각 정점에서 계절별로 출현한 저서동물의 생물량	254
그림 5.1.68	계절별 각 정점에서의 종다양성지수(H')와 우점도지수(D)	255
그림 5.1.69	계절별 출현종의 개체수 자료에 의한 집괴분석결과 나타난 수지도(1993. 6, 1993. 10)	256

그림 5.1.70	계절별 출현종의 개체수 자료에 의한 집괴분석결과 나타난 수지도(1994. 2, 1994. 5)	257
그림 5.1.71	건설사업 위치도	273
그림 5.1.72	오·폐수 배출 위치도	274
그림 5.1.73	수치모델 좌표계	275
그림 5.1.74	수치모델의 변수	275
그림 5.1.75	해수유동 모델의 흐름도	276
그림 5.1.76	수치모델의 계산격자망($n_x=65$, $n_y=115$, $\Delta x=62.5m$, $\Delta y=62.5m$)	277
그림 5.1.77	모델링 대상해역의 수심도	278
그림 5.1.78	진해만의 조석계산 결과(M_2)	279
그림 5.1.79	진해만의 조석계산 결과(S_2)	280
그림 5.1.80	조류 실측치와 계산치의 비교(정점C1)	281
그림 5.1.81	대조기의 최강 창조류(현황)	282
그림 5.1.82	대조기의 최강 낙조류(현황)	283
그림 5.1.83	소조기의 최강 창조류(현황)	284
그림 5.1.84	소조기의 최강 낙조류(현황)	285
그림 5.1.85	대조기에 대한 조석 잔차류(항류)	286
그림 5.1.86	소조기에 대한 조석 잔차류(항류)	287
그림 5.1.87	접안시설 공사후 대조기의 최강 창조류	288
그림 5.1.88	접안시설 공사후 대조기의 최강 낙조류	289
그림 5.1.89	접안시설 공사후 소조기의 최강 창조류	290
그림 5.1.90	접안시설 공사후 소조기의 최강 낙조류	291
그림 5.1.91	접안시설 공사후 대조기의 조석 잔차류(항류)	292
그림 5.1.92	접안시설 공사후 소조기의 조석 잔차류(항류)	293
그림 5.1.93	부유물질 확산모델의 구성 흐름도	294
그림 5.1.94	공사로 인한 부유토사의 확산농도 예측(소조기)	295
그림 5.1.95	공사로 인한 부유토사의 확산농도 예측(대조기)	296
그림 5.1.96	오타 방지막 상세도	297
그림 5.1.97	오타 방지막 설치계획 상세도	298
그림 5.1.98	오타 방지막(Silt protector)의 설치형태	299
그림 5.1.99	저감대책 후 부유토사의 확산예측(소조기)	300
그림 5.1.100	저감대책 후 부유토사의 확산예측(대조기)	301
그림 5.1.101	무처리 하수 방류시의 오염물질(COD) 확산농도 예측(소조기)	302
그림 5.1.102	무처리 하수 방류시의 오염물질(COD) 확산농도 예측(대조기)	303
그림 5.1.103	1차 처리후 방류시의 오염물질(COD) 확산농도 예측(소조기)	304
그림 5.1.104	1차 처리후 방류시의 오염물질(COD) 확산농도 예측(대조기)	305
그림 5.2.1	장목리주변의 농촌적 토지이용	309
그림 5.2.2	장목의 상업적 토지이용	310

그림 5.2.3	대기질 측정지점 위치도	312
그림 5.2.4	TSP($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 예측 등농도곡선	319
그림 5.3.1	거제군의 인구추이	341
그림 5.3.2	거제군과 주변해역의 도로망	347
그림 5.3.3	거제도와 주변지역의 유치네트워크	349
그림 5.3.4	현재 접근도에 의한 등치선도	352
그림 5.3.5	거제도와 주변지역의 수정된 유치네트워크	355
그림 5.3.6	수정된 접근도에 따른 등치선도	356
부록 1	사업지구 및 조사지역의 식물목록	390
부록 2	조사해역에서 출현한 저서동물목록 및 출현개체수 (1993. 6)	400
부록 3	조사해역에서 출현한 저서동물목록 및 출현개체수 (1993. 10)	404
부록 4	조사해역에서 출현한 저서동물목록 및 출현개체수 (1994. 2)	408
부록 5	조사해역에서 출현한 저서동물목록 및 출현개체수 (1994. 5)	412
사진 1	건설예정지 입구 절개지	419
사진 2	건설예정지 목밭 밑 왕대립	419
사진 3	건설예정지 남동쪽 소택지	420
사진 4	건설예정지 옆 벌목지	420
사진 5	건설예정지 밑 소택지	420
사진 6~14	조사지역내의 현존식생	421





철도 및 매립으로 지하수계와 지표수 유출량의 극저치 미만이 예상된다.

다. 용수 환경

변화가 예상된다.

사업 예정 부지는 약 1만평 내외이며, 해면 16m를 철도 및 해안선 매립으로 극저지 지형

가 지형 지형

1. 사업 환경

시행에 따른 주요 영향은 요약 정리하면 다음과 같다.

사회 개발 지원과 연구활동의 극대화면에서 긍정적인 영향으로 나타났으며, 환경별로 사업

면적, 본 담해기지 건설 사업에 따른 토지이용의 향상, 공유수면 매립지와 연계성 등 지역

건설장비의 이동으로 인한 소음 발생 등이 부정적인 영향으로 나타났다.

에 따른 해양 수질의 오염, 육상생태계의 파괴, 공사차량의 운행에 따른 비산 먼지의 발생,

본 사업시행으로 인하여 환경에 미치는 주요 부정적 환경요소는 공사시 타파기 및 매립

1.2 사업시행으로 인한 주요 영향

70m) 및 인입도로 670m를 건설할 계획이다.

의 정박을 위하여 장동민내에 중형선 부두(길이 12m, 폭 80m)와 소형선 부두(폭 30m, 길이

내용은 연구동 300평, 좌수정격년 및 선박장고 300평, 관리 및 숙소 200평이다. 또한, 선박

본 기지건설사업의 총 부지는 9,191평(30,385m²)이다. 세워질 건물면적은 총 800평으로, 그

경에 대한 연구활동을 위한 연구소를 확보하려는 사업이다.

하는 사업으로서, 담해기지 연구소의 유보지로 사용될 지역은 해안매립과 연계하여 해양환경

본 거제도 장동민 일대의 담해기지지건설 사업은 조사선 지원기지 및 임해연구시설을 설치

1.1 사업의 내용

제 1 장 요약 문

나. 대기질
공사시 건설장비 운용으로 인한 인근 상복리 대기질에 미치는 영향을 예측한 결과, TSP

가 트사이용
업무와 반의 동종화 트사이용에서 트사이용의 표류성 향상이 기대된다.

2. 생활환경

라. 해양환경
신입도로의 건설을 위해 일부 해역이 매립되고, 장부만내 일부 해역의 준설로 인하여 부
유사가 대량으로 발생될 것으로 예상된다. 시적이 한정된 후 근무인원(약 60명)에 의하여
발생되는 약 20톤/년의 오폐수가 방류될 경우에는 인근 해역을 오염시킬 우려가 있다.

- 인근지역으로의 이동은 용하여 큰 변화는 없을 것이다.
 - 본 사업으로 인한 육상동물 생태계의 일시적인 변화가 있을 것이나 환경이 용서한
동하여 육상동물 생태계 변화를 최소화한다.
 - 본 사업으로 인한 유동인원의 육상동물에 관한 계통과 공사구역 이외의 출입통제를
제군 변화가 있을 것이나 공사가 끝나고 인성기간이 지나면 안정될 것이다.
 - 본 사업의 시행중 육상동물은 일시적으로 양서류 및 곤충류의 개체수 감소 내지 개
- 천면기름, 퇴적물, 퇴적기중, 간소추세종 등은 발견되지 않았다.
 - 본 조사의 결과 조류 10종, 양서류 4종, 곤충류 153종이 조사되었다.
- (2) 동물상

- 부 산소가 예상되므로 적절한 조정계획으로 피해를 최소화 하도록 노력해야 한다.
- 연구소 건설 부지 예정지인 북반(경작지)의 나지화로 준생산양 및 쇠불 현군량의 인
- 차야 생태계에 미치는 영향정도는 미미할 것으로 판단된다.
- 부유물원 발생에 따른 광양 간소로 1차 생산자의 감소가 초래되나 본 사업 규모가
- 연구소 건설 부지 주변에 서식하는 식물군락(초지)의 일부 간소가 예상된다.
- 화물유동 및 연구에 따른 피동양 증가로 노변의 귀화식물이 증가한다.

(1) 식물상

다. 육상동물상

1. 자연환경

1.3 환경미해 방지방안

- 도시지역까지의 도로개량이 필요하다.
- 도시기간 중 공사화쇄차량으로 인한 주변도로의 교통량 증가가 불가피하나 그 영향은 미미하다.
- 성북지역은 기체오염에서도 성북성이 낮은 지역이므로, 해상교통으로의 개척에 의해 도시와의 연계성을 증대시키는 것이 필요하다.

나. 교통

- 도시지역을 계획도의 대표적인 인구집중 지역이다.
- 공사기간 중 건설에 따른 작업인부 및 현장관리요원 등 작업관제사로 인한 일시적인 인구증가가 예측된다.
- 도시지역에 따른 교통기회의 증대는 미미하다.

가. 인구증가산정

3. 사회경제환경

공사시 장비사용으로 인한 단기적인 소음이 예상된다.

나. 소음

- 공사시 상주근무직원에게 의한 분포 66.0 L/인, 생활배기물 27.12 분/년 및 해양조사선 공
- 항에 따른 선내 생활배기물, Bilge 및 Sludge 발생이 예상된다.
- 선박충돌사고 및 유류유출사고로 해양오염이 우려된다.
- 공사시 장비사용으로 인한 폐유 및 공사 폐자재와 투입인부에 의한 분포 92.4 L/인의 발생이 예상된다.

다. 배기물

15 ug/m³, SO₂ 0.002 ppm, NO₂ 0.027 ppm 및 CO 0.005 ppm이 측정되는 것으로 나타났다.

가. 지형·지질

전토 배후사면 관리에 만전을 기해야 한다.

나. 육수환경

지하수의 자연 배수를 유도하고, 지표수의 인공 배수로의 설치가 필요하다.

다. 기상

사업시행으로 인하여 기상환경에의 영향이 없을 것으로 판단되므로 저감 방안은 필요없다.

라. 육상동·식물상

- 공사중과 공사후에 유동인구에 대한 육상동물의 인식을 제몽하여 무분별한 포획, 남획과 서식처 파괴 등에 의한 육상동물의 피해를 없도록 한다.
- 연구소 부지의 토지이용시 녹지공간을 확보하여 예측된 환경변화에 강한 수종으로 조경계획을 시행한다.
하안 및 하안해안에 호안림(방사림, 방풍림, 방조림)을 조성하여 연구소 주변지역의 생태계가 항구적으로 유지되도록 한다.

마. 해양환경

부두건설시 준설에 의하여 해저에서 부유되는 퇴적물의 확산을 막기 위하여, Silt protector를 설치하고, 상주 근무인원에 의하여 발생하는 오 폐수를 처리할 20톤/일의 폐수처리상을 신설한다.

2. 생활환경

가. 토지이용

공사시 개설되는 임시도로 및 임시선착장 등에 의해 발생될 수 있는 산림의 피해나 경지 중인 토지의 해손을 극소화하도록 한다.

나. 대기질

- 공사시 건설장비에 의한 비산먼지의 발생을 억제하기 위하여 주기적인 살수, 세물세차 시설을 설치하고, 차량속도를 제한(20 km/hr 이하)한다.
- 공사후 녹지공간을 최대한 확보하고, 대기오염물질의 흡착능이 강한 수종을 식재한다

다. 폐기물

- 일반폐기물은 재활용 가능한 것과 불가능한 것으로 분리수거하여, 폐기물처리 용역 회사에 위탁처리한다.
- 장비유류 교환시 인근 정비공장을 이용한다.
- 공사시 발생하는 분뇨는 이동식 화장실을 설치하여 수거한 후 인근 분뇨처리장에서 처리한다.
- 시설풀 이용시 발생하는 분뇨는 정화조를 설치하여 처리하고, 선박내에서 발생하는 Bilge 및 Sludge는 육상으로 운반하여 특정폐기물 처리업자에게 위탁처리한다.
- 유류에 의한 해양오염 예방대책을 수립한다.

라. 소음

- 공사시 투입되는 장비에 의한 공사소음은 작업시간의 조절 및 장비의 효율적 투입 등으로 조치한다.

3. 사회 상생환성

- 지역사회경제에 도움이 될 수 있는 실시가능한 방안을 수립하고 사업시행으로 인한 해양거점으로서의 입지를 확보한다.

1.4 사후환경관리 계획

1. 자연환경

가. 지형·지질

별도의 환경관리가 필요치 않다.

나. 기상

주변에 식목 등 녹지를 조성하면 환경변화를 극소화할 수 있을 것으로 판단되며, 완공후에 기상재해(태풍, 호우, 해일 등)로 인한 피해를 방지하기 위하여 기상청의 상기예보를 이용한 대책 마련이 요구된다.

다. 육상동식물상

본 사업지구는 경작지(초지, 목밭)에 세워지는 까닭에 특별한 환경관리계획은 필요치 않으나, 환경측정을 수시로 하여 Data를 평가, 경고하는 Monitoring system을 강화하고, 각 식물종의 내성을 활용하여 장기간의 환경악화를 막도록 힘쓴다.

라 해양환경

- 장목만내에 수질오염 감시체계를 설치하여 수질오염을 상시 감시한다.
- 상주인원의 생활하수로 인한 해역의 오염방지를 위하여 오·폐수처리장의 설치·운영을 철저히 한다.
- 정박선박에서 발생하는 생활오수 및 폐기물은 무단방류나 무단투기를 하지 않고, 일시 저장한 후 위탁처리 하도록 한다.

2. 생활환경

공사시 비산먼지에 의한 영향을 최소화하기 위해 제시된 저감방안을 준수하도록 공사관리 및 감독을 철저히 한다.

3. 사회 경제환경

본 사업시행으로 인해 공사시 및 이용시 본 평가에서 예측된 영향에 대하여 확인 및 이상시 신속한 대책을 위하여 다음과 같은 사후환경관리계획을 수립한다.

- 도로개설 및 시설물의 건조에 의한 임야와 경작지의 훼손을 극소화한다.
- 토지이용조사 결과 주변 지역에는 수개의 양식장이 분포하고 있으므로, 오염확산방지 구조물 등을 설치하여 공사시 해양오염에 의한 양식장의 피해를 막는다.
- 공사시 공사구간 해당지역내에 적절한 교통안내 표지판을 설치하여, 안전사고 및 교통 혼잡을 피한다.

1.5 대안

진입도로 및 선박접안시설 축조를 위한 굴착, 매립, 준설 과정에서 발생하는 부유사에 의

하여 인근 양식장 및 해양오염을 방지하기 위하여, 공사장 주변에 오타방지막(Silt protector)을 설치한다. 오타방지막의 형태는 수하식이며, 부유사 발생량의 50%를 저감할 수 있는 것으로 나타났다.

기지건설 후 기지운영에 따른 오수 및 폐수를 처리하기 위하여, 20톤/일 규모의 폐수처리장을 설치하여 운영하고, 기지 주변해역에 자동 해양수질 모니터링 시스템을 설치한다.

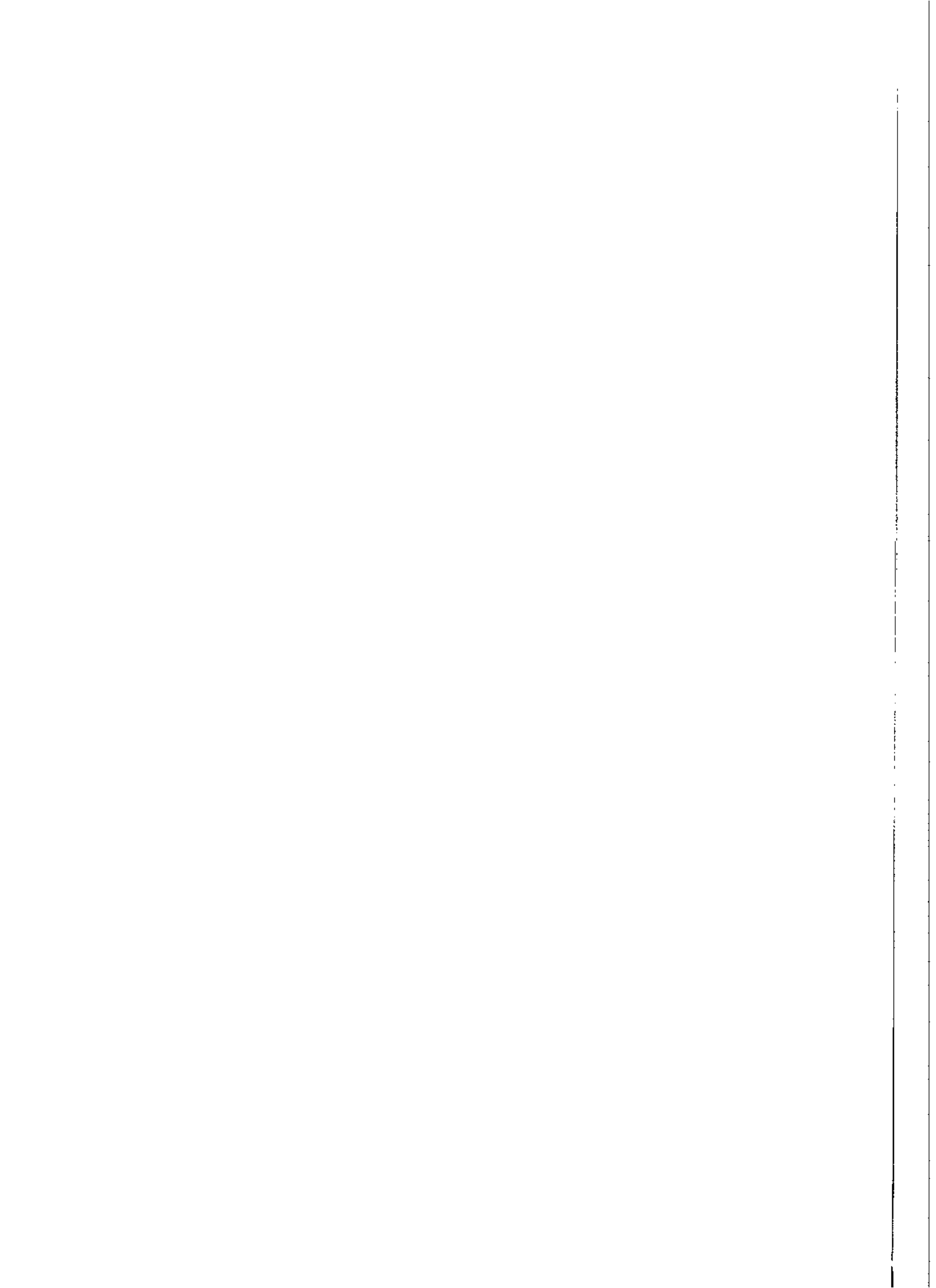
1.6 결론

기지운영을 위한 상주인원이 많지 않으므로 장복면의 산업구조의 변화는 없는 것으로 나타났다. 양식기술을 인근 어민에게 보급함으로써 소득증대를 기대할 수 있으며, 기지시설을 지역 청소년 및 어민을 위한 교육에 이용함으로써 지역발전에 기여할 수 있는 것으로 예상된다.

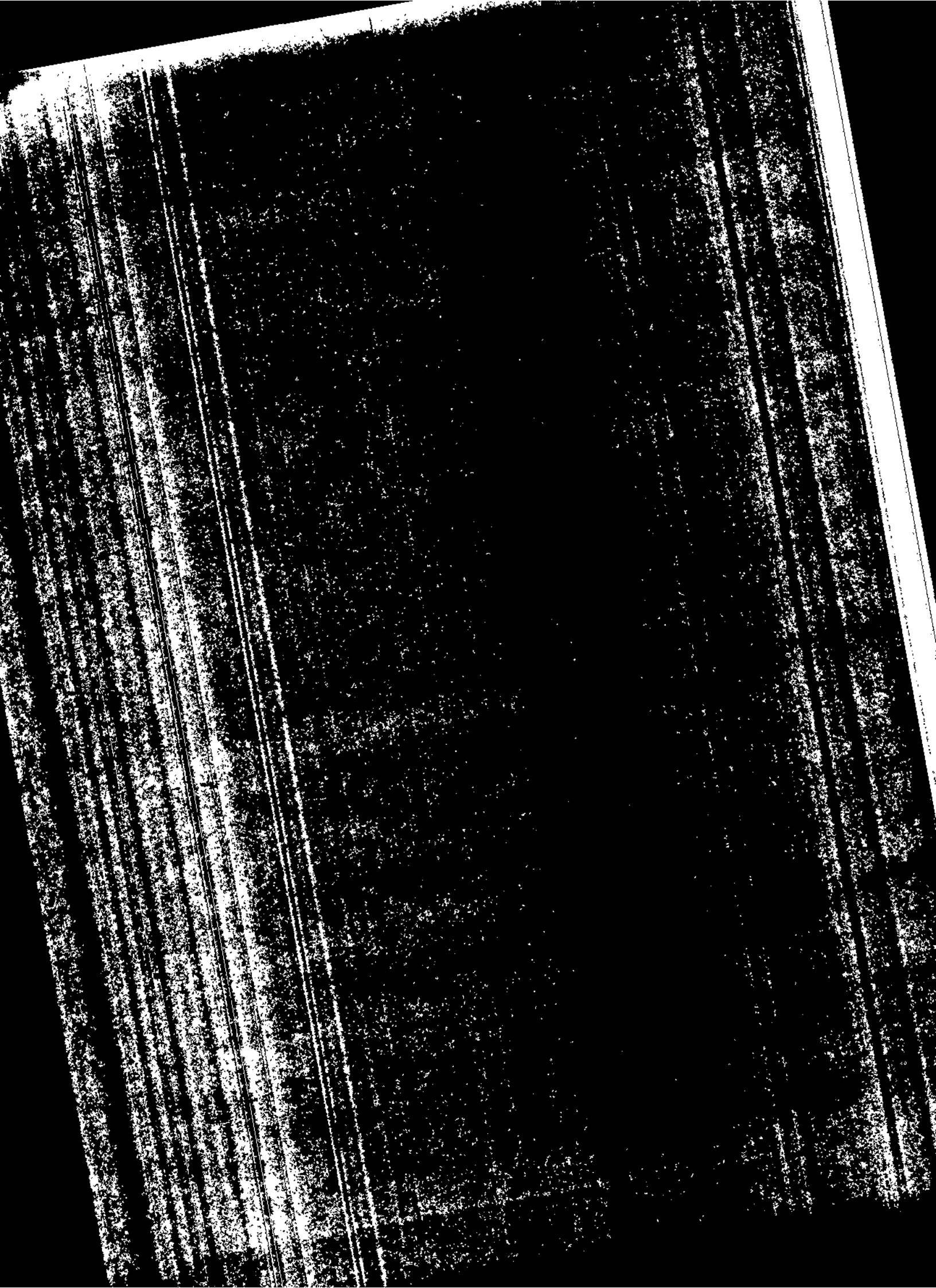
현재의 교통연계체계에서 장복의 지위는 바람직하지 못한 것으로 나타났다. 교통연계체계의 개선이 필요한데, 현실적으로 도로교통 연계체계의 개선은 그다지 영향력을 주지 못한다고 판단된다. 기지건설후의 육지지역의 주요도시와 연결되는 해상교통교통시간의 단축 및 개통이 필요하다.

본 기지건설사업으로 지형·지질의 변화, 육상생태계 및 해양생태계에 약간의 영향을 미칠 것으로 예상되나, 이러한 영향은 적절한 저감시설의 설치, 사업인원 및 상주근무인원에 대한 환경교육을 철저히 실시함으로써, 충분히 해결할 수 있을 것으로 나타났다. 또한 작업중에 발생하는 분진, 소음 및 진동 등에 의한 주민에 대한 영향은 주거단지가 공사장에서 멀리 떨어져 있으므로 그 영향은 매우 적은 것으로 판단된다.

그러나 본 조사에서 나타난 바와 같이 장복만의 해수의 순환은 원활하지 않은 것으로 나타났으며, 현상태에서도 내만의 수질은 크게 악화될 소지를 갖고 있는 것으로 밝혀졌다. 내만에서 오염시표종으로 알려진 플랑크톤이 높은 구성비율로 발생하고 있고, 유기물 오염의 징후가 보이고 있어서, 내만에서는 주변환경 변화에 따라 적조발생과 같은 환경문제가 발생할 수 있으며, 지속적인 생태계 변화가 일어날 것으로 보인다. 또한, 향후 거제군에서 장복만의 일부를 매립하여 인구 2,000명 규모의 주거단지를 조성할 계획으로 있어, 본 기지건설 운영으로 인한 오염물질이 처리되지 않고 방출될 경우에는, 주거단지에서 방출되는 오·폐수와 더불어 장복만을 크게 오염시킴으로써 만내의 해역에 있는 양식장에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 또한 장복만 같은 폐쇄된 해역은 일단 오염되면 회복되는데 많은 시간이 소요되므로 지속적인 오염방지 감사가 요구된다.







제2장 사업의 개요

2.1 사업의 배경 및 목적

1. 사업의 배경

우리나라는 3면이 바다로 둘러싸인 반도로서 지형적으로는 해양 국가이나 조상대대로 수산 보나는 농업을 위주로 하여 생활하여 왔고 60년대초부터 공업화를 적극 추진하여 점차 공업국가로 변모, 발전하여 오늘에 이르렀다. 해양개발은 막대한 투자가 뒤따르는데 비하여 투자에 대한 결과는 즉각적이지 못하고, 눈에 보이지 않으며, 그에 대한 보상이 경제적이지 못하는데 따라 일부 선진국에서만 연구, 투자되어 왔다.

그러나 자원의 고갈로 인하여 새로운 개발의 대상이 필요케 되고 상대적으로 경제성이 확보됨으로 세계각국은 해양에서 새로운 자원의 확보를 구하게 되었다.

이와 같은 해양에 대한 국제적인 흐름으로 우리도 이제 국가간의 공동 연구과제인 Global Project에도 적극 참여하여 우리주변 해역에서 뿐만 아니라 공해에서의 해양자원개발, 조사·연구를 위하여 세계무대로 진출할 수 있는 해양종합 조사선을 건조하여 운영하고, 수집된 자료를 현장에서 즉시 분석·연구할 수 있는 전진기지로서의 임해 연구시설의 필요성이 크게 대두하게 되었다. 이에 따라 잠수정 모선인 이어도호(350톤급)와 대양조사선인 온누리호(1,422톤급)가 1992년초 각각 건조 인수되어 운영되고 있으나, 이의 모선기지가 아직 확보되지 않고 있어 이의 조속한 건설이 요구되고 있다.

2. 사업의 목적

연구소 기보유 해양조사선 (8척 : 1617톤)의 운영관리를 일원화하여, 현재 분산 운영 (진해충무) 되고 있는 해양조사선의 통합관리를 위한 모함을 확보하여, 해양연구사업의 효율적 지원 및 예산절감과 우리나라 해역은 물론 태평양 등 세계 주요해역을 대상으로 하여야 하는 해양 연구사업의 전진기지로서의 임해 연구시설을 확보하여, 실험실 실험 (Lab Study) 및 현장실험 (Field Study) 병행으로 연구 효율성을 극대화 하는데 목적이 있다.

3. 사업의 추진경위 및 계획

본 사업은 해양의 연구, 이용 및 자원개발의 국제적 흐름에 맞추어 우리 연구소에서 보유하고 있는 첨단 해양조사선의 모항으로서의 기지 확보와 임해연구시설의 확보차원에서 '90년 정부로부터 1 사업성을 인정받아 사업에 착수케 되었으며, 그 추진일정은 다음과 같다.

- '91. 1 ~ '91. 8 : 입지조사 및 선정
- '91. 9 : 토지매입 완료
- '91. 9 ~ '91. 11 : 토지 매입관련 행정처리
- '91. 12 : 계획 및 기본설계 발주 준비
- '92. 1 : 부지경계 측량
- '92. 1 ~ '92. 4 : 남해기지 건설사업 계획 및 기본설계 시행
- '92. 6 ~ '92. 8 : 공유수면 점용 및 공작물 설치허가 신청
(남해기지 건설 항만 1차공사)
- '92. 11 : 공유수면 점용 및 공작물 설치허가
- '93. 1 ~ '93. 6 : 남해기지 항만건설 1차공사 실시설계 시행
- '93. 9. 3 : 2차사업 ('94. 소형선 부두공사관련 공작물설치)
허가신청
- '93. 9. 22 : 남해기지 항만건설 1차공사 계약의뢰 (회계과)

2.2 향후 추진계획

- '94. 4 : 남해기지 항만건설 1차공사 계약
- '94. 6 ~ '95. 5 : 남해기지 항만건설 1차공사 시행
- '94. 7 ~ '94. 11 : 남해기지 항만건설 2차공사 실시설계
- '95. 3 : 남해기지 항만건설 2차공사 시행
- '95. 4 ~ '95. 7 : 부지정지 및 연구지원시설 실시 설계
- '95. 10 ~ '96. 6 : 남해기지 건물공사 시행

2.3 사업내용

1. 사업명 : 남해기지 건설사업

2. 입지 및 사업규모

○ 부지 :

- 위치 : 경남 거제군 장부면 장부리 산 9-5일대
- 면적 : 9,191평 (30,385m²)

○ 건물 : 800평

- 연구동 ----- 300평
- 잠수정격납 및 선박창고 ----- 300평
- 관리 및 숙소동 ----- 200평

○ 인입도로 : 약 670m (노건 1m + 2차선포장 7m + 노건 1m = 폭 7m)

○ 부두 :

- 중형선부두 (잔교식) : (폭)12m x (길이)80m
- 소형선부두 (중력식) : (폭)30m x (길이)70m

○ CAUSE-WAY : 12m(폭) x 41.5m(길이) <= P.C 콘크리트 블록 거치

○ 적출장 : 18m(폭) x 20m(길이) <= P.C 콘크리트 블록 거치

3. 사업시행사 : 한국해양연구소

4. 사업효과

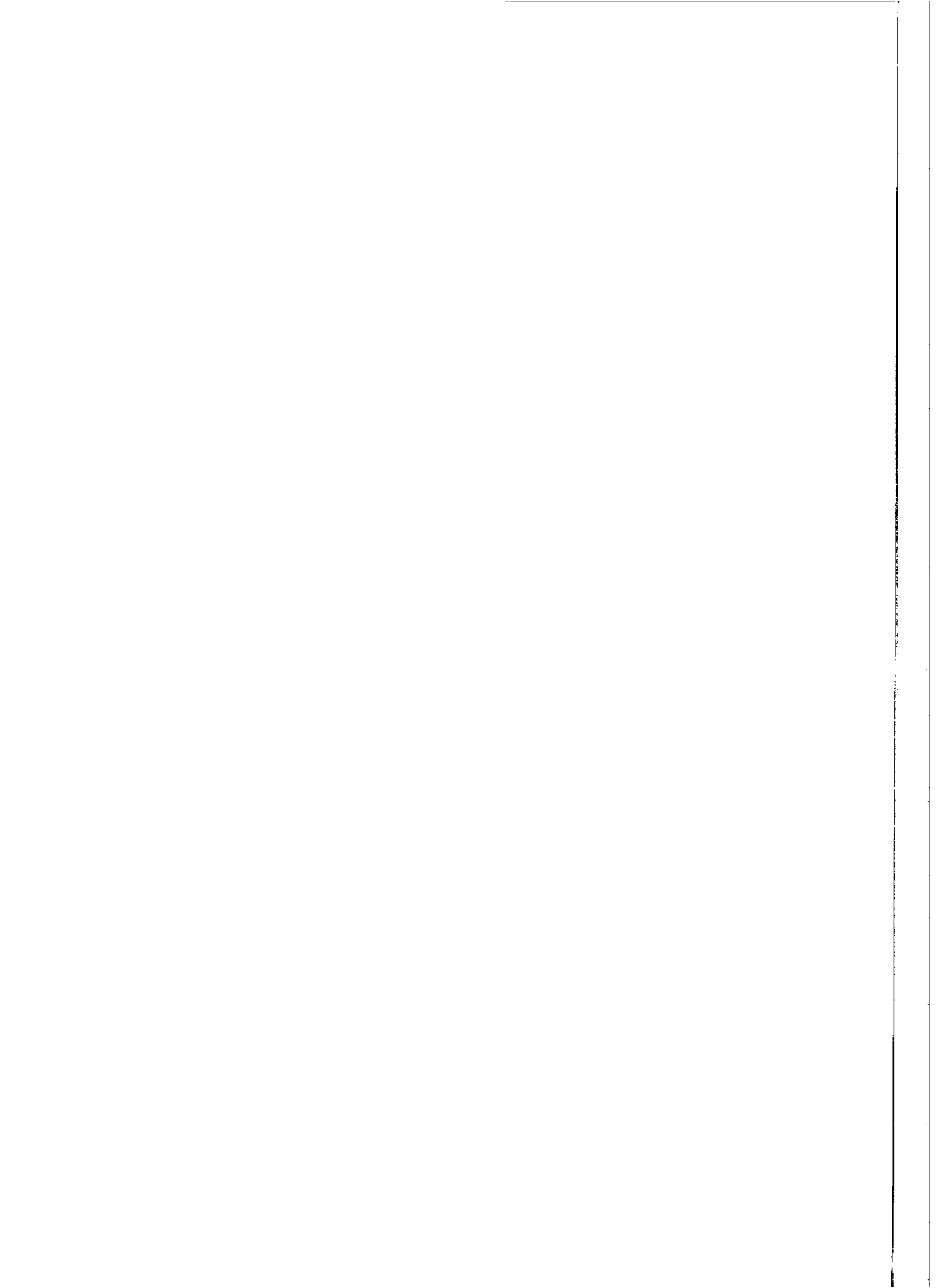
- 개발된 양식기술을 현지 어민에게 우선 보급하여 소득증대 기여
- 인근지역 청소년 및 어민교육으로 지역발전에 기여
- 주변해역의 수질오염을 감시·방제하여 어로 및 주거환경의 개선

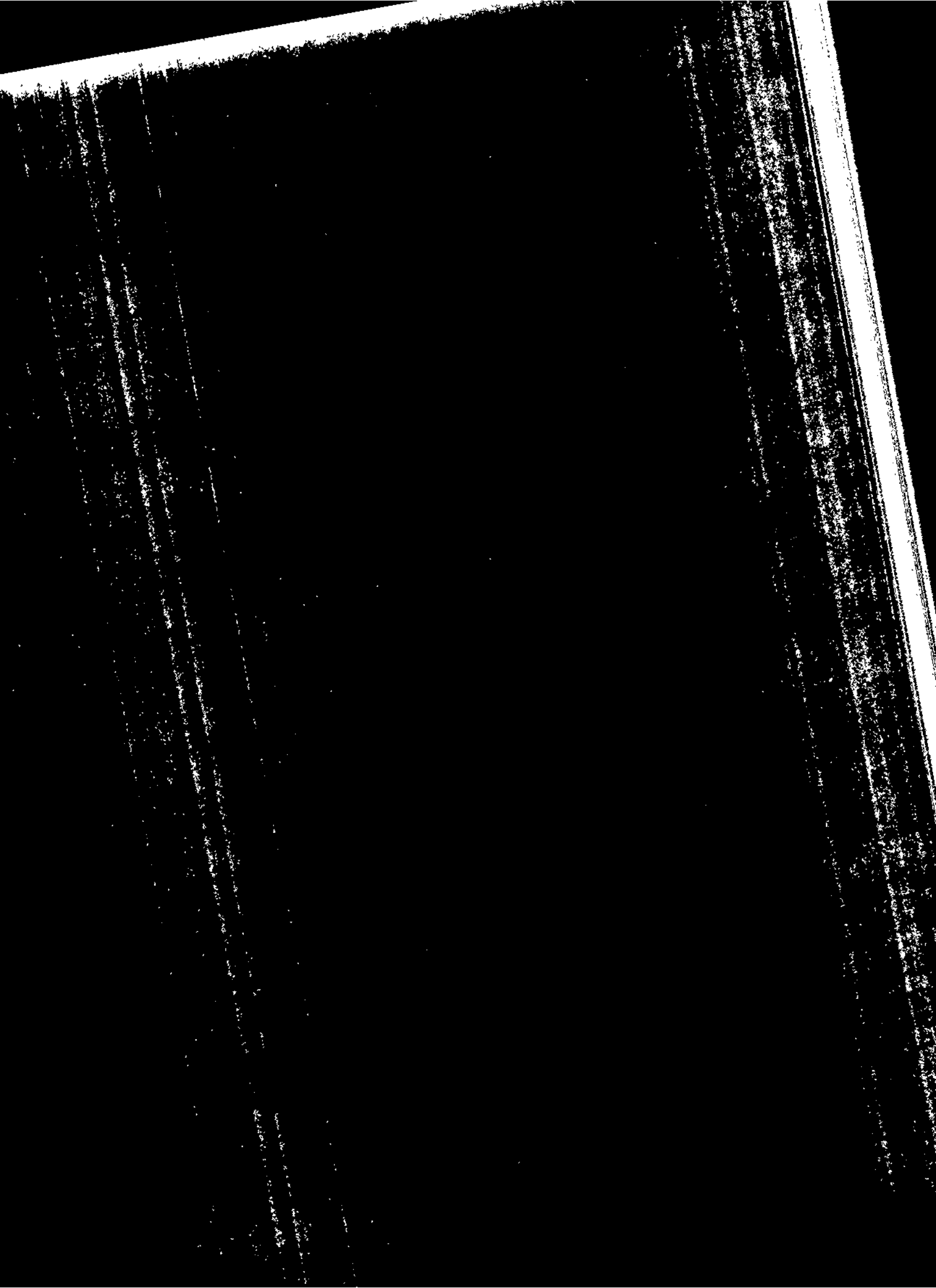
2.4 평가서 작성

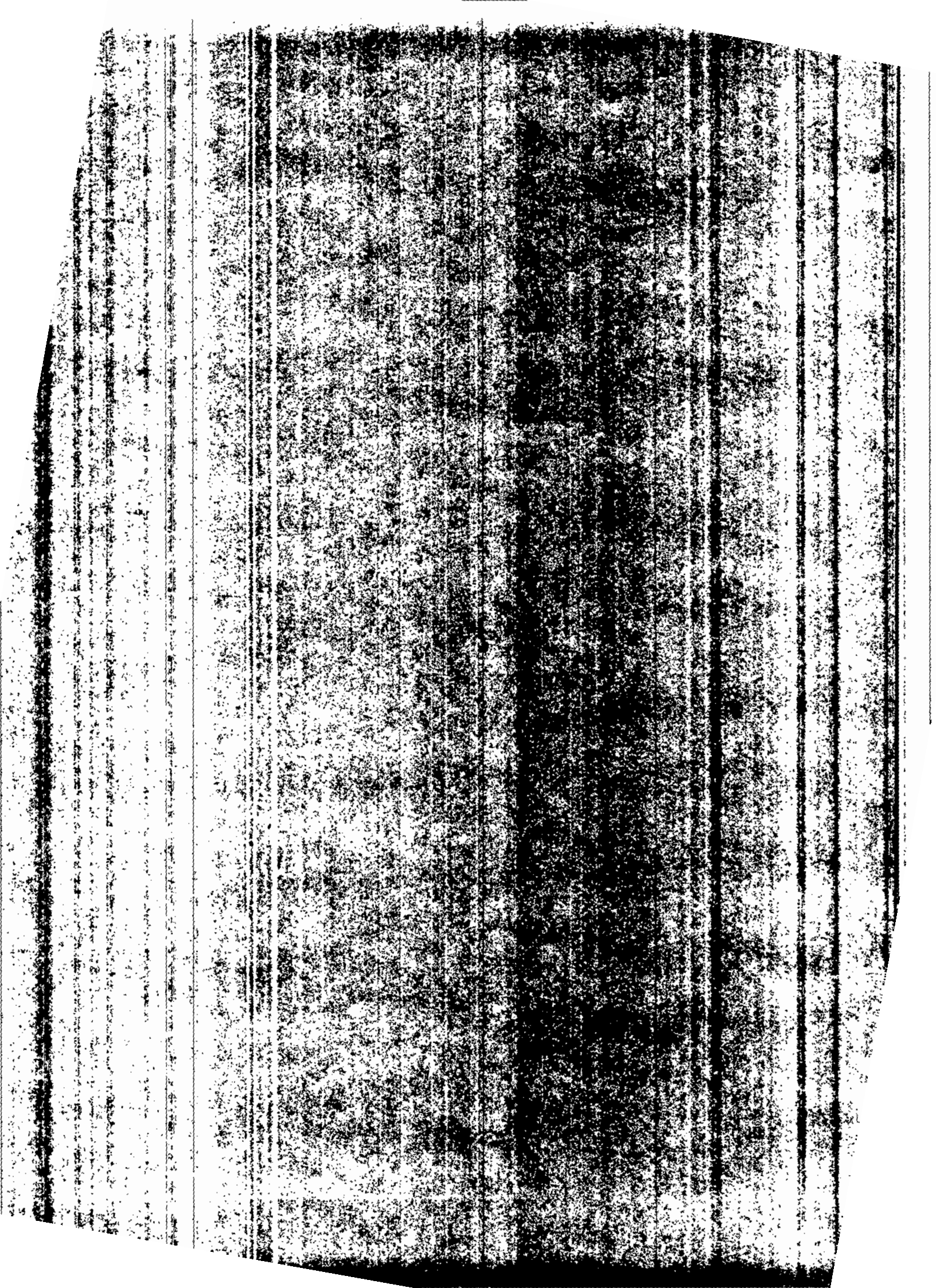
- 작성기간 : 1992. 6 ~ 1994. 9
- 작성기관 : 한국해양연구소
- 소요경비 : 9,200만원
- 참여사명단 :

부 문	성 명	소속기관	직 위 (직명)	참 여 분 야	비 고
사 업 총 괄	김은수	해양연구소	책임연구원	총괄책임자	
해	화 학 분 야	이수형	"	책임연구원	중금속분석 영양염분석 유기물분석 " " 일반수질분석 중금속분석 영양염, 클로로필 탄소, 질소분석
		양동범	"	"	
		오재룡	"	신임연구원	
		강성현	"	"	
		조성록	"	신임기술원	
양	지 질 분 야	김경태	"	연구원	분야책임자 육상지질분야 " " 해양지질분야 " "
		김종근	"	"	
		황현빈	"	"	
		이희준	"	신임연구원	
		정대교	"	"	
부	공 학 분 야	신승수	"	연구원	분야책임자 오염물이동예측 현장조사분야 해수유동예측 " "
		전종화	"	"	
		신동혁	"	"	
		김광삼	"	"	
		김창식	"	책임연구원	
문	생 물 분 야	강시환	"	"	분야책임자 생태분야 저서동물 난치사어 저서동물 " " 동물플랑크톤 해조류 " "
		김상익	"	신임기술원	
		이종진	"	신임연구원	
		박승준	"	연구기사	
		장 만	"	책임연구원	
문	생 물 분 야	곽희상	"	"	분야책임자 생태분야 저서동물 난치사어 저서동물 " " 동물플랑크톤 해조류 " "
		이재학	"	"	
		유재명	"	"	
		제종길	"	신임연구원	
		최진우	"	"	
김용서	"	"	연구원		
강래선	"	"	연구기사		
이종수	"	"	"		
최은미	"	"	"		

부 문	성 명	소속기관	직 위 (직명)	참 여 분 야	비 고	
육 상 부 문	총괄	이호준	선국대학교	교 수	육상부문책임자	
	자 연 환 경	노용태	"	교 수	동물학	
		백광민	"	연구조원	동물학	
		손병욱	"	"	"	
		육상선	"	"	"	
		이재석	"	"	생태학	
	생 활 환 경	전영문	"	"	"	
		강재구	"	"	"	
		김희강	"	교 수	대기화학	
		강공언	"	연구조원	대기공학	
사 회 정 제 환 성	이영재	"	"	환경공학		
	조기철	"	"	"		
	이종훈	"	"	"		
	임재현	"	"	"		
	최무웅	"	교 수	자연지리		
	이선훈	"	연구조원	"		
정 제 환 성	안중기	"	"	"		
	김은진	"	"	"		
	한만석	"	"	"		
	임종호	정주대학교	"	"		
	이종민	선국대학교	"	"		







제 3 장 지역 개황

본 사업지구 및 주변지역에 대한 개황을 비교하기 위하여 토지이용상황, 환경관련지구 및 지역의 지정현황, 해당지역 환경기준 및 녹지자연도, 환경피해유발시설물, 주요보호대상시설물, 환경기초시설 등 환경과 관련된 사항을 조사하였다.

3.1 사업지역 및 주변지역의 토지이용 현황

가. 사업지구의 위치

사업지구는 행정구역상 경상남도 거제군 장목면 산 9-5번지에 위치하고 있고 진해시에서 남해로 깊숙이 뻗친 반도형 지형을 이루고 있다(35° N, 128° 40' E). 장목만에는 장목국교 북쪽 앞바다의 양식장을 제외하면 그 발달이 미약하지만 군항포의 북쪽해안과 서쪽해안에는 양식장이 넓게 분포하고 있다.

사업지구 주변지역인 거제면, 둔덕면, 사등면을 중심으로 목장 용지가 분포하고, 신현읍과 둔덕면, 사등면을 중심으로 공장용지가 분포하고 있으나 장목면 내에는 이들의 분포가 미약하다. 또한 하천과 유지의 분포가 미약한 편이다.

나. 토지이용현황

거제군의 토지종별 현황을 고찰하여 보면, 총면적 368 km² 중 임야가 73.5%로 가장 넓은 면적을 차지하고 있으며, 논, 밭, 도로, 대지의 순서로 구성비율을 나타낸다(표 3.1.1). 논과 밭을 합한 구성비는 18.9%를 차지하고 있다. 장목면의 경우는 임야가 67.2%로 거제군의 임야비율에 비하여 다소 적게 나타나고, 논과 밭을 합치면 25.2%로 거제군의 선담비율에 비하여 높은 비율을 점하고 있다.

표 3.1.1 토지이용현황

	거 제 군		장 목 면	
	면적(㎡)	구성비(%)	면적(㎡)	구성비(%)
전	24,641,211	6.70	2,487,206	9.95
답	45,002,697	12.23	3,817,934	15.27
과수원	31,878	0.01	21,243	0.08
목장용지	102,390	0.03	-	0.00
임야	270,636,802	73.54	16,800,164	67.19
염전	109,864	0.03	-	0.00
대지	6,245,500	1.70	492,237	1.97
공장용지	1,300,983	0.35	-	0.00
학교용지	551,290	0.15	45,691	0.18
도로	8,497,417	2.31	609,864	2.44
하천	2,413,641	0.66	59,649	0.24
제방	202,808	0.06	6,034	0.02
구거	3,589,122	1.00	429,744	1.72
유지	2,351,053	0.64	27,583	0.11
수도용지	101,290	0.03	-	0.00
공원	39,596	0.01	-	0.00
종교용지	59,173	0.02	4,193	0.02
사적지	33,117	0.01	4,268	0.02
묘지	1,172,396	0.32	160,639	0.64
잡종지	919,065	0.25	35,737	0.14
계	368,001,296	100.00	25,002,186	100.00

자료출처 : 거제군, 통계연보, 1992.

거제군의 도시계획 과정을 살펴보면, 1984년 이후 계획이 착실히 진행되어 왔으나 1989년 계획에서는 연구대상지역인 장목면은 계획면적에서 제외되고 있다(표 3.1.2).

표 3.1.2 거제군 도시계획현황

(단위 : km²)

년도	계 획 면 적	용 도 지 역					
		주 거	상 업	공 업	자연녹지	생산녹지	미지정
1984	63.185	5.171	0.467	7.395	49.022	1.130	-
1985	78.207	8.691	0.993	7.285	51.524	9.714	-
1986	78.207	8.691	0.993	7.285	51.524	0.525	9.189
1988	85.518	8.778	1.057	7.389	51.397	0.525	16.372
1989	20.518	2.664	0.286	2.180	7.558	0.525	7.305

3.2 환경 관련지구 지역 지정현황

가. 자연환경 보전지역

거제군의 특별청소지역 지정율은 13%로써 지정현황은 다음과 같다.

표 3.2.1 거제군의 특별청소지역 지정율

영향권	행 정 구 역		특 별 청 소 지 역		특별청소지역지정율(%)
	면적(km ²)	인구(명)	면적(km ²)	인구(명)	
거제군	368	100,210	47	49,273	13

나. 자연생태계 보전지역

본 사업지구역 및 주변지역에 대한 보전지역 지정은 없는 것으로 조사되었다.

다. 상수보호구역

본 지역은 연초면 이목저수지에서 도수하에 상수도로 이용하고 있으므로 본 지역내에서는 상수보호구역이 설정되어 있지 않다.

라. 수자원 보호지역

농업용수로 이용되고 있는 장목저수지 뿐이다.

3.3 환경기준 및 녹지자연도

가. 환경기준

- (1) 해역별 수질기준 현황
- (2) 연안오염 특별관리 해역 지정현황

나. 녹지자연도

본 사업지구를 중심으로 1km권 내의 조사지역 및 거제도 전체에 대한 녹지자연도(DGN) 사정 결과 조사지역에서는 수역(0)이 1.322 km²로 22.08%, 나지 및 시가지(1) 0.135 km²(2.89%), 경작지(2)가 0.957 km²(19.87%), 과수원(3) 0.053 km²(1.13%), 이차초원 A(4) 0.048 km²(1.02%), 조림지(6) 3.505 km²(75.09%)를 각각 차지해 본 조사지역의 평균 녹지자연도는 5.23으로 산정되었다(표 3.3.1).

거제도 전체지역은 1 등급이 11km²(2.76%), 2 등급 124km²(31.16%), 4 등급 1메쉬(1km², 0.25%), 6 등급 231km²(58.04%), 7 등급 31km²(7.79%) 등 총 398km²에 대한 사정결과에 대해 각각 산정된 값이었다(표 3.3.2).

표 3.3.1 녹지자연도 등급별 분포현황

등급	구분	면적 (km ²)	면적비율 (%)
0	수역	1.322	22.08
1	나지·시가지	0.135	2.89
2	경작지	0.957	19.87
3	과수원	0.053	1.13
4	이차초원(A)	0.048	1.02
6	조림지	3.505	75.09
	계	5.99	100.00

표 3.3.2 녹지자연도 현황(환경처, 1990)

자역	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	6등급	7등급	8등급	9등급	0등급	총면적(개)
조사지역	0.135	0.9575	0.0025	0.0675	-	3.505	-	-	-	1.3225	5.99
등급별 %	2.25	15.98	0.04	1.13	-	58.52	-	-	-	-	
신흥읍	2	10	0	0	0	15	15	0	0	0	42
장승포읍	8	8	0	0	0	15	0	0	0	0	31
일운면	0	8	0	1	0	19	2	0	0	0	30
동부면	0	10	0	0	0	29	13	0	0	0	52
남부면	0	6	0	0	0	28	0	0	0	0	34
거제면	1	16	0	0	0	21	0	0	0	0	38
둔덕면	0	11	0	0	0	22	0	0	0	0	33
사등면	0	16	0	0	0	17	0	0	0	0	33
연초면	0	13	0	0	0	27	1	0	0	0	41
하청면	0	11	0	0	0	17	0	0	0	0	28
상북면	0	15	0	0	0	21	0	0	0	0	36
거제군	11	124	0	1	0	231	31	0	0	0	398
등급별%	2.76	31.16	0	0.25	0	58.04	7.79	0	0	0	100

3.4 환경피해 유발시설물

가. 공업지역

본 사업지구 및 주변지역에 분포하는 환경피해 유발시설물로는 죽도 및 옥포산업기지에 3개 업체가 입주하여 종업원 14,400명이 근무하고 있다(표 3.4.1).

표 3.4.1 거제군 공업단지 현황

공업단지명	면적 (천㎡)	조성근거법	지정년도	준공년도	조성금액 (억원)	입주업체수 (개소)
죽도산업기지	3,030	산업기지 개발촉진법	1974	1991	1,285	1
옥포산업기지	4,563	산업기지 개발촉진법	1974	1986	1,800	2

나. 도로시설

장목지역에는 1018지방도가 유일하게 간선역할을 담당하고 있으며, 지방도가 23.76%, 시군도가 76.24%로 시군도가 도로의 대부분을 차지한다(표 3.4.2).

표 3.4.2 도로현황

	합 계			일 반 국 도		
	계	포장	미포장	계	포장	미포장
거제군	230,665	141,642	89,023	56,696	56,696	-
장목면	23,610	11,976	11,634	-	-	-
	지 방 도			시 군 도		
	계	포장	미포장	계	포장	미포장
거제군	59,999	27,304	32,695	113,970	57,642	56,378
장목면	5,610	5,610	-	18,000	6,366	11,634

자료출처 : 거제군, 통계연보, 1992.

다. 철도시설

없음

3.5 주요보호대상시설물

가. 취수장

연초면 이목저수지에서 취수하고 있으므로 본 지역과는 관련없다.

나. 정수장

본 지역에는 설치되어 있지 않다.

다. 문화재

장목면내에는 국가지정문화재는 분포하지 않고, 도지정문화재인 유형문화재 1점 만이 분포하고 있다. 그러나 이 문화재도 사업지역내에 포함되어 있지 않다(표 3.5.1).

표 3.5.1 문화재 일람표

구 분	총 계	국 가지 정 문 화 재					도 지 정 문 화 재				문화재 자 료	
		국 계	보 물	사 적	천 연 기 념 물	명 승	유 형 문 화 재	기 념 물	무 형 문 화 재	민 속 자 료		
거제군	19	3	-	-	2	1	9	5	4	-	-	4
장목면	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-

자료출처 : 거제군, 통계연보, 1992.

라. 천연기념물

본 사업지구 및 주변지역에서의 천연기념물은 거제군 동부면 학동리의 거제 해금강 국도변에 학동 동백림(冬柏林)과 팔색조(八色鳥) 도래지가 있으며(천연기념물 제 233호, 1971. 9. 13 지정), 거제도 학동리 일대의 연안의 아비도래지(천연기념물 제 227호, 1970. 10. 30 지정) 등 2곳이 지정 보호되고 있다(표 3.5.2).

표 3.5.2 천연기념물

구 분	위 치	지 정 번 호	지 정 일 자
학동동백림과 팔색조도래지	거제군 동부면 학동리	제 233 호	1971. 9. 13
아비도래지	//	제 227 호	1970. 10. 30

3.6 환경기초시설

분뇨처리장 2개소, 일반폐기물 처리시설 2개소 등이 분포하고 있으며 그 현황은 아래와 같다.

가 분뇨처리장

분뇨처리장은 사동면에 거제와 사동처리장 2개소가 설치되어 있다.

표 3.6.1 분뇨처리장 현황

처리장명	위 치	처리방식	처리용량(m ³ /d)	사업비(백만원)
거 제	사동면 두동리 87	산화식	15	239
사 동	사동면 사곡리 산 2-5	산화식	45	785

나. 쓰레기처리장

거제군의 쓰레기처리장은 2개소로, '90년 현재 장목면 유효리 매립장이 사용되고 있다.

표 3.6.2 쓰레기매립장 현황

처리장명	위 치	매립면적(m ²)	매립용량(천톤)	사용기간
사동 매립장	사동면 사곡산동 2-1	4,800	37	1988-1990
장목 매립장	장목면 유효리	10,000	-	1990-2000

자료 : 전국일반쓰레기 처리실적('91) 및 계획('92), 1992, 환경시

3.7 어업권 현황

거제도의 수산관계현황을 증양식업과 시설물로 구분하여 볼 때, 증양식업의 면적은 1,969.19m² 이고, 시설물은 241개소에 달한다.

표 3.7.1 거제도 수산관계 현황

증양식업				시설물		
구분	건수	면적	연간생산량	구분	개소	물량
계	315	1,969.2	15,468.5	계	241	16,772
천해 어장	15	1.5	26	방파제	25	1,852
내수면양어	6	0.2	2.5	선착장	105	4,985
굴	103	933	4,273	불양장	9	1,552
홍합	19	118	2,300	1종어항	2	943
피조개	46	290	725	2종어항	19	2,764
우렁쉥이	71	248	7,356	3종어항	1	288
전진	7	81	1	소규모어항	80	4,388
돛	2	13				
새꼬막	1	2.5	25			
투석살포	3	20				
미역	18	229	102			
가두리	6	12	238			
	18	21	420			

자료출처 : 거제군, 통계연보, 1992.

상록면 주변해역의 어업권 현황은 표 3.7.2와 같으며, 어업권 현황도는 그림 3.7.1과 같다.

표 3.7.2 상록면 주변해역의 어업권 현황

면허번호	어업종류	위치	면허면적	면허기간	어업권자
737	공농어업	상록면 상북리	5.0ha	92. 5.31	상북어촌계
738	"	"	2.5ha	"	"
4023	투석살포식 (바지락)	"	2.8ha	92. 6.25	상록면 장북리 402-2 서수만의 4인
4398	연승수하식 (홍합)	"	2.1ha	93.12.15	상록면 삼북리 329 이상조

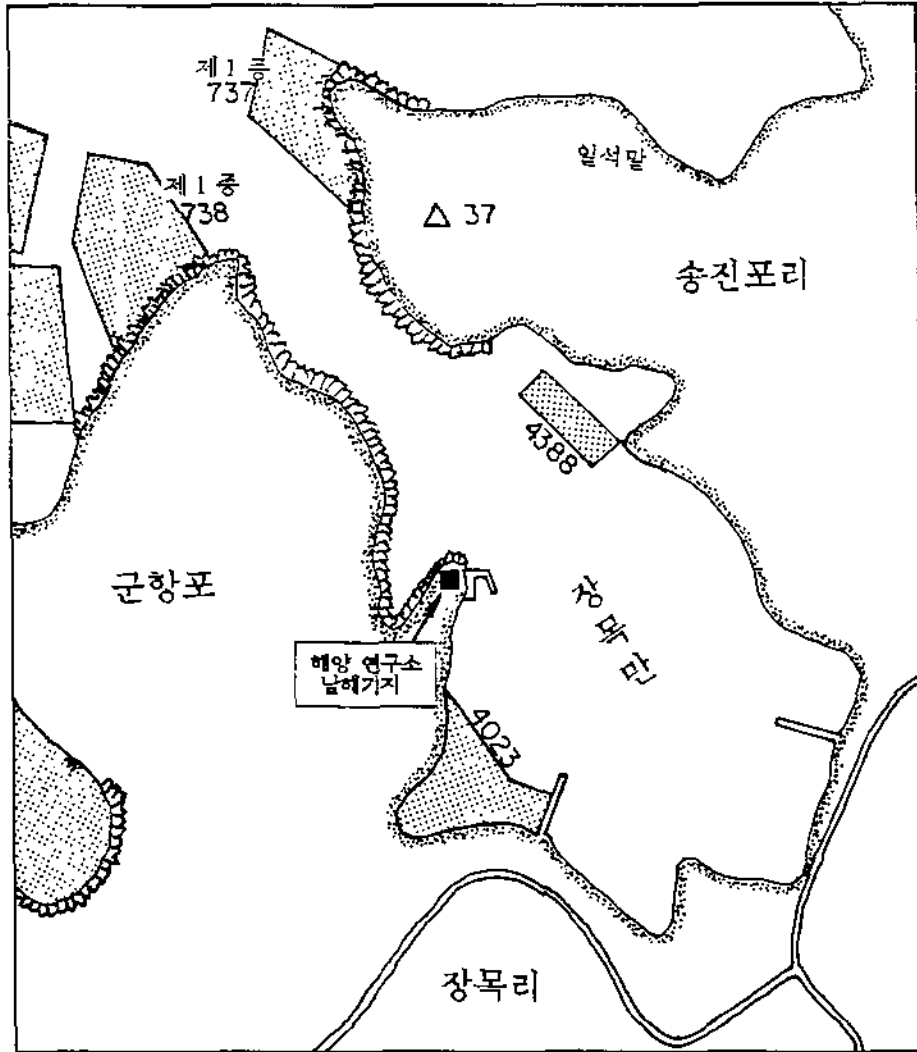
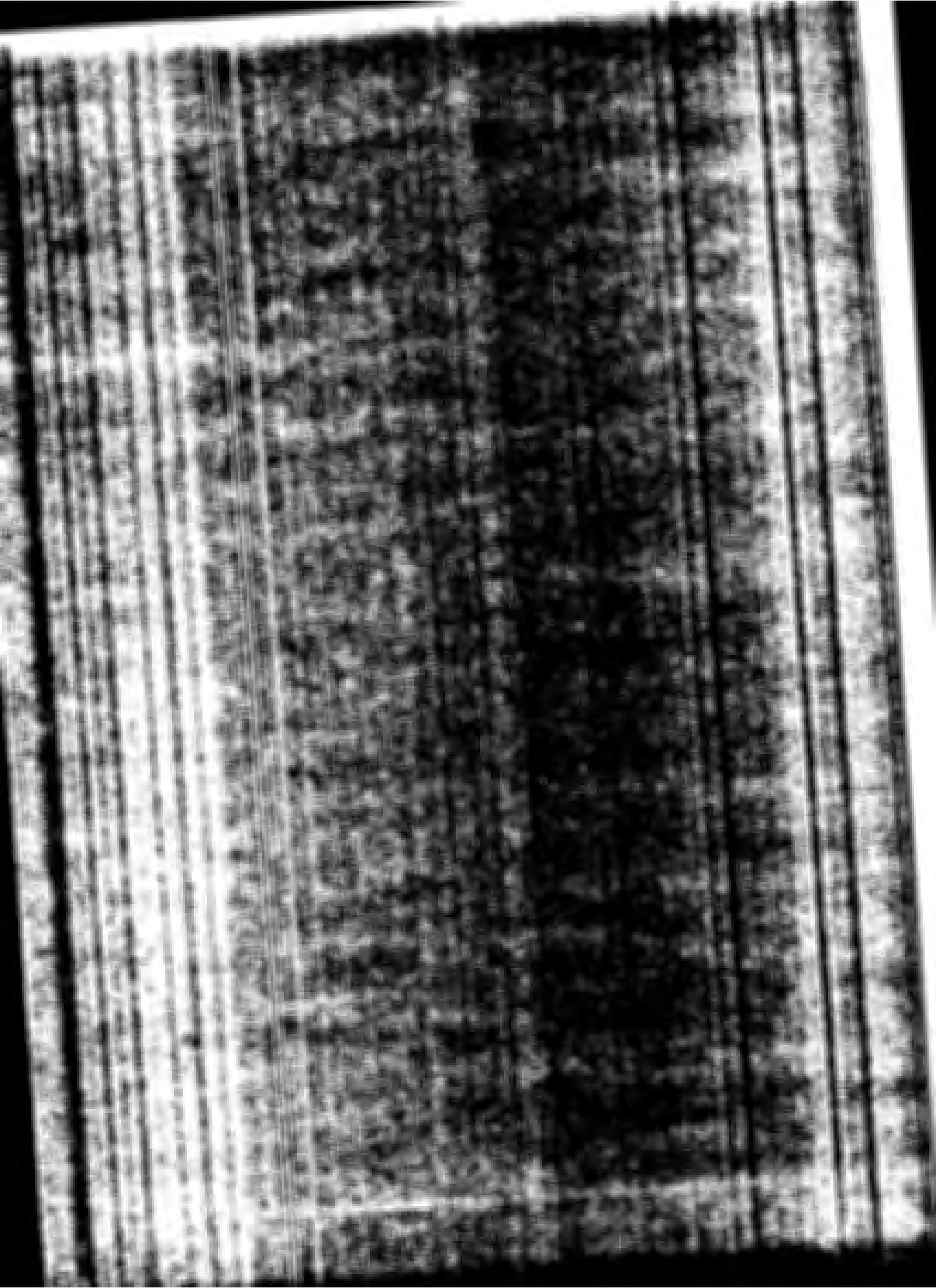


그림 3.7.1 장목만 주변해역의 어업권 현황도





제4장 환경영향요소 및 환경인자간의 행렬식

4.1 환경영향요소의 추출

본 사업은 거제도 장목만 일대의 해양연구소 남해기지 건설 사업 시행에 따른 공사시 및 이용시에 발생하는 환경영향인자를 다음과 같이 추출하였다.

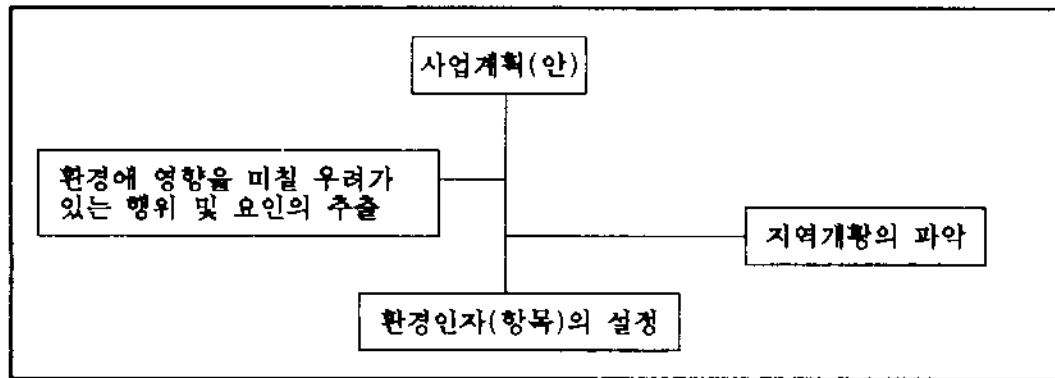


그림 4.1.1 환경영향요소 및 환경인자 추출흐름도

4.2 환경항목의 설정

가. 환경영향항목의 설정

본 사업의 시행과 관련하여 본 평가에서 취급이 필요한 항목을 다음과 같이 설정하였다.

표 4.2.1 환경설정항목

구 분	환경 설정 항목
자연 환경 생활 환경 사회경제환경	지형, 지질, 기상, 육상동·식물상, 해양환경 토지이용, 대기질, 토양오염, 폐기물, 소음·진동 인구, 주거, 산업, 교통

나. 환경항목의 설정사유

환경현황조사, 예측 및 평가의 대상이 되는 환경영향항목은 환경처고시 제 91-30호의 내용을 따라서 다음과 같이 항목 설정기준을 제시하였다.

표 4.2.2 환경항목의 설정사유

환경인자	설 정 사 유	
자연환경	기 상	사업지구의 국지적 기상파악, 대기질 예측의 기초자료
	육수환경	· 현황파악 · 사업시행으로 인한 하천, 지하수의 변화 추측
	지형, 지질	· 구조물 축조시 토층이동, 토사유출방지 · 매립, 퇴적, 채굴 등 육지 및 해저지형변화
	동·식물상	· 육상 및 해양 동·식물상의 서식과 현존량, 현황파악 · 사업시행으로 인하여 현존량 변화 및 영향예측자료
	해양환경	· 인근해역에 미치는 환경영향을 예측
생활환경	토지이용	· 사업지역의 제거되는 나지(연구소부지)와 매립으로 인한 격지로 토지이용 변화
	대기질	· 현황파악 · 공사시 예상되는 대기오염물질에 의한 대기질 영향예측 · 시설물 이용시 예상되는 대기질 영향예측 · 공사시 및 시설물 이용시 대기오염물질의 저감대책 수립
	토양오염	· 현황파악 · 사업시행으로 인한 토양의 변화
환경	폐기물	· 공사시 폐유, 폐자재, 분뇨 발생량 예측 · 시설물 이용시 분뇨, 생활폐기물, 선박에 의한 Bilge 및 Sludge 발생량 예측 · 공사시 및 시설물 이용시 발생하는 일반폐기물과 특정폐기물의 처리계획 수립
	소음·진동	· 현황파악 · 공사시 및 시설물 이용시 환경영향 예측
사회경제환경	인 구	· 사회·경제 환경의 영향예측 기초자료
	주 거	· 인구와 동일
	산 업	· 산업물동량의 변화, 지역경제 활성화 가속
	공공시설	· 인구와 동일
	교 육	· 인구와 동일
	교 통	· 본 사업과 연계된 교통시설의 변화
	문화재	· 주변지역의 문화와 관광자원의 기초자료

4.3 환경영향요인 및 항목간 행렬식 대조표

본 거제도 장목만 일대의 해양연구소 남해기지 건설 사업에 따른 환경요인은 공사시와 이용시로 구분할 수 있으며, 이에 따른 영향 정도는 지형적인 조건을 비롯한 몇가지 환경조건에 따라서 그 크기가 달라진다.

따라서, 앞에서 언급된 내용의 상관성을 나타내기 위하여 본 Matrix상에서 사용된 제시기법을 설명하면 다음과 같다. 즉, 요인과 항목간의 상호작용에 대한 평가는 다음 그림에 따라 영향이 예상되어 마주치는 난에 영향 관련성의 크기를 부호와 숫자를 이용하여 정량적으로 표시하였다.

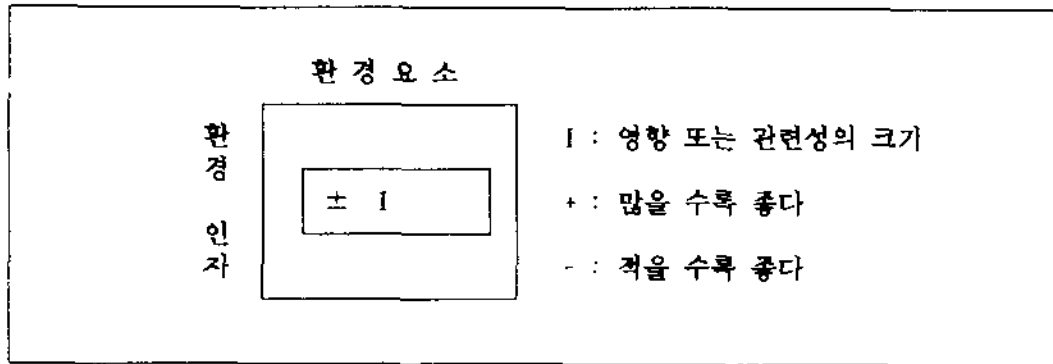


그림 4.3.1 환경영향 행렬식 대조표 표시

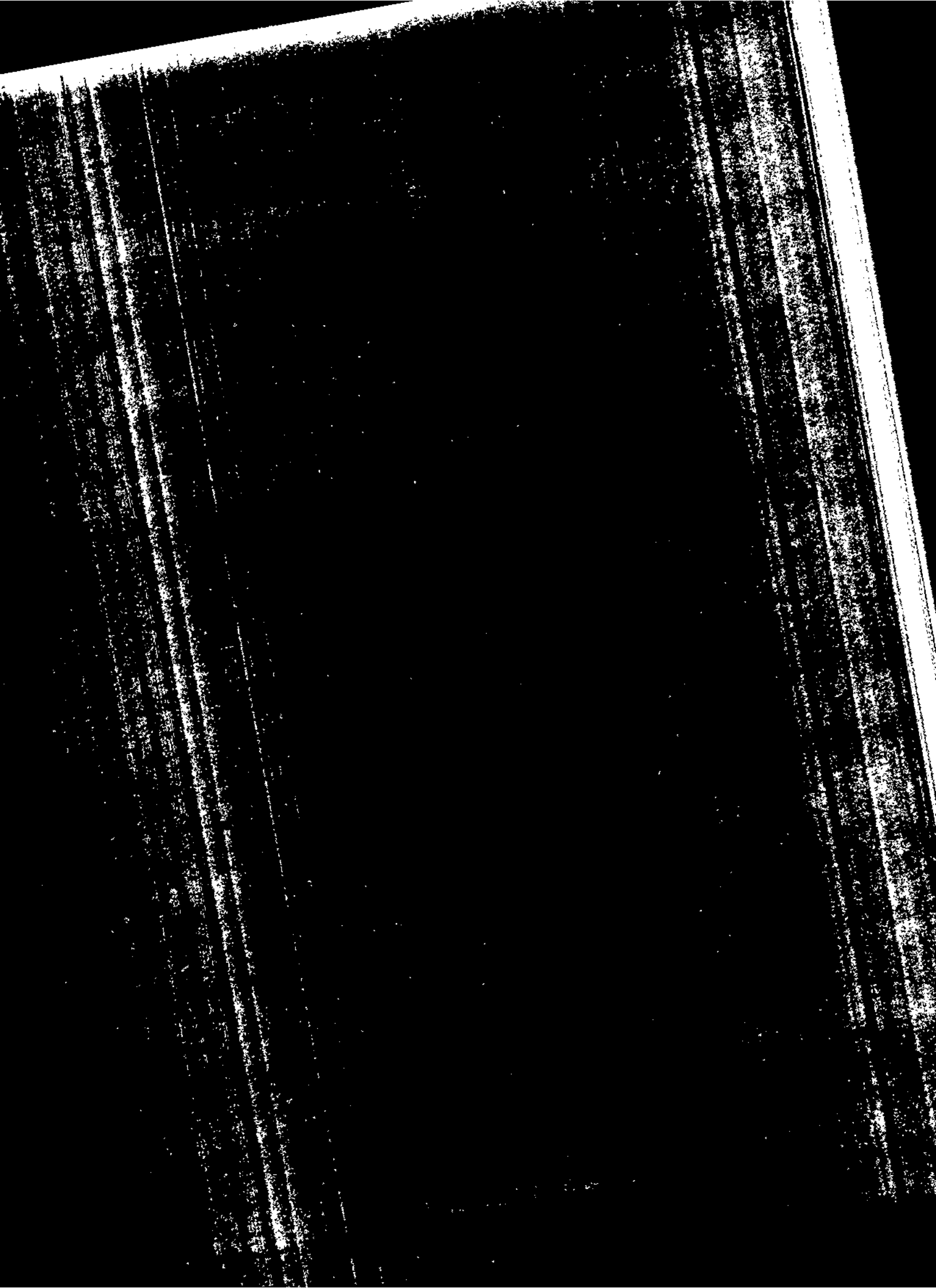
요인과 항목간의 상호작용을 평가하여 Matrix상에 표시한 등급의 설정 기준은 다음과 같다.

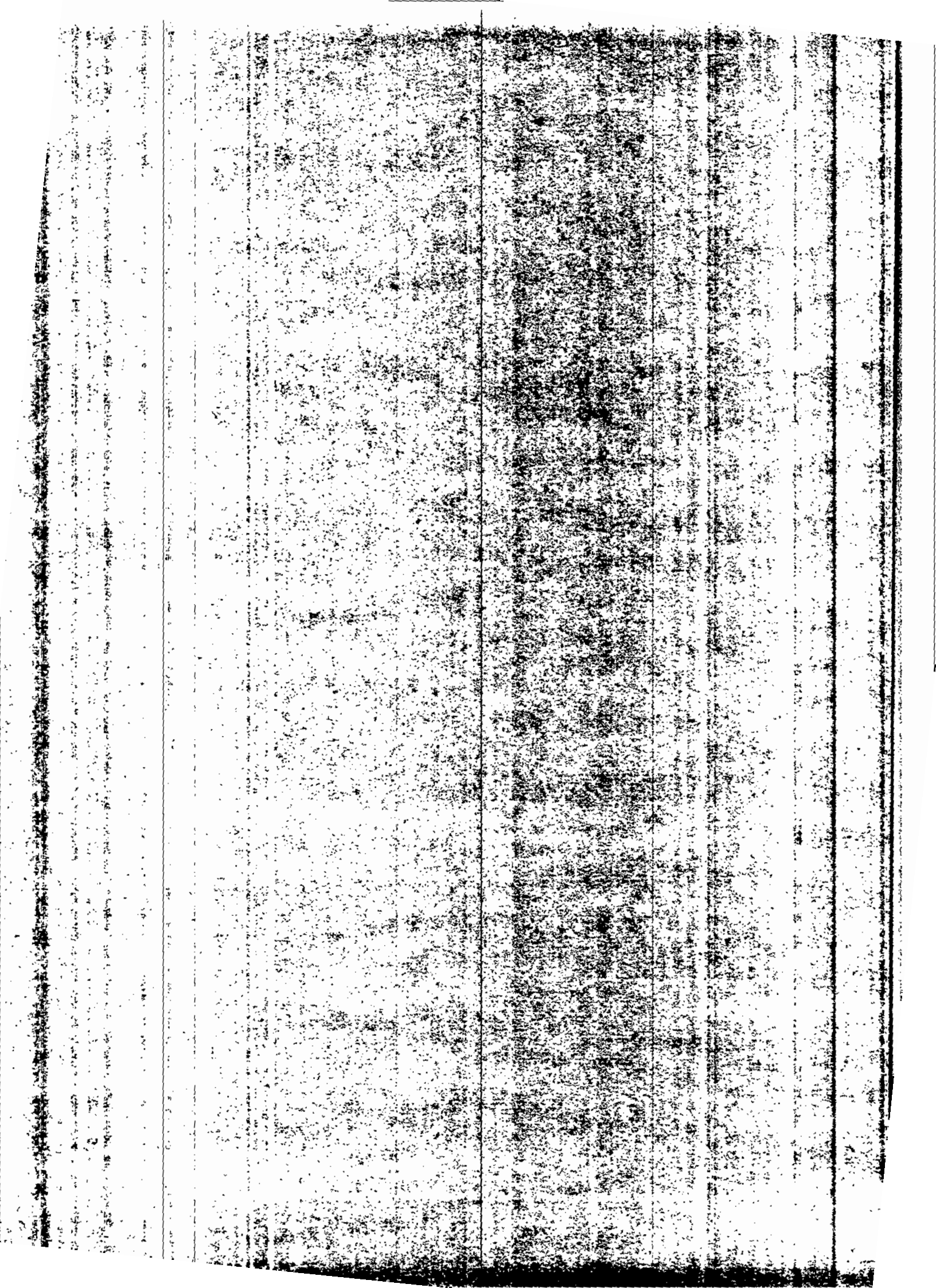
표 4.3.1 행렬식 대조표 등급 설정 기준

등급	영향 또는 관련성의 내용
+3	시행하면 상당히 좋다
+2	시행되면 비교적 긍정적이다
+1	시행되면 긍정적이거나 크기가 작다
-1	악영향은 있으나 미약하다
-2	악영향이 다소 있다(보통정도이다)
-3	악영향이 크다

표 4.3.2 환경영향요소 및 환경인자간 행렬식 대조표

단 계	환경영향요소 환경인자	자연환경		생활환경								사회·경제환경													
		기 상	지 질	동 식 물 상	해 양 환경	토 지 이용	대 기 질 량	수 질	토 양	폐 기 물	소 음	진 동	악 취	전 파 방 해	일 조 방 해	위 생 위 험	위 생 보 전	인 구	주 거	산 업	공 공 시 설	교 육	교 통	문 화 재	
건설 단 계	부 지 조 성	절성토, 포트제거굴착	-1	+1	-1	-2	-3	-3		-1	-2	-1					-2			+1				-1	
		배수공사							-2								+2							-1	
		지반개량			-2	-1	-1		+1															+1	
		성토다짐공사	+1	-2		-3	-1				-2													+1	
		자재채취운반			-1				-3		-1	-2								+1					-2
		기초공사	-1	-1		+1	-2				-2	-1								+2					
		건축물공사			-1	+3	-3	-1		-3	-2	-1								+2	+3	+2			-2
		부대시설공사	-1	-1		+3	-1	-1		-2	-2	-1						+2	+1	+1	+1			+1	-1
		조경식재	+1	+3		+2	+1	+3	+1						+2	+3		+3			+2				
		공사인부 및 장비투입			-3			-3		-1	-1	-3	-1					+1		+1					-1
이용 단 계		기계관련공사					-1			-1	-1						+1		+2					-1	
		취수 및 배수				-1	-2		-1								-1								
		기계류의가동	-1	-1																+1					
		저장관리 시설이용				+3														+2	+3	+2		-1	
		폐물질처리			-2	+3				-2			-1							+2	+2			+1	-1
		구조물존재			-2	+2								-1	-1				+1	+1	+1				+1
		수처리시설가			-1	+3	+2		+3					-3			-1	+3					+1		
		공원 및 위락시설 운영	+2	+2		+3										+3	+3	+3			+2				
		유틸리티 시설 운영				+3										+2	+2	+3	+3	+1	+2	+2	+1		
		원료생산품의수																						-3	
	산업구조변화																		+1	+1	+1	+3	+2	+1	+1
	이주민의 발생																								





제5장 환경현황조사, 예측, 분석 및 저감방안

5.1 자연환경

1. 지형·지질

가. 현황

(1) 지형

해양연구소 남해기지 건설에 따른 환경영향평가 사업지구는 행정구역상으로 경상남도 거제군 장목면 산 9-5 일대에 위치하고 있으며, 진해시쪽 남해로 깊숙히 길게 뻗은 반도형 지형 형태를 나타내고 있다. 옥녀봉(232.2m)을 중심으로 이루어진 칠천도의 섬이 북서계절풍을 막아 주는 역할을 하며, 반도 끝부분에 대봉산(257.7m)과 장목면 사무소 남쪽으로 269m의 계석산이 위치하고 있고, 전체적 지형은 비교적 험준한 편이다.

장목만을 형성하는 서쪽의 반도형 장서(長西)에 위치한 본 사업지구는 해발 16m에 이르는 대단히 완만한 구릉지로서 형성되어 있으며 가장 높은 곳은 52.5m이고, 그 외의 지역은 논, 밭으로 평탄면을 형성하고 있다. 사업지구의 서쪽은 왜성(倭城)이 축조되어 있으며 그 높이는 77m에 이르는 산계를 이루고 있다. 사업지구 인근 면사무소가 위치한 장목리는 평탄면으로 주거지가 되어 있다. 남쪽으로는 계석산이 산록면을 이루고 있으며 경사도는 60%를 나타내는 사면을 갖고 있다. 장목만 매립 예정부지 0.15km²는 간조시에 해저면이 노출되어 평탄면을 이루고 있으므로 비교적 수심이 얕다.

전반적인 지형은 구릉지 형태이며, 꼭부에는 제4기층들이 충적되어 평탄면을 형성하고 있으나, 구릉지 산록면은 침식을 심하게 받아 수지상의 완산록을 형성하고 있는 특징을 갖고 있다. 이상과 같은 지형적 특성을 고려할 때 거제의 지형윤회는 장년기에 속하는 수계의 상류부라는 특색을 보여주며, 후빙기에 일어난 해수면 상승에 기인된 지형 윤회의 중절(中絶)을 뜻하는 곡간성 해안 저지형이 현저하다(그림 5.1.1).

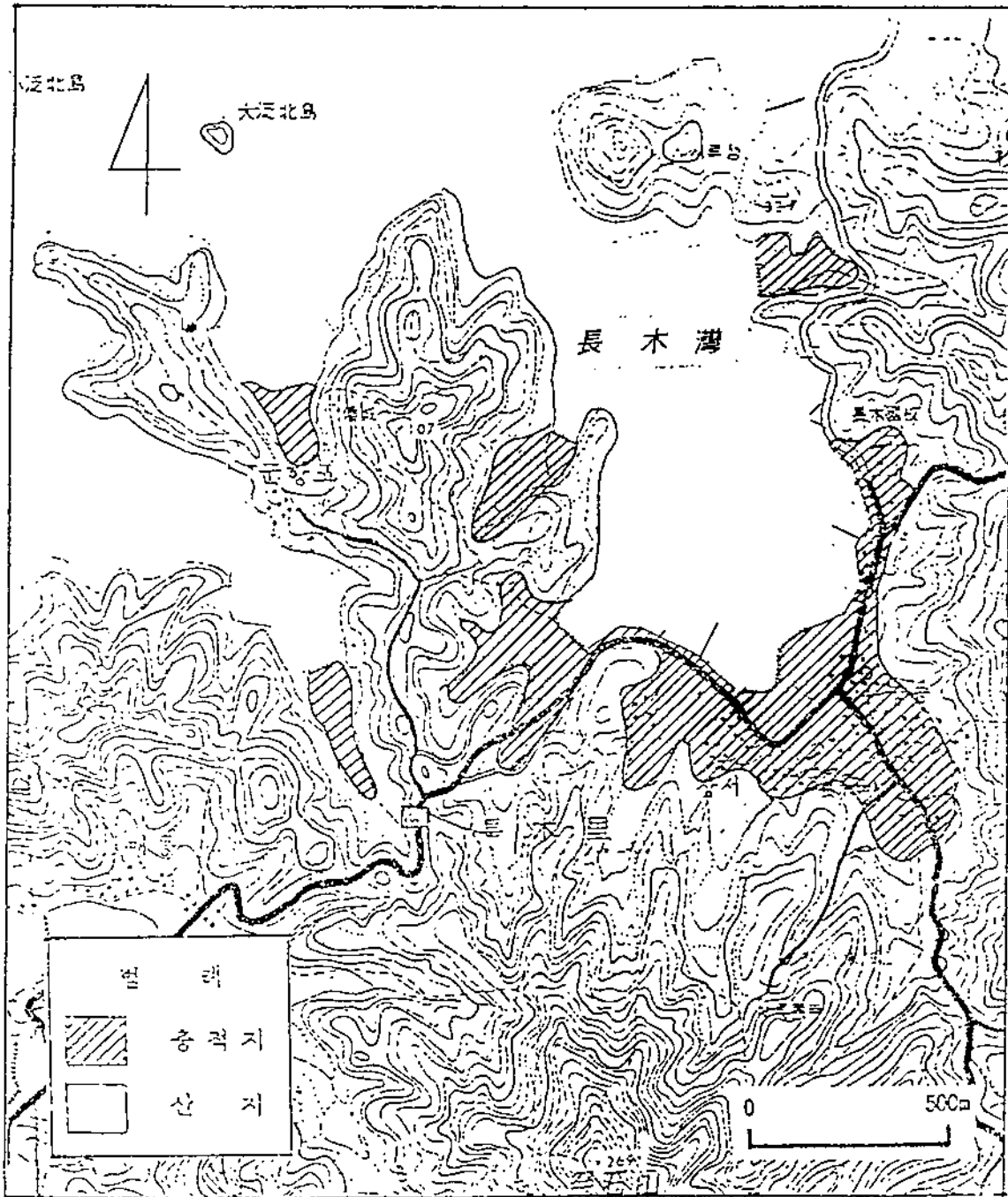


그림 5.1.1 지형구분

(2) 지질

본 사업지구에 분포하는 지질은 백악기의 경상계 퇴적암층의 관입 또는 분출로 믿어지는 화산암류와 반 심성암, 불국사 화강암, 산성내지 염기성 맥암류와 제 4기의 충적층으로 구분된다(표 5.1.1).

표 5.1.1 지질계통

충적층
무정합
녹설층
부정합
산성암맥
염기성암맥
관 입
지세포화강암
거제화강암
심록암, 반암
관 입
반 암 류
관 입
안산암질암류
안산암질각력암
관입 또는 분출
장목리층
성토리층

장목리층은 거제도의 동쪽 해안을 따라 넓게 분포하며 남쪽으로 갈수록 면적이 작아지나 장목리 부근에서 가장 넓게 분포하고 변질도도 낮다. 암상은 하부(180m)와 상부(210m)로 구분되나 하부층은 암갈색내지 황갈색 역암 응회암질사암, 회백색사암, 암회색내지 흑색 Shale 층으로 구성되어 있는 반면 상부로 갈수록 사암과 역암의 양도 적어진다. 역의 크기는 보통 3 cm 이내의 것이 대부분이나 30 cm에 달하는 것도 있다.

호른펠스화된 암석에서도 담수경 석회질 부분은 갈색을 띄워 층리의 발달이 더욱 현시하다. 장목리, 군항부근에서는 하부에 석색셰일 또는 실트암이 발견되나 그 두께는 15m정도이다.

변도의 환경관리가 필요치 않다.

다. 사후 환경 관리

3) 사업부지 약 1만평의 점토 및 매립으로 인한 사면 붕괴현상이 발생될 것으로 예측되므로 점토지 조사제해를 대비하여 사방공사, 참림, 지산공사, 참림, 지산공사, 잔사태 방지 공사, 급사면 물막방 지 공사 및 미기상 급변시간을 위한 방풍림 설치 등을 실시하여야 한다.

2) 예상부지에는 응적층이 한 번만 있고 있어 많은 양의 점토에 의하여 기민암이 떨어져 있으므로 이의 점토시에는 점토에 대한 계획이 필요하다.

1) 선축예정지에 분포하는 암석은 주로 호른펠스화된 퇴적암으로서 암석의 강도가 높은 한편, 지사회적으로 퇴적암이 쌓인 후 화강암체의 관입에 의한 updoming과 이와 유사한 시기에 인어단 단층면이나 약대를 따라서 맥암들의 관입에 의해서 퇴적암의 경사(dip)가 일정하지 않으며 파쇄대 또는 약대가 존재한다. 그리고 선축예정지의 남서쪽으로 수백 m거리에서 명동리단층이 발달하는데, 이 단층이 선축예정지의 지표면하에 발달한 가능성이 있으므로 지구조운동의 선지에 문제점을 야기시킬 수 있다.

나. 사업시행으로 인한 영향 예측

있다(그림 5.1.2).

장부의 응력 구성하는 암석들은 원미경하에서 관찰하면 정석질 사암은 분규이 매우 불량하며, 사립과 기립의 비는 약 85 : 15로써 사립은 정석이 우세하여 장석질 사암이라 한다. 사람은 원형 그대로이나 이동으로 형성된 기립은 변성되어 녹리석과 녹염석으로 나타나고 있다. 암회색 셰일의 주성분은 각성대지 아각상의 석영, 방해석, 점토광물이고 부정광물은 백운모와 간색미정립이다. 이질 호른펠스는 석영과 운모로 이루어져 있다. 응적층은 장부리 면사부소를 중심으로 해안선을 따라, 그리고 제석산 환경사면에 위치한 소하천에 분포하고 있다(그림 5.1.2).



그림 5.1.2 지질구분

2. 육수환경

가. 현황

(1) 수계

장목만으로 침수되는 침수경계는 본 사업부지인 107m 높이의 왜성의 능선을 경계로 269m의 제석산에 이르는 능선과 제석산에서 동쪽으로 140m, 115m 안산 39m에 이르는 경계조건을 갖고 있다. 사업지구서쪽 군항포는 독립된 소수계를 나타내고 있다. 수계망은 1차 하천으로 제석산 사면 경사 때문에 하천의 길이는 대단히 짧으며, 평상시 하천의 유출량은 나타나지 않는 무수천이나 강우시 일시적 유출이 발생한다. 장목면사무소 정동, 장서 주민들의 상수원으로 장흥사 계곡에 소규모 저수지를 만들어 홍수조절과 더불어 상수원으로 이용하고 있다. 지형도 상에는 20여개의 소하천이 보이나 현지 조사 결과 하천의 길이가 제일 긴 장목천 이외에는 하천이라고 볼 수 없었다. 왜냐하면 곡저충적 부분이 논으로 개간되어 있으므로 소하천이 없는 것이다(그림 5.1.3).

(2) 하천유량

소하천 20여개가 분수계 안에 분포하고 있으나, 평상시에는 하천으로 부터의 유출량을 나타내지는 않는다. 그러나 강우가 발생할 때는 65%의 유출율에 의해 일시적으로 하천에 유량이 나타나고 있다. 하지만 홍수유출이 주변지역에 영향을 주고 있지는 못하다.

(3) 지하수

본 사업지구인 장목리 관포리 송진포리는 인구 밀집지역인 장동과 장서 지역만이 간이 상수원 공급을 집단적으로 공급받고 있을 뿐, 그외 지역은 자가용 우물이 급수원이 되고 있다. 이런점 등을 고려하여 하계망이 분포하고 있는 지역을 대상으로 우물을 조사한 결과, 평균적으로 얕은 지하수를 이용하고 있었다. 해안주변의 우물 수위는 0.5~1m 정도이며, 상류로 갈수록 지하수위는 깊어 지는데, 대개 2~4m 정도이다. 이와 같은 현상은 해안이므로 해수의 조석 간만의 차 및 기본 헤르버그의 원리(Ghyben-Herzberg Principle)에 의해 지하수면이 대단히 높게 나타나는 특징에 기인한다. 사업건설 부지 서쪽계곡에는 비교적 지하수가 많은 유출량을 나타내고 있기 때문에 2~3개의 작은 연못이 존재해 있었다(그림 5.1.4).

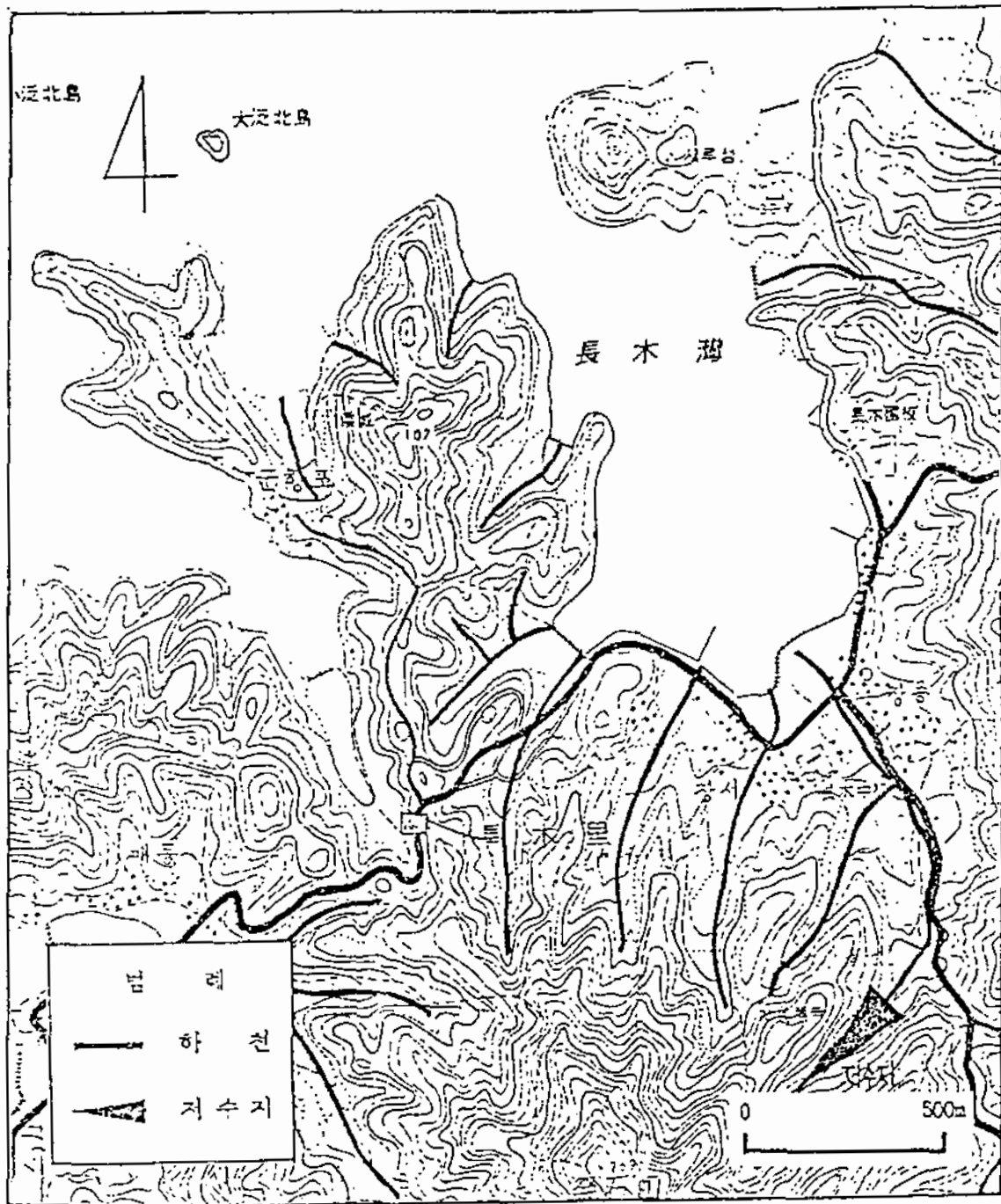


그림 5.1.3 수계망

(4) 지하수유선

장서, 장동 및 사업지구내의 지하수위는 해안을 향하는 지하수의 흐름 구조를 갖고 있으나, 그림 5.1.4와 같이 지형적 형태와 같은 지하수위선에 위치하나 해안선에서는 일정한 높이로 유출하게 된다.

나. 사업시행으로 인한 영향 예상

본 사업시행 지구 10,000평 지역의 지하수는 현재 흐르고 있는 지하수의 상태위에 다시 매립되어지므로 지하수의 2층 구조가 일시적으로 형성될 것이다. 해안 매립지역은 현재 지하수면보다 수위가 상승할 것으로 예상된다.

다. 사후 환경 관리

별도의 환경 관리가 필요치 않음.

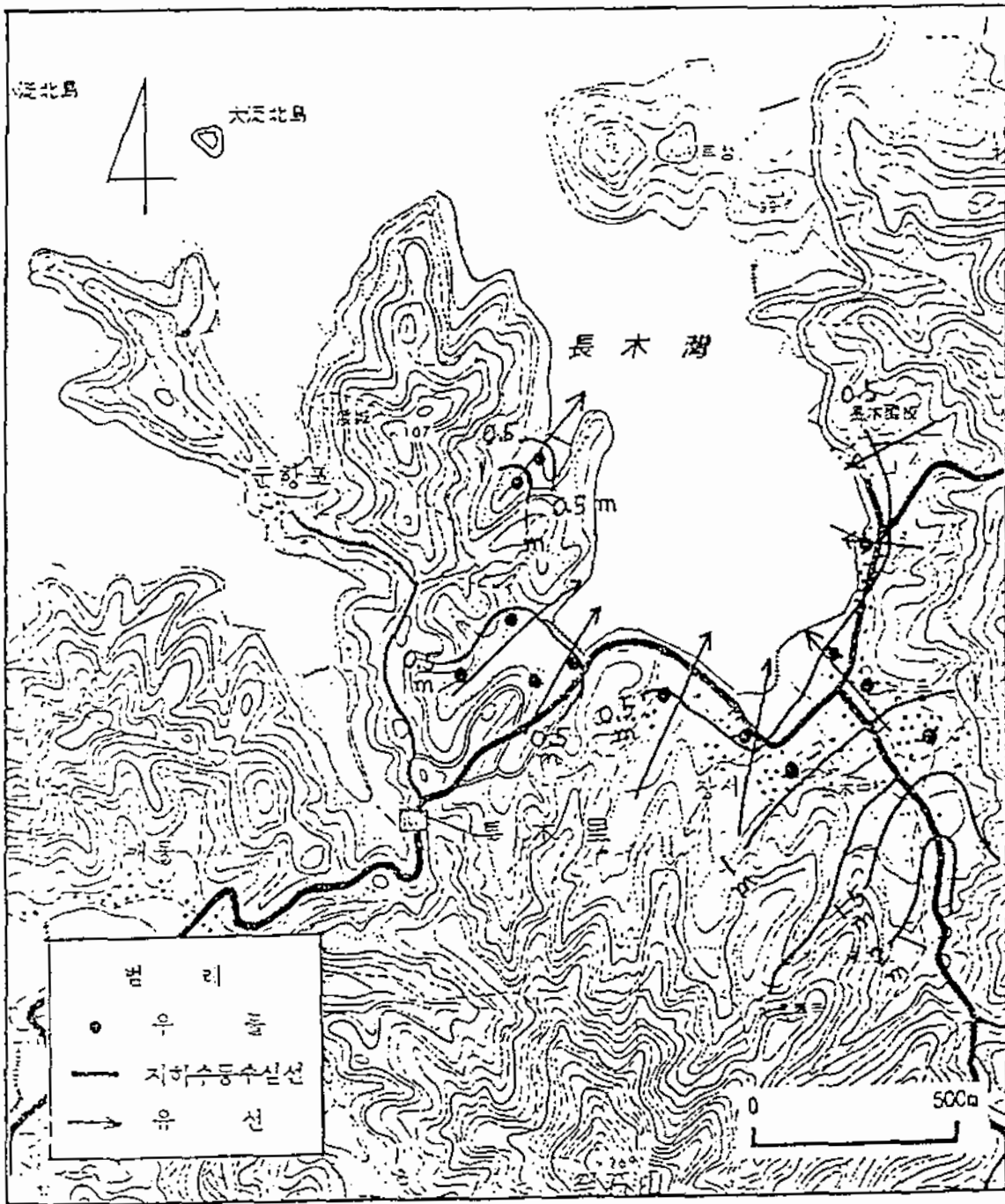


그림 5.1.4 지하수위 및 유선

3. 기 상

가. 현 황

(1) 조사범위

통계자료의 조사범위는 조사지역의 국지기상 특성을 반영하고 있는 거제군 고현리 (34° 53' N, 128° 37' E)에 위치한 기상청 산하의 거제기상관측소로 정하였으며, 기상재해 및 체감기상의 특성을 파악하기 위한 현지 주민과의 면담은 사업지구가 위치한 거제군 장목리에서 행하였다.

(2) 조사자료 및 방법

기상요소와 기상현상일의 특성은 기상청의 기상연보 (1972~1992), 기상월보 (1972~1992), 한국의 기후표 (1992) 등의 통계자료를 이용하여 분석하고, 기상재해 및 체감기상의 특성은 기상재해자료(중앙기상대, 1990)의 분석과 더불어 현지 주민과의 면담 자료를 분석하여 파악하였다.

(3) 조사 결과

1) 조사지역의 일반적인 기후 특성

조사지역이 위치한 거제도 지방은 Köppen의 기후분류법에 의하면 여름철에 습윤하고 겨울철에 온난건조한 온난동기과우기후 (Cwa) 지역에 해당한다 (그림 5.1.5). 거제도는 섬 대부분이 위도상으로 북위 35° 이남에 위치하고 있고, 섬 전체가 연중 쿠로시오난류가 흐르고 있는 남해로 둘러 쌓여 있다. 이 지역의 북쪽에는 해안산맥이 동서로 뻗어 있어 겨울몬순인 북풍을 막아주기 때문에 연중 온화한 기후가 유지될 수 있다.

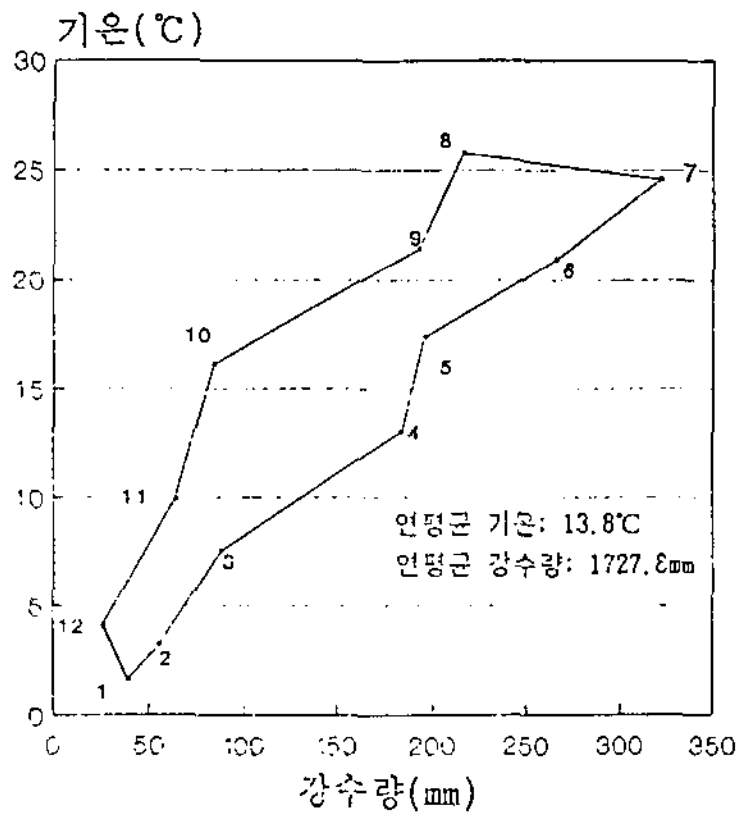


그림 5.1.5 조사지역의 하이드로그래프

2) 기온

조사지역의 연평균 기온은 13.8℃이다. 위도상으로 북위 35° 이남에 위치하고 있으며, 주변에 연중 난류가 흐르고 있고, 북쪽에 분포하는 해안산맥이 한냉한 북서계절풍을 차단하는 역할을 하므로 최한월인 1월평균 기온이 1.6℃로써 비슷한 위도대인 장흥지방에 비해 1℃ 정도가 더 높다(그림 5.1.6). 일최저기온의 월평균값은 1월에 -2.7℃로 가장 낮는데, 장흥지방 (-4.4℃)에 비하여 1.7℃가 더 높다. 최난월인 8월의 평균기온은 25.8℃로 동위도대의 다른 지역과 비슷하며, 일최고기온의 월평균값은 8월에 29.6℃로 가장 높으며, 장흥지방 (30.7℃)에 비하여 1.1℃가 더 낮다. 조사지역의 여름철 기온이 겨울철과는 달리 동위도 지역과 비슷하거나 오히려 냉량한 것은 다른 지역에 비하여 해양의 영향을 더 많이 받기 때문이라고 생각된다. 즉, 여름철 근해의 수온은 23~26℃이므로 바다가 기온의 상승을 억제하는 역할을 하여 냉량한 기후가 유지될 수 있게 하여 준다.

일최저기온의 극값은 1977년 2월 6일에 -10.1℃를 기록한 바 있고, 일최고기온의 극값은 1990년 8월 6일에 37.4℃로써 높은 기온을 보여 주었다.

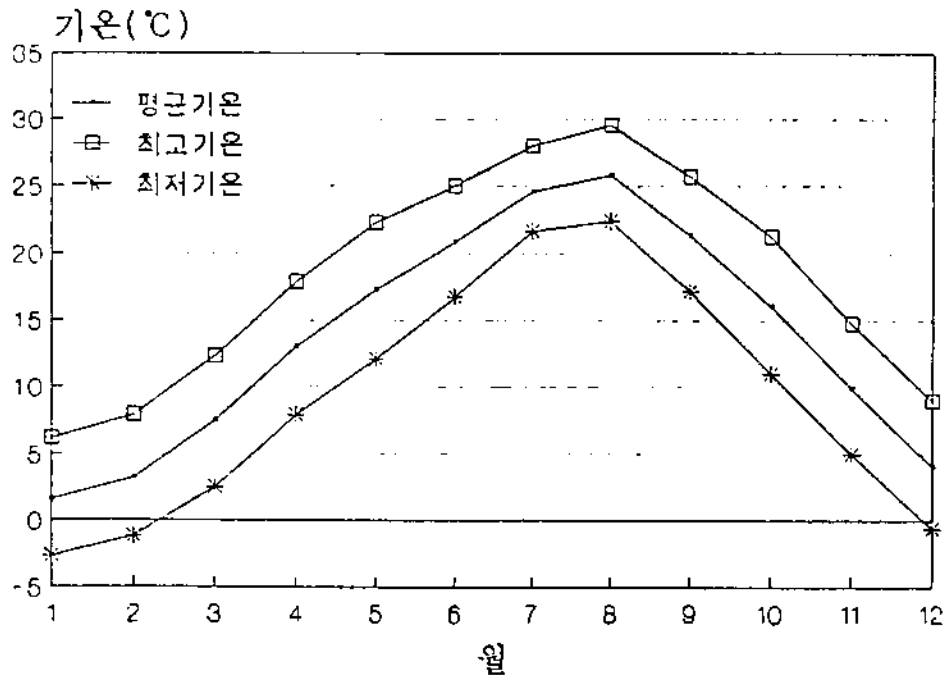


그림 5.1.6 조사지역의 월별기온

3) 강수량

조사지역의 연평균 강수량은 1,728mm로써 우리나라에서 다우지역에 해당한다. 강수량의 계절별 분포를 보면, 겨울철 (12, 1, 2월)에는 121mm로 전년의 7.0%에 불과하나, 여름철 (6, 7, 8월)에는 608mm로 전년의 46.4%에 달한다. 특히 6, 7, 8월의 강수량에 늦장마 기간이 포함되는 9월 강수량을 더하면, 전년의 57.6%인 801mm가 여름철에 집중하여 내리고 있다. 봄과 가을에는 각각 27.0%, 19.6%인데, 우리나라의 다른 지역에 비하여 봄철에도 상당한 강수가 나타나고 있다. 특히 다른 지역에서 가뭄을 경험하고 있는 4, 5월에도 각각 184, 195mm의 많은 비가 내리고 있는 것은 양쯔강 유역이나 화남지방에서 발생하여 북동진하는 온대성 저기압이 남해상을 통과하면서 강수를 형성하기 때문에 나타나는 현상이다. 겨울철에는 조사지역의 북쪽에 분포하는 해안산맥이 탁월기류인 북서풍을 차단하는 역할을 하므로 풍하지역에 해당하여 강수량이 적다 (그림 5.1.7).

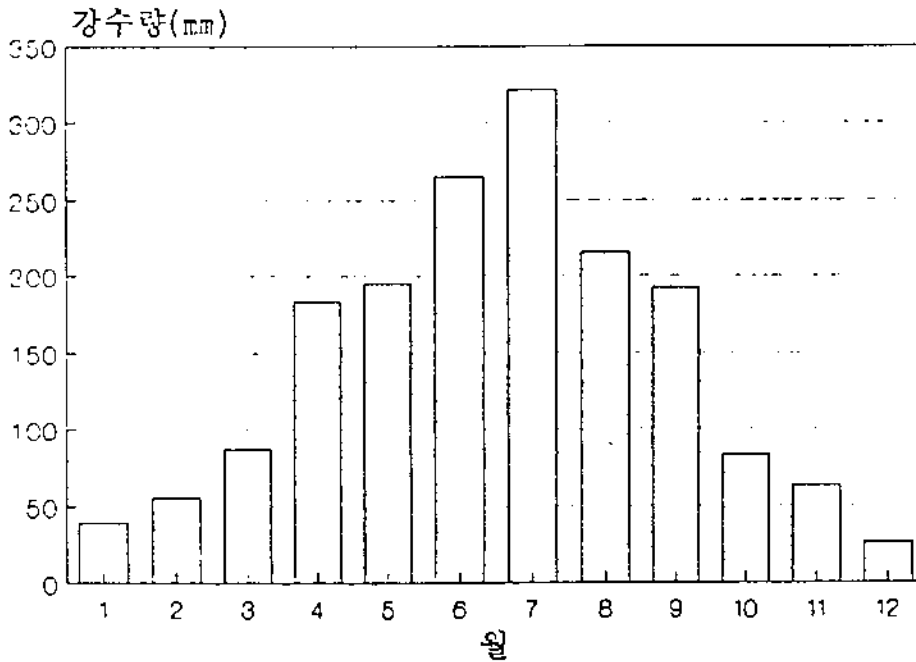


그림 5.1.7 조사지역의 월별 강수량

4) 바람

그림 5.1.8은 조사지역의 풍향별 출현비율을 나타내는 바람장미인데, 남동풍계와 북서풍계의 바람이 우세하게 불고 있음을 보여준다. 계절별로 보면, 여름철(5~9월)에는 남동풍계가 우세하고, 겨울철(11~3월)에는 북서풍계의 바람이 우세하다.

조사지역은 섬이지만 한반도와 인접하고 있고, 또한 거제 기상관측소 주변에 비교적 높은 산지(계룡산: 566m, 독봉산: 325m, 선자산: 507m 등)가 분포하고 있어서, 연평균 풍속은 다른 도서지방인 제주(4.1m/sec), 울릉도(4.4m/sec) 등에 비하여 약하다(2.0m/sec). 풍속이 강한 겨울철에도 2.1~2.2m/sec에 불과하다. 정온(Calm)의 비율은 제주(2.1%), 울릉도(3.5%)에 비하여 훨씬 많은 22.3%를 보인다. 월별 정온 비율은 9월에 가장 높은 29%이며, 1월이 18.9%로 가장 적고, 그밖의 달에는 20% 정도이다. 풍향별 평균 풍속은 북서풍계(서북서, 북서, 북북서풍)의 바람이 2.8m/sec 정도로 가장 강하며, 남풍계(남남동, 남, 남남서풍)는 2.0m/sec 내외로 가장 약하다. 그외의 풍향은 대부분 2.5m/sec 정도이다.

관측 이래 순간최대풍속은 1987년 8월 31일에 태풍 다이나(Dinah)의 영향을 받았을 때 19.0m/sec를 기록하였으며, 같은 해 7월 15일에도 태풍 셀마(Thelma)의 영향으로 순간 최대풍속 18.0m/sec에 달하였으나 제주, 울릉도 등 다른 도서지방에서 순간 최대풍속의 극값은 30~40m/sec에 달하는 것과 비교하면 바람이 강한 편은 아니다.

폭풍에 해당하는 13.9m/sec 이상인 강풍현상일은 연평균 0.9일로 태풍이 통과할 때를 제외하면 거의 출현하지 않으며, 인접한 부산(24.1일)과 충무(15.0일)지방에 비하여 매우 적은 빈도이다.

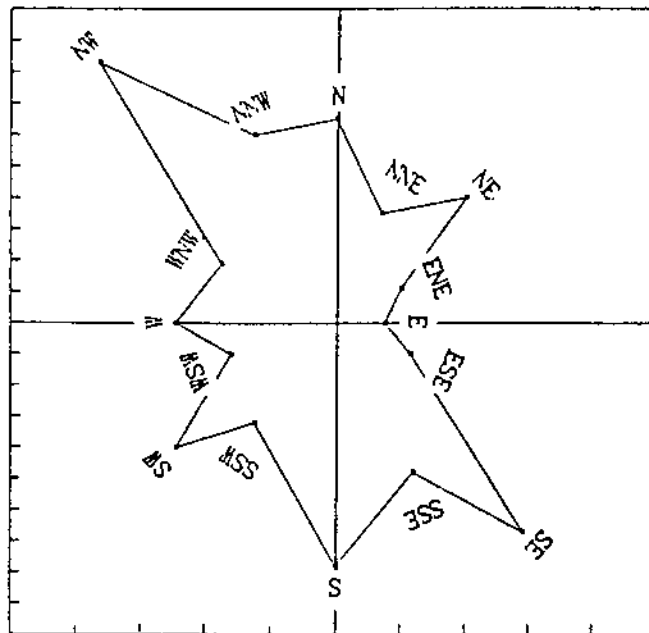
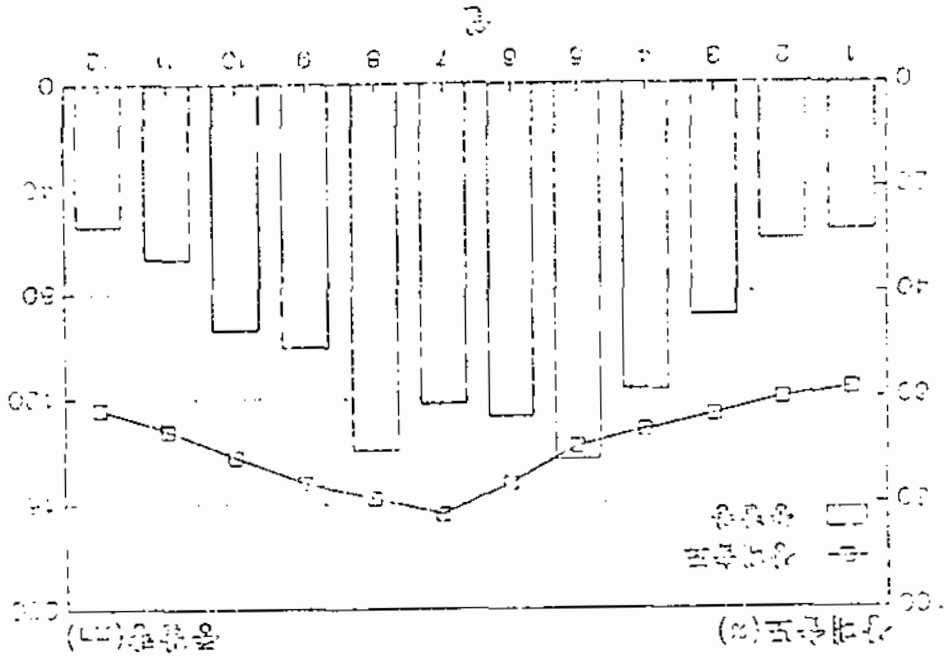


그림 5.1.8 조사지역의 바람장미

그림 5.1.9 조사지역의 상해습도와 증발량



조사지역의 연평균 상대습도는 69%로 다른 남해안지방(70~75%)이나 서해안지방 (75% 이상) 및 도사지방 (약 75%)에 비하여 낮은 편이다. 여름철인 6, 7, 8월에는 80% 내외로 다 른 해안지방과 비슷하다. 겨울철인 12, 1, 2월에는 60% 내외로 해안지방인 해남, 완도, 장흥 등에 비하여 10% 정도가 낮다. 이는 조사지역의 북쪽에 위치하는 해안산맥이 겨울철에 북 서풍의 바람마이 역할을 하여 주기 때문에 나타나는 현상이다(그림 5.1.9).

연최소습도의 극값은 1990년 5월 26일에 2%를 기록하였으며, 연최소습도가 30% 이하인 날은 46.4일로 도사지방이지만 습도는 낮은 편이다.

조사지역의 연평균 증발량은 1,169mm로 남해안의 다른 지방과 비슷하다. 조사지역의 월 별 증발량의 분포를 보면 5월에 143mm로 가장 많고, 여름철인 6~8월에도 120~140mm를 나타낸다. 여름철인 6, 7월이 5월보다 적은 것은 이 기간에 장마기간이 포함되므로 증발량이 많아 증발량이 적은 것이다.

5) 상대습도와 증발량

6) 운량과 일조

조사지역의 연평균 운량은 48%인데 이는 남해안의 다른 지방에 비하여 낮은 값이다. 남동풍이 우세한 6, 7, 8월에는 각각 65%, 68%, 58%로 남해안의 다른 지방과 비슷한 값이지만, 북서계절풍이 불어오는 12, 1, 2월에는 27%, 33%, 42%로 10% 정도가 적은 편이다(그림 5.1.10).

조사지역의 연평균 일조시간은 2,633시간으로 남서 해안지역에 비하여 200~600시간이 더 길며, 연평균 일조율은 59%로 남서 해안지역에 비하여 3~10% 더 높다. 계절별로 보면, 남서해안지역은 봄, 가을에 높고, 여름과 겨울철에 낮지만, 조사지역은 봄, 가을보다 겨울철에 더 높은 값을 나타낸다. 이는 운량, 상대습도 등과 같이 해안산맥의 영향을 받기 때문이다.

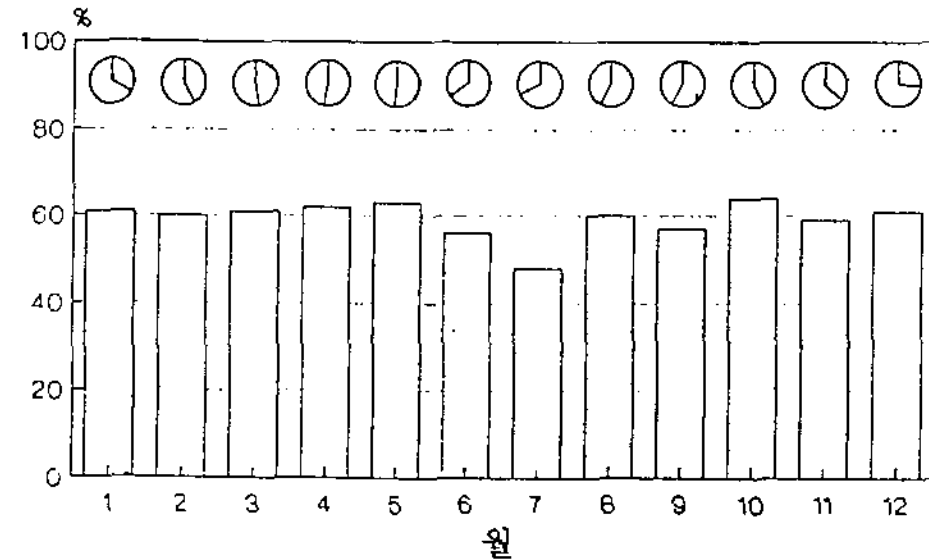


그림 5.1.10 운량과 일조율

(⊙)의 음영부분은 운량의 비율을 나타내며,
□는 일조율을 나타냄)

7) 기상현상일수

운량이 2.5할 미만인 맑은날 일수는 연평균 119일로 서해안이나 남해안 서부지역에 비하여 높다(표 5.1.2). 월별로는 11, 12, 1월이 15일 이상으로 높은 편이고, 장마기간이 포함된 6, 7월은 각각 4.8일, 3.8일로 낮다.

운량이 75% 이상인 흐린날 일수는 연평균 106일이고, 이는 다른 도서지방이나 남해안 서부지역에 비하여 적은 값이다. 월별로는 7월에 15.8일로 가장 높고, 그 외에도 여름철인 6, 8, 9월과 4월에 10일 이상으로 흐린 날이 많은 편이다. 2월은 2.7일로 흐림일수가 가장 적다.

안개일수는 연평균 4.5일로 우리나라에서 안개일수가 가장 적은 지역에 해당한다. 월별로는 봄철인 3, 4, 5월에 0.5일 이상이며 그밖의 달에는 0.5일 미만으로 거의 안개가 발생하지 않는다.

뇌전일수는 연평균 6.8일로 다른 해안지방이나 도서지방과 같이 적은 편이나, 월별로는 대기가 불안정한 7, 8월에 2일 정도이고, 그밖의 달에는 뇌전현상이 거의 발생하지 않는다.

서리일수는 연평균 51.3일인데 주변의 내륙지방에 비하여 50일 정도가 적고, 남해안 서부지역에 비하여도 30일 정도 적은 편이다. 서리현상은 11월에서 3월 사이에 주로 발생하며, 첫서리일은 11월 20일경, 마지막 서리일은 3월 20일경에 나타난다.

강설일수는 연평균 4.2일로 전국에서 가장 눈이 내리지 않는 지역이다. 조사지역보다 위도상으로 1.5° 정도 더 남쪽에 위치한 제주지방(16.3일)이나 동위도 지역인 장흥지방(20.8일)에 비하여 매우 낮은 값이다. 이와 같이 강설일수가 적은 것은 본지역이 겨울철 탁월풍인 북서기류에 대하여 해안산맥의 풍하지역에 해당하기 때문에 나타나는 현상이다. 평균적으로 첫눈은 12월 22일에 나타나며, 2월 22일에 마지막 눈이 내린다. 첫눈이 가장 빨랐던 해는 1972년으로 11월 27일에 시작되었으며, 가장 늦었던 해는 1983년으로 2월 8일에 첫눈이 내렸다. 눈이 가장 오래 지속된 기간은 1978년 1월 19일부터 21일까지로 3일간 눈이 내렸다.

결빙일수는 연평균 80일로 주변지역에 비하여 적은 편이다. 월별로는 12, 1, 2월인 겨울철에 집중되어 있는데 월평균 20~25일 정도이다. 3월과 11월에도 각각 9, 6일의 결빙일수가 나타난다. 평균 첫 결빙일은 11월 17일이고 마지막 결빙일은 3월 36일이다. 관측이래 결빙현상이 가장 빠르게 나타났던 해는 1976년 11월 1일이었고, 가장 늦었던 해는 1971년으로 11월 29일에 나타났다. 결빙현상이 가장 오래 지속되었던 해는 1980-1981년 겨울로 1980년 12월 4일부터 다음해 1월 23일까지 지속되어 51일간 계속되었다.

표 5.1.2 거제도지역의 기상현상일수 (0.1일)

현상\월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	연평균
맑음	161	121	96	82	86	48	38	57	63	118	147	174	119.1
흐림	46	71	86	102	92	138	158	109	107	72	54	27	106.2
안개	3	2	7	9	6	5	4	0	1	3	3	2	4.5
뇌전	1	0	2	5	3	4	19	19	8	3	3	1	6.8
서리	137	94	62	5	5	0	0	0	0	4	71	140	51.3
눈	16	16	4	0	0	0	0	0	0	0	1	5	4.2
결빙	250	193	91	3	0	0	0	0	0	0	61	199	79.7

8: 기상재해

우리나라는 태풍, 홍수, 한발, 서리, 폭설 등으로 인한 기상재해를 거의 매년 경험하고 있다. 조사지역은 겨울철에도 온난한 溫暖冬期寒雨氣候 지역에 해당하므로 서리, 폭설 등으로 인한 피해는 거의 나타나지 않으며, 태풍, 가뭄, 해일 등에 의한 피해를 종종 경험하고 있다.

우리나라는 태풍이 통과하는 길목에 해당하기 때문에 조사지역을 포함한 남해안 및 도서 지방은 최근 10년 (1979~1988년)간에 6~10회의 태풍 피해를 당한 태풍 피해 상습지역이다. 현지 주민과의 면담에 의하면 조사지역은 거의 매년 태풍으로 인한 피해를 경험한다고 한다. 태풍으로 인한 피해의 내용은 농작물에 대한 피해가 대부분이나 그밖에 해상, 육상의 교통을 두절시키기도 한다. 태풍이 발생하였을 경우에는 그에 수반되어 해일 피해가 발생하기도 한다.

가뭄으로 인한 피해도 거의 매년 발생하였으나, 상수도의 발달과 수리안전담의 조성으로 최근 5년 동안은 피해가 거의 없었다. 과거 가뭄으로 인한 피해의 내용은 농업용수와 식수의 부족 등이다.

조사지역의 연평균 강수량은 1,728mm로써 우리나라의 다우지역에 해당하며, 연강수량의 50% 정도가 여름철에 집중되지만, 현지주민과의 면담에 의하면 그로 인한 홍수는 발생하지 않는 것으로 인식하고 있으며, 실제로 홍수로 인한 피해 기록은 없다. 이와 같이 강수량은 많으나 홍수가 발생하지 않은 것은 조사지역 내에 유역면적이 큰 하천이 없어서 유출량이 적고, 하천의 차수가 낮으며 유역의 경사가 급하므로 상류에서 해양으로 도달되는 시간이 짧기 때문이라 생각된다.

나. 사업 시행으로 인한 영향 예측

사업 시행으로 인한 기상에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다. 본 사업지구내에는 기상변화에 영향을 미칠 수 있는 대규모의 열원은 건설되지 않고, 구조물의 고도도 낮으므로 사업 완공 후에도 기상변화는 나타나지 않을 것으로 판단된다. 다만, 사업 시행 중이나 완공 후에 매년 5월부터 9월 사이에 발생할 수 있는 호우나 태풍으로 인한 피해를 방지하기 위한 대책이 요구된다.

4. 농 식물상

4-1. 육상동물상

가. 개요

본 조사지역은 해양연구소의 남해기지가 건설될 경상남도 거제군 장목면 산 9-5일대 및 환경개발에 의해 영향을 받을 장목만 일대로서, 북위 35°, 동경 128°40' 근방인 거제도 북부에 위치하고 있다. 지역적인 특징은 해발 40m이하의 구릉지대이며, 만의 좌측에는 110m의 고지가 있고, 우측에는 30m높이의 곳이 있다. 만의 입구에는 대지복도가 자리잡고 있어, 외해에서 발생한 파랑은 거의 영향을 미치지 않는 장소이다. 거제도는 하습동건형의 기후로 생물의 생활환경에 적합한 기후대이며, 생물구계는 남구중에서도 온대에 속하는 곳이다.

거제도는 이와같이 생물지리학적으로 매우 중요한 지역이지만, 교통의 불편 등의 이유로 지금까지 육상동물에 관한 종합적인 연구는 전무한 실정이며, 단지 1979년 한국자연보존협회에 의한 거제도 남부 및 인근 도서 종합학술조사 보고에서 인근 6개 섬에서 발견된 151종의 곤충상과 25종의 조류가 보고되었고, 거제도 본섬에 관한 동물상은 곤충류중 나비목만이 박(1969)에 의해 132종이, 신과 정에 의해 401종(박의 132종포함)이 기록되었다. 이들 중 흑비둘기(*Columba janthina* Temminck)와 섬개개비(*Locustella ochotensis pleskei* Taczanowski) 등 2종의 희귀종의 새가 포함되어 있었다.

본 연구는 해양연구소 남해기지 건설에 따른 환경에 미칠 주요 영향을 예측하고자 현존하는 육상동물상을 조사하기 위하여 실시하였다.

나. 현황조사방법

본 조사지역은 그림 5.1.11과 같이 4개의 구역으로 나누었고, 1993년 6월 23일~2일, 7월 19일~21일, 8월 3일~5일에 조사를 실시하였으며, 포유류, 조류, 양서 파충류 및 곤충류의 서식환경을 조사하고, 종수와 개체수 및 분포를 조사하였다.

포유류는 Trap을 이용한 포획과 발자국, 배설물 등에 의한 식별방법을 사용하여 조사하였다. 조류는 육안 및 망원경을 이용한 관찰과 사진촬영을 병행하여 조사하였다. 양서, 파충류는 포충망을 사용한 포획과 울음소리를 확인하여 조사하였으며, 곤충류는 포충망과 Trap을 이용한 채집 및 야간채집을 하고 사진촬영을 병행하여 조사하였다.

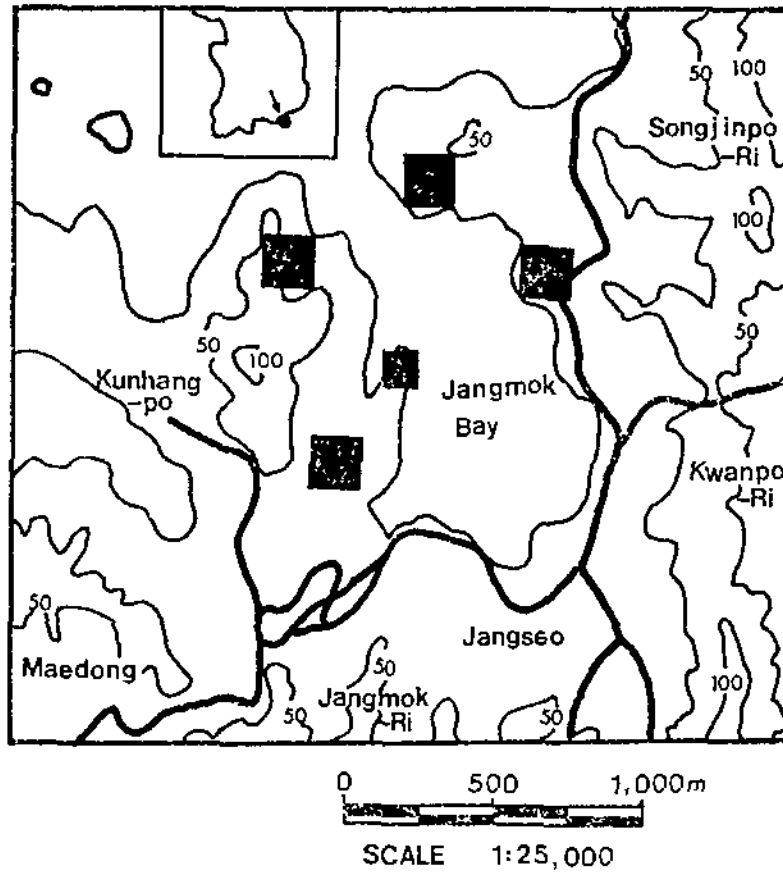


그림 5.1.11 해양연구소 남해기지 건설지역 육상동물 조사구역

다. 결과 및 고찰

본 조사지역은 생물지리학적으로 남구중에서도 온대에 속하는 지역으로 동물상이 풍부할 것으로 예상되나, 이 지역의 종합적인 육상동물상 조사가 이루어진 적은 없다. 단지, 거제도 본섬에 관한 동물상은 곤충류중 나비목만이 박(1969)에 의해 132종이, 신과 정에 의해 401종(박의 132종포함)이 기록되었을 뿐이나, 이들의 연구에서 본 지역에 대한 직접적인 조사는 없었다. 따라서 조사지역의 육상동물상은 본 연구에서 밝혀진것 만을 기록하고자 한다.

본 조사를 통하여 조류 10종, 양서류 4종, 곤충류 153종이 발견되었으며, 천연기념물, 희귀종, 멸종위기종, 감소추세종 등은 발견되지 않았다.

포유류는 조사된 이전의 기록이 없으며, 본 조사에서도 장소가 협소하여 발견되지 않았다.

조류는 1979년 한국자연보존협회에 의한 거제도 남부 및 인근 도서 종합학술조사 보고에서 인근 6개 섬에서 25종의 조류가 보고되었고, 그들 중 흑비둘기와 섬개개비 등 2종의 희귀종의 새가 포함되어 있었으나, 본 조사에서 발견된 다음의 10종 중 이들 희귀종은 발견되지 않았다. 본 조사에서 발견된 대부분의 새들은 대부분 인가가 드문 곳에서 서식하는 종들이어서 본 지역의 산림이 잘 보존되어 있음을 알 수 있다. 이들 중 동고비가 우점종을 이루고 있었다.

Streptopelia orientalis 멧비둘기

Cuculus canorus 뺨꼭이

Hirundo rustica 제비

Pica pica 까치

Garrulus glandarius 어치

Parus major 박새

Cettia diphone 휘파람새

Zosterops japonica 동박새

Carduelis sinica 방울새

Emberiza cioides 멧새

본 조사기간 중 파충류는 발견되지 않았으며, 양서류 4종만이 발견되었다. 이들 중 무당개구리가 우점종을 이루고 있었고, 무당개구리를 제외하고는 그 수가 매우 드물다. 무당개구리는 강원도 지역을 중심으로 한 중부지역에서 풍부하게 서식하고 있는 것으로 알려져 있지만, 본 지역에서도 상당히 많은 개체가 발견되어 그 서식지역이 이미 많이 확산된 것으로

생각된다. 본 지역에서 발견된 양서류의 목록은 다음과 같다.

Order Odonata 잠자리목

Family Libellulidae 잠자리과

Orthetrum triangulare melania Selys 큰밀잠자리

Sympetrum frequens Selys 고추잠자리

Sympetrum infuscatum Selys 갯동잠자리

Family Agrionidae 실잠자리과

Cercion hieroglyphicum (Brauer) 능줄실잠자리

Order Orthoptera 메뚜기목

Family Locustidae 메뚜기과

Acrida cinerea Thunberg 방아깨비

Euprepocnemis shirakii Bolivar 등검은메뚜기

Trilophidia velnerata de Haan 두꺼비메뚜기

Attractomorpha bedeli Bolivar 섬서구메뚜기

Gonista bicolor de Haan 딱다기

Family Tettigidae 모메뚜기과

Acrydium japonicum de Haan 모메뚜기

Family Tettigoniidae 여치과

Gampsocleis sedakovi obscura Walker 여치

Family Gryllidae 귀뚜라미과

Scapsiedus aspersus Walker 귀뚜라미

Family Blattidae 바퀴과

Blattella germanica Linnaeus 바퀴

Family Mantidae 사마귀과

Statilia maculata Thunberg 사마귀

Order Dermaptera 집게벌레목

Family Psalididae 등근가슴집게벌레과

Anisolabis maritima Borelli 집게벌레

Order Hemiptera 매미목

Family Plataspidae 알노린재과

Coptosoma vijarium Montandon 알노린재

Coptosoma punctissimum Montandon 무당알노린재

Family Pentatomidae 노린재과

Graphosoma rubrolineatum Westwood 흉줄노린재

Eysarcoris ventralis Westwood 배등글노린재

Carbula putoni Jakovlev 가시노린재

Rubiconia intermedia Wolff 애기노린재

Dolycoris baccarum Linnaeus 알락수염노린재

Menida violacea Motschulsky 감보라노린재

Family Coreidae 허리노린재과

Homoeocerus dilatatus Horvath 넓적배허리노린재

Colpura lativentris Motschulsky 떼허리노린재

Cletus rusticus Stal 시골가시허리노린재

Cletus trigonus Thunberg 벼가시허리노린재

Riptortus clavatus Thunberg 톱다리개미허리노린재

Family Rhopalidae 잡초노린재과

Liortyssus hyalinus Fabricius 투명잡초노린재

Family Lygaeidae 긴노린재과

Tripodthorax hanseni Jakovlev 애십자무늬긴노린재

Metochus abbreviatus Scott 큰흰무늬긴노린재

Family Reduviidae 침노린재과

Sphedanolestes impressicollis Stal 다리무늬침노린재

Family Cicadidae 매미과

Meimuna opalifera Walker 애매미

Platypleura kaempferi Fabricius 털매미

Order Lepidoptera 나비목

Family Zygaenidae 알락나방과

Pidorus glaucopis (Drury) 흰띠알락나방

Chalcusia remota (Walker) 뒤흰띠알락나방

Family Limacodidae 췌기나방과

Latoia sinica (Moore) 뒷검은푸른췌기나방

Family Pyralidae 명나방과

Urespita tricolor (Butler) 흰무늬들명나방

Charema noctescens Moore 노랑다리들명나방
Palpita nigropunctalis (Bremer) 수수꽃다리명나방
Orthaga olivacea (Warren) 제주집명나방
Ectomyelois pyrivorella (Matsumura) 배명나방

Family Hesperidae 팔랑나비과

Aeromachus inachus (Ménétrières) 파리팔랑나비
Isoeteinon lamprospilus C. et R. Felder 지리산팔랑나비
Ochlodes subhyalina (Bremer et Grey) 유리창며들씩팔랑나비
Lobocla bifasciata (Bremer et Grey) 왕팔랑나비

Family Papilionidae 호랑나비과

Papilio machaon Linnaeus 산호랑나비
Papilio xuthus Linnaeus 호랑나비
Papilio bianor Cramer 제비나비

Family Pieridae 흰나비과

Colias erate (Esper) 노랑나비
Artogeia melete (Ménétrières) 큰줄흰나비
Artogeia canidia (Linnaeus) 대만흰나비
Artogeia rapae Linnaeus 배추흰나비

Family Lycaenidae 부전나비과

Lycaena phlaeas (Linnaeus) 작은주홍부전나비
Celastrina argiolus (Linnaeus) 푸른부전나비
Lycaeides argyronomon (Bergsterässer) 부전나비

Family Nymphalidae 네발나비과

Neptis sappho (Pallas) 애기세줄나비
Neptis alwina (Bremer et Grey) 왕세줄나비
Polygonia caureum (Linnaeus) 네발나비
Cynthia cardui (Linnaeus) 작은멋쟁이나비

Family Satyridae 뱀눈나비과

Mycalesis gotama Moore 부처나비
Ypthima motschulskyi (Bremer et Grey) 물결나비
Ypthima amphithea Ménétrières 식물결나비
Lasiommata deidamia (Eversmann) 뱀눈그늘나비

Family Drepanidae 갈고리나방과

Nordstromia japonica (Moore) 황줄점갈고리나방

Drepana curvatula (Borkhausen) 밤색갈고리나방

Family Cyclidiidae 왕갈고리나방과

Cyclidia substigmata (Hübner) 왕갈고리나방

Family Geometridae 자나방과

Dindica virescens (Butler) 각시자나방

Comibaena procumbaria (Pryer) 무늬박이푸른자나방

Gandaritis fixseni (Bremer) 큰노랑물결자나방

Abraxas fulvobasalis Warren 점얼룩가지나방

Abraxas latifasciata Warren 참빛살얼룩가지나방

Ligdia japonaria Leech 흰줄각시가지나방

Cystidia truncangulata Wehrli 흑띠잠자리가지나방

Obeidia tigrata (Guenée) 노랑날개무늬가지나방

Diaprepesilla flavomarginaria (Bremer) 깃노랑점박이가지나방

Arichanna melanaria (Linnaeus) 뒷노랑점가지나방

Teora koreana Alphéraky 고려가지나방

Hypomecis lunifera (Butler) 뒤끝가지나방

Menophra senilis (Butler) 떡그림가지나방

Ourapteryx nivea Butler 연노랑제비가지나방

Family Sphingidae 박각시과

Agrius convolvuli (Linnaeus) 박각시

Acherontia styx (Westwood) 탈박각시

Psilogramma increta (Walker) 큰쥐박각시

Canis bilineata (Walker) 콩박각시

Marumba sperchius (Ménétriés) 등줄박각시

Ampelophaga rubiginosa (Bremer et Grey) 머루박각시

Family Notodontidae 재주나방과

Gangarides dharmia Moore 갈고리재주나방

Cerura menciaria (Moore) 큰나무결재주나방

Fentonia ocypete (Bremer) 밤나무재주나방

Phalera minor Nagano 붉은머리재주나방

Phalera sangana Moore 배일록재주나방

Rabata cristata (Butler) 곱추재주나방

Peridea lativitta (Wileman) 긴날개재주나방

Eguria ornata (Oberthür) 각시재주나방

Family Lymantriidae 독나방과

Lymantria dispar (Linnaeus) 매미나방

Lymantria monacha (Linnaeus) 얼룩매미나방

Euproctis similis (Fuessly) 흰독나방

Family Arctiidae 불나방과

Eilema cribrata (Staudinger) 앞날개무늬불나방

Bizone hamata Walker 붉은줄불나방

Miltochrista striata (Bremer et Grey) 흉줄불나방

Stigmatophora micans (Bremer et Grey) 점박이알락노랑불나방

Agrisus fuliginosus Moore 점박이불나방

Spilosoma seriatopunctata Motschulsky 줄점불나방

Spilosoma niveum (Ménétriés) 흰제비불나방

Family Ctenuchidae 애기나방과

Amata germana (Felder et Felder) 노랑애기나방

Family Noctuidae 밤나방과

Niphonyx segregata (Butler) 엉겅퀴밤나방

Abrostola trigemina (Werneburg) 췌기풀알락밤나방

Melapia electaria (Bremer) 활무늬밤나방

Spirama retorta (Clerck) 태극나방

Dinurma deponens Walker 검은띠밤나방

Order Coleoptera 딱정벌레목

Family Harpalidae 먼지벌레과

Planetes puncticeps Andrewes 두점박이먼지벌레

Family Brachinidae 폭탄먼지벌레과

Brachinus scotomedes Bates 꼬마목가는먼지벌레

Family Elateridae 방아벌레과

Melanotus legatus Candeze 빛살수염방아벌레

Agrypnus binodulus Motschulsky 녹슬은방아벌레

Family Coccinellidae 부당벌레과

Epilachna vigintioctomaculata Motschulsky 큰28점박이무당벌레

Ptychanotis axyridis Pallas 무당벌레

Propylaea quatuordecimpunctata Linnaeus 꼬마남생이무당벌레

Family Rutelidae 금풍뎡이과

Popillia atrocoerulea Bates 참콩풍뎡이

Popillia japonica Newman 콩풍뎡이

Anomala albopilosa Hope 청동풍뎡이

Phyllopertha pallidipennis Reitter 연노랑풍뎡이

Family Cetoniidae 꽃무지과

Rhomborrhina japonica Hope 풍이

Oxycetonia jucunda Faldermann 풀색꽃무지

Family Cerambycidae 하늘소과

Acalolepta luxuriosa Bates 피나무우단하늘소

Chreonoma fortunei Thomson 살구나무남색하늘소

Family Curculionidae 바구미과

Mesalcidodes trifidus (Pascoe) 배자바구미

Family Attelabidae 거우벌레과

Paracycrotachelus longiceps (Motschulsky) 왕거우벌레

Apoderus jekelii Roelofs 거우벌레

Family Rhynchophoridae 왕바구미과

Hyposipalus gigas Fabricius 왕바구미

Family Chrysomelidae 잎벌레과

Smaragdina nigrifrons Hope 검은띠꼬마잎벌레

Argopus clypeatus Baly 주홍머룩잎벌레

Cassida piperata Hope 애남생이잎벌레

Order Hymenoptera 벌목

Family Ichneumonidae 뱀시벌과

Callajoppa pepsoides Smith 왕뱀시벌

Family Vespidae 말벌과

Vespa mandarina Smith 장수말벌

Vespa crabro Smith 말벌

Family Formicidae 개미과

Camponotus japonicus Mayr 일본왕개미

Formica fusca japonica Motschulsky 곰개미

Family Polistidae 쌍살벌과

Polistes chinensis Fabricius 두눈박이쌍살벌

Polistes jadwigae Dalla Torre 등검정쌍살벌

Polistes snelleni Saussure 별쌍살벌

Family Eumenidae 호리병벌과

Eumenes pomiformis Fabricius 애호리병벌

Orancistrocerus drewseni Saussure 줄무늬감탕벌

Anterhynchium flavomarginatum Smith 황늑감탕벌

Family Sphecidae 구멍벌과

Ammophila infesta Smith 나나니

Sceliphron inflexum Sickmann 루리나나니

Family Halictidae 꼬마꽃벌과

Halictus aerarius Smith 스미드애꽃벌

Order Diptera 파리목

Family Culicidae 모기과

Aedes (Finlaya) togoi Theobald 토고숲모기

Family Stratiomyiidae 동애등애과

Ptecticus tenebrifer Walker 동애등애

Family Asilidae 파리매과

Cophinopoda chinensis Fabricicus 왕파리매

Family Syrphidae 꽃등애과

Eristalomyia tenax Linnaeus 꽃등애

Family Calliphoridae 검정파리과

Hemipyrellia ligurriens Wiedemann 산금파리

Family Sarcophagidae 쉬파리과

Ravinia striata Fabricius 애기쉬파리

라. 사업시행이 환경에 미칠 영향

본 사업의 시행으로 인하여 육상동물에 미치는 직접적인 영향은 적을 것이다. 공사중 일시적인 불안정이 있겠지만 일정기간이 지나면 안정을 유지할 것으로 생각되며, 주변의 식생이 공사구간과 서로 유사하여 육상동물의 이동이 쉽게 이루어져 동물상에 큰 영향은 없을 것이다. 다만 공사중과 공사완료 후의 인간에 의한 포획과 서식지 파괴 등이 일어날 수 있다.

사업이 시작되면, 대형기계소리와 진동이 나고, 지형의 일부가 변형되므로 이동성 동물들은 생식지와 서식지를 옮길 것이다. 그러나 공사기간중 사람의 왕래가 많으므로 육상동물의 보호에 관한 철저한 교육을 통하여 육상동물의 포획 및 서식지 파괴를 예방하여야 한다.

본 지역의 조류들은 대부분 인가가 드문 곳에서 서식하는 종들로 본 사업 구역이 매우 작으므로 인근의 산림으로 서식지를 옮겨 큰 변화가 없을 것으로 보인다.

양서류는 인근의 지역과 유사한 종 분포를 보여 종 조성에는 큰 변화가 없을 것이며, 다만 개체수의 감소가 있을 것이다.

곤충류는 대부분 이동성이 왕성한 종류들로 본 사업이 시행되면 환경이 비슷한 인근 지역으로 이동할 것이며, 유충들의 감소에 의한 일시적인 개체수 감소가 예상되나 빠른 시일 내에 안정되고 종 조성에는 큰 변화가 없을 것이다.

사업완료 후에는 60여명의 상존 인구가 생기므로써 바퀴, 모기, 집파리, 쉬파리, 개미, 곰취, 시궁쥐 등 가주성 위생동물들이 증가할 것이며, 공사기간중 일시적으로 불안정했던 육상동물은 안정되어 개체군수의 변화가 적을 것이다.

4-2. 식물상

가. 현황

(1) 조사지의 개황

1) 지형 및 지질

해양연구소의 남해기지가 건설될 곳은 거제군 장목면 장목만 일대로서 장목면은 군청소재지로 부터 서북쪽으로 18.5km에 위치하며 동북쪽은 바다, 서쪽은 하청면, 남쪽은 장승포읍과 연초면에 접하는 곳이며, 장목면 소재지가 있는 장목리, 관포리일대는 해발 40m 이하의 구릉지로 되어 있으며 서쪽은 칠천도가 위치하고 있는 소규모의 만에 위치하고 있다. 만의 좌측에는 110m의 고지가 있고, 우측에는 30m 높이의 꽃이 있다(그림 5.1.12). 사업지구 남쪽에는 장목면 장목리와 연초면 명동리의 경계를 이루는 계석산(269m)이 있으며 동쪽에는 신봉산(141.8m)이 위치하고 있으며 북서쪽 3km 지점에는 대봉산(257.7m, 송진포리)으로 둘러싸여 있다. 또한, 사업지구 서쪽 약 500m지점에는 군항포(조사지역에 포함됨)가 있으며, 조사지역의 북서쪽 끝에 해당하는 송진포리에는 시루성(60m)이 있고, 사업지구 동쪽과 남동쪽 600m지점에는 시가지(장목국교, 장목중학교, 장서마을)가 펼쳐져 있다.

지질은 장목리 층에 속하며, 암상에 의하여 하부(180m)와 상부(210m)로 구분할 수 있다. 하부는 암갈색내지 황갈색역암, 응회질 사암, 회백색 사암, 암회색 내질 흑색세일의 호층으로 구성되어 있으나, 상부로 감에 따라 사암과 역암의 양은 적어진다.

또한 장목면을 포함한 거제도는 전체적으로 생물지리학상 매우 중요한 곳으로 생물구계는 남구중에서도 온대에 속하며 특히, 난온대 식물이 95종, 특산종이 3종 분포하며, 팔손이 나무의 자생복한지로서 학술상 의미가 큰곳이다(양, 1969).

2) 기후

1981년부터 1990년 까지의 연평균 기온은 15.1℃이고, 강수량은 1,496mm로 비교적 많은 편이다(그림 5.1.13). 계절풍 관계로 여름의 우기, 겨울의 건기로 확연히 구분되는 것은 우리나라 다른 지방과 다름이 없으나 남해 연안 지방은 전남지방과 같이 양자강 유역에서 발생하는 저기압의 동진에 따라 나타나는 장마현상으로 초여름의 강우량이 많은 것과 태풍의 내습 빈도가 큰 점이 특색이다.

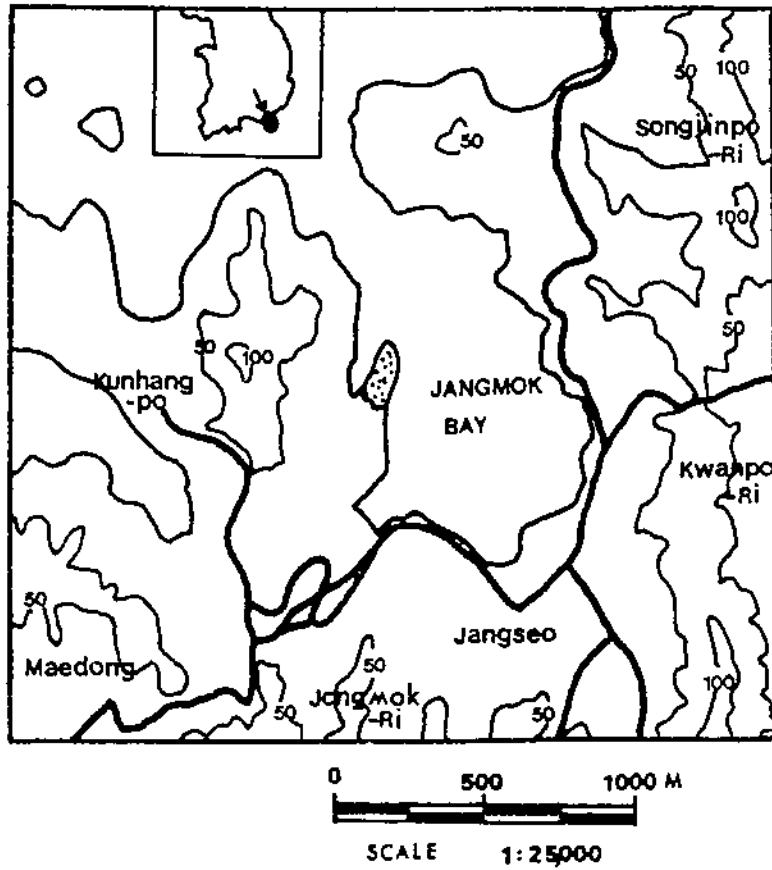



그림 5.1.12 조사지역(거제군 장목면)의 지형 및 연구소 예정부지

 : 연구소 예정부지

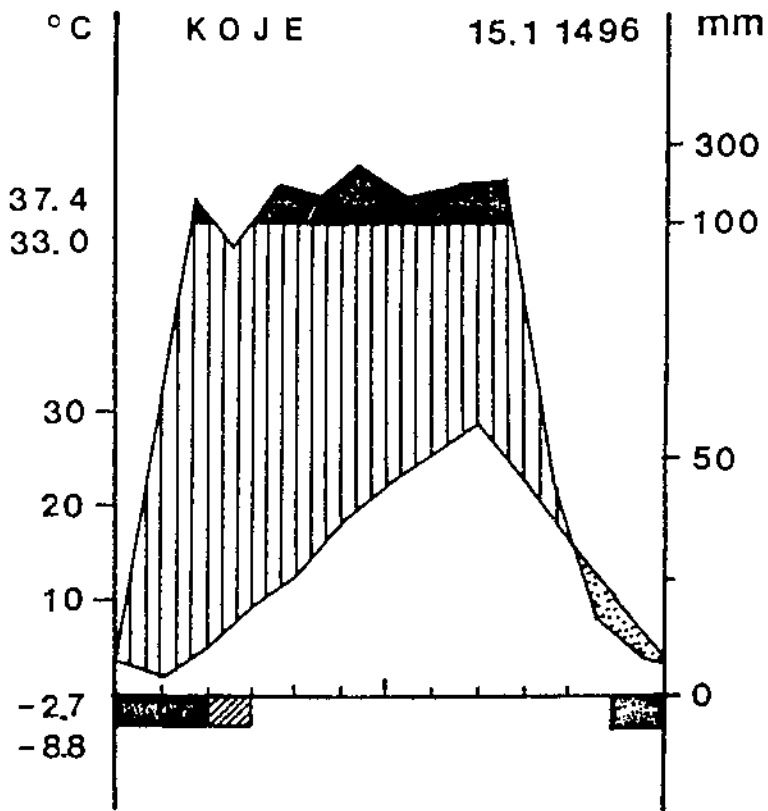


그림 5.1.13 거제도의Climate-diagram
(중앙기상대, 1981-1990)

조사지역 인근인 진주시, 충무시와의 기후 현황(중앙기상대, 1985)을 비교 검토하면, 진주시의 년평균 기온 13.2℃, 충무시 14.0℃ 보다는 각각 1.9℃, 1.1℃ 높다. 또한, 강수량과 최대증발산량도 높은 것으로 나타났다(표 5.1.3).

표 5.1.3 조사지역 및 인근지역의 기후현황 (중앙기상대, 1985)

지역	기온(℃)			강수량 (mm)	증발량 (mm)	풍속(m/s)		상대습도 (%)
	최고	최저	평균			최대	평균	
거제군	23.7	3.5	15.1	1,496.0	1,248.4	15.5	2.4	70
진주시	24.9	2.0	13.2	1,572.2	1,085.2	16.3	1.4	71
충무시	23.4	5.2	14.0	1,457.2	1,101.0	30.0	2.6	73

(2) 조사방법 및 조사내용

1993년 6월 1일부터 동년 8월 30일 사이 3회의 야외조사를 통하여 사업지역 반경 1km 내외의 지역을 대상으로 조사하였다.

식물상, 녹지자연도, 현존량 및 순생산량을 추정하여 그 현황을 밝히고 사업시행으로 인한 영향과 악영향에 대한 저감대책을 논의하였다.

1) 조사기간 및 조사내용

A. 1차 조사

- a. 기간 : 1993년 6월 1일 ~ 1993년 6월 30일
- b. 조사항목 : 군집구조조사, 계층조사, 생활형, 토양환경조사

B. 2차 조사

- a. 기간 : 1993년 7월 1일 ~ 1993년 7월 30일
- b. 조사항목 : 식물 현존량 및 순생산량 조사, 군집구조조사

C. 3차 조사

- a. 기간 : 1993년 8월 1일 ~ 1993년 8월 10일
- b. 조사항목 : 군집구조조사, 천이계열조사, 식물계절변화조사, 식생 및 녹지자연도 조사

2) 조사방법

A. 식물상 조사

식물상은 현지조사를 토대로 조사구역내에 출현하는 관속식물에 대해서 이(1980)의 대한식물도감을 참고하여 기재하고 그 분포상황을 분석했으며 또 식재종 및 귀화식물, 관상수, 상록활엽수림 분포, 생활형 스펙트럼을 검토하였다.

B. 식생조사

조사지역의 삼림식생이 양호한 지역에 방형구(Quadrat)를 설치하고 Z-M방법에 의한 우점도(Dominance) 및 군도(Sociability) 등을 기록하여 식물군집을 분류하고, 종조성에 의거한 현존식생도를 작성하였다. 또한 DBH 2cm 이상의 수목에 대해 매목조사(밀도, 기저면적, 빈도, 피도 등)를 실시하여 DBH 분포를 분석하였다. 한편, 우점도와 군도의 사정은 Braun-Blanquet(1964)에 의해 판단하였다(표 5.1.4).

표 5.1.4 우점도와 군도의 사정기준

구분	계급	기 준
우 점 도	r	대단히 드물게 출현한다
	+	소수이며 피도는 대단히 낮다
	1	다수이며 피도는 낮다. 또는 대단히 소수이나 피도는 대단히 높다
	2	대단히 다수(단, 피도는 1/10 이하) 또는 피도가 1/10 - 1/4이다(단, 개체수는 임의)
	3	피도가 1/4 - 1/2로 개체수는 임의
군 도	4	피도가 1/2 - 3/4로 개체수는 임의
	5	피도가 3/4이상으로 개체수는 임의
	1	단독생육하는 것
	2	군 또는 총상으로 생육하는 것
	3	소반, 쿠션모양으로 생육하는 것
도	4	소군락, 광반, 카아페트상을 이루는 것
	5	대군락을 이루는 것

또한, 각 군락의 층위구조를 파악하여 군락의 동태를 파악하였으며 군락단면도를 작성하였다.

C. 식생의 층위구조 및 군락단면도

층위구조(계층구조, Stratification)는 위 아래로 겹치는 층으로 자연스럽게 구분되는

식생의 구조로 보통 업층의 위치에 따라 선택·이기층, 초본층, 관목층, 아교목층, 교목층으로 구분된다. 이러한 층위구조에 따라 서식하는 동물도 달라진다.

본 조사에서는 리기다소나무림, 곰솔림, 사방오리나무림, 대나무(왕대)림의 4개의 식재군락을 대상으로 각 층위마다 피도율(Coverage, %)과 수고(m)를 모식화하여 계층구조를 표현하였다. 군락단면은 식생단면(Vegetation profile)이라고도 하며 군락내의 식물이 정상적인 뿌리나 지상부(Shoot)의 위치를 나타내어 식물 개체들의 수직적, 수평적 관계를 밝히는 단면도이다. 이것은 암벽지나 급경사지 또는 특수지형에 나타난 상태를 표현하는데 유용하다. 따라서 본 조사에서는 층위구조를 나타낸 군락에 대해 표현하였다.

D. 녹지자연도 조사

녹지자연도는 분류된 식물군락과 현존식생도를 관독하여 자연도에 따라 11개의 등급(0~10 등급)으로 구분하여 1:5,000 Scale의 지형도에 사업지구를 중심으로 반경 1km 범위에 대해 녹지자연도 사정기준에 의하여 선상구획법으로 작성하였다(표 5.1.5).

표 5.1.5 녹지자연도 사정기준

등급	명칭	사정기준
1	시가지 조성지	녹지식생이 거의 존재하지 않은 지역(해안, 암석 나출지 및 해안사지 등)
2	농경지	논 또는 밭 등의 경작지
3	과수원	경작지이나 과수원, 유원지 등과 같이 비교적 녹 지가 많은 지역
4	2차초원 (A)	잔디군락이나 인공초지(목장) 등과 같이 비교적 식생의 키가 낮은 2차적으로 형성된 초지
5	2차초원 (B)	갈대, 조릿대 군락 등과 같이 비교적 식생의 키 가 높은 2차초원
6	조림지	각종 낙엽수 또는 침엽수의 식재림 은수원사시나무 - 낙엽송 - 소나무 - 잣나무 등
7	2차림 (A)	일반적으로 2차림이라 불리우는 대상식생 서나무 - 상수리나무 - 졸참나무 군락 등 이른바 유명목, 약 20년생 까지
8	2차림 (B)	원시림 또는 자연식생에 가까운 2차림 신갈나무 - 들참나무 - 가시나무 맹아림 등 이른 바 장형림 약 20~50년생
9	자연림	다층의 식물사회를 형성하는 천이의 마지막에 이 르는 극상림, 신갈나무, 가문비나무, 전나무, 분 비나무 군락 등의 자연림, 고령림 약 50년생
10	고산초원	자연식생으로서 고산성 단층의 식물사회를 형성 하는 지역
0	수역	저수지, 하천유역지역(하중사구 포함)

E. 식물현존량 및 생산량 추정

식물현존량을 추정하는 방법은 녹지자연도를 이용하는 방법과 년평균기온과 평균연강수량 및 증발산량 등을 이용한 Model에 의한 방법, 매목조사에 의한 방법 등이 있다. 본 조사에서 이 세가지 방법의 결과를 비교 검토하였다.

o 녹지자연도에 의한 계산

녹지자연도에 의한 식물현존량의 추정은 1974년 발표된 Anonymous 수를 사용하였다. 녹지자연도, 현존량, 순생산량 사이의 Cramer's 상관계수를 보면 녹지자연도와 현존량의 상관계수는 0.563, 녹지자연도와 순생산량의 상관계수는 0.585, 현존량과 순생산량과의 상관계수는 0.666의 관계를 나타내고 있다. 녹지자연도에 의한 식물현존량과 순생산량 추정에 사용한 계수는 아래의 표와 같다(표 5.1.6).

표 5.1.6 현존량과 순생산량 산정계수

등급	현존량(T)	순생산량(T/Y)
1	격자수 × 510	격자수 × 230
2	× 1,680	× 920
3	× 2,480	× 940
4	× 1,490	× 890
5	× 2,320	× 730
6	× 6,660	× 1,200
7	× 6,070	× 570
8	× 7,000	× 540
9	× 118,400	× 840
10	× 11,900	× 1,800

* 현존량(T) = 등급별 격자수 × 격자면적 1km 당 Anonymous수

* 순생산량(T/Y) = 등급별 격자수 × 격자면적 1km 당 Anonymous수

자료 : National Census of Vegetation Office of Environment,
Japan, p. 7 - 36, 1976

o Model에 의한 계산

식물생산량을 추정하기 위하여 이제까지 발표된 Model 중에서 적절하다고 생각되는 Miami Model(Lieth, 1972, 1973)과 Montreal Model(Lieth & Box, 1972)을 선택하여 사용하였다.

① Miami Model

$$Y = 3,000 / (1 + e^{(1.315-0.119x)}) \dots\dots\dots(1)$$

Y : Productivity level(g/m²/yr)

(생산력 수준)

x : Mean Annual Temperature (℃)

(연평균 기온)

e : Natural log base

(자연로그 대수)

$$Y = 3,000(1 - e^{(-0.000664x)}) \dots\dots\dots(2)$$

Y : Productivity Level(g/m²/yr)

(생산력 수준)

x : Mean Annual Precipitation(mm)

(평균년 강수량)

위 (1), (2) 식으로 각각 얻은 값 중에서 낮은 값을 취했다.

② Montreal Model

$$P = 3,000(1 - e^{(-0.0009695(E-20)})$$

P : Annual Net Primary Productivity (g/m²/yr)

(연간 순 1차 생산력)

E : Annual Actual Evapotranspiration (mm)

(연간 실제 증발산량)

E는 Yim & Kira(1975,1976)의 것을 사용하였다.

F. 토양조사

인간을 비롯한 모든 동·식물의 활동이 토양에 근거를 두고 있어 토양은 매우 중요하다. 특히 토양에는 생태계의 구성요소인 분해자로서 토양미생물이 존재하여 생태계의 물질순환과 에너지순환에 영향을 주며, 생체구성요소인 유기물을 분해, 재생산한다. 또한 환경오염물질의 변화를 변화시키거나 파괴시켜 토양을 비옥화하고, 생태계를 안정시키는 역할을 한다.

따라서 자연계에서 조사지점의 무기영양원소의 구성상태 등을 측정하면 그 지점의 생태학적 안정도(Ecological stability)와 미래의 변화상태를 예측할 수 있다. 그러므로 본 조사에서는 조사지점의 토양을 채취하여 토양의 보존상태, 토양의 물리화학적 환경요인 등을 조사하여 생태계 구성요인의 상호연관성, 토양의 비옥도, 생태계의 안정도 등을 검토.

분석하고 그 결과를 해양연구소 남해기지 건설 후의 자연생태계 보존의 기초자료로 활용하고자 조사를 실시하였다.

분석용 토양의 채취는 장차 해양연구소 조성지 또는 조정 예정지로 추정되는 평탄한 지형과 곰솔 식재림의 토양 및 리기다소나무림의 토양 등 총 14개 지점에서 채토하였다.

① 토양의 채취

채토는 표토(Surface soil)와 토양단면에 따른 하층토로 구분하였다. 표토는 지표에서 2cm의 토양을 제거하고 10cm 깊이까지 채토하여 즉시 채토기에 넣었다. 채토한 토양은 실험실에서 2주간 건조시켰는데, 이에 앞서 토양수분함량을 측정하기 위해 습토를 칭량병에 담아 105℃에서 72시간 건조시켜 습도에 대한 토양수분량을 계산하였다. 음건한 토양은 0.5mm 체로 쳐서 유리병에 넣어 밀폐하여 분석할 때까지 보관하였다.

② 토양의 물리화학적 성질

토양의 pH는 토양과 증류수의 비율 1:5로 혼합하여 30분간 진탕한 후 pH meter(Fisher 230A)로 측정하였다. 토양의 유기물함량은 105℃에서 건조시킨 흙을 다시 600℃의 머플가마에서 4시간 강열하여 그 감열감량으로 표시하였다.

이하 환경처의 토양분석 공정 기준에 따랐으며 토양의 유효인산, 칼슘, 마그네슘은 1N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 로 추출하였고, 칼륨은 Flame photometer(Coleman 51)로, 칼슘과 마그네슘은 Atomic absorption spectrophotometer(IL 251)로 측정하였다.

③ 토양단면

조사지점 중 3곳을 선정, 곰솔 식재림, 리기다소나무 식재림, 경작지(묵밭)에 대한 토양 단면도(Soil profile)를 검토하였다.

(3) 조사결과 및 고찰

1) 식물상의 개황

조사지역의 식물상에 대한 개황을 보면 총 1문 2아문 4강 3아강 33목 88과 244속 300종 47변종 3품종으로 나타났다(부록 1, 표 5.1.7). 이를 유별해보면, 노변식물(벼과 및 사초과 등의 1년생 식물), 상록활엽수(들가시나무, 동백나무, 보리밥나무, 사스레피나무 등), 침엽수(곰솔, 리기다소나무 등), 낙엽활엽수(사방오리, 때죽나무, 산오리나무 등), 해변식물(갯질경이 등) 등으로 나누어 볼 수 있다.

기지가 건설될 예정지역은 특밭으로서 억새가 D.S 5.4, 서어나물 5.5, 망초 5.4, 쥐손이풀 4.4, 그렁, 돼지풀, 솜대 등이 우점하는데, 그 구성종은 망초, 참억새, 개망초, 쯤바랭이, 서어나물, 쥐꼬리망초, 짚신나물 등 60종에 달하고 있다(사진 1~5, 그림 5.1.14). 기지건설예정지 특히, 남쪽 뒷편에는 한반도 모양으로 대나무 식재가 3700m² 정도 분포하고 있을 뿐만 아니라, 이외에도 4곳에 일부 분포하고 있다(그림 5.1.15 E부분 참조). 교목층에는 왕대가 DBH 7cm 정도로 우점하고, 아교목층은 왕대가 DBH 2~3cm 내외, 높이 6m, 식피율 80% 정도로 우점하는데 오리나무, 소사나무와 혼생분포하고 있다. 관목층은 국수나무, 사당오리나무 등이 우점하였으며, 초본층에는 억새가 D.S 4.4로 우점하였다.

또한, 서쪽 약 30m 지점에는 일부 면적의 소택지(폭 15×15m 내외)가 있는데, 이곳에는 들닭개비가 우점하며, 부들, 고랭이 고마리 등의 수생 및 습생식물들이 분포하였고, 소택지 주변에는 관목성의 때죽나무, 산오리나무, 예덕나무 등이 분포하고 있었다. 기지가 건설예정인 곳으로 통하는 진입로 입구의 절개지는 매듭풀이 D.S 3.2로 우점하고 비수리와 억새는 2.2, 구절초 1.1, 썩 2.1 내외로 우점하고 있다. 그리고 콩, 땡땡이덩굴, 돼지풀, 장구채 등의 종이 분포하고 있었으며, 도로변을 따라 주변에는 경작지(고구마밭)가 펼쳐져 있다. 벌목지는 억새가 D.S. 5.5로 우점하였고, 비수리 2.1, 매듭풀 1. + 내외로 길쭉사초, 제비꽃 등의 종이 나타났다.

노변 좌우측에 검노린재, 자귀나무, 서어나물, 까치수영, 석잠풀 등이 분포하는데 특히, 산딸기, 국수나무, 칩 등이 우점하고 있어 전형적인 노변 식생의 특징을 보이고 있다. 도로 좌측에는 염소를 방목하고 있었으며, 유자나무도 일부 식재되어 있었다. 유자나무 식재단지 위쪽에는 리기다소나무가 식재되어 있었다. 이외에 펼쳐진 경작지 주변에도 머위, 도깨비바늘, 머느리배꼽 등과 1년생의 벼과 및 사초과 식물들이 분포하고 있다. 장서마을로 진입하는 도로를 따라 약간의 매립이 이루어져 있는데, 이곳에는 낭아초, 사철쑥, 개솔새, 매듭풀, 용가시나무, 도깨비고비, 까마귀머루, 억새, 질경이, 비수리, 새콩 등 20여종의 노변식물과 갯질경이, 나문재, 고마리, 퉁퉁마리, 갯그렁, 갯방동사니, 갯겨이삭, 갯지치, 갯메꽃 등의 해변식물이 분포하고 있었다.

표 5.1.7 조사지역의 식물상 현황

Class of tracheophyta	Ord.	Fam.	Gen.	Sp.	Var.	For.
Equesetineae	1	1	1	1		
Filicineae	1	4	5	4	1	
Gymnospermae						
Coniferophytae	2	4	7	9		
Angiospermae						
Monocotyledoneae	6	14	59	45	12	
Dicotyledoneae	23	65	172	241	34	3
	33	88	244	300	47	3
Total				350		

피자식물중 단자엽식물은 총 14과 59속 12변종 45종 이었고, 쌍자엽식물은 총 65과 172속 34변종 3품종, 241종으로 이들의 속종 다양도 지수는 단자엽식물이 1.19, 쌍자엽식물이 1.44로 각각 산정되었다. 그리고 본 지역의 양치식물계수($Pte-Q = 25 \times B/A$, A: 현화식물종수, B: 양치식물종수)는 0.38로 산정되어 한반도 전체 1.4의 27.1%에 해당되는데 이는 본 지역의 임상분포가 식재림 등으로 대부분 파괴되어 자연림이 거의 없고, 특히 양치식물의 감소에 기인한 것으로 보여진다.

한편, 분류된 관속식물의 속 수준에서의 분포범위(이·임, 1978)를 보면(그림 5.1.16) 사업지구와 가장 가까이 있는 속의 분포범위는 참나무과의 모밀잣밤나무속(*Castanopsis*) 이었으며, 다음은 차나무과의 *Eurya*속(대극속) 이었다. 또한 이를 토대로 조사지역의 속종다양도지수(屬種多樣度指數, α 는 전체종의수 / 전체속수)는 1.36 이었으며, 양치식물은 1.0, 나자식물 1.0, 피자식물 1.38로 산출되어 가장 높은 속종다양도를 보인 식물은 피자식물이었다. 조사지역에서 가장 많이 출현하는 곰솔의 온량지수(Warmth Index, WI) 호적범위를 검토하여 보면(그림 5.1.17), WI 105°C·Month가 분포의 북한계선이 되고있다.

지역적으로는 서해안의 북위 36°까지 분포하고, 동해안으로는 북위 37°까지 북상하지만 내륙에는 분포하지 않는다. 주로 남해안(전라남도, 경상남도, 경상북도 일부)일대의 북위 36° 범위가 호적범위로 조사되었다. 이는 조사지역에서 곰솔림이 우세하게 분포하는 것과 일맥상통하는 점이다.

4

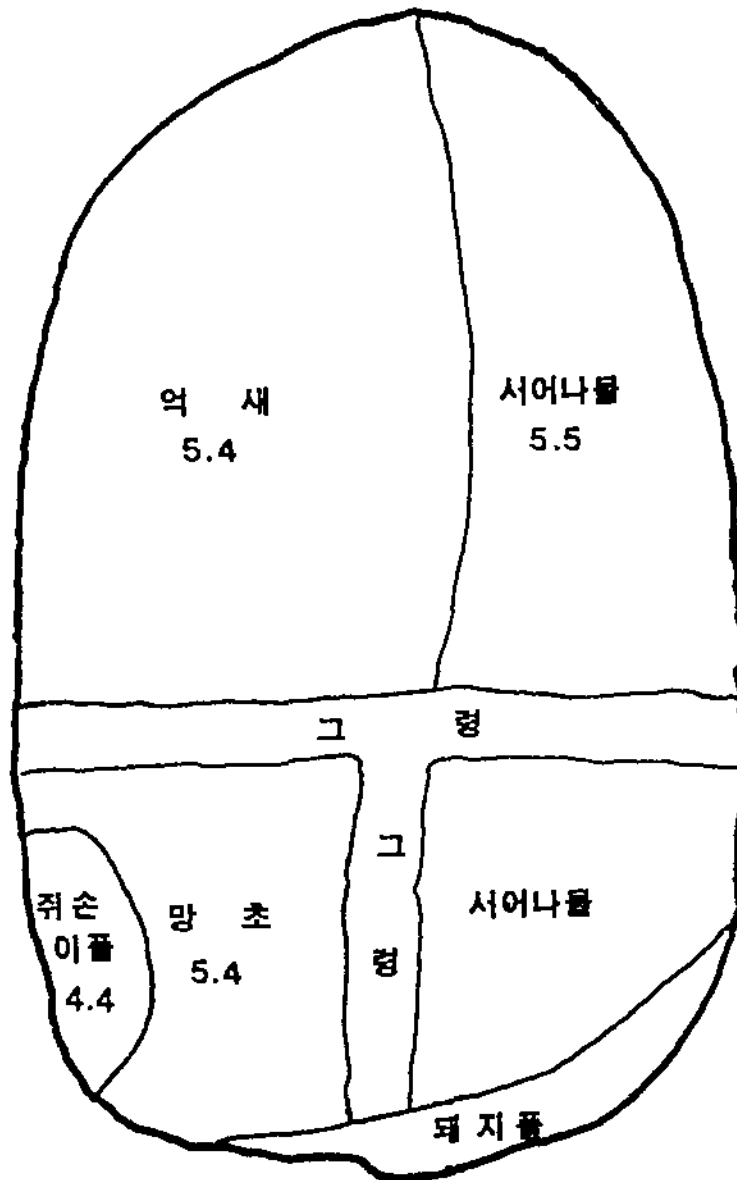


그림 5.1.14 해양연구소 남해기지 건설예정지(목밭)의 주요우점종 분포도

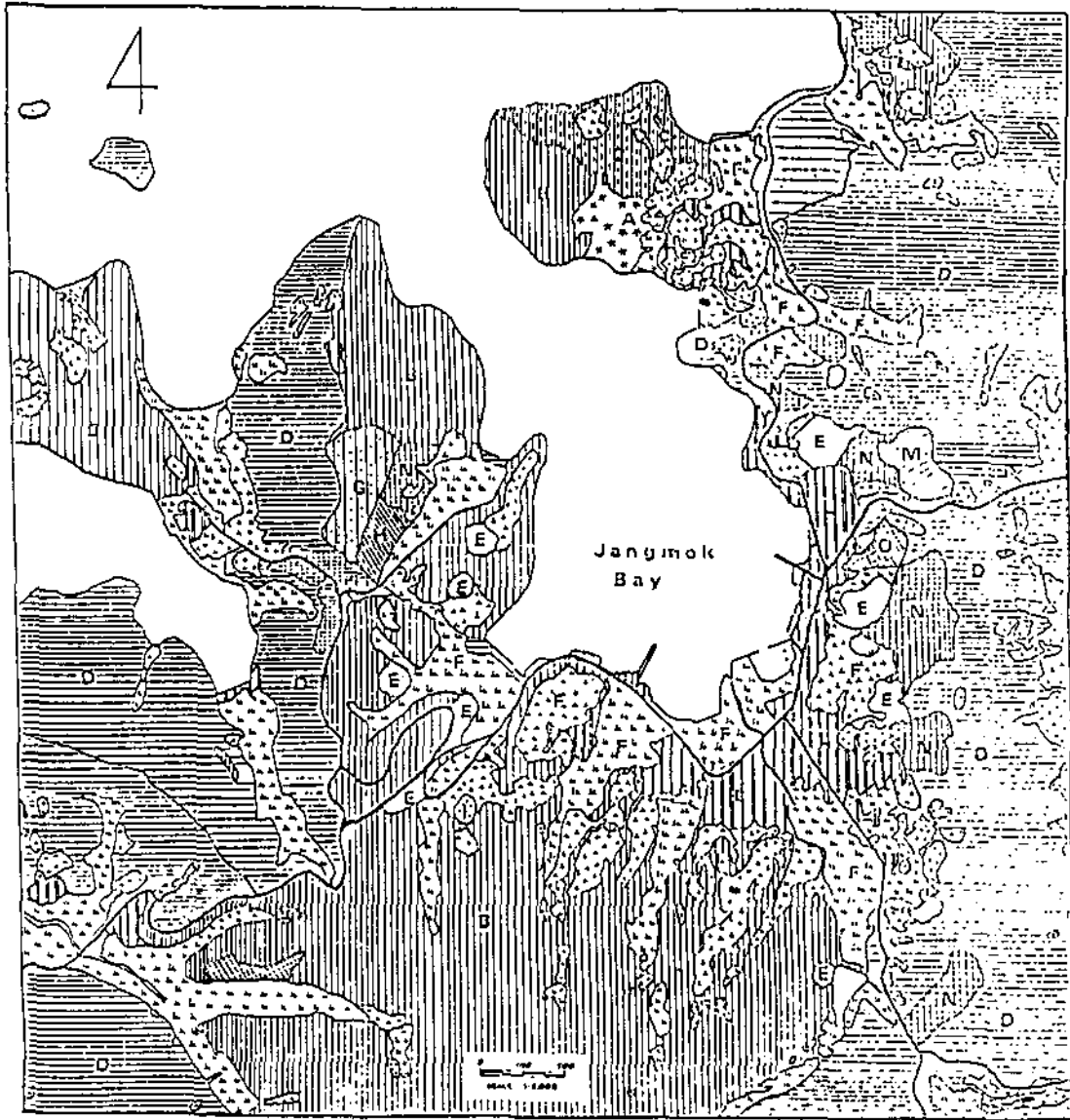




















그림 5.1.15 사업지구 및 조사지역의 현존식생도

LEGEND

	늪		밭		논
	곰솔-사스레피		밭자리 및 소지(길자리)		밭
	사방오리		관상수		시가지
	사방오리-사스레피나무		유자나무		도로
	밤나무		모치		지수지
	리기다스나무		소택지		양계장

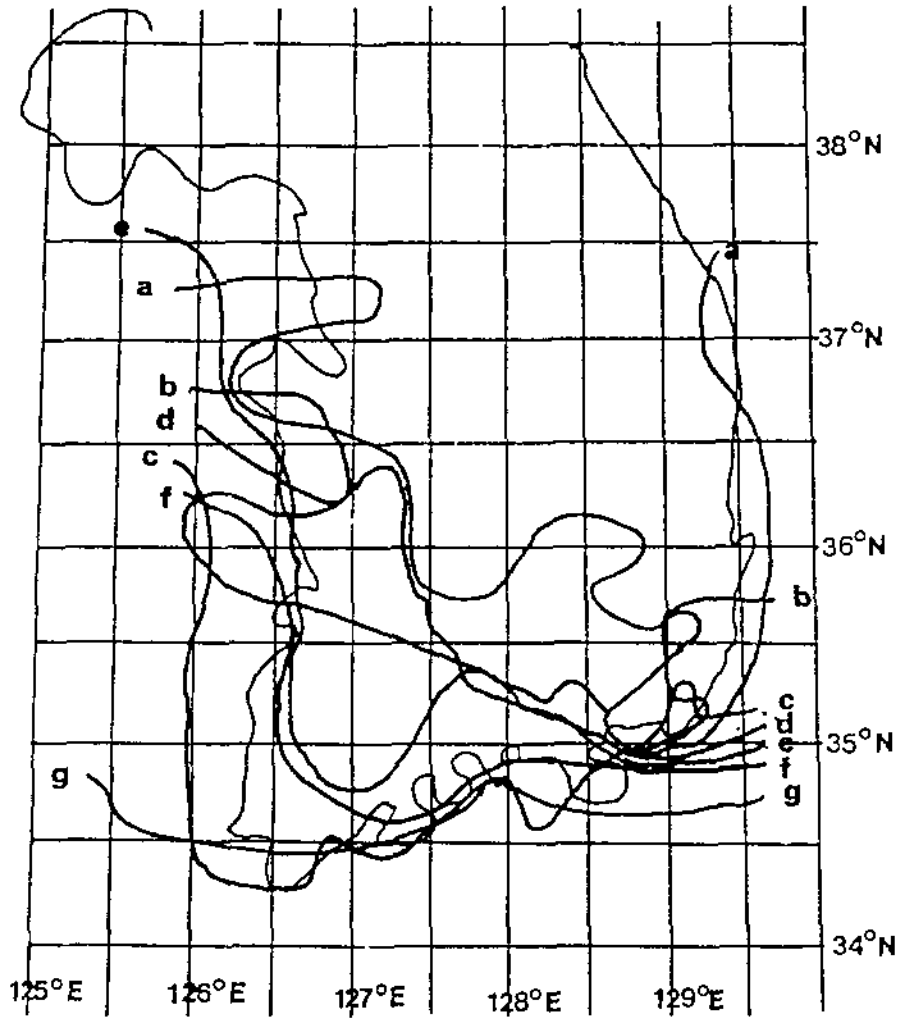


그림 5.1.16 속(屬) 수준에서의 관속식물 분포범위

- a: 뽕나무과 꾸지뽕나무속 b: 산형과 재주피막이속
 c: 장미과 다정큼나무속 d: 대극과 *Mollotus*속
 e: 차나무과 동백나무속 f: 차나무과 *Eurya*속
 g: 참나무과 *Castanopsis*속

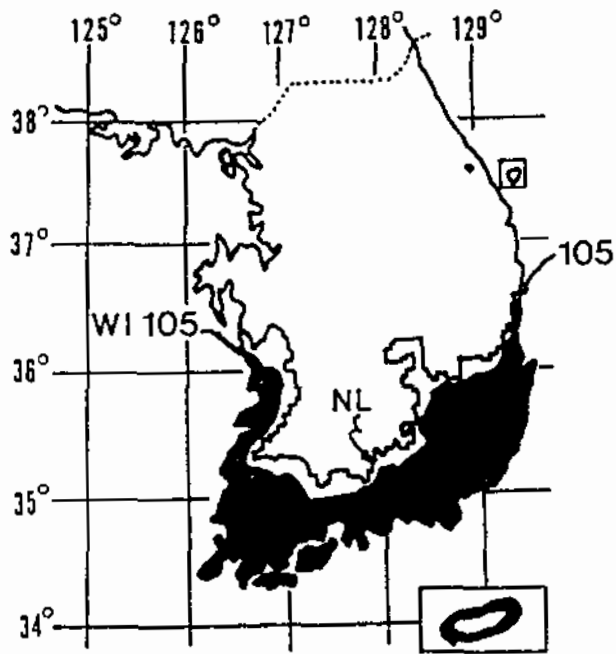


그림 5.1.17 곱술의 온량지수(WI) 호적범위(식재포함)

NI: 곱술의 북한계선

■: 곱술의 분포호적지역

2) 식생

A. 군계 수준의 특성

본 조사지역은 군계수준으로 볼 때 난온대, 즉 조엽수림대에 속한다(임, 1968). 대체로 지형은 연구소기지 예정지인 장목리 일대는 해발 40m 이하의 구릉지로 되어 있으며, 만의 좌측에 110m의 고지가 있는 하안 저지대로서 구릉지에는 곰솔, 사방오리 등이 우세한 곳으로 표 5.1.8과 같은 표징종 들은 분포하고 있지 않으나 동백나무, 참식나무, 사철나무 등이 조사된 것으로 보아 조엽수림대의 특징을 나타내고 있다. 그러나 실제 조사에 의한 결과 이러한 상목수림이 건설예정지 및 조사지역 전역에 걸쳐 군락을 형성하지 않았고, 분포종도 일부 수종만 국한되어 있는데 특히, 농원(관상수 식재 농원)에 종가시나무, 가시나무, 후박나무, 치자나무 등이 식재되었을 뿐이다. 시무성 북사면에는 사스레피나무가 DBH 5~6cm, 수고 6m 내외로 일부 우점하고 있을 뿐 다른 지역에는 거의 곰솔이나 사방오리림이 우세하였다.

표 5.1.8 조엽수림대의 표징종 및 분포종

표 징 종	분 포 종
동백나무	녹나무, 참식나무, 식나무
후박나무	붉가시나무, 가시나무, 종가시나무
구실жат밤나무	조록나무, 줄사철나무, 다정큼나무
모밀жат밤나무	광나무, 까마귀죽나무, 감탕나무, 팡팡나무, 사철나무, 큰굴거리나무, 돈나무 등

B. 식물군집의 분포

Sampling site는 10곳에 대해 식물사회학적 방법(Z-M법)에 따라 식물군집을 분류하고, 상관과 종조성에 의한 현존식생도를 작성하였다(그림 5.1.14 참조). 우점도와 군도는 Braun-Blanquet(1964)에 따라 1~5, r, +의 등급으로 구분하여 판단했다. 이와같이 하여 식별된 식물군집(표 5.1.9)은 다음과 같이 구별되었다.

- 초지군락
 - 상목수림
 - 식재림
- 사방오리림, 곰솔림, 대나무림, 리기다림, 밤나무림

표 5.1.9 조사지역의 곰솔, 사방오리, 왕대, 리기다소나무 군락의 종조성표

Serial Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	종 번 릿 수
Releve Number	3	4	5	6	1	2	7	8	9	10	
Altitude(m)	20	60	60	60	40	40	60	70	50	30	
Slope aspect	NW8	SE24	NE54	E	NW20	NE12	SW48	W	NE10	SW30	
Slope degree(°)	15	13	30	24	20	24	9	20	12	23	
Plot area(m ²)	225	100	100	100	225	225	225	225	100	100	
Height of tree - I layer(m)	15	10	10	10	12	14	15	15		13	
Coverage of tree - I layer(%)	70	60	50	70	85	40	80	85		60	
Height of tree - II layer(m)	7	6	5	7	7	6	8	8	7	6	
Coverage of tree - II layer(%)	50	50	90	80	70	60	35	50	80	40	
Height of shrub layer(m)	1.5	2	1.5	1.7	2	2	1.5	1.5	1.7	2	
Coverage of shrub layer(%)	30	70	10	40	55	10	50	30	40	10	
Height of herb layer(m)	0.8	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	
Coverage of herb layer(%)	30	40	10	40	30	80	80	15	50	30	
Number of Species	41	22	10	29	11	26	25	31	25	21	

<i>Sailax china</i>	+	+	+	1.1	+	+	+	+	2.1		9	청미래덩굴
<i>Eurya japonica</i>		1.1	5.5	1.1	2.2		3.3	3.3	+	+	8	사스레피나무
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	+	+	1.1		+	+		+		+	7	고사리
<i>Quercus serrata</i>	+	2.2	+		+		+	+	+	+	7	졸참나무
<i>Alnus japonica</i>	4.4	+	3.3		5.5	1.1				1.+	6	오리나무
<i>Stechnantra incisa</i>	+			+	3.3	+				1.+	5	국수나무
<i>Rhododendron mucronilatum</i> var. <i>maritimum</i>		3.3	+	2.2						2.2	4	반들진달래
<i>Pinus rigida</i>				3.3						4.4	2	리기다소나무
<i>Arundinella hirta</i>										3.3	1	시
<i>Syrax japonica</i>	1.1	+			1.1	+					4	떡죽나무
<i>Pinus densifera</i>		3.3	1.1			+	5.5	5.5			5	곰솔
<i>Saxifraga cuneifera</i>	+	1.1	+	+			2.2	1.1			6	기름새
<i>Rosa wichuriana</i>	+	+		1.1			+	+	+		6	줄가지나무
<i>Rhus verniciflua</i>	2.2			+		+	2.2	1.1			5	웅나무
<i>Opismenus uncinatifolius</i>	3.3	1.1					+			+	4	주름조개풀
<i>Carex siderosticta</i>	1.1		+	+				+			4	대사초
<i>Carex humilis</i>	+						+	+	2.1		4	산거울
<i>Symplocos paniculata</i>							+	+	+		3	절노린재
<i>Quercus acutata</i>				+			+	+	+		3	떡갈나무
<i>Quercus aliena</i>							+	2.2	+		3	졸참나무
<i>Quercus acutissima</i>				+		+	+	+	1.+		5	상수리나무
<i>Lespedeza bicolor</i>	+						+	+	+	+	5	카리
<i>Indigofera hirtellii</i>		+		+			+	+	+		5	망미자리
<i>Lysimachia hastata</i>	+						+	+	+		4	까치수영
<i>Phyllostachys bambusoides</i>						3.3				4.3	2	왕대
<i>Pteraria thunbergiana</i>		+								4.3	2	릿
<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>						2.2				1.+	2	리
<i>Carex luppes</i> var. <i>oligostachys</i>										3.2	1	남서가초
<i>Dioscorea batatas</i>	+	+		+		+					4	마
<i>Lespedeza maximilicci</i>	+	1.1					+	+			4	준쪽자리
<i>Potentilla freyniana</i>		+		+			+	+			4	세일양지꽃
<i>Isodon japonicus</i>	+			+			+	+			3	방아풀
<i>Atractylodes japonica</i>		+						+			3	삼주
<i>Erigeron canadensis</i>		+						+	+		3	방초
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	+			+		+				+	3	말고
<i>Calliandra japonica</i>							+				3	참카리
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	2.2			+							3	작살나무
<i>Paederia scabra</i>	+			1.1			+				3	노린재나무
<i>Aralia elata</i>	2.2			+		+			+	+	3	개요동
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	2.2					+					3	두릅나무
<i>Sanguisorba officinalis</i>							+				2	담쟁이덩굴
<i>Vitis thunbergii</i> var. <i>sinuata</i>	+			+				+			2	도이주
<i>Chrysanthemum zawadskii</i>								+			2	짜미귀미루
<i>Viola mandchurica</i>							+	+			2	산귀리초
								+			2	계미꽃

<i>Youngia sachifolia</i>							+	2	민동
<i>Vitis flexuosa</i>	+	+					+	2	고동배기
<i>Actinorhiza japonica</i>							+	2	세머루
<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>latifolium</i>								2	취부름
<i>Osmunda japonica</i>	+							2	구릿근
<i>Coccoloba trilobata</i>	+							2	고비
<i>Apocynum brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>								2	당당이당갈
<i>Platanus grandiflorum</i>								2	개머루
<i>Bioscaea squarrelata</i>	+							2	도라지
<i>Rubus crataegifolius</i>								2	단풍마
<i>Indigofera chinensis</i>	+							2	산딸기
<i>Pistacia esculenta</i>	1,1							2	뽕딸기
<i>Aster scaber</i>								2	자리궁
<i>Pyrola japonica</i>								2	삼취
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	+							1	노루밥
<i>Arisaema leptoceras</i>								1	진달래
<i>Ilex pedunculata</i>	+							1	많은대목
<i>Saururus celtoides</i>								1	비비추
<i>Elaphoglossum japonicum</i>								1	수리취
<i>Rosa chinensis</i>								1	에기나리
<i>Sparganium angustifolium</i>								1	개울나무
<i>Sparganium angustifolium</i>								1	은기름새
<i>Koeleria cristata</i>								1	질레꽃
<i>Castanea crenata</i>								1	밤나무
<i>Rhus chinensis</i>								1	꿀나무
<i>Spiranthes sinensis</i>								1	타리난초
<i>Ranunculus parvifolius</i>								1	명석딸기
<i>Aphelandra edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i>								1	새봉
<i>Comelina coarctata</i>								1	담의장풀
<i>Staphylea trifolia</i>								1	고추나무
<i>Platanus grandiflorum</i>								1	굴피나무
<i>Solidago virga-aurea</i> var. <i>asiatica</i>								1	미역취
<i>Oxalis corniculata</i>								1	경이밥
<i>Carex ciliato-marginata</i>								1	털대사초
<i>Saussurea gracilis</i>								1	은분취
<i>Linum obtusifolium</i>								1	생강
<i>Arisaema amurense</i> var. <i>serratum</i>	+							1	천남성
<i>Eurynema sachalinensis</i>								1	회나무
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>Hamburgii</i>								1	개암나무
<i>Quercus mongolica</i>								1	신갈나무
<i>Ternstroemia japonica</i>	+							1	후회향나무
<i>Chamaecyparis obtusa</i>								1	전벽
<i>Thuja orientalis</i>								1	축벽
<i>Artemisia stolonifera</i>	+							1	넙은잎외잎죽
<i>Angelica gigas</i>	+							1	삼당귀
<i>Scutellaria indica</i>	+							1	굴무풀
<i>Cryptomeria japonica</i>								1	삼나무
<i>Celastrus orbiculatus</i>								1	노박덩굴
<i>Dioscorea poliflora</i>								1	도꼬로마
<i>Hardenia tomentosa</i>								1	나도은초롱
<i>Rhododendron mucronulatum</i>								1	털진달래
<i>Ilex dentata</i>								1	쑤바귀
<i>Hiscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>								1	떡새
<i>Tripteris fragilis</i>								1	미역줄나무
<i>Carpinus coreana</i>								1	소사나무
<i>Celtis sinensis</i>	+							1	쟁나무
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	+							1	사자나무

한편, 본 조사지역인 장목면 일대에 대해 이 등(1981)은 식물군락에 대해 사방오리조림지, 곰솔조림지, 리기테다소나무조림지, 사방오리-곰솔조림지, 아까시나무조림지, 아까시나무-사방오리조림지, 오동나무조림지, 대나무조림지, 초지군락 등 총 9개의 Type으로 구분하였는데, 구분 방식은 주로 상관에 의한 것이었다. 본 조사에서는 종조성과 상관에 의해 식물군락을 구분하였고, 조사지역 또한 장목면 전체가 아닌 장목만 일대에 국한되었기 때문에 오동나무조림지, 리기테다소나무조림지 등은 나타나지 않고 있다. 그러나 군락방식에 약간의 차이가 있을 뿐, 곰솔조림지, 사방오리조림지, 대나무조림지, 초지군락 등 대체적으로 유사한 경향을 보였다.

① 초지군락

본 조사지역의 초지는 크게 목밭과 잔디(공동묘지)로 구분된다. 공동묘지는 장목국고 동쪽 250m의 서사면 표고 40m, 경사 10°인 지역에 있으며 조사지역 전체에 걸쳐 일부면적(10~30m²) 분포하고 있다. 그리고 건설예정지에는 목밭(식물상에서 언급됨)이 40,000m² 형성되어 있다.

주로 개간지로서 1018번 지방국도변의 장서마을 북서쪽 500m 지점의 표고 30m 지점과 군항포 동쪽 350m 지점의 표고 70m 지점, 장목만에 위치한 군항포에서 동쪽으로 900m 지점에 목밭 등이 형성되어 있으나 그 분포면적은 넓지않다(표 5.1.10, 그림 5.1.15).

표 5.1.10 조사지역의 식물군락의 분포현황

식 생 형	분포면적(km ²)	분포비(%)
곰솔	1.5675	26.17
곰솔 - 사방오리	1.5475	25.83
곰솔 - 상록활엽수	0.2100	3.51
곰솔 - 사스레피나무	0.05	0.83
밤나무림	0.0025	0.04
리기다소나무	0.025	0.41
대나무(왕대)	0.075	1.25
초지(묘지)	0.0675	1.12
상록활엽수림	0.0275	0.40
농장	0.0025	0.04
논(Rice paddy)	0.6175	10.31
밭(Field area)	0.3400	5.67
시가지 및 나지	0.1350	2.25
수역	1.3225	22.08
계	5.99	99.91

이 초지군락은 경작지 식생에서 볼 수 있는 망초, 기망초, 팔, 띠, 속갓 등이 분포하며 이외에 짚신나물, 속, 그렁, 박주가리 등, 종조성은 약 60여종에 달한다. 이로보아 버려진 묵밭에 1차로 1년생 식물들이 침입하고 다음으로 관목성의 수목, 고목의 순으로 진행되는 천이과정의 초기단계로 생각할 수도 있다.

② 상록활엽수림

조사지역의 북단에 해당하는 시루성 남사면 표고 0~60m에 걸쳐 상록활엽수을 재배하는 농장이 있으며 그 면적은 0.0275km² 이다(표 5.1.11). 조사지역인 장목면 전체지역에는 총 24종의 상록활엽수가 있었으며, 그중 농원에서는 19종, 조사지에서 11종으로 조사되었다. 그러나 연구소 건설예정지 및 매립예정지에는 이런 상록활엽수림이 유자나무 단지의 유자나무를 비롯하여 들가시나무, 사스레피나무, 동백나무, 보리밥나무, 순비기나무 등 총 6종이 분포하고 있었다. 그러나 이러한 상록수종이 사업지구 뿐만 아니라 주변지역(조사지역내)에서도 군락형태로는 존재하지 않고 곳곳에 산재해 있었다. 따라서 기지 건설에 따른 상록활엽수종의 피해정도는 거의 없다고 보여진다.

이는 지속적인 인위적 간섭으로 인한 영향, 특히 방풍림과 호안림의 조성을 위한 곰솔과 사방오리나무림의 대단위 식재 때문으로 보여진다. 따라서 건설예정지에는 상록활엽수림이 거의 나타나지 않았다. 건설에 따른 피해는 거의 없을 것으로 보인다.

표 5.1.11 거제도 거제군 장목면에 있는 상록활엽수림과 관상수

Scientific name	Korean name	조사지	농원
<i>Quercus glauca</i> Thunb.	종가시나무		○
<i>Quercus phillyraeoides</i> A. Gray	줄가시나무		○
<i>Quercus myrsinaefolia</i> Bl.	가시나무		○
<i>Laurus nobilis</i> L.	월계수		○
<i>Machilus thunbergii</i> S. et Z.	후박나무		○
<i>Nandina domestica</i> Thunb.	남천	○	
<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.	비파나무		○
<i>Rosa wichuriana</i> Crep.	돌가시나무	○	
<i>Pyracantha angustifolia</i> Schneid	피라칸다		○
<i>Citrus junos</i> Tanaka	유자나무	○	○
<i>Euonymus japonica</i> Thunb.	사철나무	○	○
<i>Euonymus japonica</i> for. <i>aureo-marginatus</i> Hort.	금테사철		○
<i>Osmanthus asiaticus</i> Nakai	은목서		○
<i>Eurya japonica</i> Thunb.	사스레피나무	○	○
<i>Ternstroemia japonica</i> Thunb.	후피향나무	○	○
<i>Camellia japonica</i> L.	동백나무	○	○
<i>Thea sinensis</i> L.	차나무	○	○
<i>Elaeagnus macrophylla</i> Thunb.	보리밥나무	○	
<i>Fatsia japonica</i> Decne. et Planch	팔손이		○
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	광나무		○
<i>Vitex rotundifolia</i> L. fil.	순비기나무	○	
<i>Serissa japonica</i> Thunb.	백정화		○
<i>Viburnum awabuki</i> K. Koch	아왜나무		○
<i>Lonicera japonica</i> Thunb.	인동	○	

③ 식재림(Plantation)

곰솔림, 사방오리림, 대나무(왕대)림, 리기다소나무림, 상록활엽수림으로 대별된다. 건설예정지에는 목밭으로 조성되어 있으나 그 주변에는 왕대 식재림, 곰솔식재림, 사방오리식재림, 리기다소나무림으로 둘러싸여 있다. 또한 건설예정지는 예전에 경작지였던 관계로 식생에 대해 인위적인 영향이 컸으리라 사료되며 이곳에는 아까시 식재림, 유자나무 식재림도 분포하고 있다.

- 곰솔림

곰솔 식재림(*Pinus thunbergii*)은 연구소기지 건설예정지를 중심으로 해서 조사지역 전체에 걸쳐 고루 분포 우점하며 면적 또한 1.5675km²로 가장 넓다. 교목층의 높이는 최고 14m에 달하며 평균 수고는 13.5m, 식피율은 75%(D.S 범위는 5.5~3.3) 내외였으며 아교목층은 평균수고 6.0m, 식피율 48.7%로 사스레피나무, 사방오리나무 등과 혼생하고 있다.

관목층은 평균수고 1.8m, 식피율 76.7%로 비교적 식피율은 높은 편이며 철쭉, 진달래, 국수나무, 청미래덩굴 등이 분포하였고, 초본층은 0.8m, 식피율 46.2%로 조사지역 전체로 판단해 보아도 식피율이 매우 낮는데 이는 과거 주기적인 남벌과 하상파괴에 기인된 것으로 판단된다(그림 5.1.18~20).

곰솔군락에서 교목층은 곰솔과 상수리나무가 혼생하고 있는데 곰솔의 밀도는 27.3/a, 기저면적은 1859.6cm²/a, 빈도는 100%, 상대밀도 97.6, 상대피도 92.8, 상대빈도 60.0이었으나, 상수리나무는 밀도 7.3/a, 기저면적 30.3cm²/a, 빈도 66.7%, 상대밀도 2.4, 상대피도 7.2, 상대빈도 40.0으로 곰솔 교목에 비해 그 수치가 매우 작다. 또한 중요치로 보면 곰솔 250.4, 상수리나무 49.6으로 곰솔의 중요치가 상수리나무의 5배 이상이다.

아교목층에서는 사스레피나무가 밀도 10.6개체/a, 기저면적 38.9cm²/a, 빈도 100%, 상대밀도 37.6, 상대피도 35.0, 상대빈도 23.1, 중요치 95.7 이었으며, 곰솔은 밀도 8.3개체/a, 기저면적 34.7cm²/a, 빈도 100%, 상대밀도 29.4, 상대피도 28.6, 상대빈도 23.1, 중요치 81.1로 아교목층에서는 사스레피나무의 중요치 등이 곰솔의 각 측정치를 상회하고 있다. 또한 졸참나무, 갈참나무, 상수리나무, 옷나무, 삼나무, 떡갈나무는 밀도가 5개체/a 미만(졸참나무 4.3 개체/a), 기저면적은 3cm²/a 미만으로 매우 낮았으며, 빈도 33.3~66.7% 범위를, 상대밀도는 각각 3.6, 상대피도는 1.6~19.0, 상대빈도는 7.7~15.4, 중요치 12.8~41.9 범위로 대체적으로 그 측정치가 낮다(표 5.1.12).

관목층에는 사스레피나무가 100% 빈도로 출현하며 그의 옷나무, 청미래덩굴, 검노린재, 떡갈나무 등이 66.7%, 사방오리, 편백, 때죽나무 등이 33.3%를 차지하고 있다. 기저면적은 0.3~1.7cm²/a로 대단히 낮으며, 상대밀도는 사스레피나무 27.6, 옷나무 13.8, 반들진달래 16.0이고, 다른 수종은 7 미만이었다. 상대피도는 4.2~12.5 내외를, 중요치는 5.4~40.1 이었으나 사스레피나무가 40.1로 가장 높았다.

초본층에는 사스레피나무, 기름새, 세잎양지꽃, 땅비싸리가 100% 빈도 출현하는 것으로 조사되었고, 사스레피나무의 중요치가 20.2로 가장 높았으며, 기름새 18.7, 구절포 11.0, 청미래덩굴과 땅비싸리가 10.1 이었으나, 그의 수종은 10 미만이었다.

한편, 군락단면도를 검토해보면(그림 5.1.20) 교목층에는 곰솔림이 우세하며(수고 14m) 아교목층과 관목층에는 사스레피나무가, 초본층에는 사스레피나무, 기름새, 세잎양지꽃 땅비싸리 등이 우세하게 나타났다. DBH-Frequency 분포를 보면(그림 5.1.20) DBH가 2~23cm 내외로 매우 다양하고, 대체적으로 DBH 8~18cm에 집중분포 되어있는데 비록 식재림이기는 하나 인위적 영향을 가하지 않는다면 점차 천이과정을 거쳐 순림(극상림)을 이룰 것으로 예측된다. 분포형은 다소 불안정한 종형(bell type)을 나타내는데, 본 식생에 대한교란으로 인한 것이지만 점차 회복될 것으로 보인다.

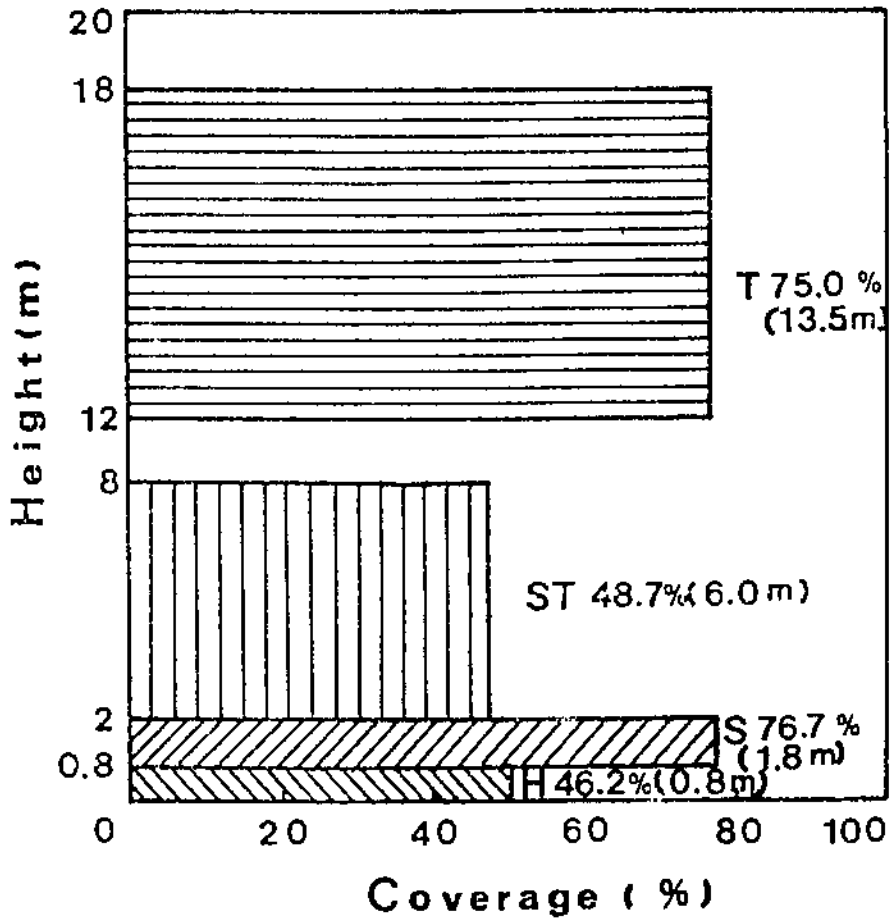


그림 5.1.18 조사지역 곶솔식재림의 수고(m)와 식피율(%)

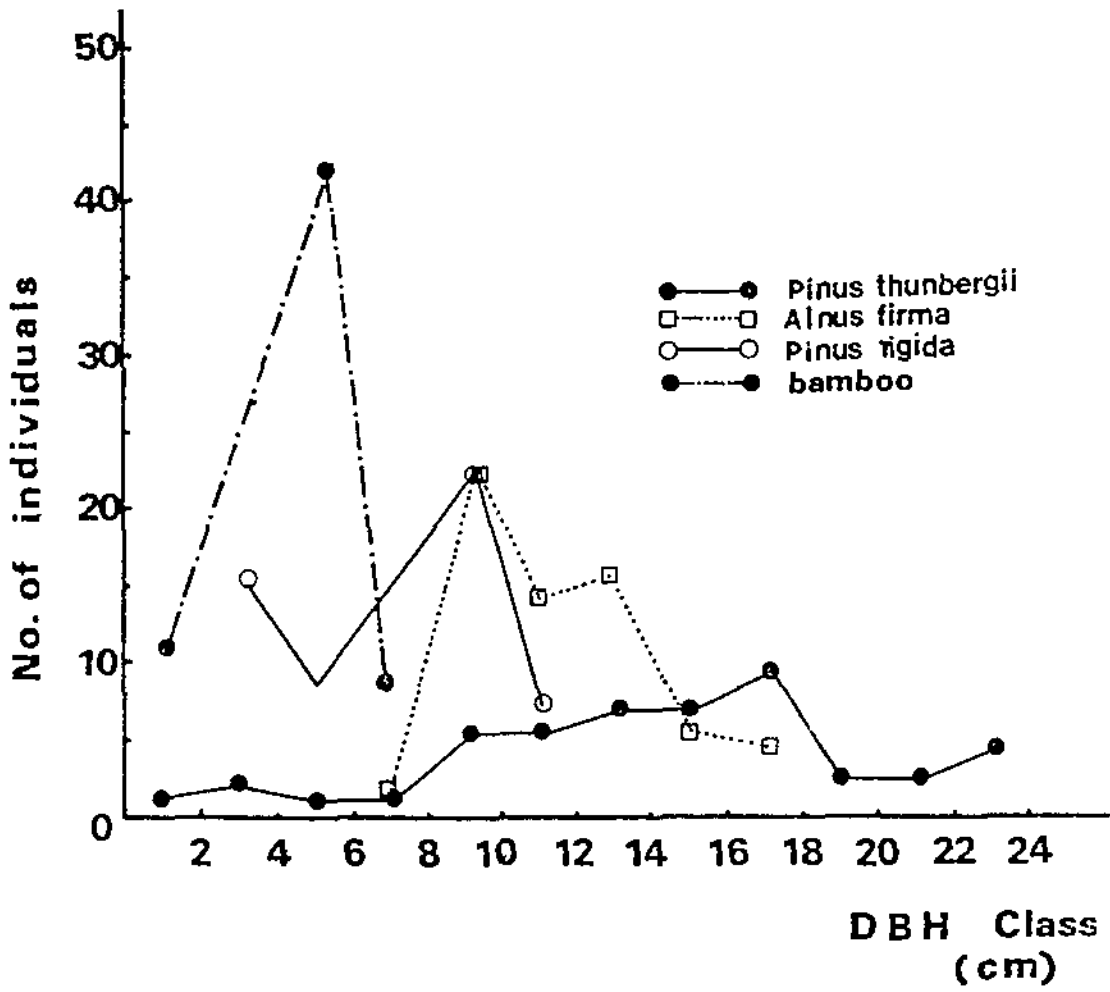


그림 5.1.19 각 군락의 DBH Class-Frequency 분포 및 기체수(100m²)

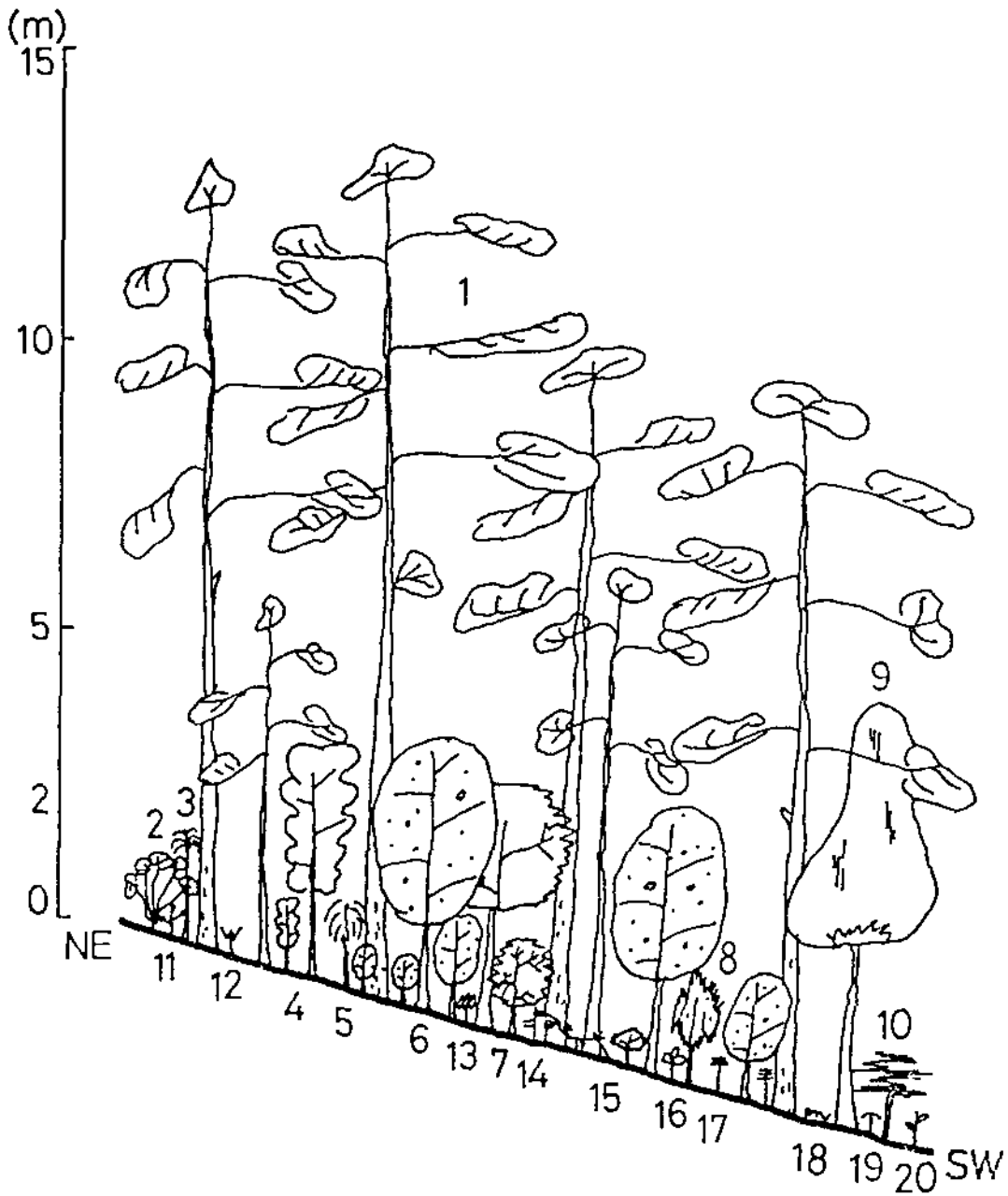


그림 5.1.20 곰솔식재림의 군락단면도

- 1: 곰솔 2: 반들진달래 3: 옷나무 4: 갈참나무
 5: 조록싸리 6: 사스레미나무 7: 졸참나무
 8: 싸리 9: 상수리나무 10: 검노린재 11: 산초나무
 12: 구절초 13: 주름조개풀 14: 땅비싸리
 15: 청미래덩굴 16: 세잎망지꽃 17: 기름새
 18: 산거울 19: 고사리 20: 까치수영

표 5.1.12 곰솔식재림의 밀도, 빈도, 기저면적 및 우점도, 피도, 상대피도 중요치 현 황

	Density (No./a)	Basal area (cm ² /a)	Frequency (%)	R.D.	R.C.	R.F.	I.V.
Tree layer							
곰솔	27.3	1859.6	100.0	97.6	92.8	60.0	250.4
상수리	7.3	30.3	66.7	2.4	7.2	40.0	49.6
Subtree layer							
시스레피	10.6	38.9	100.0	37.6	35.0	23.1	95.7
스레피	8.3	34.7	100.0	29.4	28.6	23.1	81.1
참나무	4.3	18.9	33.3	15.2	19.0	7.7	41.9
향나무	1.0	1.4	66.7	3.6	6.5	15.4	25.4
소나무	1.0	2.8	33.3	3.6	3.1	7.7	14.3
대나무	1.0	1.4	33.3	3.6	3.1	7.7	14.3
진피나무	1.0	1.4	33.3	3.6	3.1	7.7	14.3
백나무	0.6	1.4	33.3	3.6	1.6	7.7	12.8
Mean cover Frequency (%)							
Shrub layer							
시스레피		3.0	100.0	27.6	12.5	40.1	
스레피		1.7	66.7	13.8	8.4	22.1	
참나무		1.3	33.3	16.0	4.2	20.2	
향나무		1.0	66.7	6.9	8.4	15.2	
소나무		0.7	66.7	4.6	8.4	12.9	
대나무		0.7	66.7	4.6	8.4	12.9	
진피나무		0.7	66.7	4.6	8.4	12.9	
백나무		1.0	33.3	6.9	4.2	11.1	
대나무		0.5	66.7	2.3	8.4	10.6	
시스레피		0.7	66.7	2.3	8.4	10.6	
스레피		0.3	33.3	2.3	4.2	6.5	
참나무		0.3	33.3	2.3	4.2	6.5	
향나무		0.3	33.3	2.3	4.2	6.5	
소나무		0.3	33.3	2.3	4.2	6.5	
대나무		0.3	33.3	2.3	4.2	6.5	
진피나무		0.3	33.3	1.2	4.2	5.4	
Herb layer							
시스레피		2.3	100	14.4	5.8	20.2	
스레피		2.3	100	12.9	5.8	18.7	
참나무		1.3	66.7	7.2	3.9	11.0	
향나무		1.0	100	4.3	5.8	10.1	
소나무		1.0	100	4.3	5.8	10.1	
대나무		1.0	66.7	5.8	3.9	9.7	
진피나무		1.0	100	2.9	5.8	8.7	
백나무		1.0	66.7	4.3	3.9	8.2	
대나무		1.0	66.7	4.3	3.9	8.2	
참나무		1.3	33.3	5.8	1.9	7.7	
향나무		0.6	66.7	2.9	3.9	6.8	
소나무		0.7	66.7	2.9	3.9	6.8	
대나무		0.5	66.7	2.3	3.9	6.2	
진피나무		0.7	66.7	1.4	3.9	5.3	
백나무		0.5	66.7	1.4	3.9	5.3	
대나무		0.3	33.3	2.3	1.9	4.2	
참나무		0.2	33.3	1.4	1.9	3.3	
향나무		0.3	33.3	1.4	1.9	3.3	
소나무		0.3	33.3	1.4	1.9	3.3	
대나무		0.3	33.3	1.4	1.9	3.3	
진피나무		0.3	33.3	1.4	1.9	3.3	
백나무		0.3	33.3	1.4	1.9	3.3	
대나무		0.3	33.3	1.4	1.9	3.3	
참나무		0.3	33.3	1.4	1.9	3.3	
향나무		0.3	33.3	1.4	1.9	3.3	
소나무		0.3	33.3	1.4	1.9	3.3	
대나무		0.2	33.3	0.8	1.9	2.7	
진피나무		0.2	33.3	0.8	1.9	2.7	
백나무		0.2	33.3	0.8	1.9	2.7	

- 사방오리림

사방오리 식재림은 연구소기지 건설예정지역의 바로 뒤의 순림을 비롯해서 조사지역의 시투성 동사면의 표고 10~30m 범위에 일부분의 사방오리 순림과 곰솔림과 함께 혼생하고 있다. 약 20년 전에 조림된 조사지역의 사방오리는 토양의 침식과 조기 녹화를 목적으로 사방오리가 넓은 면적에 걸쳐 식재되어 있으나, 사방오리는 암석지나 불안정한 입지에 자생하는 아교목으로 뿌리에 뿌리혹박테리아가 있어, 질소고정을 하므로 표토가 소실된 곳에 사방용으로 식재하고 있다.

교목층의 수고는 10~12m의 범위로 평균수고는 11.6m, 식피율은 81.6%로 비교적 높은 편이며 아교목층은 곰솔, 사스레피나무 등과 혼생하는데 평균수고 7.3m(5~8m 범위), 식피율 68.3%를 나타내었다. 관목층은 1.5m, 식피율 40.0%로 식피율은 낮은편이며 초본층은 평균높이 0.7m(0.05~0.8m), 식피율 40%로 역시 낮다(그림 5.1.21, 22).

DBH-Frequency 분포를 보면 DBH가 10cm 내외의 수목이 대부분을 차지하였고, 10cm 이하는 거의 없으며, 10cm이상은 점차 감소하는 경향을 보여 Log-normal한 분포형을 나타내고 있다. 따라서 유묘가 거의 없어 이 식재림은 다른 수종으로 대체(이를테면 곰솔 등)될 가능성이 높다.

교목층에는 사방오리, 곰솔, 때죽나무, 굴피나무로 구성되어 있으며, 밀도는 사방오리가 20.7개체/a로 가장 높고, 곰솔 1.3, 때죽나무와 굴피나무가 각각 0.7로 나타났다. 기저면적은 사방오리가 1574.8cm²/a로 매우 높았으며, 곰솔 134.8cm²/a, 굴피나무 23.2cm²/a, 때죽나무 11.4cm²/a의 순 이었다. 또한 빈도는 사방오리가 100%로 단연 우세했으며 다른 교목은 33.3%로 나타났다. 상대밀도, 상대피도, 상대빈도는 사방오리가 다른 곰솔 등의 교목보다는 월등히 높아 각각 88.5, 83.1, 50.0 이었다. 중요치는 사방오리가 222.6으로 곰솔 32.4, 굴피나무와 때죽나무가 23.0으로 최고 7배 높은 것으로 조사되었다.

아교목층에는 사스레피나무가 밀도 32.7개체/a, 기저면적 529.9cm²/a, 빈도 66.7%, 상대밀도 63.6, 상대피도 48.4, 상대빈도 20.0으로 다른 아교목 수종인 때죽나무, 사방오리, 곰솔, 윗나무, 신갈나무, 졸참나무, 굴피나무 보다 월등히 우세했으며, 이에 따라 중요치도 132.0으로 때죽나무 43.5, 사방오리 31.6 보다 4배이상 높았고, 다른 수종의 중요치는 14.7~25.2 범위였다.

관목층에는 작살나무가 100% 빈도로 출현하며 중요치는 45.1로 가장 높았으며 그외 윗나무, 국수나무, 졸참나무, 산초나무 등으로, 빈도는 33.3~66.7%, 중요치는 10.5~23.7로 매우 낮았다.

초본층에는 고사리가 100% 출현하였으며, 중요치는 15.8 이었으며 그외 수종은 중요치가 4.5~14.5 범위였다(표 5.1.13).

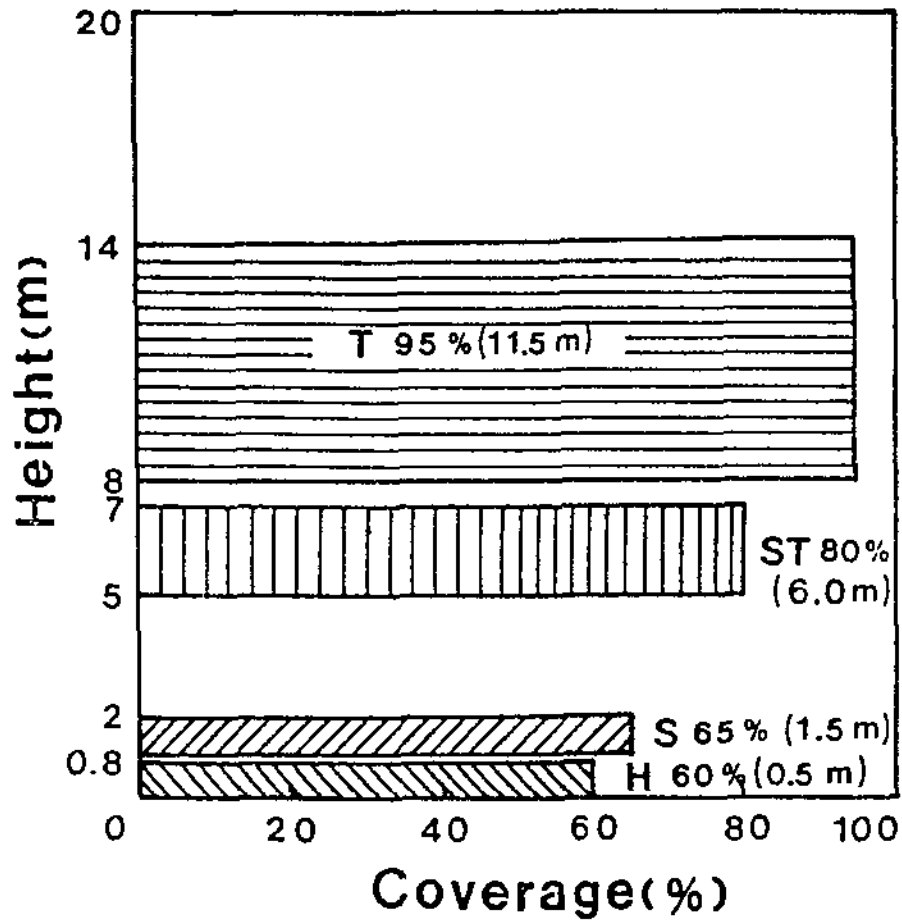


그림 5.1.21 조사지역 사방오리 식재림의 수고(m) 및 식피율(%)

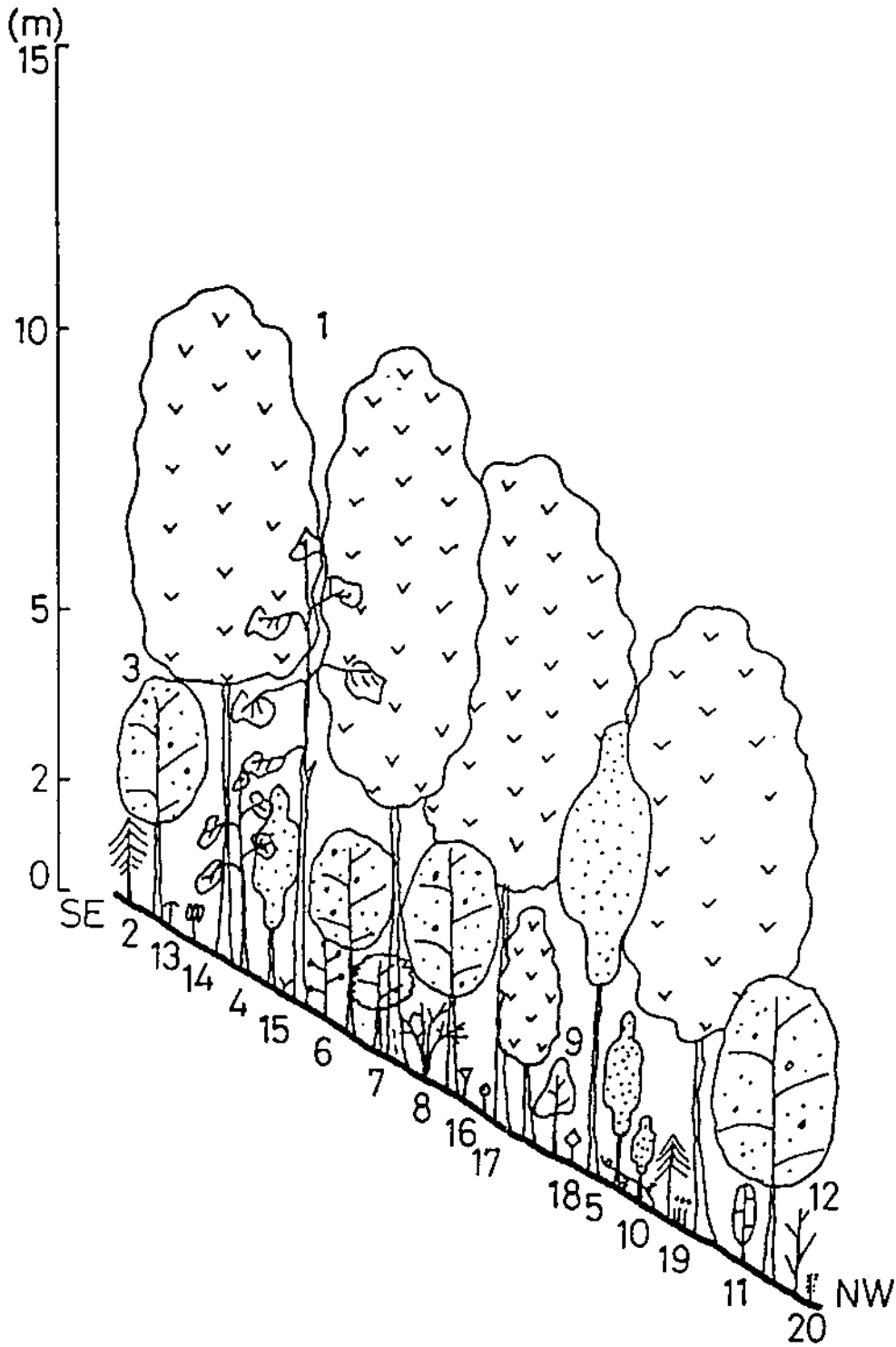


그림 5.1.22 사방오리림의 군락단면도

- 1: 사방오리 2: 작살나무 3: 사스레피나무 4: 곰솔
 5: 때죽나무 6: 산초나무 7: 졸참나무 8: 국수나무
 9: 팽나무 10: 청미래덩굴 11: 광나무 12: 개암나무
 13: 고사리 14: 주름조개풀 15: 대사초 16: 담쟁이덩굴
 17: 고비 18: 방아풀 19: 새 20: 자리공

한편, 사방오리림이 식재된 시루성 북사면 표고 0~20m 범위에는 사스레피나무가 일부면적에 걸쳐 순림을 이루고 있었는데, DBH 5~6cm, 수고 5~8m 내외였는데 하상에는 산거울, 청미래덩굴, 쇠무릎, 마, 두릅나무 등이 빈약하게 분포하고 있었다.

- 리기다소나무림

리기다소나무 식재림은 연구소 건설예정지에 일부 면적 분포하고 있을 뿐 아니라 군항포 동쪽 700m 지점에 0.025km²의 면적 분포를 보이며 곰솔 등과 혼생하고 있으며, 기지 건설 예정지의 100m 떨어진 유자나무 단지 윗부분에 식재되어 있었다.

교목층은 평균수고 9.5m, 식피율 75%였으며 D.S는 3.3~4.4 범위였다. 아교목층은 2~8m 범위로 수고가 다양하였으며 평균 5.5m, 식피율 65%를 나타내었고, 관목층은 평균수고 1.8m, 식피율 40%로 국수나무, 철쭉, 노린재나무, 청미래덩굴 등과 혼생 분포하고 있다.

초본층은 조사된 다른 군락에 비해 매우 높은 85%의 식피율을 나타냈으며 평균수고는 0.6m 내외였다(그림 5.1.23, 24).

DBH는 3~11cm 범위였으며, 불안정한 층위구조를 나타내 여전히 이 군락에 대한 인위적 간섭이 계속 일어나 교란상태에 있음을 알 수 있었다.

교목층은 리기다소나무와 상수리나무로 이루어져 있으나, 밀도는 리기다소나무와 상수리나무가 11개체/a, 2개체/a로 월등히 리기다소나무가 높았고, 기저면적 또한 리기다소나무가 1727cm²/a로 상수리나무 157cm²/a의 8배이상 차지하였다.

상대밀도, 상대피도, 상대빈도는 리기다소나무가 84.6, 87.5, 50으로 상수리나무 15.4, 12.5, 50 보다 각각 같거나 높았는데, 중요치는 리기다소나무가 222.0으로 상수리나무 77.9 보다 3배이상 높았다. 아교목층에는 리기다소나무의 중요치가 143.9으로 가장 높았으며, 상수리나무 35.2, 사스레피나무 34.1 정도였고, 가장 작은 중요치를 보인 수종은 싸리, 노린재나무, 반들진달래 등이었다. 특징적인 것은 싸리, 노린재나무, 반들진달래가 아교목층을 형성하고 있는 점이 다른 식재군락과 다른데 이는 리기다소나무림의 식재가 최근에(10년 정도) 이루어졌기 때문으로 판단된다(표 5.1.14).

- 대나무(왕대)림

대나무 식재림은 장수국교 동쪽 표고 30~50m의 서사면과 시루성 남등사면 표고 30m지점, 장서마을 북서쪽의 표고 30m의 저지대에 집중분포하며 총 분포면적은 0.075km²였다.

교목층의 높이는 8~14m로 다양하였으며 평균수고는 11.5m, 식피율 95%의 비교적 높은 비율을 나타냈다.

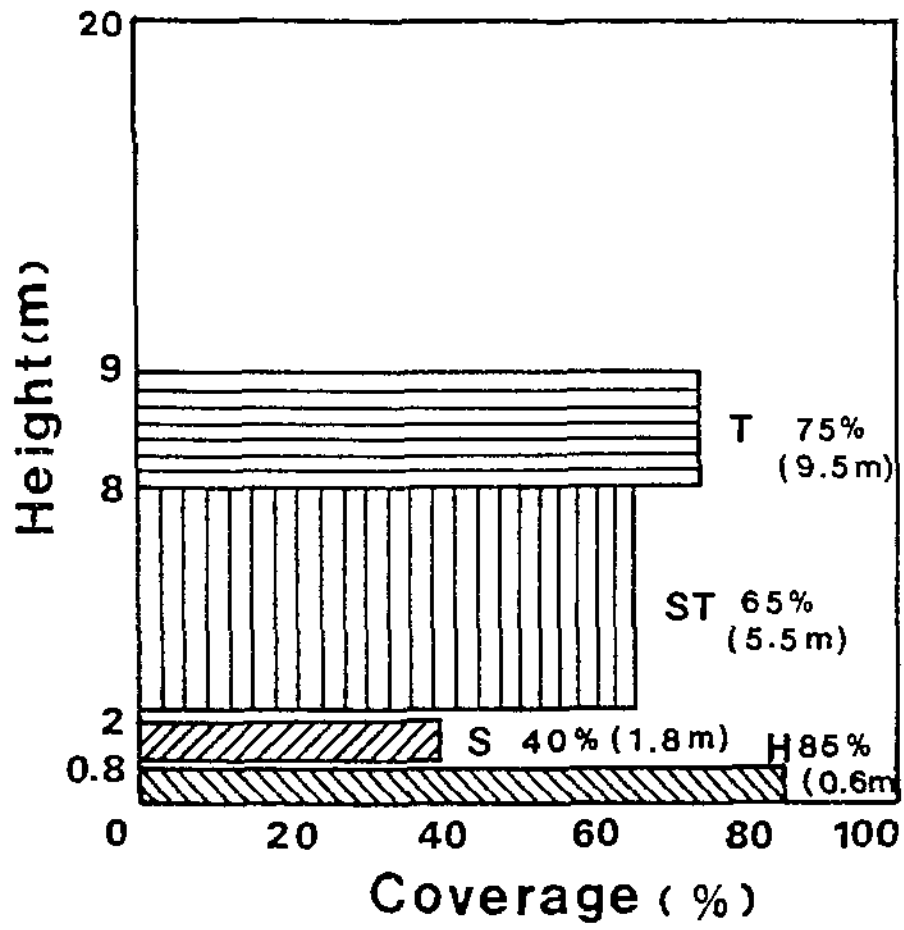


그림 5.1.23 조사지역 리기다소나무 식재림의 수고(m) 및 식피율(%)

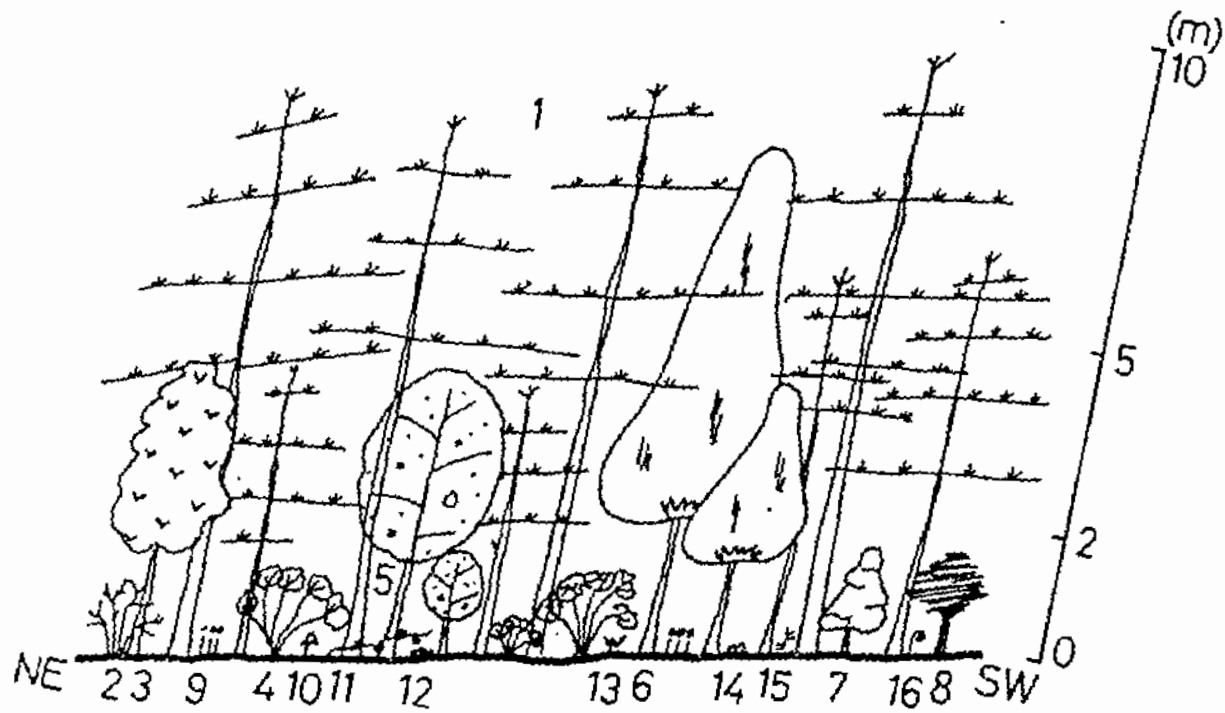


그림 5.1.24 리기다소나무림의 군락단면도

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|----------|
| 1: 리기다소나무 | 2: 국수나무 | 3: 사방오리 | 4: 반들진달래 |
| 5: 사스레피나무 | 6: 상수리나무 | 7: 떡갈나무 | 8: 권노린재 |
| 9: 새 | 10: 참취 | 11: 청미래덩굴 | 12: 산거울 |
| 13: 구결초 | 14: 돌가시나무 | 15: 땅비싸리 | 16: 도라지 |

표 5.1.14 리기다소나무식제림의 밀도, 빈도, 기저면적 및 우점도, 피도, 상대피도
중요치 현황

	Density (No./a)	Basal area (cm ² /a)	Frequency (%)	R.D.	R.C.	R.F.	I.V.
Tree layer							
리기다	11	1727	50	84.6	87.5	50	222.0
상수리나무	2	157	50	15.4	12.5	50	77.9
Subtree layer							
리기다	24.5	243.4	100	71.0	50.0	22.2	143.0
상수리나무	2	114.7	100	5.8	7.2	22.2	35.2
사스레피	3	34.2	50	8.7	14.3	11.1	34.1
사방오리	2	48.3	50	5.8	7.2	11.1	24.1
싸리	1	3.6	50	2.9	7.2	11.1	21.2
노린재	1.0	3.6	50	2.9	7.2	11.1	21.2
반들진달래	1.0	1.6	50	2.9	7.2	11.1	21.2
	Mean cover	Frequency (%)		R.C.	R.F.	I.V.	
Shrub layer							
반들진달래	3.1	100		23.5	15.4	38.9	
청미래덩굴	2.1	50		23.5	7.7	31.2	
검노린재	2.0	100		11.8	15.4	27.1	
떡갈나무	0.5	100		5.9	15.4	21.3	
사스레피	1.1	100		5.9	15.4	21.3	
국수나무	1.5	50		11.8	7.7	19.5	
울나무	1.0	50		5.9	7.7	13.6	
참싸리	0.7	50		5.9	7.7	13.6	
상수리	0.2	50		5.9	7.7	13.6	
Herb layer							
새	2.2	100		13.8	7.7	21.5	
산겨울	2.1	50		13.8	3.9	17.6	
돌가시	1.3	100		6.9	7.7	14.6	
참취	0.5	100		3.5	7.7	11.1	
구절초	0.1	100		3.5	7.7	11.1	
도라지	0.3	100		3.5	7.7	11.1	
담비싸리	0.5	100		3.5	7.7	11.1	
청미래	1.5	50		6.9	3.9	10.7	
반들진달래	1.7	50		6.9	3.9	10.7	
세일양지꽃	0.5	50		3.5	3.9	7.3	
쇠무릎	0.5	50		3.5	3.9	7.3	
은분취	0.1	50		3.5	3.9	7.3	
방아풀	0.3	50		3.5	3.9	7.3	
오이풀	0.3	50		3.5	3.9	7.3	
대사초	0.7	50		3.5	3.9	7.3	
국수나무	0.5	50		3.5	3.9	7.3	
두릅나무	0.3	50		3.5	3.9	7.3	
마	0.2	50		3.5	3.9	7.3	
생강나무	0.3	50		3.5	3.9	7.3	
참싸리	0.7	50		3.5	3.9	7.3	

대나무 이외에 다른 교목은 출현하지 않았는데 아교목은 수고 6.0m, 식피율 80%(수고는 5~7m 범위), 관목층은 1.5m 내외였으며 평균수고는 0.5m로 비교적 낮았다(그림 5.1.25, 26).

DBH는 2~8cm로 가장 안정된 종형을 나타내고 있다. 그러나 이 군락은 인위적 요인에 의해 자연군락으로 형성될 수 없는 까닭에 군락 자체에 대한 동태를 검토하는 것은 의미가 별로 없다(그림 5.1.19).

교목층의 대나무의 밀도는 44.5개체/a, 아교목층 34개체/a로 사방오리, 소사나무와 비교해 볼때 월등히 높았으며, 매목조사에 의한 기저면적은 교목층의 왕대 1039.1cm²/a, 아교목층의 왕대 202.8cm²/a로 대부분을 차지하였다. 사방오리는 11.9cm²/a, 소사나무는 6.3cm²/a로 일부 공간을 차지하고 있을 뿐이었다. 중요치는 교목층의 왕대가 300으로 최고였으며, 아교목층의 왕대 216.0, 사방오리와 소사나무는 각각 42.1로 왕대에 비해 상대적으로 매우 낮은 값을 나타냈다.

관목층에서는 사방오리와 중요치가 41.0으로 가장 높았고, 소사나무가 21.0으로 가장 낮은 값을 보였으며, 초본층은 억새, 쑥, 칩, 낚시사초의 중요치가 각각 27.3, 18.8, 15.4, 12.4의 순으로 나타났는데, 그외 초본의 중요치는 10 미만으로 매우 낮았다(표 5.1.15).

- 상록활엽수림

조사지역 전체에 걸쳐 조사된 상록활엽수림은 총 24종이 분포하는 것으로 조사되었으나, 기후가 온화함에도 조엽수림대의 특징을 나타내고 있지 않다. 이 상록활엽수림은 관상수 재배 농원에서 대부분이 식재되고 있을 뿐이다. 이것은 이 일대가 해안변에 위치하고 있어 호안림이나 방풍림으로써 곰솔이나 사방오리가 대량 식재되어 기존의 상록활엽수림이 거의 존재하지 않는 것으로 해석할 수 있다.

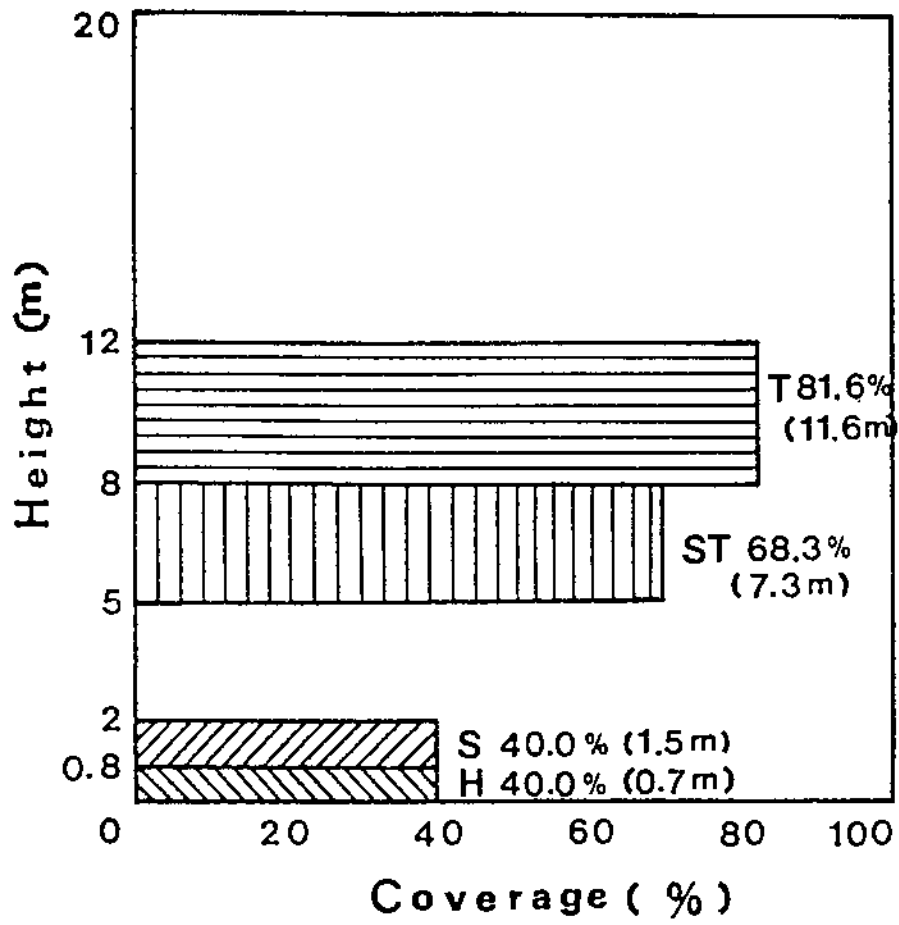


그림 5.1.25 조사지역 왕대 식재림의 수고(㎝) 및 식피율(%)

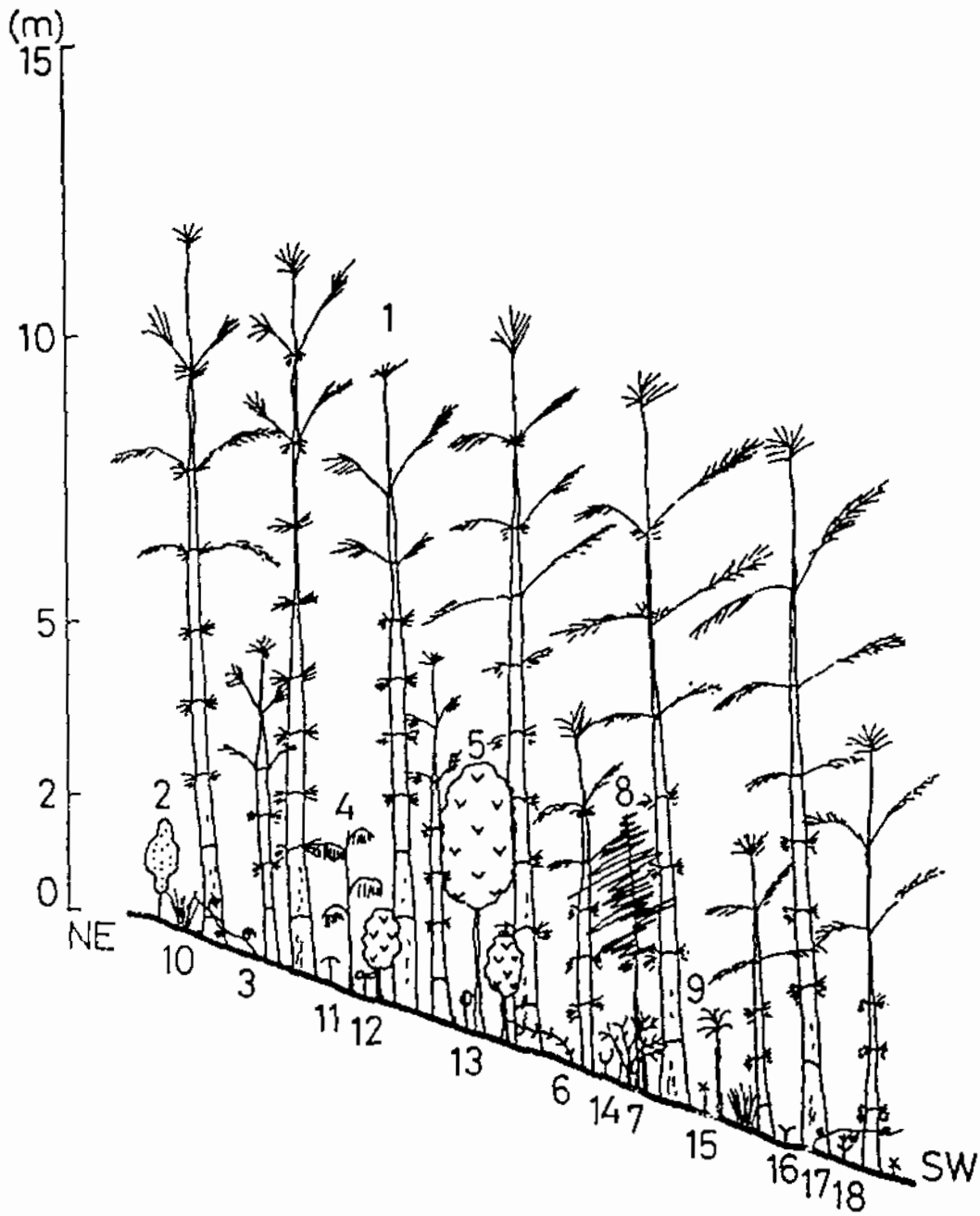


그림 5.1.26 왕대림의 군락 단면도

- 1: 왕대 2: 패죽나무 3: 청미래덩굴 4: 두릅나무
 5: 사방오리 6: 미역줄나무 7: 국수나무 8: 소사나무
 9: 울나무 10: 억새 11: 고사리 12: 남시사초
 13: 고들배기 14: 계요등 15: 썩 16: 대사초
 17: 칩 18: 망초

표 5.1.15 왕대식재림의 밀도, 빈도, 기저면적 및 우점도, 피도, 상대피도 중요치 현황

	Density (No./a)	Basal area (cm ² /a)	Frequency (%)	R.D.	R.C.	R.F.	I.V.
Tree layer							
왕대	44.5	1039.1	100	100	100	100	300
Subtree layer							
왕대	34	202.8	100	94.4	71.4	50	216.0
사방오리	1	11.9	50	2.8	14.3	25	42.1
소사나무	1	6.3	50	2.8	14.3	25	42.1
	Mean cover		Frequency (%)	R.C.	R.F.	I.V.	
Shrub layer							
사방오리		2.1	50	26.7	14.3	41.0	
때죽나무		0.7	50	13.3	14.3	27.6	
미역줄나무		0.7	50	13.3	14.3	27.6	
울나무		1.0	50	13.3	14.3	27.6	
국수나무		1.0	50	13.3	14.3	27.6	
두릅나무		1.1	50	13.3	14.3	27.6	
소사나무		0.7	50	6.7	14.3	21.0	
Herb layer							
억새		4.3	50	23.9	3.5	27.3	
쑥		3.1	100	11.9	6.9	18.8	
취		2.5	50	11.9	3.5	15.4	
남시사초		2	50	8.9	3.5	12.4	
고사리		1.6	100	2.9	6.9	9.9	
망초		1.7	100	2.9	6.9	9.9	
청미래		1.6	100	2.9	6.9	9.9	
고들빼기		0.7	100	1.5	6.9	8.4	
재요등		1.0	100	1.5	6.9	8.4	
곰솔		1.8	50	2.9	3.5	6.4	
재비꽃		1.7	50	2.9	3.5	6.4	
맹달이		1.1	50	2.9	3.5	6.4	
고추		1.0	50	2.9	3.5	6.4	
산구절초		1.6	50	2.9	3.5	6.4	
마		1.6	50	2.9	3.5	6.4	
산딸기		1.7	50	2.9	3.5	6.4	
싸리		0.5	50	1.5	3.5	4.9	
새콩		0.5	50	1.5	3.5	4.9	
주름조개풀		0.5	50	1.5	3.5	4.9	
상수리		0.5	50	1.5	3.5	4.9	
노박덩굴		0.1	50	1.5	3.5	4.9	
소사나무		0.5	50	1.5	3.5	4.9	
도꼬로마		0.5	50	1.5	3.5	4.9	

C. 녹지자연도

녹지자연도에 따른 면적별 분포는 표 그림 5.1.16과 같이 녹지자연도 1등급에 해당하는 나지, 시가지가 전체면적(5.99km)의 2.25%, 녹지자연도 등급 2인 경작지가 15.48%, 녹지자연도 등급 3인 과수원(밤나무 식재림 등)이 0.0525km², 그리고 녹지자연도 등급 6인 조림지가 80.61%, 이차림은 전혀 없었으며, 녹지자연도 등급 4인 초원(A)이 0.79%를 차지하고 있다. 특히, 조림지의 면적은 조사지역 전체의 80.61%를 차지하여 거의 인공림으로 구성되어 있다.

표 5.1.16 녹지자연도 등급별 분포현황

등급	구분	면적 (km ²)	면적비율 (%)
0	수역	1.3225	22.08
1	나지·시가지	0.1350	2.89
2	경작지	0.9575	19.87
3	과수원	0.0525	1.13
4	이차초원(A)	0.0475	1.02
6	조림지	3.5050	75.09
계		5.99	100.00

따라서 이 지역의 식생은 인위적 영향이 많이 가해진 반자연생태계를 형성하고 있다고 보아야 할 것이다. 평균녹지자연도는 5.23으로 산정되었는데 조림지(등급 6)의 비율이 80.61%나 달한 때문에 높게 나타났다. 한편, 연구소전설 예정지는 목밭으로 전체 녹지자연도 2등급이며, 이 지역주변은 대나무식재림(6등급), 리기다소나무림(6등급), 곰솔림(6등급)이 사면에 일부면적을 점유하고 있다(표 5.1.17).

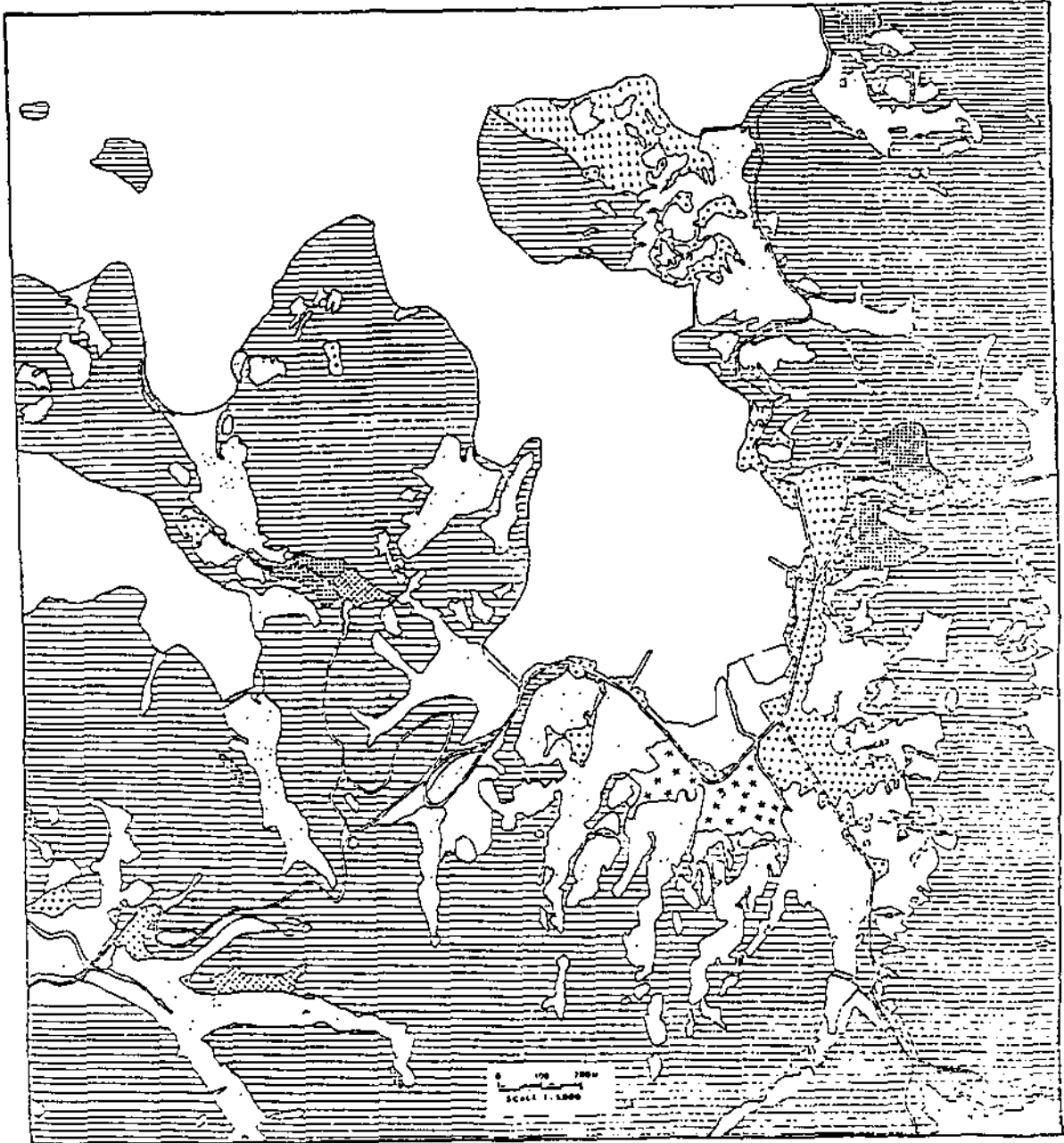


그림 5.1.27 사업지구 및 조사지역의 녹지자연도 등급별 분포현황

LEGEND (D.G.N)







	0		1		2
	3		4		6

표 5.1.17 녹지자연도 현황(환경처, 1990)

지역	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	6등급	7등급	8등급	9등급	0등급	총매쉬
조사지역	0.135	0.9575	0.0025	0.0675	-	3.505	-	-	-	1.3225	5.99
등급별 %	2.25	15.98	0.04	1.13	-	58.52	-	-	-	-	
신현읍	2	10	0	0	0	15	15	0	0	0	42
장송포읍	8	8	0	0	0	15	0	0	0	0	31
일운면	0	8	0	1	0	19	2	0	0	0	30
동부면	0	10	0	0	0	29	13	0	0	0	52
남부면	0	6	0	0	0	28	0	0	0	0	34
거재면	1	16	0	0	0	21	0	0	0	0	38
둔덕면	0	11	0	0	0	22	0	0	0	0	33
사동면	0	16	0	0	0	17	0	0	0	0	33
연초면	0	13	0	0	0	27	1	0	0	0	41
하청면	0	11	0	0	0	17	0	0	0	0	28
장목면	0	15	0	0	0	21	0	0	0	0	36
거제군	11	124	0	1	0	231	31	0	0	0	398
등급별%	2.76	31.16	0	0.25	0	58.04	7.79	0	0	0	100

환경처에서 조사한 본 조사지역 및 거제군 전체지역의 녹지자연도 등급별 분포현황을 보면(표 5.1.17), 거제군 전체지역은 총 조사연적 398km²(1km² 매쉬 398개) 중 1등급이 11격자(2.76%), 2등급 124격자(31.16%), 4등급 1격자(0.25%), 6등급 231격자(58.04%), 7등급 31격자(7.79%) 였으며 3, 5, 8, 9, 0등급은 전혀 나타나지 않았다.

그러나 격자의 크기가 1km×1km였기 때문에 작은 면적은 삭제될 가능성이 크다. 따라서 본 조사지역에 대한 조사는 1:5,000 Scale의 지도에 선상녹지자연도 구획(線狀綠地自然度區劃)으로 표시하였다(그림 5.1.27). 그 결과 장목면 전체로 보면 1 등급이 전혀 없었으나 조사지역은 0.1350km², 3등급이 0에서 0.0025km², 4등급이 0개에서 0.0675km²로 각각 분포하는 것으로 조사되었다. 거제도 전체로 보면 2차림(A)(녹지자연도 등급7)는 신현읍에 15km²로 7등급 전체중 48.45%, 다음으로 동부면 13km²(41.9%), 일운면 2km²(6.5%), 연초면 1km²(3.2%)의 순으로 분포하고 있다.

이것은 신현읍, 동부면, 일운면은 해발고도가 높은 계룡산(554.9m), 산병산(465.4m), 국사봉(400m), 옥녀봉(554.7m), 대금산(437.5m) 등의 산악지형을 형성하고 있기 때문에 2차림의 형성에 주된 요인으로 작용되었기 때문이다.

D. 생산력, 식물현존량 및 순생산량 추정

o 모델에 의한 계산

Miami Model과 Montreal Model에 의하여 추정된 순 1차생산력은 각각 1,782

g/m²/yr, 1,612g/m²/yr로 나타났다. 일반적으로 Montreal Model이 보다 과학성이 높으므로 이 지역의 순 1차생산력은 약 1,612g/m²/yr로 추정된다. 조사지를 경작지, 과수원, 2차초원(A), 조림지 별로 면적을 산출하고 각 1년, 5년, 1년, 12년분의 순 1차생산량이 축적되어 있는 것으로 계산하면 표 5.1.18과 같이 69,382ton의 현존량이 있는 것으로 추정된다.

표 5.1.18 조사지의 식물현존량 추정

구 분	면적(km ²)	축적년수	현존량(ton)	비율(%)
경작지	0.9575	1	1,453	2.09
과수원	0.0025	5	20	0.03
2차초원(A)	0.0675	1	108	0.16
조림지	3.5050	12	67,801	92.72
계	4.5325*	-	69,382	100.00

주) * : 나지 및 시가지 면적 0.1350km²와 수역 1.3225km²를 제외한 면적임

조림지(곰솔, 리기다소나무, 사방오리, 왕대 등)의 면적은 총 조사면적(5.99km²)에서 식생이 존재하지 않는 시가지, 나지, 도로 및 수역면적 1.3225km²를 제외한 4.5325km² 중 3.5050km²를 차지하여 전 식생면적의 77.33%를 차지하였다.

이에 따라 계산된 현존량은 67,801ton으로써 전체식생 현존량의 97.72%에 달하는 것으로 밝혀졌다. 기지건설 예정지는 묵밭으로 이루어져 있어 그 면적은 40,000m²로 산정되었는데 이에 따라 계산된 식물현존량은 68ton으로 나타났다. 이는 전체 조사면적에서의 순생산량 69,382ton의 0.09%에 해당하는 값이다.

한편, 모델의 추정치로부터 1년간 이루어지는 현존량은 7,293ton으로써 전체 식물현존량 69,382ton으로부터 추정하면 9.51년의 축적분으로 산정되었다. 이는 가야산국립공원의 10.6년, 속리산국립공원의 9.8년에 비교하면 매우 높은 값이었는데, 이것은 이곳의 지리적 위치상 해양성기후하에 놓여 있어 식물의 생육에 적합하고, 생태계가 많이 파괴는 되었지만 인위적인 영향을 가해 조림을 대량했기 때문으로 보여진다.

o 녹지자연도에 의한 계산

식물현존식생량과 순생산량분석은 녹지자연도, 순생산량, 현존량 등의 식생에 관계된 주요 요인들로부터 유출된 Cramer's 상관계수(Cramer's coefficient of Contingency)로부터 유도된 분석식을 이용하여 추정하였다(Anonymous, 1976).

격자당 사정되는 녹지자연도 등급의 수에 상관계수에 의해 추정된 본 조사지역의 식생을 곱하여 이 지역의 식물현존량과 생산량을 산정하였다. 이에 의한 식물현존량과 순생산량은 각각 25,125ton, 5,179ton/yr로 추정되었다(표 5.1.19).

이를 모델에 의한 추정치 식물현존량 69,796ton과 비교해 보면 녹지자연도에 의한 값보다 모델 추정치가 2.7배 높은 것으로 나타났다. 이것은 모델 추정치는 식물의 전 생체량 즉, 뿌리, 줄기, 잎까지 포함해 계산하는 수치이지만 녹지자연도는 이에 의하지 않고 Cramer's의 상관 계수식으로 계산했기 때문에 식물의 뿌리 등의 기관이 삭제되어 이러한 차이가 난 것으로 판단된다.

한편, 녹지자연도를 등급별로 분석해보면 6등급이 식물현존량이 23,343ton으로 92.91%를 차지하였고 3등급이 6ton으로 0.02%로 가장 낮았다. 순생산량도 이와 유사한 값을 보였는데 6등급은 81.21%인 4,206ton/yr, 3등급은 2ton/yr로 0.04%에 불과했다.

표 5.1.19 조사지역의 식물현존량 및 순생산량

유별 DGN	식물현존량 (ton)			순생산량(ton/yr)		
	면적(km ²)	현존량(ton)	비율(%)	면적(km ²)	현존량(ton)	비율(%)
0	1.3225	0	0	1.3225	0	0
1	0.1350	68	0.27	0.1350	31	0.59
2	0.9575	1,608	6.4	0.9575	880	17.00
3	0.0025	6	0.02	0.0025	2	0.04
4	0.0675	100	0.40	0.0675	60	1.16
6	3.5050	23,343	92.91	3.5050	4,206	81.21
계	5.99	25,125	100.00	5.99	5,179	100.00

주) 수역이 제외된 면적임

거제도 전체지역의 식물현존량과 순생산량은 각각 1,942ton, 412,370 ton/yr로 산정되었는데, 이에 의해 조사지역의 식물현존량과 순생산량은 거제도 전체의 1.3%, 1.2%에 해당하는 값이다(환경청, 1988).

o 배목조사에 의한 추정

곰솔, 사방오리, 리기다소나무, 왕대림에 대하여 배목조사에 의한 현존량을 추정하고자

매목조사를 실시하였다. 교목과 아교목에 대해서 DBH 2cm이상 수목의 높이를 측정하였다. 이로부터 각 군락의 기저면적을 산출하고 수고를 곱한 다음 생목의 비중을 0.7로 보고 ton으로 환산하였다(표 5.1.20).

표 5.1.20 각 군락별 기저면적, 수고 및 식물현존량

군락	구분	기저면적 (m ² /ha)	평균높이 (m)	군락면적 (km ²)	단위면적당 식물현존량(ton/km ²)	식물현존량 (ton)
곰솔		251.74	9.8	1.5675	17,622	28,401
곰솔-사방오리		258.84	9.5	1.5483	18,119	27,270
리기다소나무		201.02	7.5	0.025	14,071	351
왕대		140.16	8.8	0.075	9,811	735
계		-	-	3.215	-	56,757

매목조사에 의한 현존량 추정결과 3.215km²의 면적에서 곰솔-사방오리림은 단위면적당 식물현존량이 18,119ton/km²로 가장 높았고, 다음으로 곰솔림이 17,622ton/km², 리기다소나무림 14,071ton/km², 왕대림 9,811ton/km²의 순이었다.

이에 따라 각 군락의 분포면적을 곱하여 식물현존량을 추정하면 곰솔림이 28,401ton으로 가장 높았으며 곰솔-사방오리림 27,270ton, 왕대림 735ton, 리기다소나무림 351ton으로 총 56,759ton이었다.

이것은 녹지자연도에 의한 조사추정치(총 면적 5.99km²에 대해서 25,127 ton)를 훨씬 상회하는 것이다. 왜냐하면 녹지자연도 등급사정 기준에 의하면, 등급이 낮은 0, 1, 2, 3, 4 등급이 2.485km²를 차지했는데, 매목조사에서는 이들을 무시했기 때문으로 볼 수 있다. 또한, 모델에 의한 측정치 69,796ton과 비교하면 추정치의 81.3%에 해당하는 값으로 거의 근사값을 나타내고 있어 훨씬 유효한 현존생산량치로 판단된다.

E. Raunkiaer's Life Spectrum

식물의 구조나 생활양식은 환경과 잘 대응하고 있는데 기후가 혹독해지면 높은 곳에 눈(芽)을 가진 지상식물은 찬공기나 건조에 시달려 종수는 적어진다. 한냉기후하에서는 지표 식물, 반지중식물, 지중식물이 증가하며, 사막과 같은 건조 기후하에서는 종자의 상태로 건조한 시기를 이겨내는 1년생 식물이 증가하는 것으로 알려져 있다.

조사지역 식물의 생활형을 남한(임 등, 1982) 및 Raunkiaer의 Normal spectrum과 비교하면 표 5.1.21과 같다.

표 5.1.21 조사지역의 생활형 분포현황(임 등, 1982)

지역	M	N	E	Ch	H	G	HH	Th
조사지	21.8	12.9	-	1.5	34.9	9.5	0.7	18.7
남한	20.0	14.8	7.4	1.9	30.0	12.4	1.4	19.0
Raunkiaer's N. spectrum	26.0	15.0	3.0	9.0	26.0	4.0	2.0	13.0

주) M : 대형지상식물(교목) N : 소형지상식물(관목)
 E : 착생식물 Ch : 지표식물
 H : 반지중식물 G : 지중식물
 HH : 근생수생식물 Th : 1년생식물

조사지역 식물의 생활형 spectrum을 볼 때, Raunkiaer의 표준 Spectrum(Whittaker, 1970) 보다 지상식물(M, N)의 값이 낮고, 착생식물(E)은 전혀 없으며 반지중식물(H)이 많은 이곳의 기후와 지형(하안대), 그리고 인위적 영향이 많이 가해진 복합적 특징을 잘 나타내는 것으로 해석된다.

한편, 해양연구소 기지건설예정지에는 망초, 억새, 돼지풀, 개망초, 쯤바랭이 등의 1년생 식물(Th)이 대부분을 차지하고 있다. 목밭 주위에는 몇몇 수종의 수목이 나타나나 이미 벌목으로 인해 지상식물이나 저목은 거의 없는 것으로 조사되었다. 그러나 기지 건설예정지 바로 서쪽의 경작지 아래에는 소택지가 형성되어 있었으며 이곳에 습생식물 및 수생식물인 부들, 고랭이, 바늘여뀌 등의 종이 분포하고 있었다. 이것은 온화한 기후하에 잘 적응된 식생의 특징을 잘 반영해 주고 있다고 볼 수 있다.

F. 도시화와 귀화식물

귀화식물의 분포는 도시화의 정도, 즉 도시화율을 나타내 주므로 중요한 생물지표가 된다. 우리나라 전역의 귀화식물의 총 종수는 110종(임 전, 1980)에 이른다. 이 전 종수에 대한 그 지역의 종수를 UI(Urbanization Index, 도시화지수)로 표시하며 본 조사에서는 거제군 전체지역과 장목면 일대에 대한 귀화식물에 대해 비교 검토하였다.

본 지역에는 총 8과 16종의 귀화식물이 분포하며 이 중에서 국화과는 6종으로 전체 출현종수의 37.5%, 자리공과와 콩과 그리고 십자화과가 2종으로 12.4%를 차지하였으며, 삼과, 비류과, 마디풀과, 대극과가 1종(6.3%)으로 가장 낮게 나타났다(표 5.1.22, 그림 5.1.28).

연구소건설 예정지(목밭)에서 분포하는 것으로 조사된 귀화식물은 망초, 개망초, 에기땅 반대, 아까시나무, 돼지풀 등 총 5종이었다. 40,000m²의 면적에서 조사된 5종은 조사지역 총 종수 16종의 31.2%에 해당하는데, 비교적 높은 값으로 볼 수 있다. 이것은 버려진 농경지에 주변지역으로 부터 귀화식물이 이주한 것으로 풀이할 수 있으며, 인위적 영향을 가하지 않는

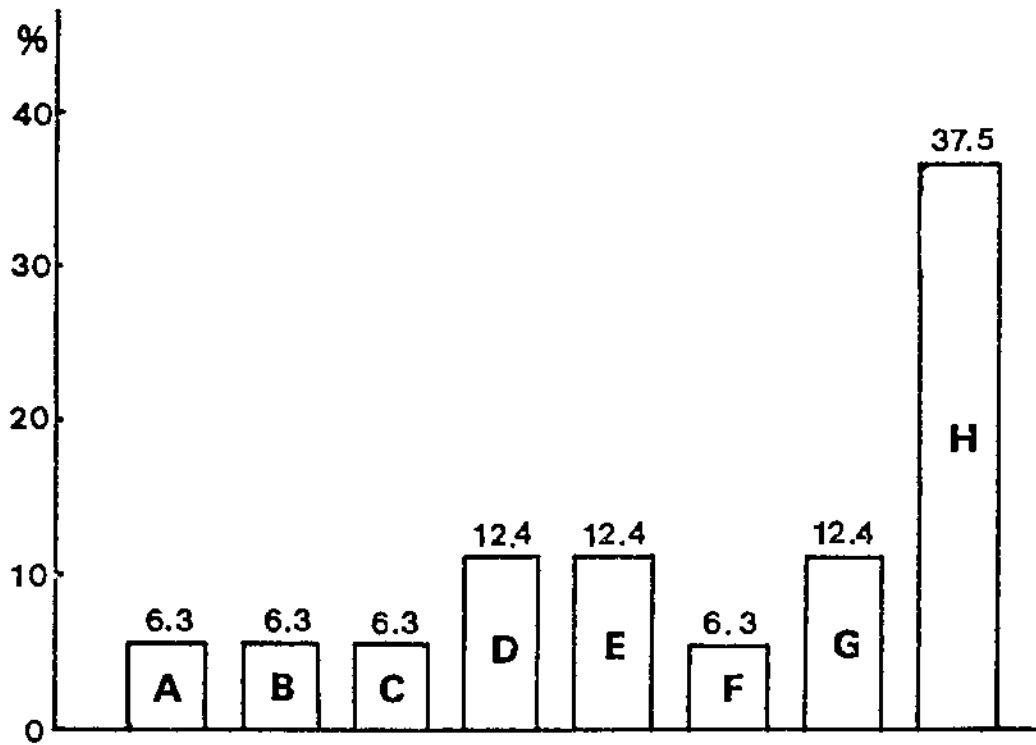


그림 5.1.28 귀화식물종의 각과 구성비(%)

A: 삼과 B: 마디풀과 C: 비름과
 D: 자리공과 E: 콩과 F: 대극과
 G: 십자화과 H: 국화과

다면 이곳의 기지건설 예정지역에 귀화식물 종수가 늘어날 것으로 보인다. 왜냐하면 바로 주변지역에는 아까시나무, 서양민들레 등의 귀화식물이 분포하고 있어 이들의 식물종이 침입할 가능성이 높다고 보여지기 때문이다.

이로써 도시화지수를 산출해 보면(UI = 해당지역의 출현종수/남한의 귀화식물 총 종수 × 100), 거제도 전체는 25%, 장목면은 14.5%의 도시화율을 나타내고 있다.

이와같이 귀화식물이 급증한 까닭은 빈번한 사람의 왕래 때문이기도 하지만, 서제도가 교량에 의해 연결되어 육지화 되었기 때문으로 볼 수 있다. 해양연구소 부지 예정지에서 건설이 진행됨에 따라 차량 및 인구 등의 왕래가 급증할 것이므로, 귀화식물의 증가가 예상되고, 또한 연구소 건설 후에도 지속적으로 증가될 것으로 판단된다.

표 5.1.22 조사지역의 귀화식물 목록

<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	환삼덩굴
<i>Rumex acetocella</i> L.	애기수영
<i>Amaranthus mangostanus</i> L.	비름
<i>Phytolacca esculenta</i> V. Houtte	자리공
<i>Phytolacca americana</i> L.	미국자리공
<i>Lepidium virginicum</i> L.	콩다다랑이
<i>Indigofera pseudo-acacia</i> L.	아까시나무
<i>Euphorbia supina</i> Rafin.	애기땅빈대
<i>Oenothera odorata</i> Jacq.	달맞이꽃
<i>Oenothera lamarckiana</i> Ser.	큰달맞이꽃
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> Descourtils	돼지풀
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	개망초
<i>Erigeron canadensis</i> L.	망초
<i>Erigeron bonariensis</i> L.	실망초
<i>Taraxacum officinale</i> Weber	서양민들레
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	코스모스

G. 토양단면 및 토양환경

토양은 표면이 공기와 접하고 내부에는 상당량의 물이 있어 어떤 의미로는 공기와 물의 중간적 성질을 가지고 있다. 빛이 투입되지 않으므로 광합성기관은 없으나, 토양입자의 표면과 틈에 있는 공기는 소형 생물들의 매질이 되며, 토양속의 공기의 상대습도는 약 100%이다.

지표면의 온도는 기온에 따라 변하나 20cm 이하의 깊은 곳에서는 일변화, 계절변화가 적다. 지표나 토양의 A_n층은 산소나 유기물이 많고 깊을수록 유기물이 적어진다. 연구소 기지가 위치하게 될 장목면 일대를 비롯한 조사지역의 토양을 보면(농업진흥청, 1978), 연구소 건설예정 부지는 간석지의 일부와(그림 5.1.29의 번호 54), 자갈이 있는 양토(15~30% 경사, 그림 5.1.29의 번호 17)로 이루어져 있다.

본 조사지역에서 가장 넓은 토양형을 보인 것은 연구소 예정부지의 토양과 같은 자갈

이 있는 양토로 확인되었다. 편적으로 보면, 자갈이 있는 양토 다음으로 판곡 미사질 양토(7~15% 경사, 그림 5.1.29의 범례 47), 안륙 자갈이 있는 양토(15~30% 경사 그림 5.1.29의 범례 27)의 순으로 나타났다.

본 조사에서 확인된 식생형으로 보았을 때, 시가지 일대는 양토(2~7% 경사), 자갈이 있는 미사질 양토(침식이 있는 15~30% 경사)가 주를 이루었으며, 곰솔식재림은 안륙 자갈이 있는 양토(15~30% 경사), 판곡 미사질 양토(7~15%)로 되어 있으며, 사방오리-사스레피나무림은 양토(15~30% 경사)로 이루어져 있다. 리기다소나무림은 자갈이 있는 양토 7~15% 경사로 토양이 척박한 것으로 확인되었으며, 상록활엽수는 미사질양토(7~15% 경사)로 이루어져 토양이 양호하였다. 그외 가곡 미사질양토(2~7% 경사), 양토(0~2% 경사), 미사질식양토(침식이 있는 7~15% 경사) 등으로 이루어져 있다.

식물의 분포에 토양환경요인은 매우 중요한데, 이는 토양형성과정에서 고속으로 물이 흐름에 따라 토양단면의 화학물질의 분포에 영향을 미치기 때문이다. 그 결과 토양단면을 특징 짓는 층(Horizons) 등을 형성한다. 이층은 A, B, C, D로 표시하며 A층은 세탈에 의해 가용성물질을 잃는 층으로 A₀₀층과 A₀층, A₁, A₂ 층으로 나뉘어진다.

B층은 퇴적층이라고 하고 B₁층에 유기물질이 B₂층이 철과 알루미늄이 퇴적된다. C층은 세탈되지 않으며, 모암의 풍화로 이루어진 층이고, D층은 모암 그 자체이다. 이러한 형의 단면은 강수량이 증발과 증산보다 많아서 물이 아래로 스며 내리고, 배수가 자유롭고 침입수림이나 키가 작은 관목림과 같은 식생형 아래에서 생기며, 비교적 낮은 온도에서 생긴다. 우리나라의 전형적인 토양단면은 갈색 삼림토로써 A, B, C, D층의 구분이 뚜렷하며, 특히 A층은 퇴백토, 흑색토, 체르노젬, 라테라이트 토양에 비교하며 매우 얇다(임, 1981).

본 조사에서는 이러한 토양단면을 파악하기 위해 연구소 건설예정지인 묵밭(그림 5.1.30과 대표적인 삼림토양인 곰솔식재림과 사방오리식재림의 토양단면을 비교검토 하였다(그림 5.1.31~32). 곰솔식재림은 연구소건설예정지 서쪽에 위치한 군항포에서 조사된 것이며, 사방오리식재림은 건설예정지 주변에 분포하는 사방오리림에서 조사한 것이다. A₀₀-A₁층의 깊이는 사방오리식재림이 15cm로 가장 깊었으며, 경작 식생이 10cm, 곰솔이 8cm로써 각각 나타났다.

이러한 요인은 사방오리식재가 30년 그 이전에 이루어져 삼림의 발달이 곰솔림보다 높았음을 반증해 주는 결과로 보여준다. 또한 경작지 식생은 현재는 묵밭으로 존재하나 예전의 경작으로 유기물층이 용탈되었기 때문으로 판단된다. 퇴적층인 B층은 모두 30cm로 조사되었으며 모암의 풍화로 된 C층은 경작지(묵밭) 식생이 160cm로 가장 높았고, 사방오리식재림 130cm, 곰솔식재림 100cm의 순으로 나타났다.

이렇게 경작지 식생의 C층이 가장 높았던 것은 조사지역의 토양도(그림 5.1.29)에서의



그림 5.1.29 조사지역의 토양도

- 범례

- 1: 가곡 미사질양토, 2-7% 경사
- 2: 가곡 미사질양토, 7-15% 경사
- 3: 양토, 0-2% 경사
- 4: 자갈이 있는 양토. 침식이 있는 7-15% 경사
- 5: 자갈이 있는 양토. 침식이 있는 15-30% 경사
- 6: 미사질양토, 7-15% 경사
- 8: 양토, 0-2% 경사
- 10: 양토, 7-15% 경사
- 15: 미사질식양토. 침식이 있는 7-15% 경사
- 17: 자갈이 있는 양토. 침식이 있는 15-30% 경사
- 22: 자갈이 있는 양토, 15-30% 경사
- 24: 양토. 침식이 있는 15-30% 경사
- 26: 자갈이 있는 양토, 7-15% 경사
- 28: 양토, 2-7% 경사
- 29: 자갈이 있는 양토, 2-7% 경사
- 31: 자갈이 있는 양토, 7-15% 경사
- 35: 양토, 2-7% 경사
- 42: 양토, 15-30% 경사
- 45: 자갈이 있는 미사질 양토. 침식이 있는 15-30% 경사
- 46: 판곡 미사질양토, 2-7% 경사
- 47: 판곡 미사질양토, 7-15% 경사
- 48: 판곡 미사질양토, 15-30% 경사
- 51: 자갈이 있는 양토, 2-7% 경사
- 54: 간식지

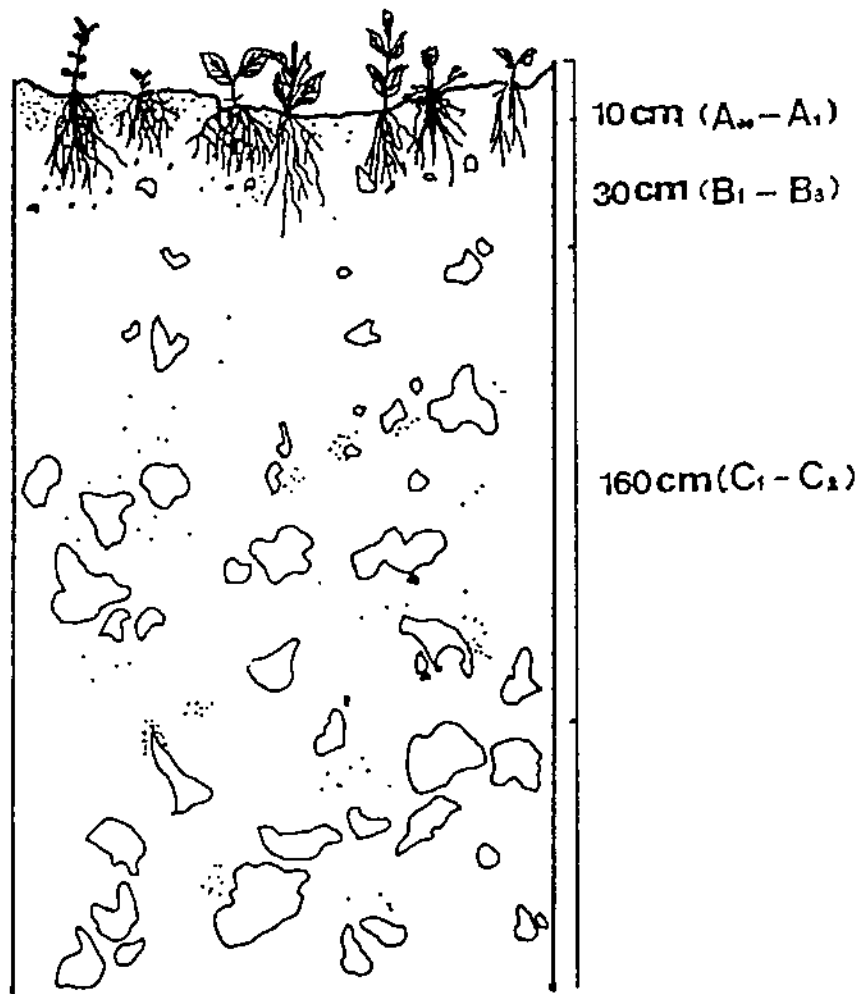


그림 5.1.30 경작지 식생의 토양 단면도
 조사위치: 연구소부지 예정지인 목밭

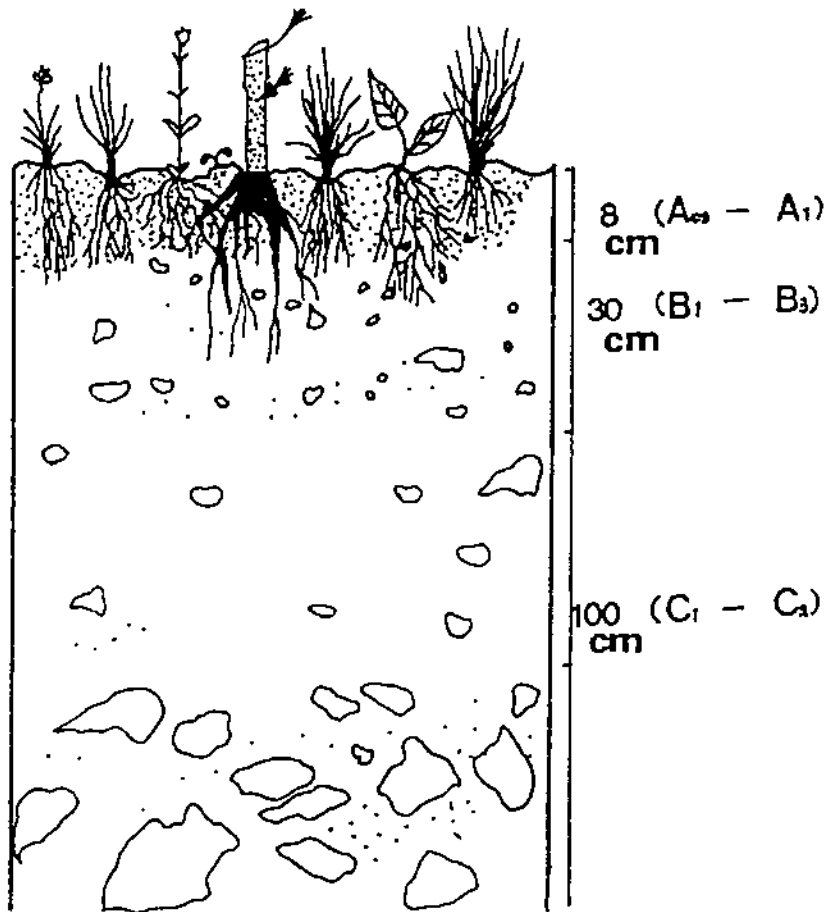


그림 5.1.31 곰솔 식재림 토양 단면도

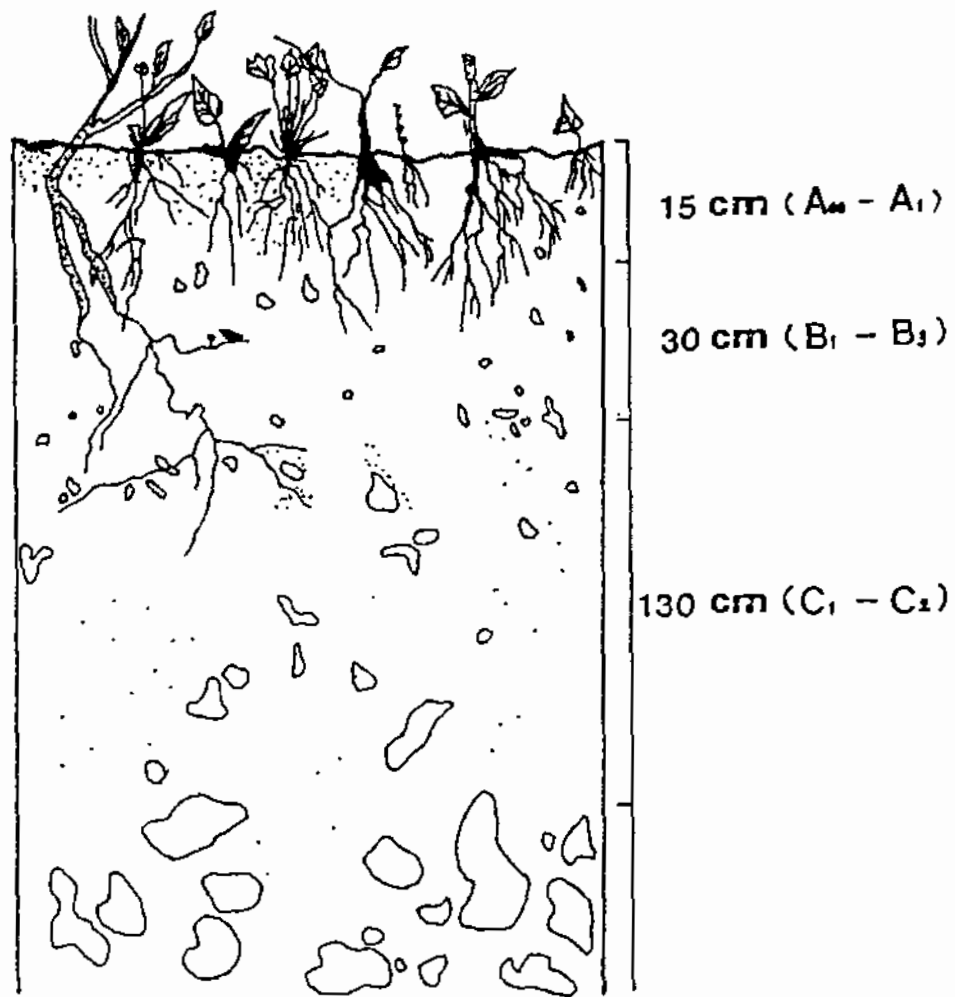


그림 5.1.32 사방오리 식재림의 토양 단면도

같이 연구소 건설예정부지의 토양이 자갈이 있는 양토, 15~30% 경사의 토양형과 일치하는 것으로 나타났다. 토양의 발달정도를 파악해 보면 사방오리 식재림이 가장 좋고, 다음으로 경작지 식생, 곰솔식재림의 순으로 나타났다.

조사지역에 대한 토양환경을 파악하기 위해 총 14개 지점에서 토양을 채토하여 분석하였다(표 5.1.23). 곰솔림, 리기다소나무림, 사방오리림, 왕대림, 경작지(사업지구의 묵밭, 사업지구의 주변 지역의 콩밭, 호박밭, 깨밭, 고구마밭, 고추밭) 등 5개의 식생형에 대해서 Soil color, 수분함량, 유기물함량, pH, 총질소, 가용성 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등 9개 항목을 조사하였다. 토양색깔은 갈색(곰솔림, 묵밭, 호박밭), 황갈색(곰솔림, 깨밭, 고구마밭, 고추밭), 암갈색(사방오리림, 리기다소나무림), 적갈색(왕대림) 등 총 4개의 Type으로 조사되었다.

수분함량은 상록수재배단지 주변의 묵밭(토양의 색깔은 갈색)에서 73.68%로 가장 높았으며 다음으로 호박밭(갈색)이 71.71%, 군항포의 곰솔림(갈색)이 70.87%, 기지건설예정지 주변의 리기다소나무림(암갈색) 68.95%의 순으로 나타났으며 가장 낮은 값을 보인 토양은 기지건설예정지 주변의 사방오리림으로 39.13%였다.

이것을 조사지역의 토양형으로 비교분석해 보면, 상록수 재배단지주변 묵밭의 토양형이 양토(0~2% 경사)이기 때문에 경사가 낮고, 양토의 특성 때문에 수분보수력이 강하기 때문으로 생각되며, 기지건설예정지 주변 사방오리림의 토양형은 미사질 양토(7~15% 경사)였는데, 경사가 높기 때문에 수분보수력이 낮아지게 되는 원인이 된다고 판단된다. 또한 대체로 경작지 토양에서 높았으며 삼림으로 갈수록 낮아졌는데, 이것은 이 지역의 삼림이 현재에도 계속 인위적 교란의 영향하에 있기 때문으로 생각된다.

유기물함량(Organic matter)은 상록수 재배단지 주변의 사방오리림에서 8.79%로 가장 높았으며, 기지건설 예정지 주변의 사방오리림에서는 8.55%, 군항포의 곰솔림이 8.54%, 군항포 입구의 고구마밭 8.06%의 순이었으며, 가장 낮은 유기물함량을 보인 지역은 양계장 주변의 깨밭(4.50%) 이었다.

사방오리림은 이미 30년 전에 대단위 식재를 하였는데 대체로 삼림이 안정되어 가는 것으로 볼 수 있으며, 이는 토양단면으로 파악해 볼 때의 결과와도 일치되고 있다(그림 5.1.32 참조).

pH는 3.91~5.69의 범위인데, 가장 높은 값을 나타낸 것은 군항포 우측의 곰솔림으로 pH 5.69 이며, 군항포입구의 고구마밭이 3.91로 가장 낮은 값을 보였다. 사방오리림은 4.24~4.71 범위로 조사되었으며, 왕대림은 4.56, 경작지 식생이 3.91~4.80 범위로 나타났다. 경작지는 화학비료의 사용으로 토양이 산성화되고 있기 때문으로 생각되고, 삼림에서는 4.24~5.69 범위로 약산성을 나타내어 유의한 차이를 발견하지는 못하였다.

총질소는 호박밭이 2.11mg/kg으로 가장 높았으며, 경작지 식생이 대체로 높아 1.22~

2.11mg/kg의 범위로 나타났다. 삼림에서는 곰솔림이 0.62~0.97mg/kg, 사방오리림이 0.89~0.98mg/kg, 왕대림이 0.67mg/kg로 나타났으나, 리기나소나무림에서는 가장 낮은 0.55mg/kg로 나타나 대체적으로 침엽수에서의 총질소가 낮은 것으로 나타난 반면, 경작지는 높게 나타난 것으로 조사되었다. 이렇게 호박밭에서 총질소가 높게 나타난 것은 현재까지도 호박밭에 시비할때 인분을 직접 토양에 투입하고 있기 때문으로 사료된다.

유효인산(P_2O_5)은 군항포의 곰솔림이 3.20ppm이 가장 높았으며 장서마을 입구의 콩밭에서 2.85ppm, 상록수 재배단지 주변의 곰솔림 2.20, 기지건설예정지 주변의 왕대림이 2.04ppm의 순으로 나타났으며, 가장 낮은 수치를 나타낸 곳은 상록수 재배단지 주변의 묵밭이 0.21ppm 이었다. 경작지 식생에서는 인위적으로 비료를 투입하는 반면, 묵밭은 인위적 영향이 가해지지 않고 또한, 주변으로 부터의 인의 유입이 상대적으로 적었기 때문으로 생각된다.

칼륨은 기지건설예정지 주변의 사방오리림에서 122ppm으로 가장 높았으며 군항포의 곰솔림이 120ppm으로 나타나 삼림지역에서 97ppm 이상을 상회하고 있다. 그러나 경작지역은 편차가 심해 군항포 입구의 고구마 밭이 36ppm, 장서마을 이북의 호박밭이 50ppm으로 매우 낮았으며, 경작식생에서 가장 높은 칼륨 성분비를 나타내고 있는 곳은 장서마을 입구의 콩밭으로 92ppm 이었다. 이는 콩이 종의 특성상 자체적으로 비료를 공급할 수 있는 기능을 가지고 있기 때문일 것이다.

칼슘은 경작지 지역이 100~191ppm의 범위로 나타나 삼림보다 상대적으로 값이 크게 나타났고, 상록수 재배단지의 묵밭이 191ppm으로 최고치를 보였으며, 장서마을 입구의 호박밭이(191ppm) 다음으로 높았다. 삼림은 리기다소나무림이 120ppm, 왕대림 155ppm, 곰솔림 90~189ppm으로 나타났으며, 가장 낮은 값을 보인 것은 군항포의 곰솔림으로 90.21ppm 이었다. 삼림은 리기다소나무림이 74ppm으로 가장 낮았고, 곰솔림이 79~130ppm, 사방오리림 122~141ppm, 왕대림이 93ppm으로 나타났다.

표 5.1.23 토양의 색깔, 수분함량, 유기물함량, pH, 총질소, 가용성 인, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량

No. of sample site	Vegetation	Soil color	Water content (%)	Organic matter (%)	pH	Total nitrogen (mg/g)	Easily soluble phosphorus (ppm)
1	<i>Pinus densiflora</i> forest	황갈색	44.79	4.89	5.69	0.79	1.37
2	Old-field	갈 색	73.68	7.84	4.64	0.68	0.21
3	<i>Pinus densiflora</i> forest	갈 색	52.13	5.31	4.59	0.97	2.20
4	<i>Alnus firma</i> forest	암갈색	49.32	8.79	4.24	0.89	0.61
5	<i>Pinus rigida</i> forest	암갈색	68.95	4.91	5.04	0.55	1.07
6	<i>Alnus firma</i> forest	암갈색	39.13	8.55	4.71	0.98	1.18
7	Bamboo forest	적갈색	47.63	7.89	4.56	0.67	2.04
8	<i>Pinus densiflora</i> forest	갈 색	70.87	8.54	4.52	0.62	3.20
9	<i>Pinus densiflora</i> forest	암갈색	59.66	5.55	4.79	0.82	0.97
10	Field area (Bean patch)	암갈색	55.70	6.47	4.80	1.22	2.85
11	Field area (Pumpkin patch)	갈 색	71.71	7.68	4.52	2.11	1.75
12	Field area (Gingili patch)	황갈색	64.33	4.50	4.68	1.82	1.24
13	Field area (Sweet potato)	황갈색	63.9	8.06	3.91	1.34	1.37
14	Field area (Sweet potato etc.)	황갈색	61.67	7.86	4.22	1.70	1.56

(계속)

No. of sample site	Vegetation	Potassium (ppm)	Calcium (ppm)	Magnesium (ppm)
1	<i>Pinus densiflora</i> forest	97	118	79
2	Old-field	59	191	102
3	<i>Pinus densiflora</i> forest	110	189	110
4	<i>Alnus firma</i> forest	108	170	122
5	<i>Pinus rigida</i> forest	95	120	74
6	<i>Alnus firma</i> forest	122	183	141
7	Bamboo forest	110	155	93
8	<i>Pinus densiflora</i> forest	75	150	120
9	<i>Pinus densiflora</i> forest	120	90	130
10	Field area (Bean patch)	92	138	71
11	Field area (Pumpkin patch)	50	191	99
12	Field area (Gingili patch)	79	130	78
13	Field area (Sweet potato)	36	118	114
14	Field area (Sweet potato etc.)	90	100	77

H. 노거수의 분포

조사지역이 포함된 거제군의 노거수 현황(표 5.1.24)을 보면 총 18주로 마을나무가 13주, 먼나무 2, 군나무 2, 도나무 1주로 이루어져 있다. 수종으로 보면 느티나무가 가장 많고 (총 18수종 중 10주), 다음으로 팽나무가 6주였으며 모감주나무는 1주 뿐이었다. 수령은 150~600년 정도이고 모감주나무의 수령이 600년으로 가장 높았다. 수고는 15~30m, 둘레는 2.0~9.0m, 면적은 10~350m² 범위로 조사되었다.

그러나 조사지역인 장목면 군항포, 장동일대에는(조사지역의 경계내) 노거수가 전혀 없는 것으로 나타났으므로, 해양연구소 남해기지 건설사업으로 인한 피해 및 영향은 거의 없다고 볼 수 있다.

표 5.1.24 거제군 지역의 노거수 현황(거제군, 1992)

번호	유별	소재지	수종	년령(년)	수고(m)	둘레(m)	면적(m ²)
1	마을나무	신현면 고현리	팽나무	300	21	3.6	160
2	//	신현면 문동리	팽나무	250	25	3.6	160
3	//	연초면 간내리	느티나무	500	30	5.0	350
4	//	연초면 명동리	팽나무	300	20	4.0	100
5	//	연초면 선곡리	팽나무	400	20	4.0	240
6	//	연초면 이목리	느티나무	200	20	3.0	100
7	//	연초면 송정리	팽나무	200	20	4.0	330
8	//	하청면 유계리	느티나무	250	15	5.0	90
9	//	장목면 장목리	느티나무	350	25	5.6	50
10	//	장목면 관포리	느티나무	300	16	3.8	35
11	//	장목면 농소리	느티나무	150	18	6.0	10
12	//	장목면 울천리	느티나무	150	15	2.9	33
13	//	장목면 울천리	팽나무	500	30	4.2	40
14	면나무	일운면 지세포리	느티나무	300	18	6.0	82
15	//	거제면 하청리	느티나무	500	15	9.0	264
16	군나무	연초면 명동리	은행나무	300	25	5.0	100
17	//	하청면 유계리	느티나무	400	25	8.0	100
18	도나무	연초면 간내리	모감주나무	600	20	2.0	115

I. 우리나라의 회귀식물(자원식물) 및 조사지역의 회귀식물 분포여부

우리나라에는 총 21과 38종의 회귀식물(질종종 포함)이 있는 것으로 조사되었으나(표 5.1.25), 본 연구소 건설지역인 거제도 장목면 일대에는 전혀 분포하지 않는 것으로 나타났다.

표 5.1.25 회귀식물 및 자원식물의 분포현황(한국자연보존협회, 1990)

번호	국명	학명	분포지역	비고
1	솔잎란	<i>Psilotum nudum</i>	제주도 천지연, 천제연 폭포의 암벽상	위기종
2	물솔(물부추)	<i>Isoetes japonica</i>	경기도 평택시 평택평야	절종
3	파초일엽	<i>Asplenium antiquum</i>	제주도 서귀포읍, 일본, 대만	절종종
4	장억새	<i>Miscanthus changii</i>	경기도 광릉, 가평, 서울(1964, 1965)	회귀종
5	금억새	<i>Miscanthus chejuensis</i>	제주도 한라산	//
6	금강에기나리	<i>Dioporum ovale</i>	금강산, 설악산, 향로봉 등 1000m 이상 고지대	//
7	솔나리	<i>Lilium cernuum</i>	설악산, 금강산, 명지산, 주왕산 등	//
8	섬말나리	<i>Lilium hansonii</i>	울릉도, 금강산, 만주, 우수리	//
9	큰두리미꽃	<i>Majanthemum dilatatum</i>	울릉도, 소백산, 강원도 특정지역	//
10	한라들창포	<i>Tofieldia fauriei</i>	제주도 한라산	//
11	삿국나리	<i>Tricyrtis dilatata</i>	경기도 광릉, 민주지산, 안면도, 한라산	//
12	큰앵초	<i>Trillium tschonoskii</i>	설악산, 오대산, 울릉도, 지리산	//
13	문주란	<i>Crinum asiaticum</i>	제주도 토끼섬	//
14	개상사화	<i>Lycoris aurea</i>	충남 가야산, 내장산, 백양산	위약종
15	노랑무늬붓꽃	<i>Iris odaesanensis</i>	오대산, 대관령, 주왕산	회귀종
16	대홍란	<i>Cymbidium nipponicum</i>	해남군 대홍사, 서귀포 돈내코	//
17	복주머니	<i>Cypripedium macranthum</i>	민주지산, 각호산, 소백산	위약종
18	천마	<i>Gastrodia elata</i>	경기도 광릉, 민주지산, 백운산 등	//
19	백운란	<i>Vaxillabium yakushimense</i>	백양산, 내장산	위기종
20	순채	<i>Brasenia schreberi</i>	전남광주 형제방죽, 못재산, 삼교	//
21	가시연꽃	<i>Euryale ferox</i>	대구, 진주, 전남광주, 전북전주	//
22	세물부구꽃	<i>Aconitum austro-koreense</i>	금오산, 지리산, 황석산	회귀종
23	너도바람꽃	<i>Franthis stellata</i>	강원도 공작산, 천마산, 관악산	//
24	만주바람꽃	<i>Semiaquilegia mandshurica</i>	천마산, 축령산, 화야산	//
25	모데미풀	<i>Megaleranthis saniculifolia</i>	점봉산, 설악산, 소백산	//
26	매화마름	<i>Ranunculus kazuensis</i>	제주도, 제물포	절종종
27	깽깽이풀	<i>Jeffersonia dubia</i>	수원, 대구 용제봉, 부천시	위기종
28	한계령초	<i>Leontice microrhyncha</i>	설악산, 정선, 고한	회귀종
29	끈끈이귀개	<i>Drosela peltata</i> var. <i>nipponica</i>	전남진도, 해남우수영, 보길도	위기종
30	둥근잎평의비름	<i>Sedum rotundifolium</i>	주왕산	회귀종
31	능금나무	<i>Malus asiatica</i>	치악산, 강릉	위기종
32	나도양지꽃	<i>Waldsteinia ternata</i>	경북 주출산, 치악산, 오대산	회귀종
33	개느삼	<i>Echinosophora koreensis</i>	백두산, 강원도 양구	//
34	금강제비꽃	<i>Viola diamantica</i>	금강산, 설악산, 오대산, 계룡산 등	//
35	왕제비꽃	<i>Viola websteri</i>	명지산, 계방산, 삼악산	//
36	돌매화나무	<i>Diapensia lapponica</i> var. <i>obovata</i>	한라산	위약종
37	미선나무	<i>Abeliophyllum distichum</i>	북한산, 충북 진천군 용정리, 괴산	회귀종
38	금강초롱꽃	<i>Hanabusaya distichum</i>	금강산, 설악산, 오대산, 점봉산 등	//

나. 사업시행으로 인한 환경의 영향

지형변경 등 물리적 변화로 식물의 서식지가 축소되고 생활폐수, 가스, 폐기물, 소음, 진동 등의 영향을 받아 현재의 반자연적인 생태계의 대부분이 도시생태계화 될 것으로 예상된다. 사업시행으로 인한 영향은 식물상과 식생의 변화가 예상될 뿐만 아니라 녹지자연도와 식물현존량 및 순생산량의 변화 노거수, 신설도로 건설로 인한 영향, 대기오염에 대한 식물의 영향으로 나누어 검토하였다.

(1) 식물상 및 식생의 변화

사업의 진전에 따라 식재종수는 증가하고 자연종은 감소할 것이다. 또한 연구소 활동으로 식생의 분포범위가 일부 축소될 것으로 예상된다.

따라서 이곳에 분포하는 식물종인 서양민들레, 망초, 개망초, 쇠비름, 영경귀, 새팔, 썩갓, 들깨 등의 경작지 식물종과 망초, 개망초 등의 귀화식물, 그리고 산초나무, 보리수나무 등의 유묘, 사방오리, 왕대, 곰솔, 리기다소나무 등이 기지 건설과 동시에 제거될 것으로 보인다. 현재 이런 수종은 현황에서와 같이 곰솔은 수고 13m, DBH 15cm 내외의 수목이 많고 사방오리는 DBH 10cm, 수고 10m 내외가, 리기다소나무는 DBH 7cm, 수고 8m 정도로 분포하고 있으므로 이렇게 제거되는 수종을 녹지조성용으로 이용하는 것이 바람직하다. 그리고 공사중 분진·소음 등의 영향으로 식물의 생육에 적지 않은 피해가 있을 것이다. 그러나 기지 건설 예정지역 주변의 내성이 강한 리기다소나무림, 땃덩이명굴 등의 수종은 계속 남게 될 것이다.

군항포 일대의 곰솔-상록활엽수림(사업지구로 부터 약 1.2km 떨어진) 등은 이 지역의 주 풍향인 남서풍으로 인하여 대기가스의 영향을 받아 양적으로 일부 감소가 예상된다. 현재 대부분의 면적을 차지하고 있는 곰솔 식재림 등은 천이와 인위적 요인으로 일부 축소될 것으로 보인다.

해풍이 강한 곳에는 곰솔 식재림이 극상상태로 진행되어 가고, 기타 인위가 가해지지 않은 곳에서는 현황에서의 식물군집이 그대로 유지될 것으로 보인다. 또한 시가지 형성으로 인한 인구의 집중으로 나지, 목밭지대에는 서양민들레, 환삼명굴, 명아주, 제비꽃, 쇠비름, 닭의장풀 등의 노변잡초와 귀화식물로 식생이 형성될 것이다.

제거되는 식물상의 개략을 보면 다음과 같이 예상된다. 연구소 부지 예정지역에는 1년생 식물과 그 주변의 습생식물의 피해가 예상되고, 현재 이곳에는 수목이 존재하지는 않지만(거의 벌목이 완료된 상태임), 공사를 위한 진입도로 건설시 삼림훼손이 우려된다.

연구소 유보지(그림 5.1.33)로 이용될 매립(0.157km²)으로 인하여 생기는 나지는 인위적 영향을 가하지 않는다면 점차 2차천이를 일으켜, 나지화된 대지면에 번식력이 강한 바랭이, 산겨이삭, 쇠돌피, 갈풀, 갯그렁, 포아풀, 잔디, 개솔새 등의 1년생 화본과 식물과 길쭉사초, 그늘사초, 비늘사초, 산겨울, 대사초, 낚시사초, 삿갓사초 등 사초과 식물들이 주변지역으로 부터 이주해 올 것으로 예상되지만, 계속 인위적 영향을 가할 경우에는 귀화식물들이 늘어날 것이다.

(2) 녹지자연도와 식물현존량 및 순생산량의 변화

본 사업지구(연구소 부지)에는 경작지(녹지자연도 등급 2)로 이루어져 있으나, 사업이 시행되고 나면 녹지자연도는 1등급이 우세해질 것이다. 그 면적은 식생 파괴면적과 같이 32,400m²에 이른다. 따라서 식물현존량은 38ton 감소하게 되며, 순생산량은 22ton/yr로 각각 감소하게 될 것이다.

그러나 연구소 부지의 유보지로 이용하게 될 매립 면적이 0.157km²인데, 이 면적이 녹지자연도 0등급에서 1등급으로 전환되게 되므로 이에 따라 식물현존량은 80ton이 증가하게 되고, 순생산량은 36ton/yr 증가하게 된다.

즉, 연구소 부지로 인한 감소량과, 매립으로 인한 증가량과의 관계로 보면 오히려 식물현존량은 49ton이 증가하게 되고, 순생산량 역시 14ton/yr 증가하게 된다. 이는 사업전 보다 식물현존량과 순생산량의 값이 0.2%, 0.03%로 각각 증가한 값이다.

(3) 노거수에 대한 영향

본 조사지역인 장북면의 장북리, 관포리, 농소리, 울천리에서 느티나무와 팽나무 노거수가 분포하는 것으로 조사되었으나, 연구소 건설 예정지 및 매립예정지를 중심으로 반경 1km(직경 2km)에는 분포하지 않으므로 노거수에 대한 영향은 전혀 없을 것으로 예상되며 따라서 특별한 보호대책도 없다.

(4) 신설도로의 건설로 인한 영향

신설도로의 건설계획은 부두(매립지)로 이르는 진입도로 673m(장북면)로 하고 있으며, 이들은 주로 절토 및 성토를 주체로 하고 있다. 도로폭을 10m로 하고 영향권을 좌우 5m씩 하여 총 20m로 보면 자연훼손 면적은 1.346ha이며 이들의 대부분은 경작지이다.

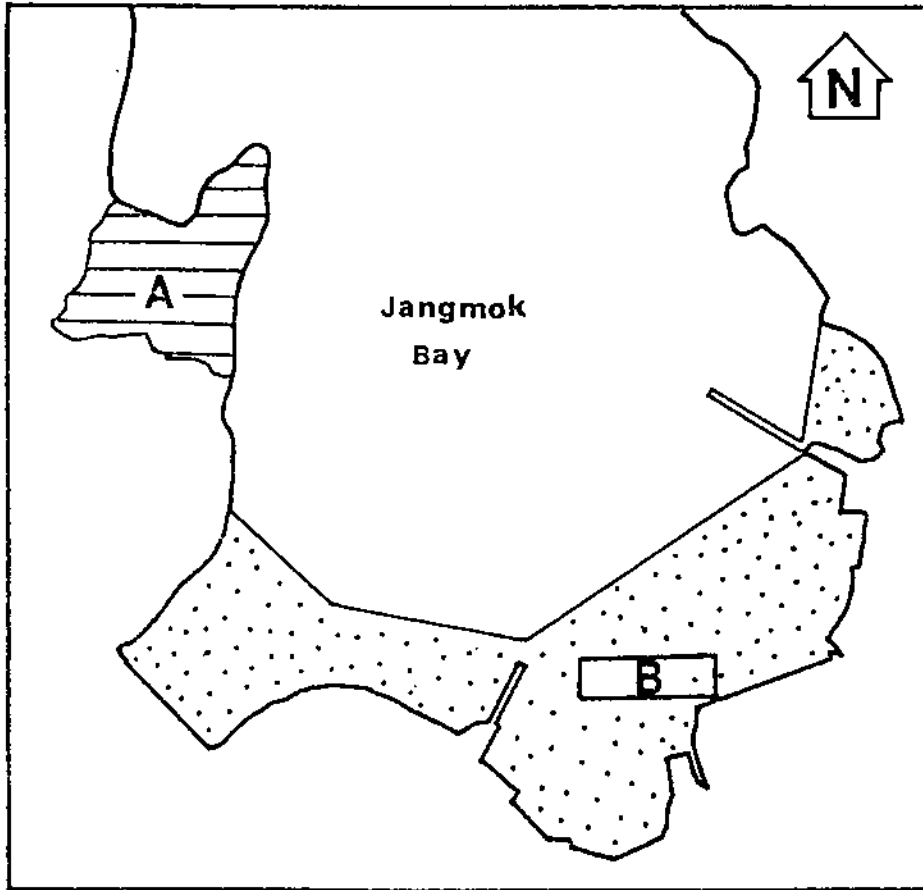


그림 5.1.33 연구소 건설 부지 및 매립 예정지

신설도로의 건설이 본 사업 뿐만아니라 지역간의 교통, 산업발달에 기여하는 바가 크기 때문에 다소의 자연파괴는 불가피하다고 볼 수 있다.

(5) 대기오염물질이 식물에 미치는 영향

식물의 생육에 필요한 영양소나 유해성분은 식물이 자라는 토양으로 부터 뿌리로 흡수되는 것이 많다. 이렇게 흡수된 오염물질의 독성에 의해 피해가 발생된다. 물론, 대기오염물질이 토양과 물을 오염시켜 간접적으로 식물에 피해를 일으킬 수 있으나, 일반적으로는 경엽적 흡수로 피해를 일으키는 경우가 많다.

대기오염에 의한 식물장해는 가시적 장해(Visible injury)와 비가시적 장해(Invisible injury)로 나누어 볼 수 있다.

가시적 장해는 오염물질이 특수한 기상조건 즉, 주로 기류, 기온, 습도 등의 관계로 비교적 단시간 동안 정체하여 식물에 피해를 주거나(Chlorosis 또는 Necrosis), 비교적 저농도의 오염물질 존재하에서 식물의 생육기간 중 수시로 장시간 노출되므로써 생육불량 상태로 되어 생육불량 상태로 되는 것을 말하며, 비가시적 장해는 아주 저농도의 오염물질을 흡수한 식물이 잎 등에 피해 증상을 나타내지는 않지만 생리적, 생화학적 장해를 받아 생육부진으로 수량에 어떤 악영향을 미치는 것을 말한다.

이러한 비가시적 장해는 본 사업지구에 분포하는 1, 2년생 초본식물, - 예를 들어 망초, 억새, 강아지풀, 도랑이풀, 닭의장풀, 개솔새, 띠, 질경이, 가막살이, 구절초 등 - 에는 해당되지 않지만 다년생의 목본 식물인 곰솔, 사방오리, 리기다소나무 등에서 나타날 수 있는 현상으로 예상된다.

본 사업시행으로 인해 선박이 가동되고, 중장비 동원 및 연구소 활동으로 인한 대표적인 대기오염물질과 SO₂에 의한 피해 증상의 전형적인 특징을 모식적으로 나타내면 표 5.1.26과 같다.

이러한 대기오염에 의한 식물 피해는 ① 봄에서 여름에 발생되고 가을에서 겨울에는 발생이 적은 것으로 알려져 있다. 이것은 기후 온난화 계절에 식물조직, 세포가 비교적 발육이 활발하지만, 추울때는 그렇지 않기 때문으로 풀이된다. 따라서 연구소 기지가 건설되었을 때 가급적 식물계절 현상의 특성에 중점을 두어 봄, 여름에 대기오염이 이루어지지 않도록 강구해야 한다.

② 야간보다는 동화작용이 왕성한 낮에 피해를 입기 쉬운데, 한 예로 SO₂의 경우에는 오전 11시, HF의 경우에는 오후 2시에 피해를 가장 심하게 받는다.

③ 풍향에 따라 발생원에서 바람부는 쪽으로 피해를 받으므로, 건설예정지의 기상조건

을 충분히 검토하여 적절히 배출토록 한다.

표 5.1.26 대기오염물질과 SO₂에 의한 피해 증상(국립환경연구원, 1992)

피해 형태	식물 종류
반 점	초본류 및 화훼류(쇠무늬, 산겨울, 마, 질경이 등)
긴 반 점	침엽수(곰솔, 리기다소나무 등)
반 점	침엽수(곰솔, 리기다소나무), 향나무(서양측백, 편백, 화백, 노간주나무 등)
대 상	은행나무

다. 공사완료후의 영향

본 사업의 운영에 따르는 영향은 크게 매립으로 인한 부두 형성과 연구소 활동(특히 인간활동)으로 나눌 수 있다. 또한 이 영향은 일반적인 것과 특수한 것으로 나눌 수 있으며, 정도의 차이는 있으나 받는 영향은 유사하다.

자연적인 해안에 부두를 설치할 경우의 환경영향을 예측 평가하는데는 매립에 따른 환경영향평가의 경험과 충분한 자료가 있어야 하지만, 그 측정자료가 부족하여 정부가 고시한 환경영향평가 항목의 범위내에서 여러 제약요건 들을 고려하여 현실 가능한 영향의 중요도에 따라 평가범위를 설정하였다.

본 사업지구는 해양성기후하에 놓여 있어서 조염수립대의 특징을 잘 반영할 수 있는데, 첫째 오염물질의 장기체류 등이 생태계 구성요소의 변화를 초래할 수 있고, 냉해 등이 나타날 수 있다고 보여진다.

둘째, 빈번한 인간의 왕래로 공해오염물질이 증가하여 토양환경이 악화되고 이에 따라 식물의 증감속 오염현상이 나타나고, 연쇄적으로 생물학적 농축현상이 발생할 우려가 있다.

셋째, 건설로 나지화된 지역(특히 경사지)의 식물과 토목의 성장을 저해하여 폭우시 토양 손실을 입을 수 있다.

라. 환경에 미칠 악영향의 저감방안 및 대책

연구소 부지 토지 이용을 위하여 공사를 시행했을 경우에 생기는 여러 환경악화를 최소화 하기 위한 저감방안으로 다음과 같은 주요사항을 제시한다.

- 연구소 부지의 토지이용시 녹지공간을 확보하여 예측된 환경변화에 강한 수종(표 5.1.27)으로 조경계획을 시행한다.

표 5.1.27 대기오염에 내성이 강한 식물(상.중.하)의 예
(국립환경연구원, 1990)

내성정도	수 종
상	후피항나무, 왕작살나무, 은행나무, 벽오동, 돈나무, 사철나무, 호랑가시나무, 능수버들, 개나리
중	감탕나무, 아왜나무, 사스레피나무, 갯취뽕나무, 플라타너스, 수양버들
하	곰솔, 붉가시나무, 참식나무, 팽나무, 왕벚나무, 삼나무, 소나무, 동백나무, 후박나무, 느티나무, 구실갯밤나무, 모밀갯밤나무

(1) 조경계획

조경은 지역의 보존과 개발의 차원에서 그 가치성이 부여된다. 따라서 조경은 자연성과 개발에 의한 전체 환경의 연관성을 주제로 하며 외관에 관심을 줄 뿐만아니라, 특히 인공구조물과 자연환경을 조화시키는 행위로서 그 효과는 인공적 개발수법에 의하여 파괴된 환경의 치유 수단으로 잘못 인식된 경향이 있었다.

이러한 경향을 미연에 방지하고자 본 조경계획에서는 자연의 파괴를 최소한으로 감소시키는 계획의 수립이 무엇보다도 긴요한 사항으로 녹지체계를 설정, 전체적으로 녹지공간 및 휴식공간, 시설물 주변공간의 조경계획이 수립되어야 한다.

① 가로수 및 사면 처리용 식재 수종은 지역특성을 살릴 수 있거나 기존의 식생과 유사한 수종을 택한다(예: 곰솔, 사방오리 등).

② 기존 수종을 수목 환경인자에 적합하도록 선택한다(표 5.1.28).

표 5.1.28 식재 수종

수 종 명	기능적분류				
	가로수용	경관조성	방풍용	녹음용	사방용
히말리아시다	○	○		○	
서양측백		○		○	
화백			○	○	
리기다소나무			○	○	○
측백			○	○	
삼나무			○	○	
섬잣나무				○	
가시나무		○	○	○	
태산목		○		○	
동백나무		○			
자작나무		○			○
수양버들		○		○	
노각나무		○			
느티나무		○		○	
팽나무		○		○	
일본목련		○		○	
중국굴피나무		○		○	
산수유		○		○	
배롱나무		○			
청단풍		○			
동근측백	○				
눈향나무	○				
광나무	○	○	○		
수수꽃다리	○	○			
명자나무	○	○			
영산홍	○	○			
둥나무		○		○	
조릿대	○	○			○
잔디		○		○	

(2) 식재계획

① 계절감을 느낄수 있는 수종으로 환경에 변화미를 피하도록 하며, 경제적이며 시장성이 좋은 것을 택하도록 한다.

② 진입도로 좌우측으로 동선과 시각의 연속성을 주기 위하여 일부 공휴지구간 요점 식재로 분위기를 조성토록 한다.

③ 건물주변은 외부 시각적 여건을 고려하여 경관수 계봉으로 식재토록 한다. 하안.

하구해안에 호안림(방사림, 방풍림, 방조림 : 예를들어 사방오리, 곰솔, 사스레피나무 등)을 조성하여 연구소 주변지역 생태계를 항구적으로 유지되도록 한다.

(3) 사후환경관리 계획

연구소에서 배출되는 폐수와 생활오수 및 살충제의 사용으로 인해 주변식물들의 오염이 초래될 수 있으므로(상대적으로 내성이 약한 초본류 등이 주류를 이루는데 특히 경작지 식물종) 엄격한 감시와 함께 규제토록 한다.

환경측정을 계속하여 이들 Data를 평가하고 경고를 하는 Monitoring system을 강화한다.

- 연구소 부지 내에 환경측정 기록을 비치하고, 이것을 활용하여 환경이 악화되지 않도록 한다.
- 식물의 생활과 관계있는 기초연구와 생물체에 나타나는 증상 등을 기록하여 생물에 의한 종합평가에 힘쓴다.
- 지표종(특정한 이화학적 환경요인의 종류와 작용을 판단할 수 있는 생물)을 활용한다. 수질, 대기의 각종 오염원에 대한 생물의 내성을 활용하여 장기간의 환경악화를 진단한다(표 5.1.29).

지표내지 감시체(Indicator or Monitor)로서의 식물체로 대기의 질을 정량화 하는 방법에는 세가지의 일반형태가 있다. 첫째는 이미 알고 있는 대기오염물질 농도에 의해 나타나는 식물체 피해의 정도를 정확히 알아내는 일이고, 둘째는 생명을 가진 오염물질 채집체로서 식물을 이용하는 것이며, 셋째는 오염물질에 노출된 후 식물조직에 나타나는 오염물질과 관련된 대사물질의 양을 측정하여 대기중의 오염물질을 추정해 내는 것이다.

- 사업시행 후 발생하는 나출지에는 덩굴식물(담쟁이덩굴, 새머루덩굴, 땃덩이덩굴)을 식재하여 토사유출을 방지하도록 한다.

본 사업지구에는 이런 수종의 식물들이 많으므로 이 식물들을 활용하여 이식하고, 또한 잔디 묘포도 바람직하다고 보여진다. 1차적으로 1년생식물(뿌리 발달이 좋은식물, 예를 들어 잔디, 억새, 바랭이 등)로 토사의 유출을 방지로록 하고 일정기간이 경과한 후 관목 수종의 식재가 가능할 것이다. 즉, 조경을 실시함에 있어서 조경 전문가와 면밀히 검토하여 시행토록 한다.

마. 불가피한 악영향

- 해안에 연구소 부지가 형성됨에 따라 하구 생태계의 범위가 좁아져 하안식물의 서식지가 감소된다. 연구소 기지건설 예정지역 주변에 있는 소택지 주변 식물들이 감소될 것으로 보인다.
- 공사를 위한 채석 및 채토로 식물 경관 일부가 파괴된다.
- 귀화식물이 증가해 기존 자생식물의 서식지가 축소될 것으로 보인다.

5. 해양환경

가. 현황

(1) 해양물리

장목항 주변에 대한 조석 및 조류관측을 실시하였다. 위치 및 사용계기 등은 표 5.1.30과 같으며, 관측계기의 설치위치는 그림 5.1.34와 같다.

표 5.1.30 조석 및 조류관측 위치 및 사용계기

관측항목	관 측 기 간	위치(수심) 및 관측간격	관측기기 및 S/N
	C1	128° 39' 20" E (5m)	RCM-7
	'93 7/5 - 7/6	35° 00' 30" N (5분)	Current meter 10970
	C2	128° 38' 50" E (6m)	RCM-7
유향·유속	'93 7/5 - 7/6	34° 58' 18" N (5분)	Current meter 10847
	C3	128° 40' 36" E (4m)	S4p
	'93 7/5 - 7/6	34° 59' 37" N (2분)	Current meter 07801697
수온·염분	C4	128° 39' 49" E	ACM-200PC
	'93 7/5 - 7/6	35° 00' 21" N (30분)	Current meter 78A
	C1-1	128° 39' 34" E (5m)	RCM-7
	'94 4/13- 4/29	35° 00' 12" N (5분)	Current meter 10636
	C3-1	128° 40' 45" E (5m)	RCM-7
	'94 4/13- 4/29	34° 59' 33" N (5분)	Current meter 10847
조석	C3-1	128° 40' 45" E (5m)	RCM-7
	'94 5/11- 5/30	34° 59' 33" N (5분)	Current meter 10636
	T1	128° 40' 29" E	수압식 파고조위계
	'93 9/22 -10/25	34° 59' 32" N (5분)	34710

1) 조석관측

1993년 9월 22일부터 10월 25일 까지 장목항내 서쪽에 조위계를 설치하여 매 5분 간격으로 관측하였다. 관측된 수압자료를 수위자료로 환산한 시계열 자료는 그림 5.1.35와 같으며, 저주파 통과 필터를 사용하여 조석이외의 성분을 제거한 자료를 조화분석 하였으며, 그림 5.1.36은 관측된 조위에서 평활화된 관측조위(상), 비조석 성분(중), 조석성분(하)을 나타낸다. 그리고 표 5.1.31은 조석 조화상수이다.

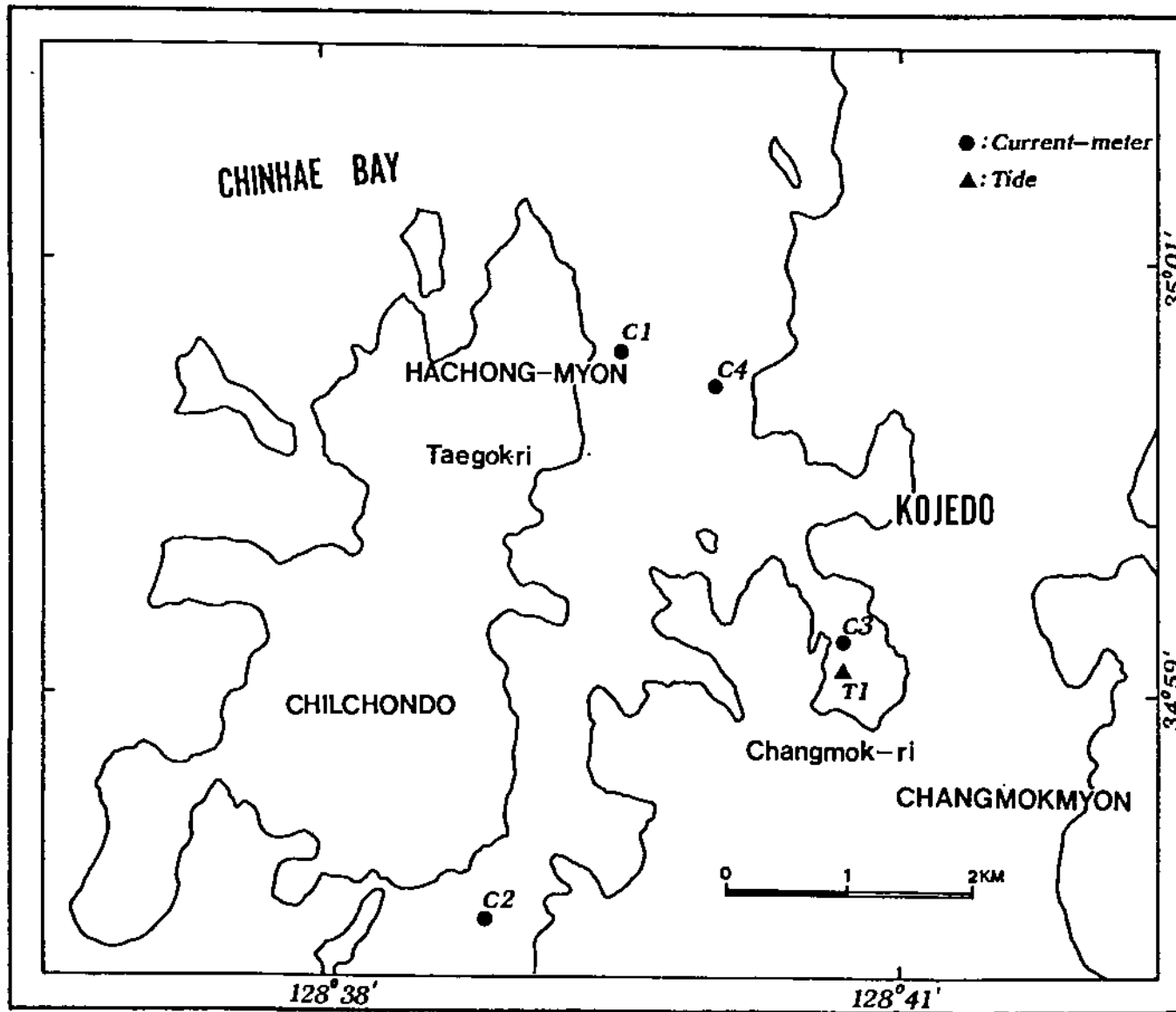


그림 5.1.34 장목항해역의 해양물리(조석 및 조류) 관측 위치도

Jangmok tide

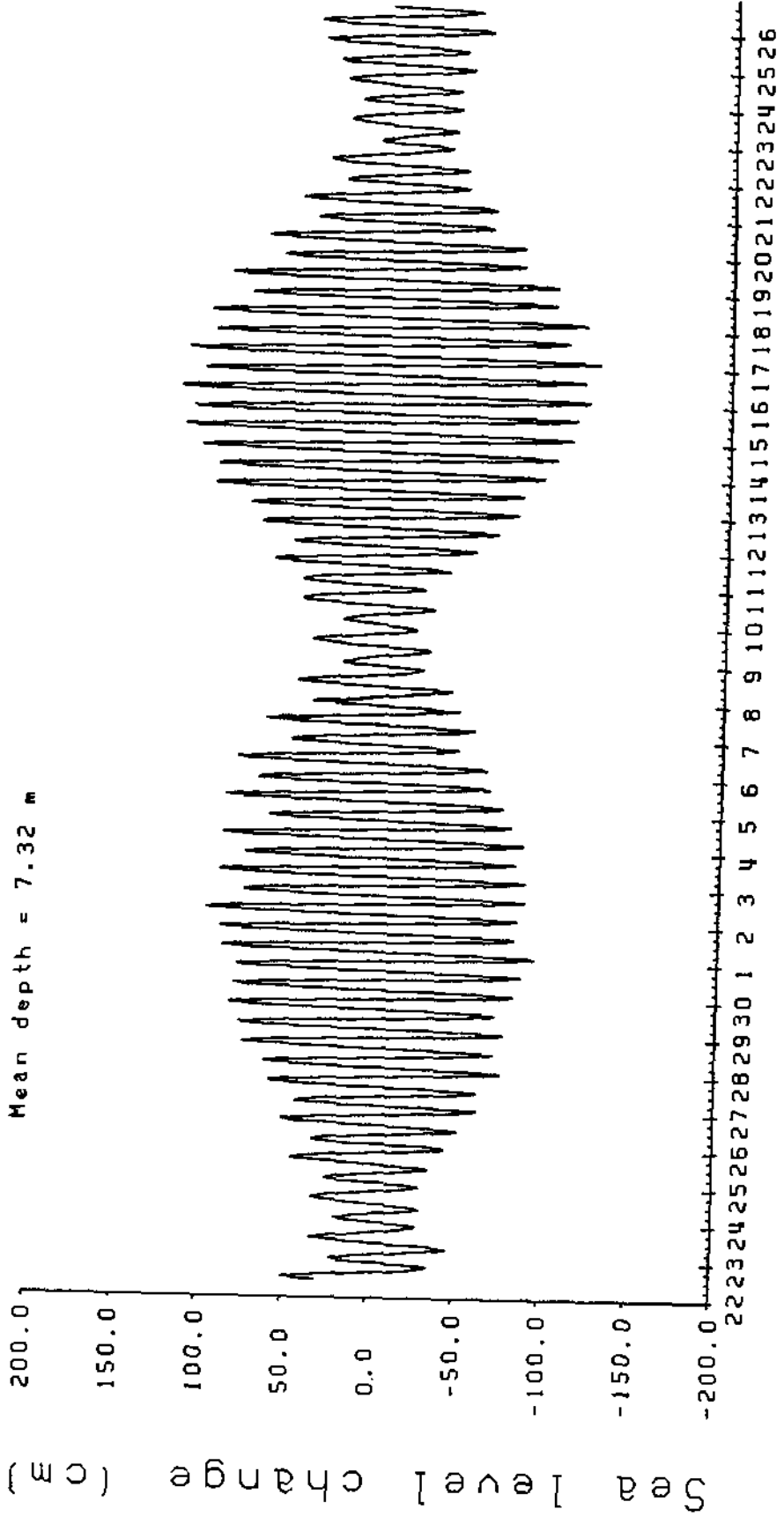
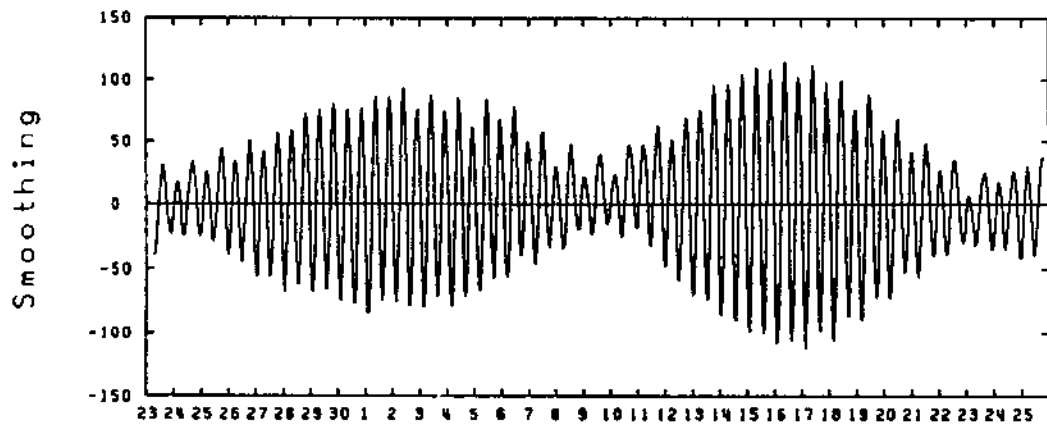
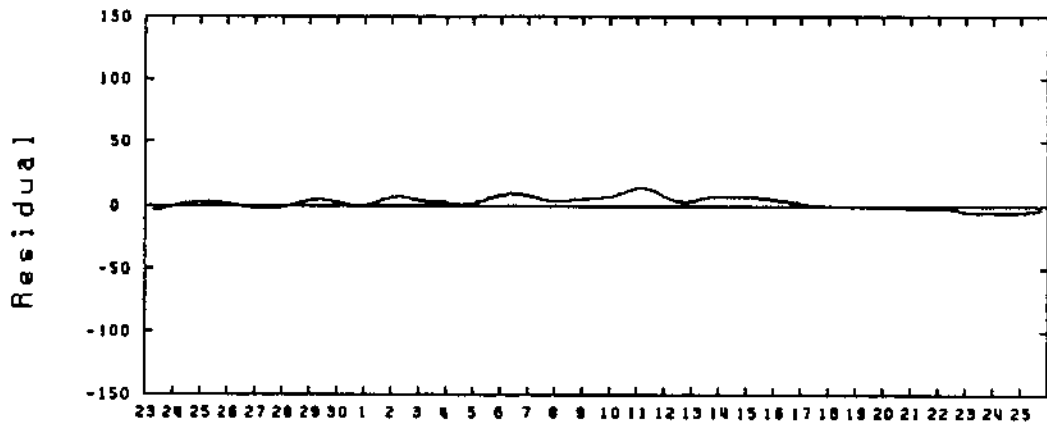


그림 5.1.35 조석관측의 시계열 자료

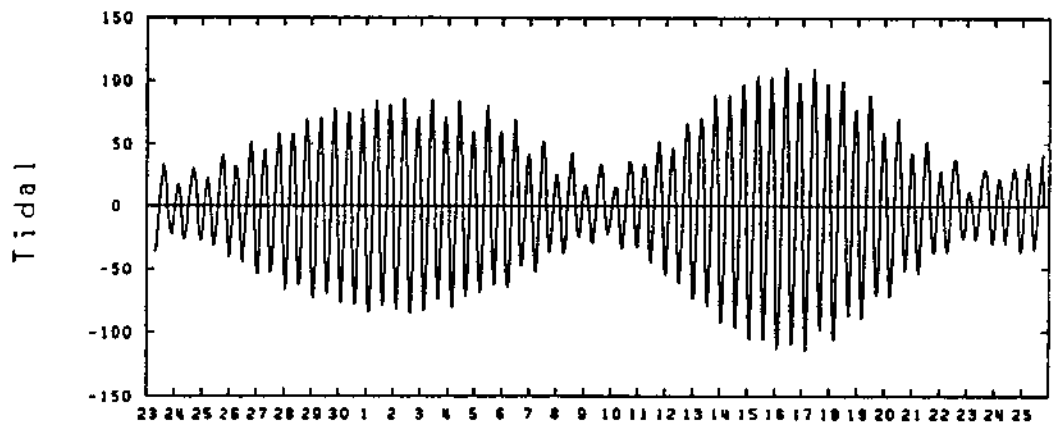
Jangmok tide



OCT., 1993



OCT., 1993



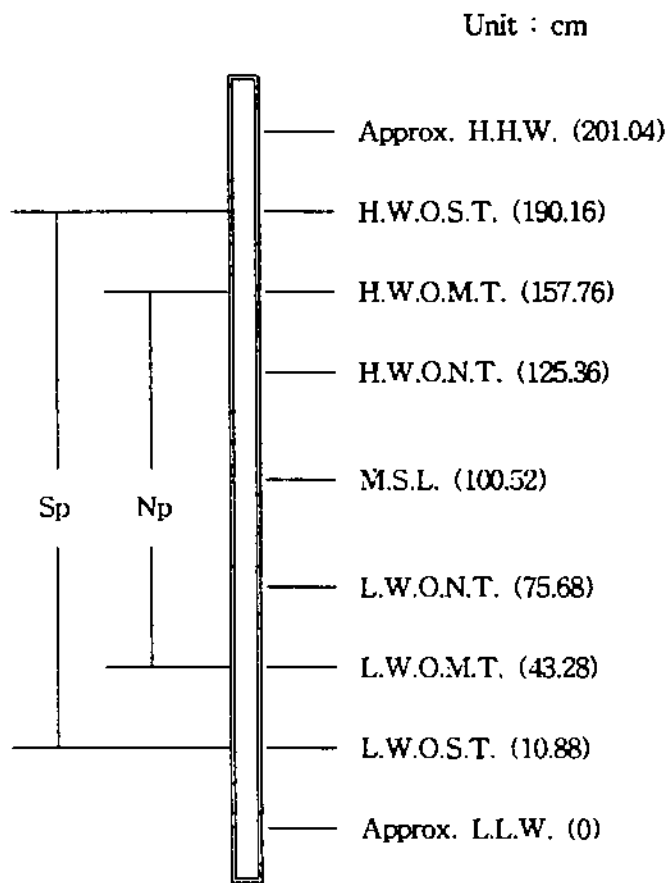
OCT., 1993

그림 5.1.36 평활화된 조석관측 자료

표 5.1.31 장목항의 조석 조파상수

NO	Name	Frequency	Amplitude	Phase
1	Z0	0.00000000	3.17	0.00
2	MM	0.00151215	4.76	293.38
3	MSF	0.00282193	1.44	322.65
4	ALP1	0.03439657	0.19	107.97
5	2Q1	0.03570635	0.29	166.84
6	Q1	0.03721850	0.86	121.76
7	O1	0.03873065	4.47	133.82
8	NO1	0.04026860	0.77	120.03
9	K1	0.04178075	6.41	150.11
10	J1	0.04329290	0.84	182.82
11	OO1	0.04483084	0.53	283.90
12	UPS1	0.04634299	0.38	242.81
13	EPS2	0.07617731	1.75	228.18
14	MU2	0.07768947	4.69	235.11
15	N2	0.07899925	13.45	235.70
16	M2	0.08061140	57.24	248.17
17	L2	0.08202355	2.38	245.77
18	S2	0.08333334	32.40	270.21
19	ETA2	0.08507364	0.69	245.45
20	MO3	0.11924210	0.95	173.05
21	M3	0.12076710	2.27	353.14
22	MK3	0.12229210	0.05	276.88
23	SK3	0.12511410	1.52	138.83
24	MN4	0.15951060	0.81	250.08
25	M4	0.16102280	1.98	263.50
26	SN4	0.16233260	0.59	246.70
27	MS4	0.16384470	2.34	253.74
28	S4	0.16666670	0.83	269.19
29	2MK5	0.20280360	0.16	329.20
30	2SK5	0.20844740	0.25	212.58
31	2MN6	0.24002200	0.41	66.71
32	M6	0.24153420	0.37	85.35
33	2MS6	0.24435610	0.43	135.51
34	2SM6	0.24717810	0.22	147.92
35	3MK7	0.28331490	0.02	195.69
36	M8	0.32204560	0.03	313.57

장목항에서 관측된 자료(T1)의 조석 조화상수에 의하면, 평균 대조차는 179.3cm, 평균 소조차는 49.7cm 이며, 조석형태수가 0.12인 전형적인 반일주조형 조석을 갖는다. 그리고 그림 5.1.37은 장목항의 조위도이며, 참고로 기존 진해, 마산해역에서 관측된 조석관측지점과 조석 조화상수는 표5.1.32와 표5.1.33과 같다.



Neap Rise : 49.68
Spring Rise : 179.28

그림 5.1.37 장목항의 조위도

표 5.1.32 진해, 마산해역 조석관측 위치(한국해양연구소, 1983)

관측항목	관 측 기 간	위치(수심) 및 관측간격	관측기기 및 S/N
조	'83 2/17 - 3/30 T1	128° 28' 20" E (4.5m) 34° 53' 00" N (10분)	WLR-5 Water level recorder
	'83 2/18 - 3/31 T2	128° 47' 20" E (7m) 35° 04' 30" N (10분)	WLR-5 Water level recorder
	'83 2/22 - 3/29 T3	128° 48' 00" E (6.5m) 35° 03' 00" N (10분)	WLR-5 Water level recorder
석	'83 2/22 - 3/29 T4	128° 49' 40" E (7m) 34° 59' 15" N (10분)	WLR-5 Water level recorder
	'83 2/22 - 3/31 T5	128° 43' 40" E (6m) 34° 56' 45" N (10분)	WLR-5 Water level recorder

표 5.1.33 기존 조석자료의 주요 분조의 조석 조화상수 (진폭: cm, 위상: °)

Station	M ₂		S ₂		K ₁		O ₁		N ₂	
	Amp.	Ph.(g)	Amp.	Ph.(g)	Amp.	Ph.(g)	Amp.	Ph.(g)	Amp.	Ph.(g)
T1	68.17	253.42	40.18	302.81	7.51	176.94	4.64	130.94	13.61	230.67
T2	57.59	244.08	34.06	292.33	6.70	167.09	3.66	130.42	11.65	220.90
T3	57.04	246.82	34.26	294.52	6.39	171.04	3.83	125.38	11.30	218.80
T4	53.87	243.71	32.41	291.29	6.10	169.66	3.70	127.12	11.12	218.24
T5	54.38	244.49	32.41	291.89	6.37	168.98	4.11	125.43	10.90	219.40

2) 조류관측

대조기에 해당하는 1993년 7월 5일부터 7월 6일까지 RCM-7 Aanderra 유속계 2대(C1, C2), S4p 유속계(C3), ACM 유속계(C4)를 사용하여 장목리 부근 해역의 유속을 관측하였다.

관측지점 C1은 칠천수도 내의 도마서 옆으로 수면에서 약 5m(총 수심 11m)에 RCM-7 유속계를 계류하였으며, 관측된 원자료는 그림 5.1.38과 같다. 관측기간중 최대유속은 약 36.0cm/sec, 수온은 약 18.3℃~20.3℃로 2℃정도의 변화를 보였으며, 염분은 32.1%~33.4%의 변화들 보였다.

관측지점 C2는 장안서 옆으로 수면에서 약 6m 정도(총수심 14m)에 RCM-7 유속계를 계류하였으며, 관측된 원자료는 그림 5.1.39와 같다. 관측자료의 결과중 염분도 자료에 약간의 이상이 있으며, 관측기간중 최대유속은 약 27.2cm/sec, 수온은 약 19.1℃~20.8℃ 정도의 변화를 보였으며, 염분은 32.8%~35%로 크게 나타났으며, 이는 전기전도도 센서의 작동불량으로 판단된다. 정점 C1과 C3의 값으로 추정할 때, 염분도는 32.1%~33.5%의 범위를 가진다고 볼 수 있다.

관측지점 C3은 장목항내의 서쪽지점으로 약 4m(총수심 8m)에 S4p 유속계를 설치하여 관측하였으며, 관측된 원자료는 그림 5.1.40과 같다. 최대유속은 약 10.1cm/sec, 수온은 약 19.3℃~20℃, 염분은 33.3~33.5%로 시간에 따른 변화가 거의 없었다.

관측지점 C4는 칠천수도내 수심 약 11m의 지점에서 ACM 유속계를 사용하여 각 층별(1, 3, 5, 7, 9, 10m)로 유속을 관측하였는데 관측된 각 수심별 자료는 그림 5.1.41에 나타나 있으며, 최대유속은 약 40cm/sec 정도로 나타났다. 그리고 C1, C2, C3 지점에서 관측된 해류의 Histogram과 Scatter plot은 그림 5.1.42 ~ 5.1.47과 같다.

장목리 부근 해역의 조류의 조화성분을 구하기 위하여 C1-1, C3-1 지점에 RCM-7을 약 보름간(1994. 4. 13~4. 29) 계류하였다. 그러나 C3-1지점에서 회수된 자료의 염분도 값이 전기전도도 센서의 작동불량으로 이상하게 나타나서, 유속의 신뢰도를 다시 점검하기 위하여 C3-1 지점에서 유속을 다시 관측하였다(1994. 5.11 ~ 5.30). 그러나 두 자료에서 보는 바와같이 장목항내의 유속은 매우 미약(5cm/s 이하)하게 나타났으며, 처음의 유속 관측자료도 계기의 이상이 아님을 알 수 있다.

C1-1지점에서 관측된 유속의 원자료는 그림 5.1.48과 같으며, 유속의 Histogram, Scatter

plot 및 filter된 조류는 각각 그림 5.1.49 ~ 5.1.51과 같다. 이 지점에서 관측된 유속의 조화상수는 표 5.1.34와 같으며, M_2 , S_2 의 반일주조 성분이 매우 우세하며, 특히 이 해역의 조류는 이들 분조의 장축과 단축의 비에서 보는 바와같이 수로 주방향의 왕복성 조류임을 알 수 있다.

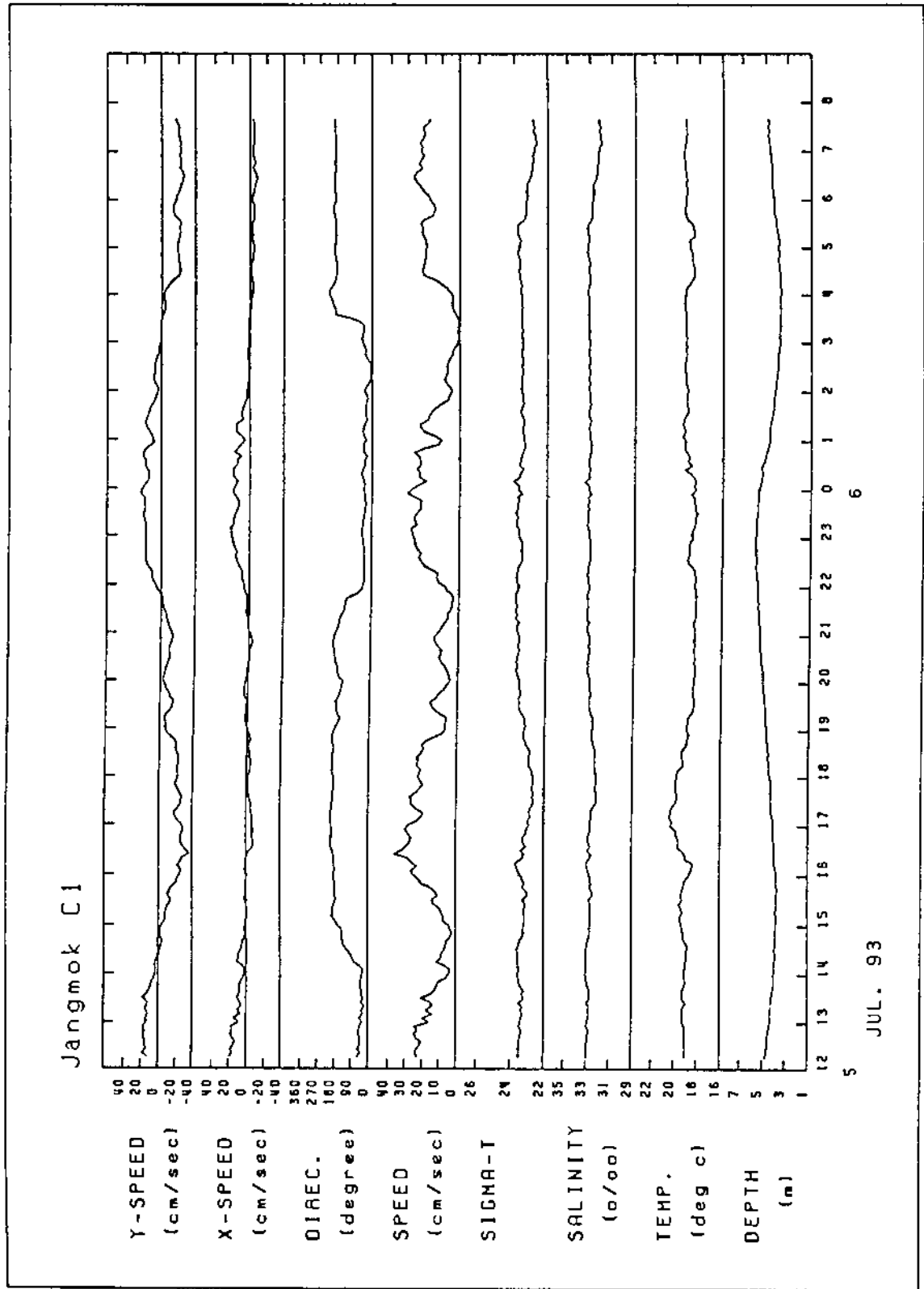
1994년 4월 13일에 계류된 C3-1지점의 원자료는 그림 5.1.52와 같다. 그림에서 보는 바와같이 14일 오후부터는 염분도 값에 이상이 보이며, 관측된 유속은 매우 미약하여 주기성분이 뚜렷하지 않다. 그림 5.1.53은 같은 지점에서 다시 관측한 자료로(1994년 5월 10일 계류) 계기의 모든 센서는 정상적으로 작동하였다. 이들 그림에서 보는 바와같이 유속의 주기성분이 뚜렷하지 않고 그 크기가 미약하여 조류의 조화상수는 구하지 않았다.

3) 파랑

대한해협외의 해로 부터 차단되고 폐쇄된 진해만의 칠천수로내에 위치한 장목항 인근 해역은 태풍시를 제외한 평시에는 거의 잔잔한 해상상태(파고 $\leq 0.5m$)를 나타내고 있다. 따라서 파랑으로 인한 영향은 거의 받지 않을 것으로 사료된다.

4) 부유물질 (Suspended Solid)

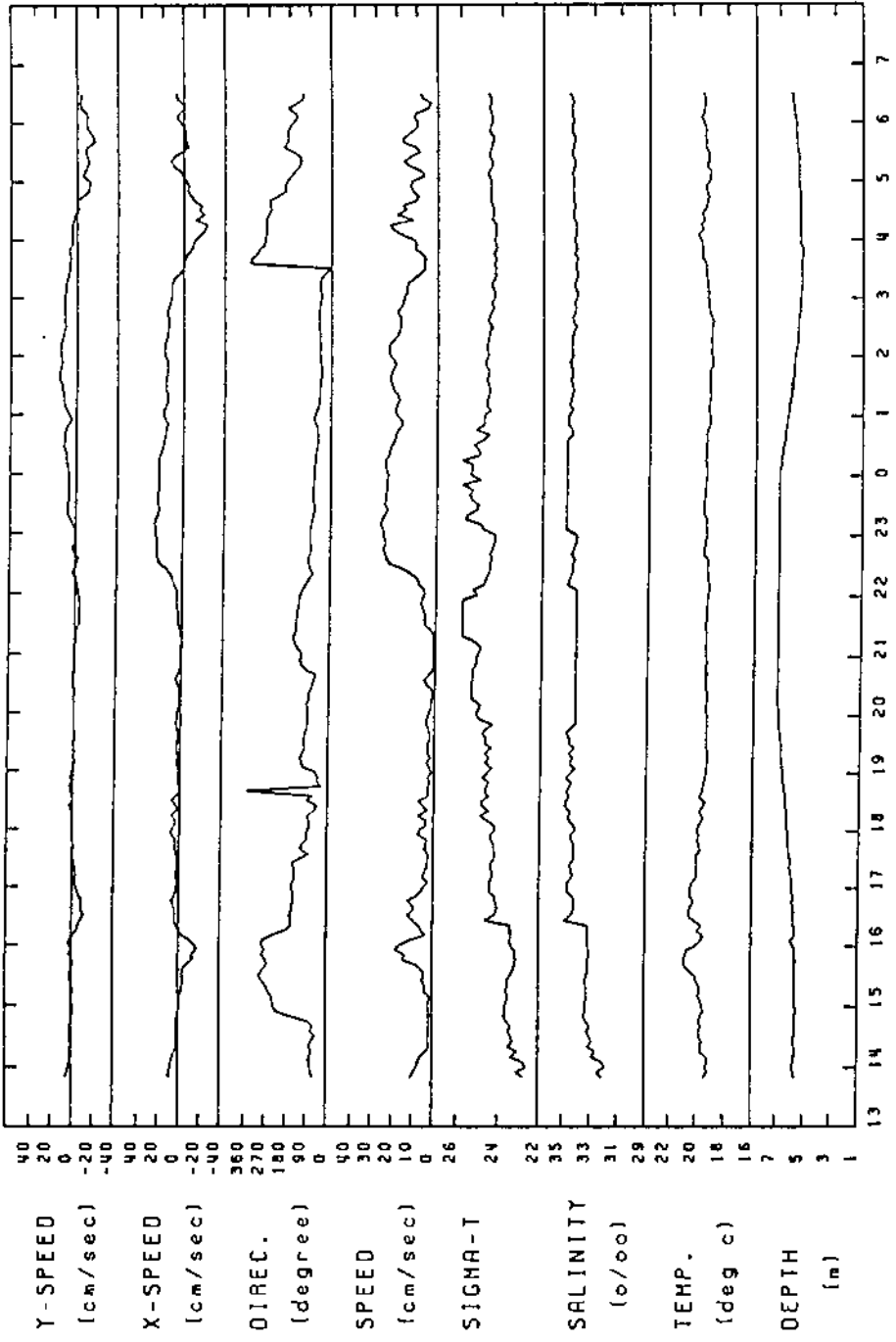
부유물질의 계절에 따른 공간분포는 후술될 것이며, 여기서는 SS의 조석주기에 따른 변화에 초점을 맞추기로 한다. 그림 5.1.54는 1993년 9월 22일 T1 지점에서 채취·분석된 SS 농도의 시간변화이며, 이와 함께 ACM 유속계에 의한 순간유속을 함께 도시한 것이다. 여기서 ACM 유속계는 Rotor 방식의 RCM-7 유속계와는 달리 Electro-Magnetic 센서를 사용하여 순간 유속을 측정할 수 있으나, 계기를 계류하지 않고 배위에서 하강시켜 유속을 측정함으로써 해상상태에 따라 많은 차이를 보일 수 있다. 그림 5.1.55, 5.1.56은 각각 소조기(1994. 4.14)와 대조기(1994. 4.21)의 1조석주기 동안 관측된 SS의 시간별 변화를 도시한 것이다. 소조기의 경우 관측 전날은 폭풍주의보가 발효중이었으며, 관측당일에도 약 12m/s~15m/s의 북풍이 강하게 불었다. 이로 인하여 ACM 유속계에 의한 유속은 크게 관측되었으며, SS도 후술될 값보다 크게 나타났다고 사료된다. 대조기의 경우는 비교적 잔잔한 해상상태를 보였으나 관측된 SS의 농도는 높게 나타났다.



JUL. 93

그림 5.1.38 C1에서 관측된 유속관측의 원자료

Jangmok C2



JUL. 93

그림 5.1.39 C2에서 관측된 유속관측의 원자료

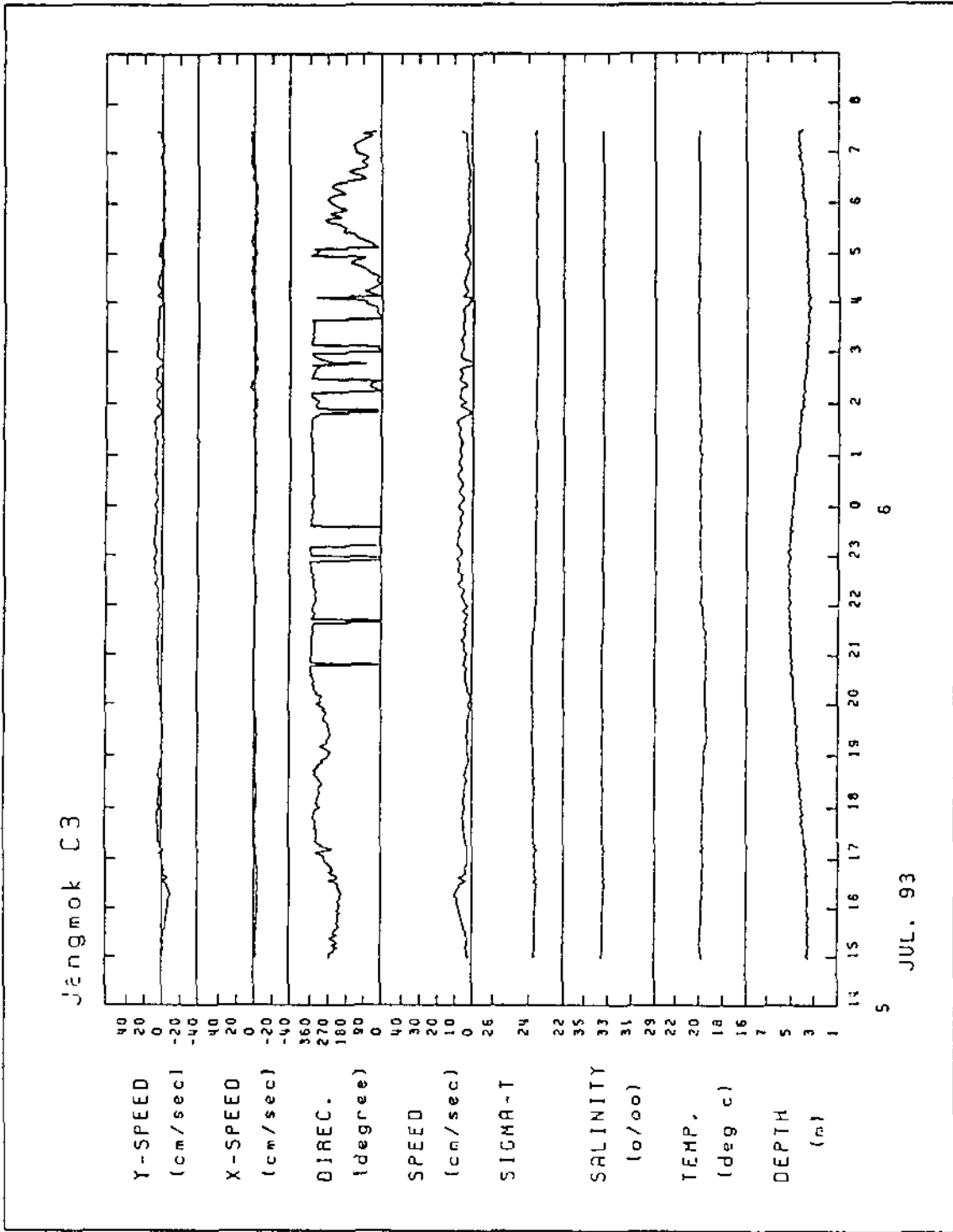


그림 5.1.40 C3에서 관측된 유속관측의 원자료

JANGMOK Current

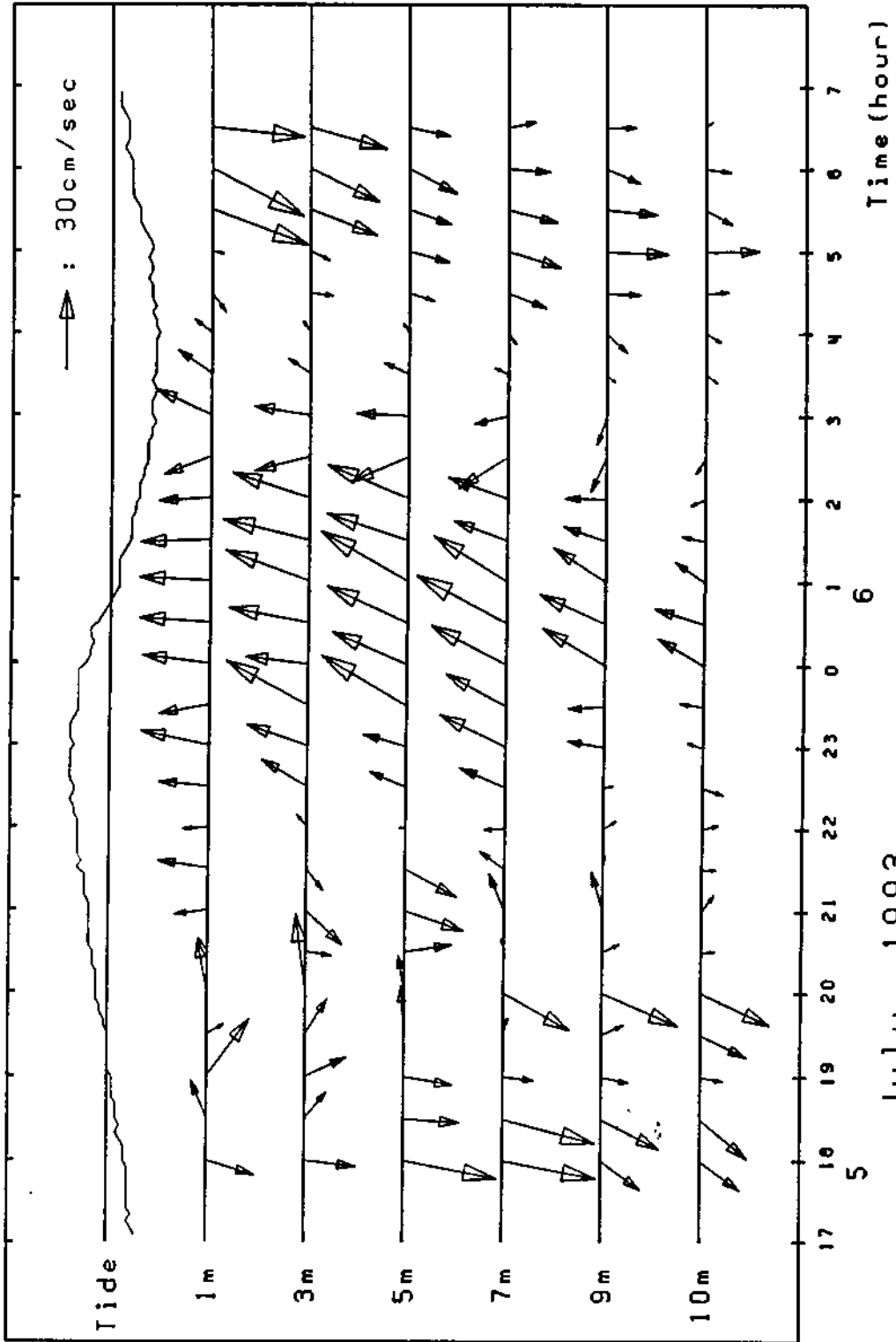
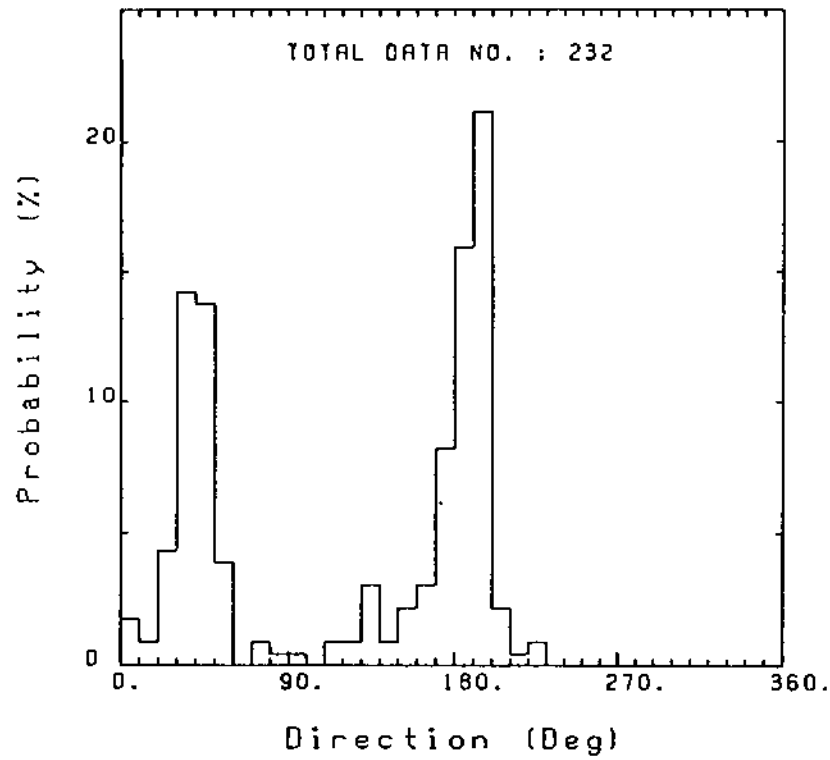


그림 5.1.41 C에서 관측된 유속관측의 원자료

HISTOGRAM Jangmok C1



HISTOGRAM Jangmok C1

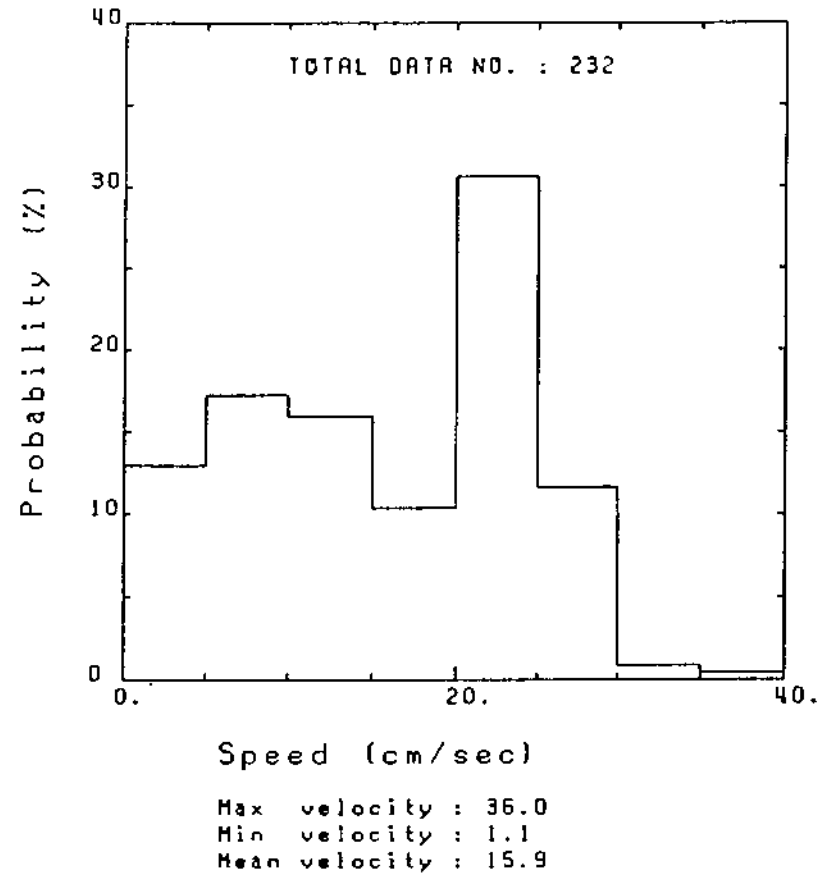


그림 5.1.42 C1에서 관측된 유속자료의 Histogram

Scatter plot Jangmok C1
Observation period : 1993. 7/5 12:15
- 1993. 7/6 7:30
Total Data No.:232

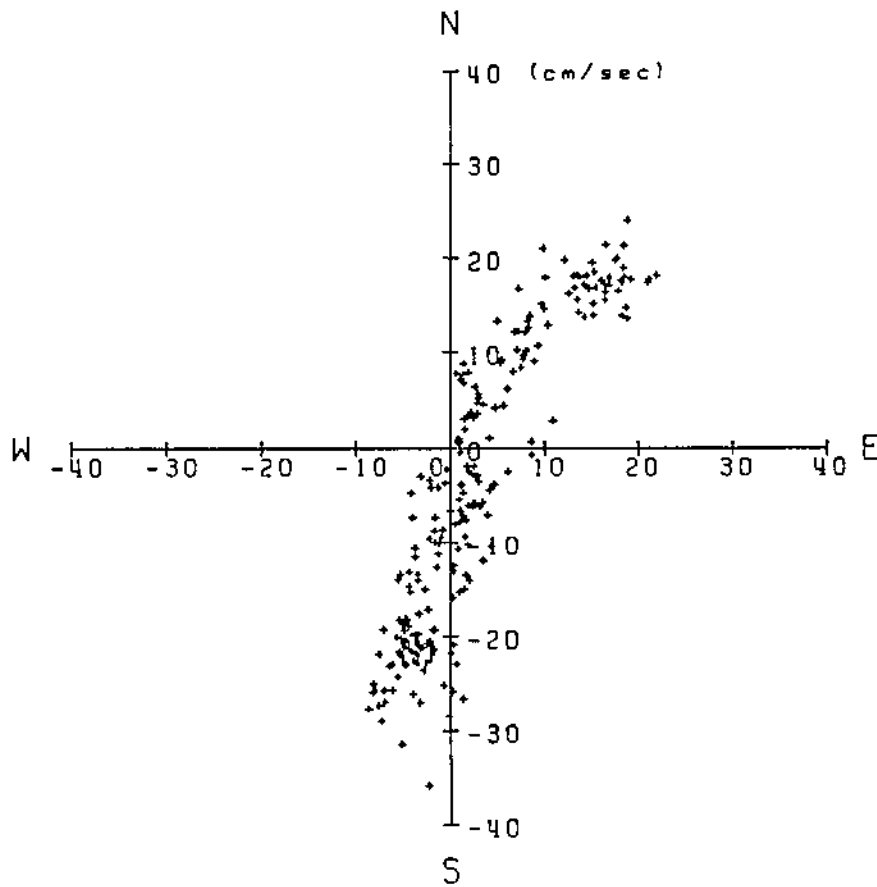
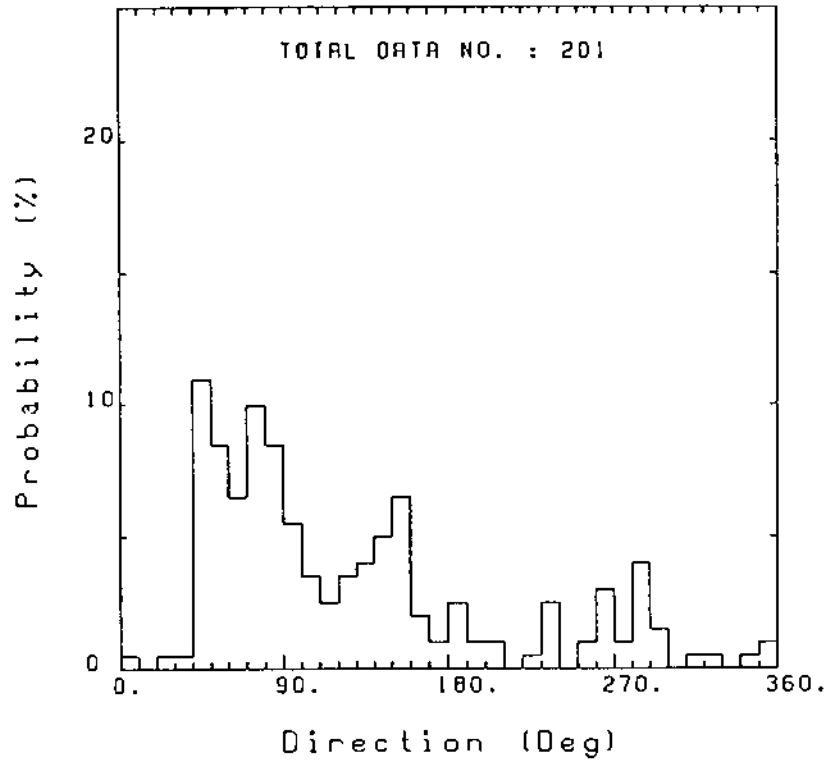


그림 5.1.43 C1에서 관측된 유속자료의 Scatter plot

HISTOGRAM Jangmok C2



HISTOGRAM Jangmok C2

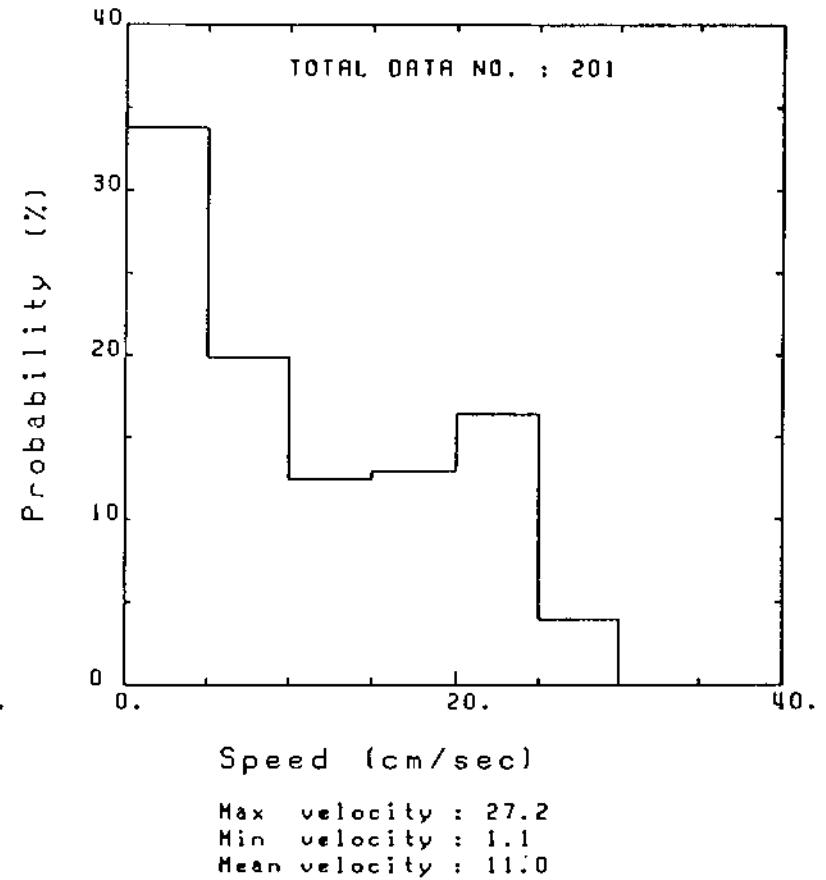


그림 5.1.44 C2에서 관측된 유속자료의 Histogram

Scatter plot Jangmok C2
Observation period : 1993. 7/5 13:50
- 1993. 7/6 6:30
Total Data No.:201

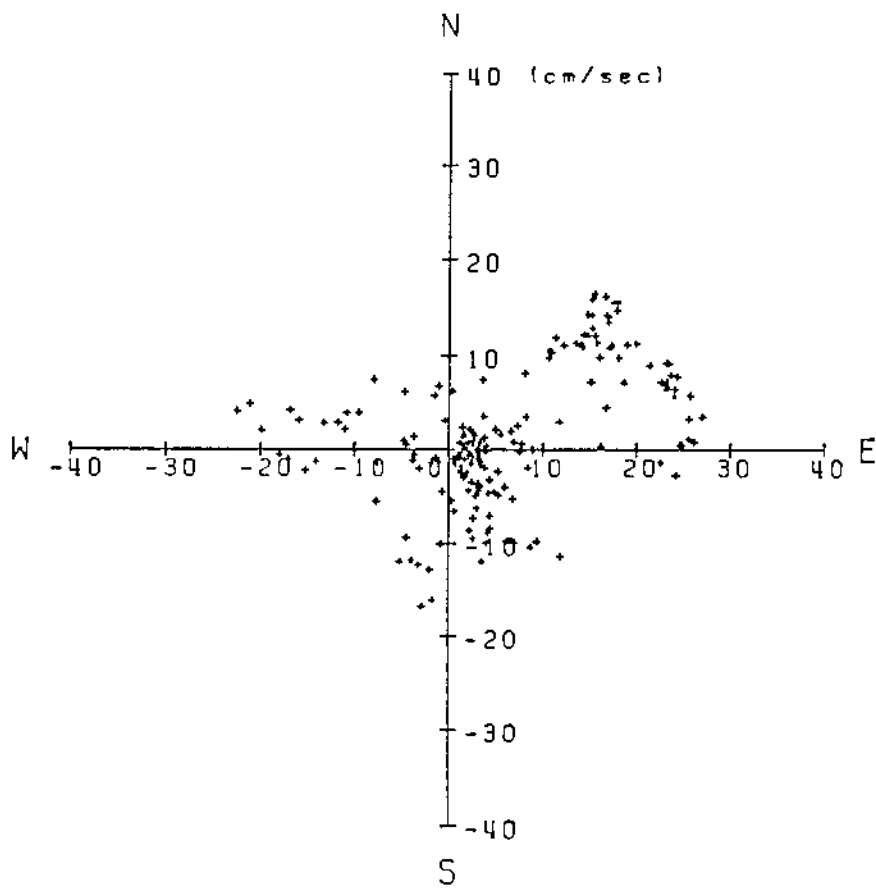
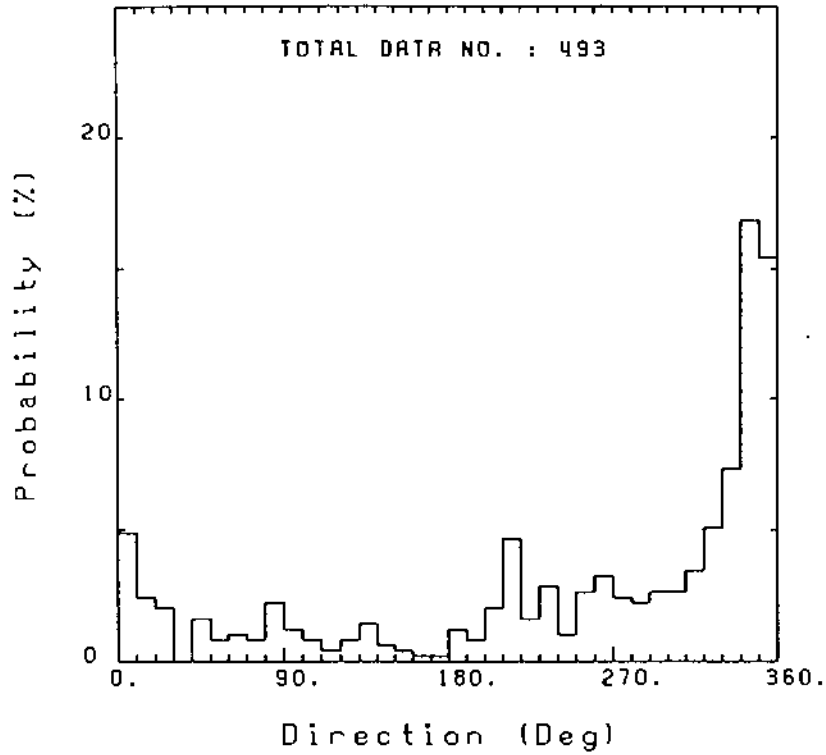


그림 5.1.45 C2에서 관측된 유속자료의 Scatter plot

HISTOGRAM Jangmok C3



HISTOGRAM Jangmok C3

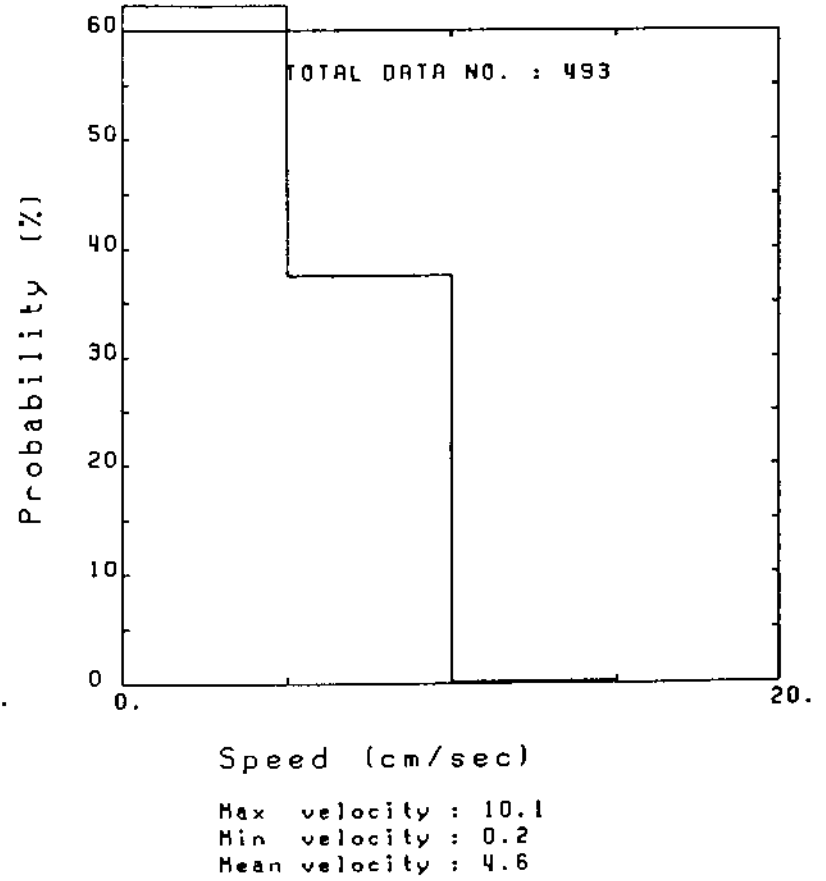


그림 5.1.46 C3에서 관측된 유속자료의 Histogram

Scatter plot Jangmok C3
Observation period : 1993. 7/5 14:58
- 1993. 7/6 7:22
Total Data No.:493

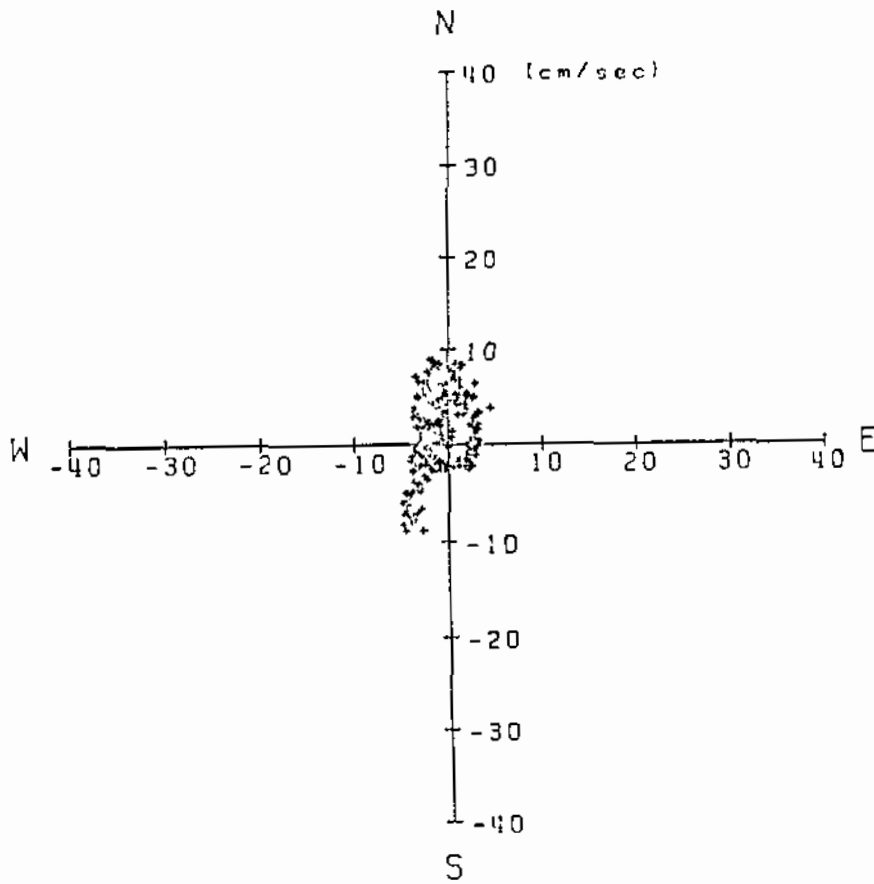


그림 5.1.47 C3에서 관측된 유속자료의 Scatter plot

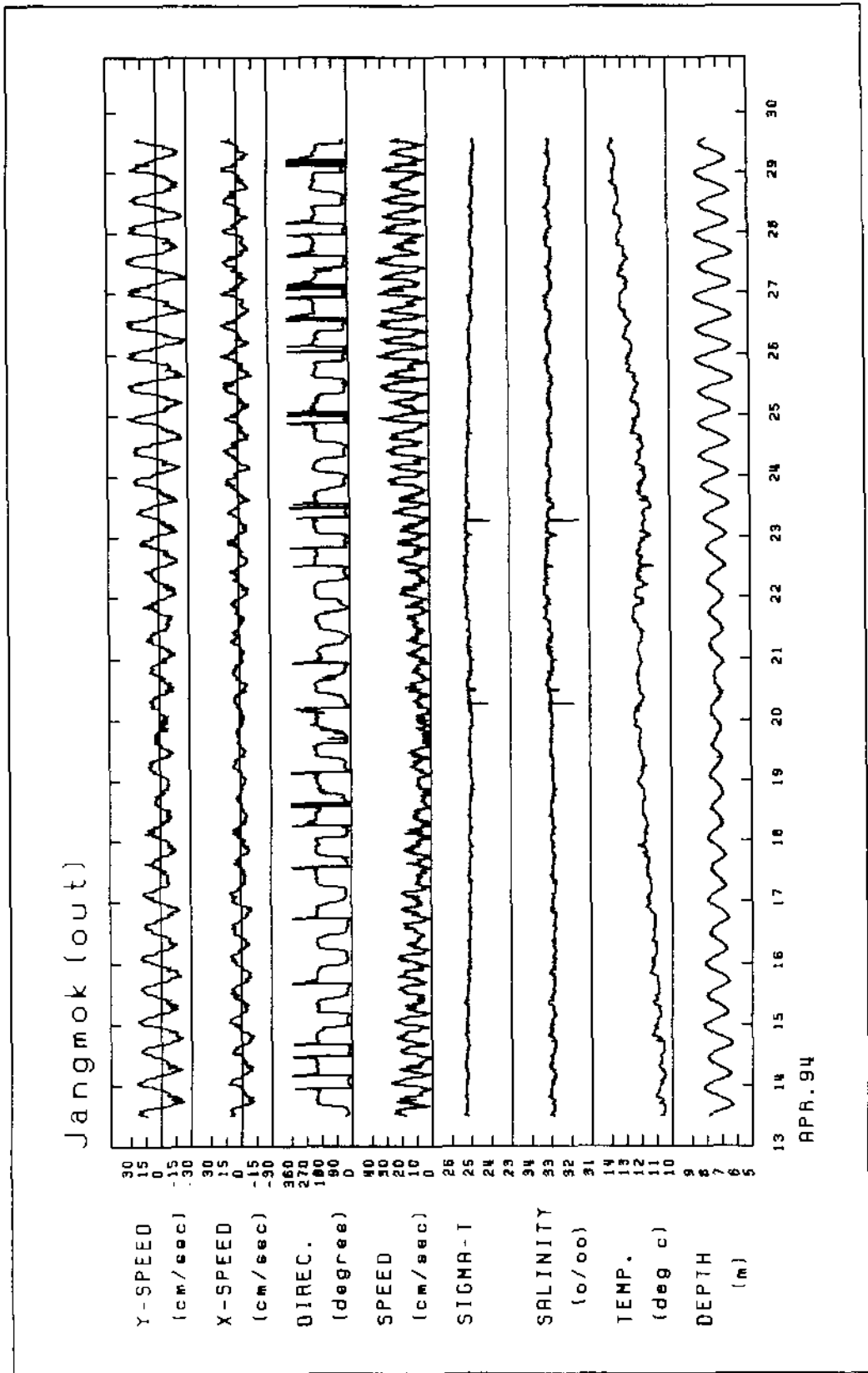
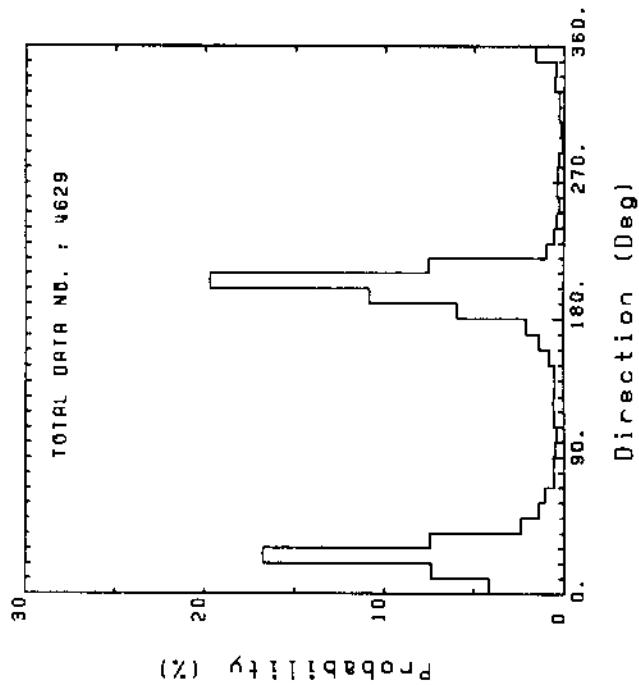


그림 5.1.48 CI-1에서 관측된 유속자료의 원자료

HISTOGRAM Jangmok (out)



HISTOGRAM Jangmok (out)

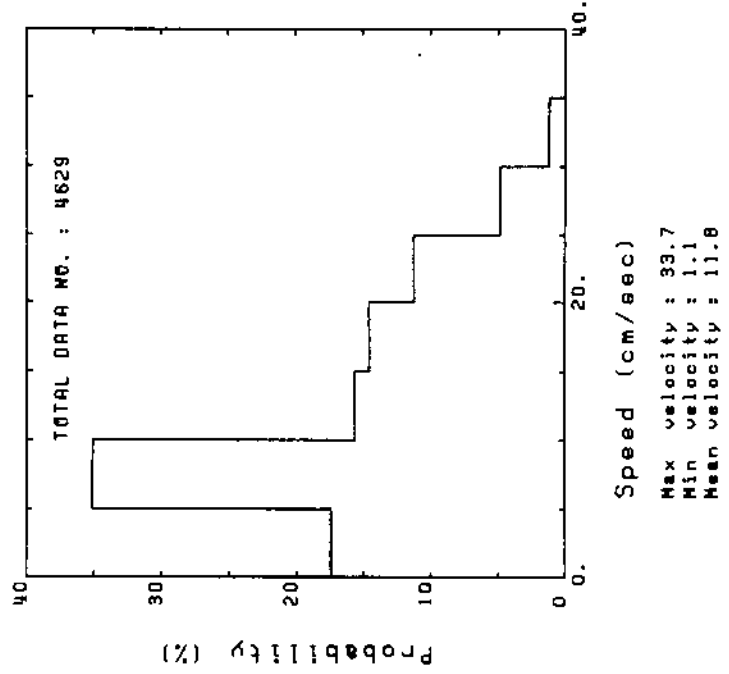


그림 5.1.49 CI-1에서 관측된 유속자료의 Histogram

Scatter plot
Observation period : 94. 4/13 11:15
- 94. 4/29 12:55
Total Data No.:4629

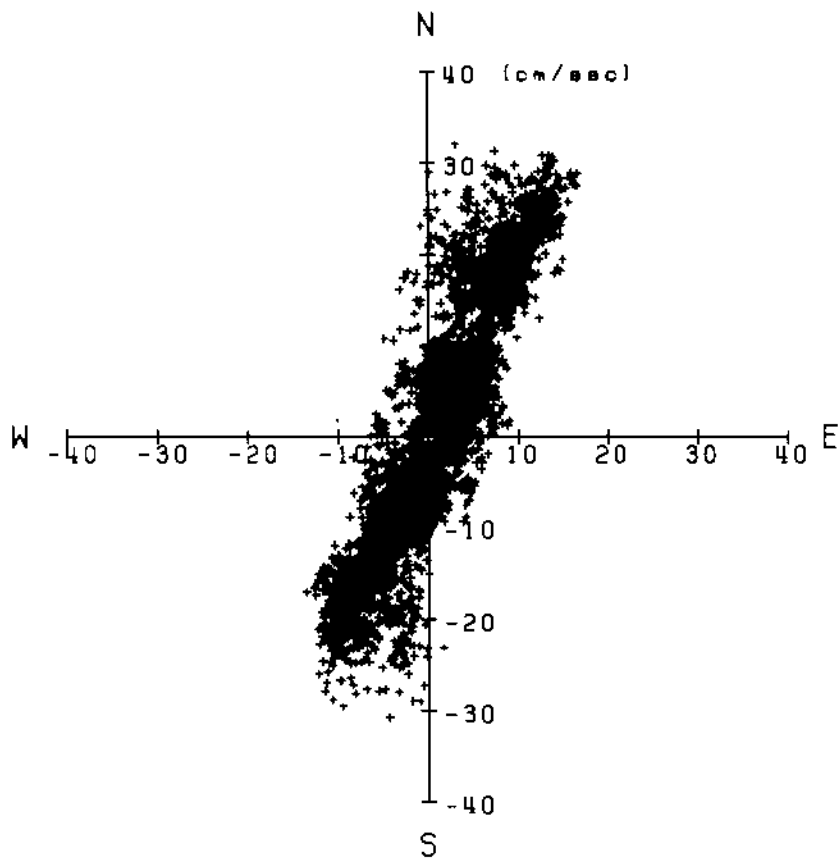
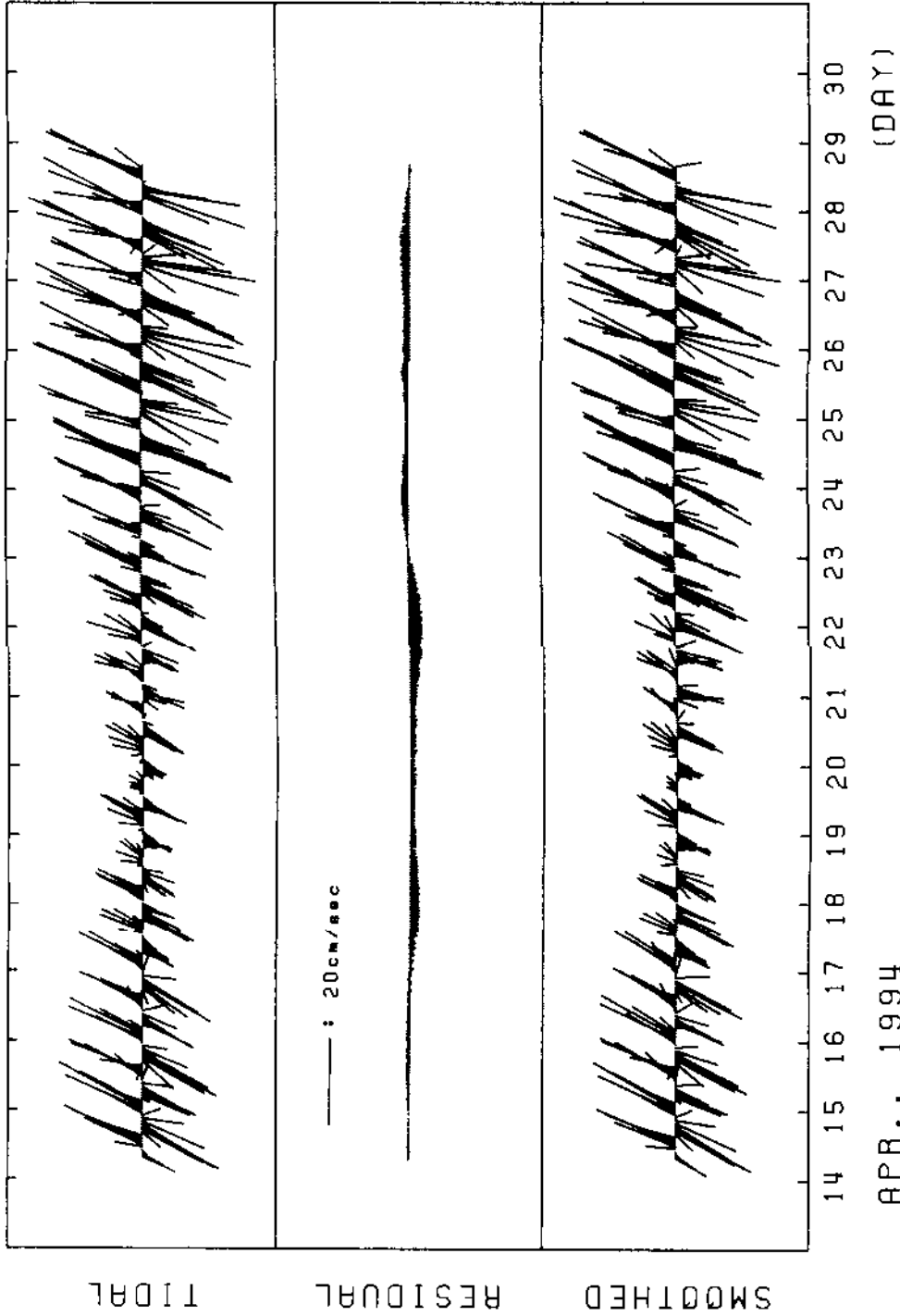


그림 5.1.50 C1-1에서 관측된 유속자료의 Scatter plot

Jangmok (out)



TIDAL

RESIDUAL

SMOOTHED

APR., 1994

그림 5.151 CI-1에서 관측된 조석 잔차류

표 5.1.34 칠천수로의 조류 조화상수

NAME	SPEED (L/hr)	MAJOR (cm/s)	MINOR (cm/s)	INC (°)	G (°)	G+ (°)	G- (°)
Z0	0.0000000	0.393	0.000	140.9	180.0	39.1	320.9
MSF	0.00282193	1.429	0.237	86.1	36.3	310.2	122.4
O1	0.03873065	0.213	0.010	149.1	129.9	340.8	279.0
K1	0.04178075	1.463	-0.162	57.3	229.0	171.8	286.3
M2	0.08051140	15.028	0.853	67.1	316.6	249.5	23.6
S2	0.08333334	7.618	0.593	67.8	350.3	282.5	58.2
M3	0.12076710	0.924	0.093	83.5	56.2	332.7	139.7
SK3	0.12511410	0.285	0.029	141.6	280.4	138.8	62.0
M4	0.16102280	1.217	0.024	56.2	317.9	261.7	14.1
MS4	0.16384470	1.715	-0.166	65.5	337.0	271.6	42.5
S4	0.16666670	0.344	0.297	53.7	38.8	345.1	92.5
2MK5	0.20280360	0.758	-0.185	67.1	6.4	299.3	73.6
2SK5	0.20844740	0.549	-0.071	92.3	36.5	304.2	128.8
M6	0.24153420	0.913	-0.028	43.7	186.7	143.0	230.3
2MS6	0.24435610	0.962	-0.263	52.3	200.2	147.9	252.5
2SM6	0.24717810	0.413	0.062	39.9	212.7	172.8	252.6
3MK7	0.28331490	0.188	0.041	26.8	6.1	339.3	32.9
M8	0.32204560	0.186	-0.069	89.8	54.3	324.4	144.1

Jangmok (in)

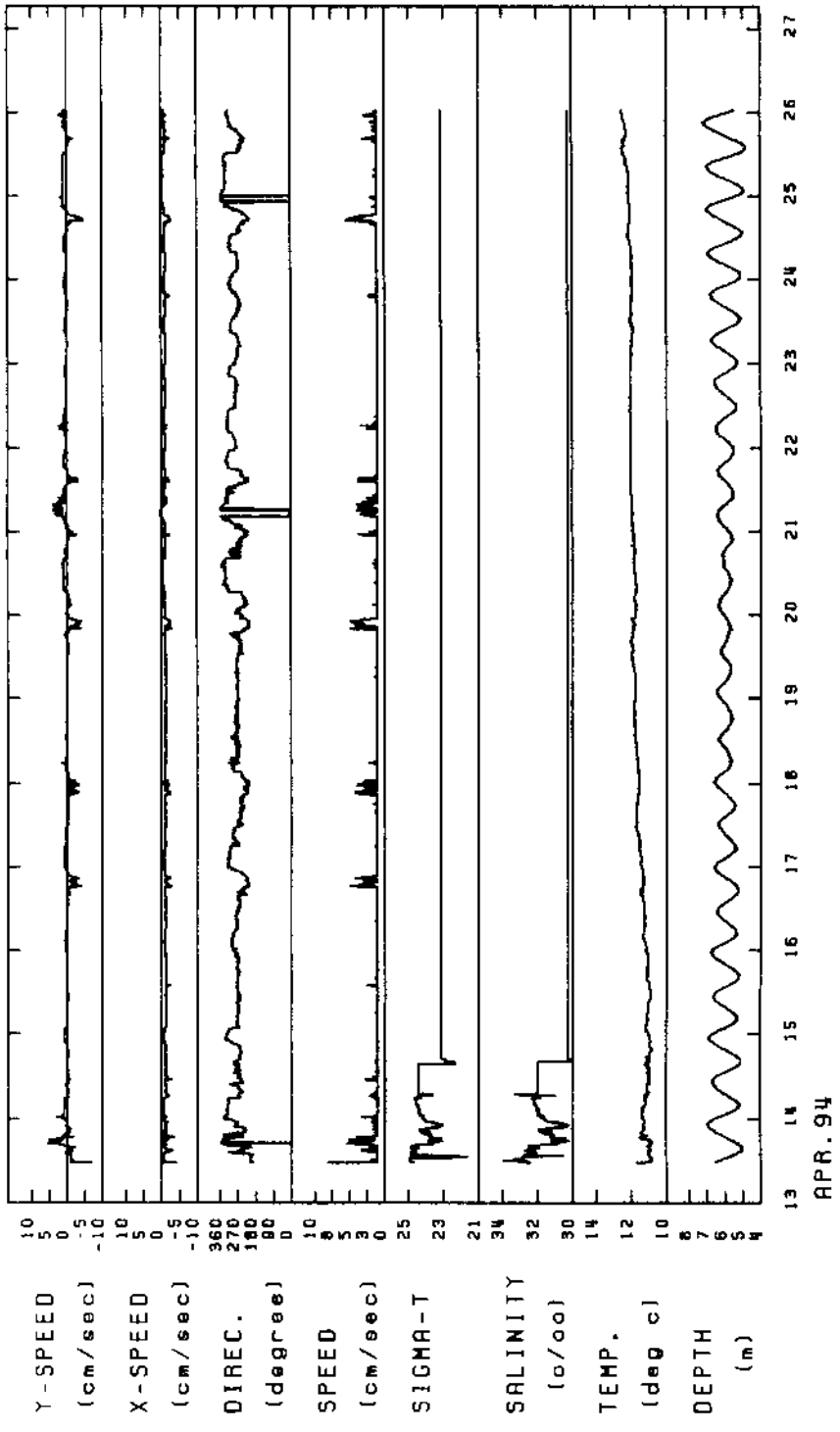


그림 5.1.52 C3-1에서 관측된 유속자료의 원자료(J자)

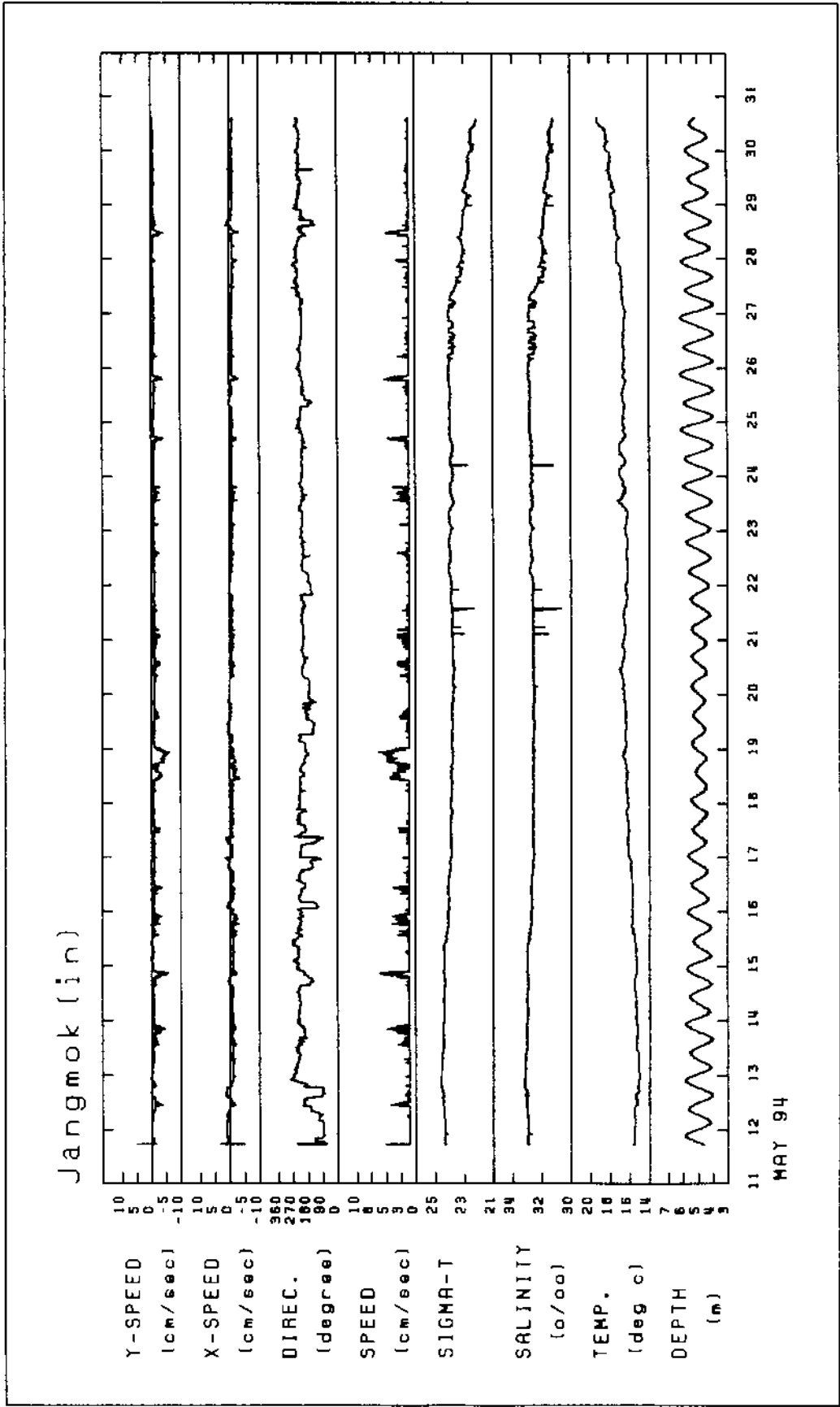
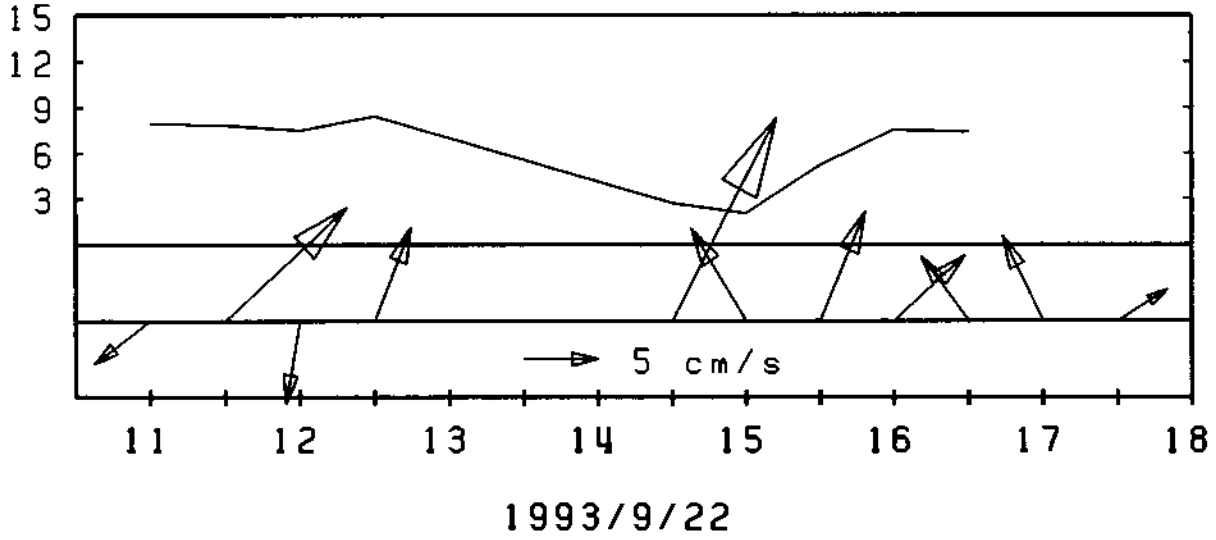


그림 5.1.53 C1-1에서 관측된 유속자료의 원자료(2차)

SS Conc. [mg/l] : Surface



SS Conc. [mg/l] : Bottom

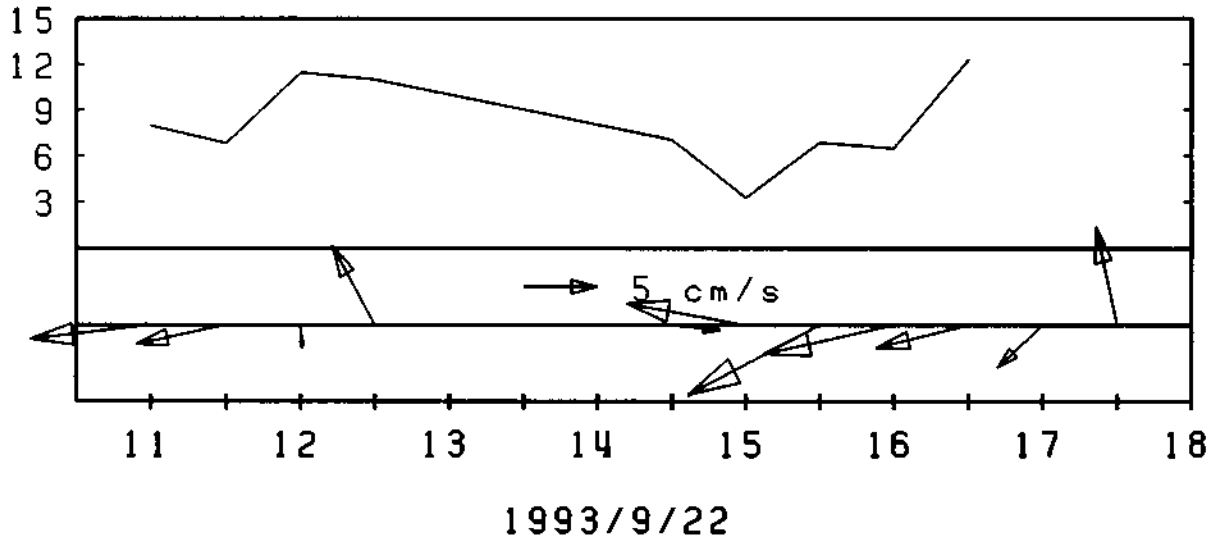
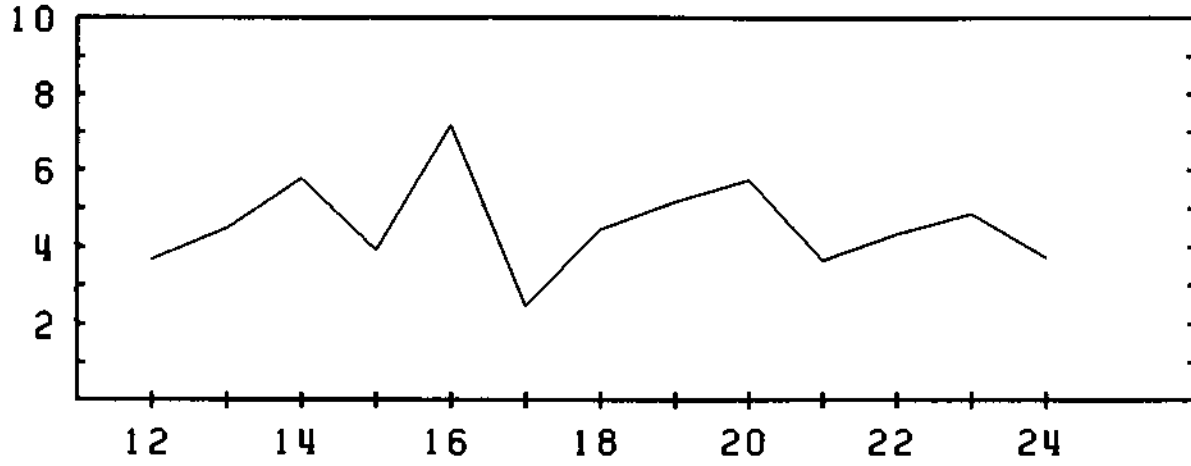


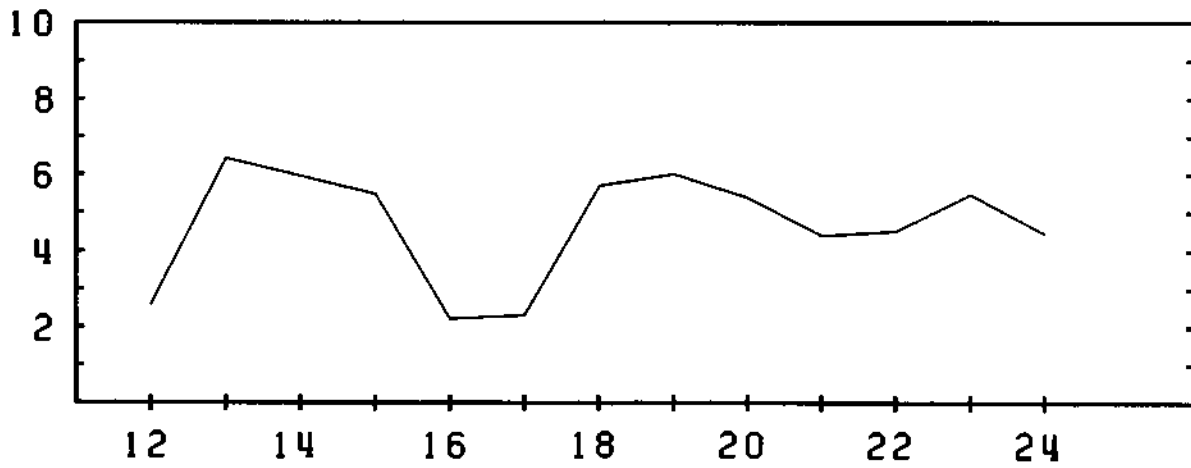
그림 5.154 T1에서 관측된 SS의 시간별 농도

SS Conc. [mg/l] : Surface



1994/4/13

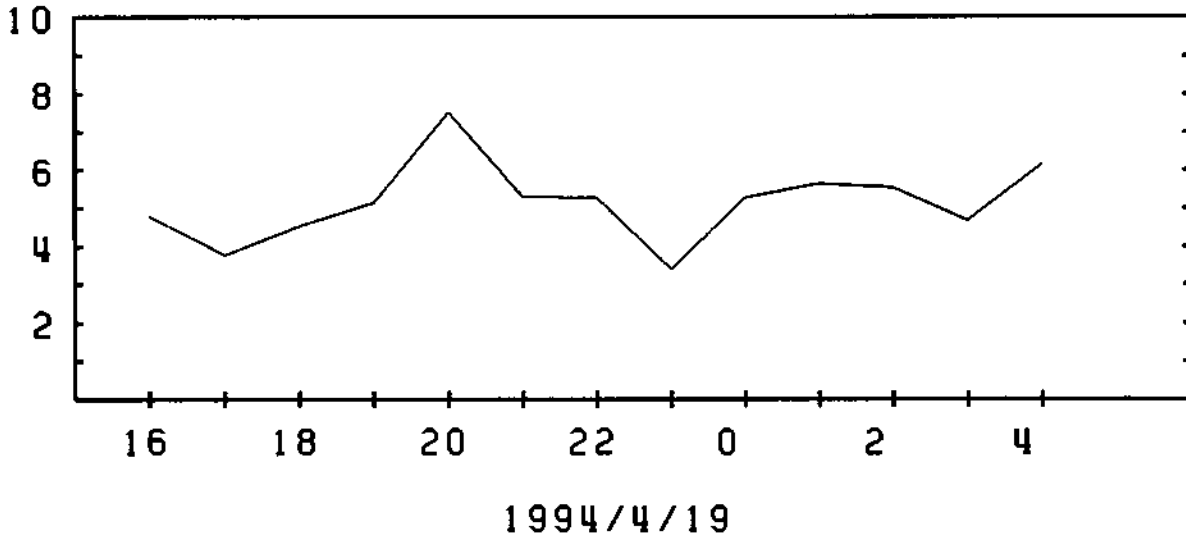
SS Conc. [mg/l] : Bottom



1994/4/13

그림 5.1 55 소조기에 관측된 SS의 시간별 농도

SS Conc. [mg/l] : Surface



SS Conc. [mg/l] : Bottom

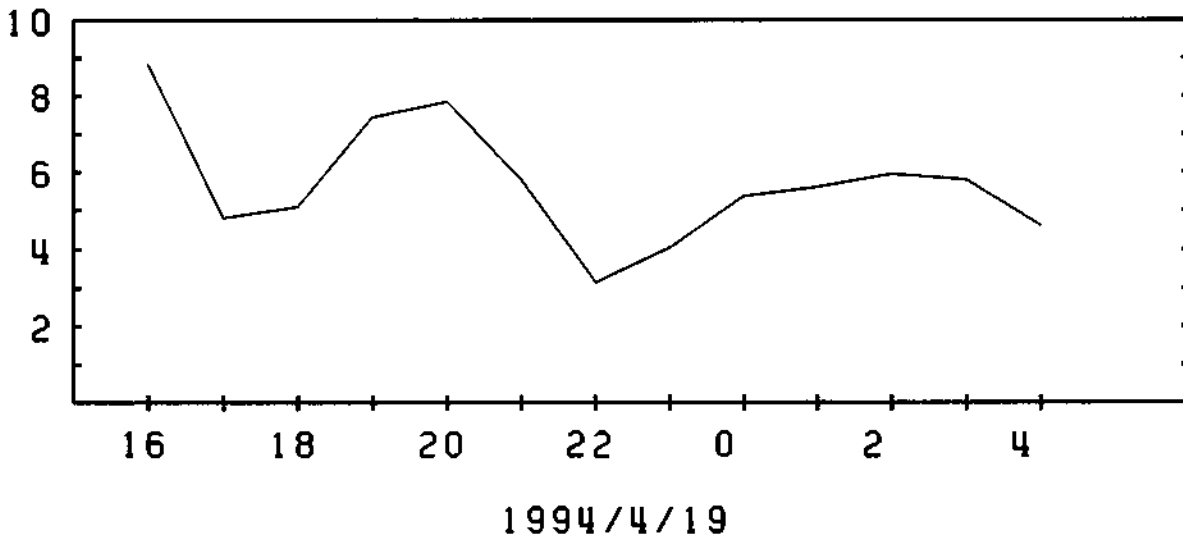


그림 5.1.56 대조기에 관측된 SS의 시간별 농도

(2) 해양수질

1) 시료채취 및 보존방법

화학분석을 위한 해수시료는 1992년 9월, 12월과 1993년 3월, 6월, 9월, 12월, 1994년 3월에 채취하였다. 1992년 9월과 12월에는 장목만의 6개 정점의 표층에서, 1993년 3월, 6월, 9월, 12월 및 1994년 3월에는 8개정점의 표저층에서 연동펌프(Peristaltic pump)를 사용하여 채취하였다(그림 5.1.57). 저층 해수시료는 해저에서 2m 위의 수심에서 채취하였다. 표층퇴적물은 1993년 3월에 Ponar grab을 사용하여 상기의 8개 정점에서 채취하였다. 또한, 하천수의 수질 측정을 위하여 장목만내로 유입되는 3개의 배수구에서 시료를 채취하였다.

용존산소량은 DO병에 고무관을 통하여 가장 먼저 채수하여 Winkler법에 의하여 용존산소를 고정시켜 실험실에서 측정하였다. pH는 100ml 폴리에틸렌 용기에 해수를 받아 pH Meter로 측정하였다. 입자성 부유물질은 미리 머플 가마(Muffle furnace)에서 450℃로 2시간 동안 태운 GF/F필터(Whatman, 직경 47mm)를 사용하여 현장에서 여과한 다음 냉동보관하였다.

화학적산소요구량, 유지류 분석용 시료는 냉동보관하여 실험실로 옮겼다. 시안화합물시료는 고정시약을 넣은 후 보관하였고, 염분 측정시료는 해수를 유리병에 담아 실험실로 옮겼다.

영양염 측정을 위한 시료는 선상에서 진공펌프를 사용하여 GF/F필터로 여과한 후 여액을 18ml들이 폴리에틸렌 용기에 담아 -20℃에서 냉동 보관한 후 실험실로 옮겨서 측정하였다. 암모니아-질소 측정시료는 20ml 유리병에 담고 페놀용액을 넣어 보관하였다. 식물플랑크톤 색소는 해수 1~2l를 영양염과 같은 방법으로 여과한 후 막여과지를 알루미늄 호일로 싸서 -20℃에서 냉동 보관한 후 실험실로 옮겨서 측정하였다.

중금속 측정을 위한 표층 시료는 미리 산으로 세척한 1l들이 폴리에틸렌병을 Tygon tubing을 사용하여 PVC 막대에 매달아 채수하였다(Boyle et al. 1981). 먼지가 묻지 않도록 폴리에틸렌 필름으로 포장한 후 선상에서 냉동 보관하여 실험실로 옮겨서 녹인 다음, 미리 산으로 세척한 pore size 0.4μm(직경 47mm)인 Nuclepore 막여과지로 여과한 후 여액만을 분석하였다. 수은 시료는 300ml용 Pyrex BOD병에 담은 후 정제된 질산 3ml를 가해 고정시킨 다음 실험실로 옮겼다.

해저퇴적물은 채취한 다음 냉동하여 실험실로 옮겼다.

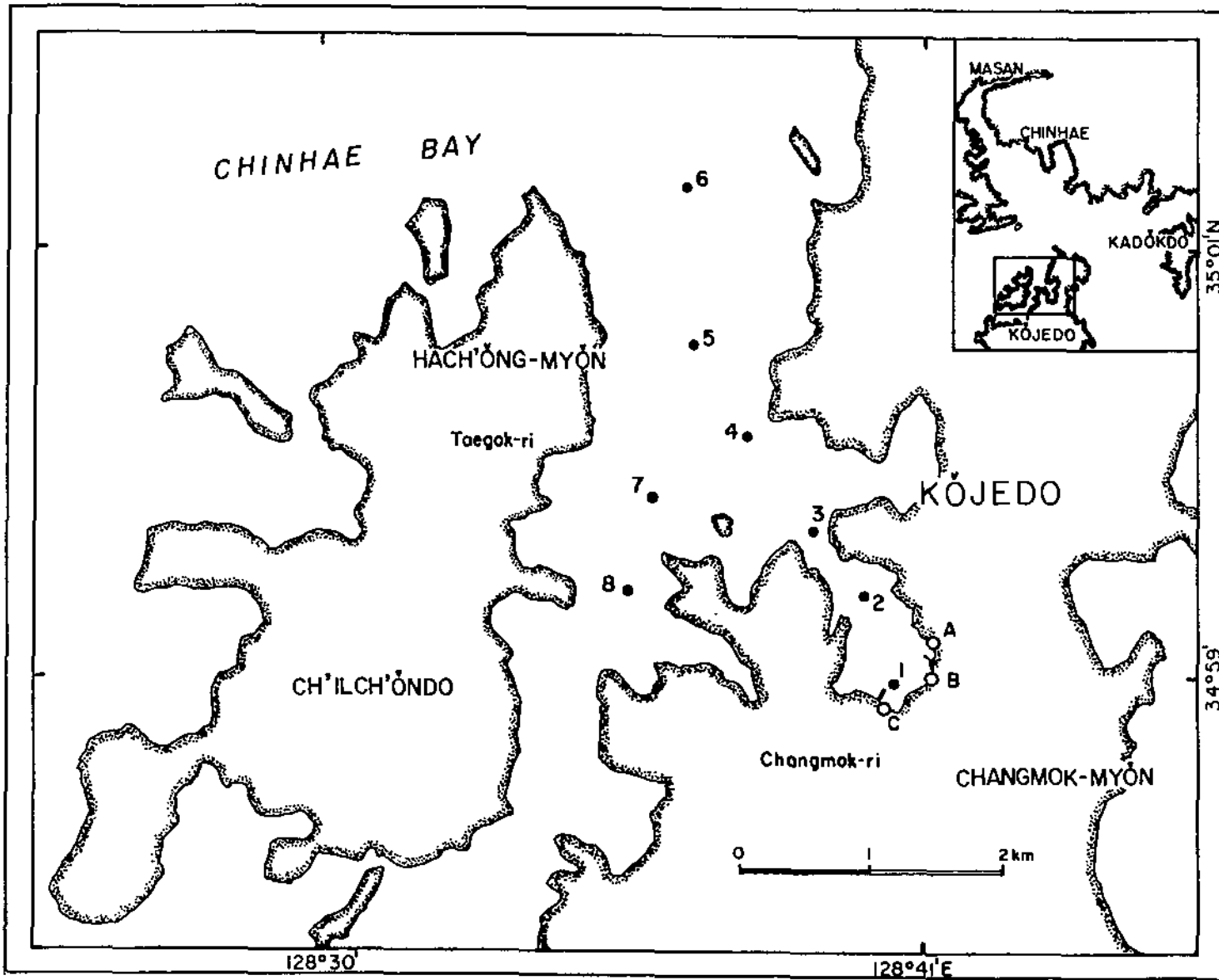


그림 5.1.57 장목리 수질조사 정점

2) 분석방법

A. 수온 및 염분(Temperature & Salinity)

수온은 현장에서 DO Meter를 사용하여 측정하였다. 염분은 실험실에서 Salinometer로 전도도를 측정한 후 다시 염분으로 환산하였다.

B. 용존산소량(Dissolved Oxygen)

평량병에 시료를 담은 후 곧바로 Winkler 법에 의하여 황산망간(II) 용액과 알칼리성 요오드화 칼륨용액을 넣고, 잘 흔들어서 용존산소를 고정시킨 후 실험실로 옮겼다. 시료에 황산을 가하여 산성으로 만들어 이때 유리되어 나오는 요오드를 자동적정기를 사용하여 0.02N-치오황산소다(Sodium thiosulfate)로 역적정한 후 용존산소량을 계산하였다.

C. pH

시료를 상온에서 1시간 정도 방치한 후, 자석젓개로 시료를 저어주면서 온도보정이 가능한 pH Meter를 사용하여 선상에서 측정하였다.

D. 화학적 산소요구량(Chemical oxygen demand)

해수시료 50ml에 알칼리성 하에서 일정 과량의 과망간산칼륨용액을 더하고 수욕상에서 60분간 가열한 후 냉각시켰다. 그 다음 시료용액에 요오드화칼륨을 넣고 황산을 더하여 산성으로 만들어 요오드를 유리시킨 후 치오황산소다로 역적정하였다.

E. 부유물질(Suspended particulate matter)

현장에서 시료 1~2리, 미리 건조기 속에서 건조시켜 무게를 측정한 GF/F필터로 여과한 다음 여과지를 냉동시켜 실험실로 옮겼다. 이 여과지를 105℃ 오븐 속에서 2시간 동안 말리고, 실온으로 식힌다음 무게를 측정하여 여과하기전의 여과지 무게를 뺀값으로 계산하였다. 부유물질중의 유기탄소와 유기질소는 퇴적물을 1N HCl에 침적시켜 무기탄소를 제거한 다음, 건조시켜 Perkin-Elmer CHN원소분석기(Model 240B)로 측정하였다.

F. 유지류(Oil & Grease)

분액 깔대기에 시료를 취하고, 질산으로 시료의 pH가 2정도 되게 조정한 후 유기용매인 Freon(CCl_3CF_3)를 더해 2회 추출한다. 유기용액층을 분리하여 알루미늄 호일로 만든 50ml 용기에 담고, 유기용매를 증발시키고 용기의 무게를 저울에 재서 유지류의 함량을 측정하였다.

G. 시안(Cyanides)

시료 500ml를 시안중류장치에 넣어 1 시간동안 증류하여 산성하에서 시료중의 시안을 시안화수소로 만들어 20ml NaOH용액에 시안을 포집하였다. 수산화나트륨 용액에 인산완충용액을 가하여 pH 를 6.8로 맞추후 클로라민 T 용액을 넣어 염화시안으로 만든 다음, Pyridine-barbituric acid 용액을 넣어 주어 생성된 자색의 색소를 자외선-가시광선 분광광도계로 578nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다.

H. 용존성 영양염류(Dissolved nutrients)

용존성 영양염은 Parsons et al. (1984)에 의거, 발색시켜 발색된 강도를 Technicon AA II 자동분석기를 사용하여 측정하였는데 분석방법은 다음과 같다.

① 아질산염-질소($\text{NO}_2\text{-N}$)

시료에 Sulfanilamide 용액과 N-(1-naphtyl)-ethylenediamine 용액을 가하여 아조 색소를 생성시켜 측정하였다. 아질산염이 산성용액중에서 방향족 제1아민(Sulfanilamide)과 반응하여 생기는 디아민 화합물에 방향족아민을 가하여 커플링(Coupling)시켜 생기는 디아조화합물의 적색을 측정한다.

② 질산염-질소($\text{NO}_3\text{-N}$)

시료를 Cd-column에 통과시켜 아질산염으로 환원시킨 후 아질산염 분석때와 같은 방법으로 발색시켰다. 해수중의 질산염이 금속 구리를 입힌 카드뮴을 채운 칼럼을 통과시키면 정량적으로 아질산염으로 환원되는 것을 이용하는 것이다. Cd-column은 입상의 카드뮴을 아세트, 염산으로 깨끗히 씻은 다음 황산구리용액에 넣어 구리를 입힌 후, 공기와 접촉하지 않도록 해서 유리칼럼에 채운다.

③ 인산염-인($\text{PO}_4\text{-P}$)

Ammonium molybdate, Potassium antimonyl tartrate와 황산의 혼합시약을 시료에 가하고 Ascorbic acid로 환원하여 발색시켰다. 인산염은 산성용액중에서 몰리브덴산과 반응하여 황색의 몰리브덴산착염을 생성한다. 이것을 Ascorbic산으로 환원하면 진한 청색으로 발색된다.

④ 규산염-규소($\text{Si(OH)}_4\text{-Si}$)

시료에 산성 Ammonium molybdate를 가하여 노란색의 Silicomolybdate complex를 만든 후 Oxalic acid와 Ascorbic acid의 환원시약을 가하여 청색으로 발색시켰다.

⑤ 암모니아(NH₄-N)

워산으로 세척한 유리병에 25ml의 해수를 채취한후 현장에서 페놀, Sodium nitroprusside와 산화제를 첨가하여 상온, 암소에서 24시간 발색시킨뒤 자외선-가시광선 분광광도계로 630nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다.

I. 클로로필-a

GF/F필터로 여과하여 여과지에 채취된 시료를 90% 아세톤을 가하고, 20시간 동안 냉암소에 보관하여 플라크톤 색소를 추출한 후 UV-VIS Spectrophotometer (Milton Roy Spectronic-3000)로 흡광도를 측정하였다. 흡광도는 480, 510, 630, 647, 664와 750 nm에서 1cm cell을 사용하여 측정하였다.

J. 투명도(Transparency)

직경 30cm의 Secchi disk를 사용하여 측정하였다.

K. 대장균군

대장균군은 Endo Agar Les medium (Difco)에서 금속성 광택을 보이는 붉은색 집락을 형성한 세균의 수로 계수하였다. 먼저 51g의 media를 20ml의 에탄올이 포함된 1l의 증류수에 녹인 후, 열을 가하여 완전히 녹였다. 45~50℃로 식힌 media를 50~60mm의 Petri dish에 4ml씩 나누어 부어 배지를 준비하였다. 시료는 pore size 0.2μm의 membrane filter로 여과하였다. 여지를 1.8~2.0ml의 Larryl Tryptose broth로 적신 filter pad위에 놓은 후, 35℃에서 1.5~2.5시간 동안 배양하고, Endo Agar Les medium으로 옮겨 35℃에서 22±2시간 동안 배양하였다. 배양이 끝난 후에 형성된 집락중 금속성 광택을 보이는 붉은색 집락의 수를 계수하였다.

L. 중금속(Heavy metals)

① 카드뮴, 구리, 아연, 니켈, 납

시료를 DDTC-APDC-Freon 용매추출법으로 50배 농축한(Danielsson et al. 1978)후 카드뮴, 구리, 아연, 니켈, 납은 아르곤 플라즈마 질량분석기(Model VGI PQ II+)로 측정하였다.

② 크롬

해수중의 Cr은 Iron(II)hydroxide에 의한 공침법으로 분리한 후 비불꽃 원자흡광분광법

로 357.9nm에서 분석하였다.

③ 수은

수은을 정량하기 위해서는 시료에 SnCl_2 용액을 가하고 질소 기류를 흘려주어 반응시킨 다음 유리된 수은 증기를 니크롬선을 감은 석영관내의 금박막트랩에 잡은 후 10A의 전류를 흘려주었다. 트랩에서 빠져 나온 수은 증기를 흡수셀(Absorption cell)속으로 통과시킨후 253.3nm 파장에서 흡광도를 측정하였다.

④ 비소

pH 2로 산처리해 보관한 해수시료 50ml에 4% NaBH_4 용액 1ml를 더하고 헬륨 기류를 흘려주어 반응시킨 다음 유리된 비소 증기를 액체질소에서 석영구슬 트랩에 집은 후 수소불꽃-원자흡수분광법에 의해 193.7nm 파장에서 흡광도를 측정하였다.

M. 퇴적물

① 가열감량

분말 퇴적물 시료 1.0g을 자재 도가니에 취하여 머플 가마에 넣고 550°C에서 4시간 가열한후 실온으로 냉각시키고 그 무게의 감소를 측정하였다.

② 유기탄소 및 유기질소

분말 퇴적물을 1N HCl에 침적시켜 무기탄소를 제거한 다음, 건조시켜 Perkin-Elmer CHN원소분석기(Model 240B)로 측정하였다.

③ 중금속

해저퇴적물 및 육상토양의 분말시료 0.5g을 100ml FEP Teflon 비커에 넣고, 불화수소산 6ml, 질산 3ml, 과염소산 2ml를 각각 가한 다음 뚜껑을 닫아서, 가열판 위에서 24시간 정도 가열하여 완전히 증발건고시켰다. 녹지 않는 퇴적물은 위의 처리과정을 반복하여 완전히 용해시켰다. 여기에 1% 질산을 가하여 비커내벽을 세척한 후 25ml 용량플라스크에 옮겨 최종용량을 25ml로 하였다. 측정된 원소는 카드뮴, 구리, 납, 아연, 비소, 크롬이다. 측정결과는 ppm 건중량으로 나타냈다.

3) 조사결과 및 고찰

A. 수온 및 염분

조사기간중의 표층해수의 수온 변화는 8.0~24.4℃이었으며, 저층에서의 수온변화 범위는 7.9~24.2℃이었다(표 5.1.35). 월별평균변화는 94년 3월에 표층에서 8.2℃, 저층에서 8.2℃로 가장 낮았고, 9월에 가장 높게 나타났다.

조사해역의 염분변화는 25.54~33.35‰이었다(표 5.1.36). 월별변화는 강우로 인하여 92년과 93년의 9월에 비교적 낮게 나타났다. 92년 9월에 마산만의 염분은 31‰ 정도로 타계절에 비하여 2~3‰ 낮게 나타났다. 정점별로는 장목만내의 정점 1~3에서 약간 낮은 염분을 나타내고 있다. 층별 변화는 93년 3월과 6월에는 상·하층간에 큰차이를 보이지 않았으나, 9월에는 많은 강우의 영향으로 표층에서 저층보다 평균 2.65‰ 낮았다.

B. 용존산소량

산소는 해양에서 가장 변화가 큰 용존기체로 해양에서의 생물 및 화학적 제반과정에 밀접하게 관련한다. 해수중의 용존산소는 대기-해양간의 접촉에 의하여 대기에서 공급되고, 표층에서는 광합성에 의하여 생산되므로 표층해수의 용존산소는 포화되어 있다. 수심이 깊은 곳에서는 대기의 교환과 식물의 성장에 따른 산소의 공급이 없기 때문에 생물, 식물의 호흡과 유기물의 분해에 의하여 산소가 소비되어 용존산소량은 감소한다.

본 조사에서의 용존산소의 농도범위는 1.96~12.42mg/l이었다(표 5.1.37). 상·하층간의 용존산소농도는 93년 3. 6월에 비하여 93년 9월에 크게 나타났다. 이 현상은 여름철에 형성된 수온약층이 아직 남아있는 것으로 생각된다. 표층에서 광합성에 의하여 생성된 산소가 저층수와 혼합이 잘 이루어지지 않는 것이다. 또한 이 해역의 표층에서 생성된 유기물이 저층에서 분해되고 있음을 시사한다고 볼 수 있다.

본 조사기간중 표층에서의 용존산소포화도는 83~129%로 나타났으며, 저층은 93년 9월 조사의 정점 6과 7에서 나타난 66, 54%를 제외하고는 100% 이상의 포화율을 보였다. 그러나 수온자료가 없어서 포화도를 계산하지 못한 93년 9월의 정점 1~4의 저층에서 매우 낮은 것으로 보인다.

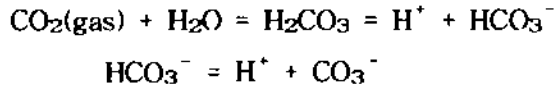
배수구의 배수는 0~16.19mg/l의 용존산소량을 나타냈다.

C. pH

전수층을 통한 pH의 변화범위는 8.10~8.67로 나타났다(표 5.1.38). 표층에서의 월별 평균 pH는 93년 9월에 8.65로 가장 높았고, 다른 시기에는 8.23~8.32로 균일하게 나타났다. 저층에

서의 변화는 93년 3월, 6월, 12월 및 94년 3월에는 월평균 pH가 표층해수와 거의 차이가 없었으나, 93년 9월의 저층해수는 8.37로 표층해수(8.65)와 큰 차이를 보였다.

연안에서의 pH는 하천수의 혼합정도 및 광합성의 정도에 따른 이산화탄소의 농도에 의하여 좌우된다. 이산화탄소가 용해하면 다음과 같은 상태로 존재한다.



이와같이 해수에서 H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} , CO_2 가 평형상태를 이루고 있다. 해수는 대기의 CO_2 와 평형상태를 이루고 있으며 pH가 8.1~8.3으로 약알칼리성을 나타낸다. 표층에서의 광합성이 급속히 일어날 경우 pH가 올라가며, 연안, 늪지대에서 이러한 현상이 종종 일어난다. 저층에서는 광합성에 의하여 생성된 유기물이 분해하면서 CO_2 가 방출되어 pH가 어느 정도 떨어진다. 본 조사의 93년 3, 6월에는 그러한 현상을 보이지 않았으나, 93년 9월 조사에서는 표층에 비하여 저층에서 크게 낮았다. 표층해수는 일사량이 많은 관계로 광합성이 활발한 반면, 시기적으로 저층의 해수는 표층과의 혼합이 완전히 이루어지지 않은 것에 기인한다.

D. 화학적산소요구량

해수에 있어서 유기오염의 지표로서 COD가 종종 이용되고 있다. 해역에 존재하는 COD의 성분은 육지에서 공급되는 것, 해역내에서 식물플랑크톤에 의하여 생산되는 유기물로 나눌 수 있다.

본 조사에서 나타난 COD의 농도 변화는 0.3~5.2mg/l이다(표 5.1.39). 표층에서의 월별 평균 농도변화를 보면, 93년 3월에 0.9mg/l로 가장 낮았으며, 93년 12월의 정점 1과 2를 제외한 정점에서 1.8~2.8mg/l로 나타났다. 93년 12월에 정점 1과 2에서는 해수가 붉은색을 띠 정도로 적조가 나타나고 있었는데, 이의 영향으로 화학적산소요구량이 높아진 것으로 판단된다. 상·하층간의 농도변화는 크지 않는 것으로 나타났다. 참고로 92~93년의 마산만에서의 화학적산소요구량은 0.9~11.0mg/l이었다(김 등, 1993).

배수구의 배수의 화학적산소요구량을 측정된 결과를 보면, 3.4~57.2mg/l로서 해수에 비하여 매우 높다. 이같이 유기물이 많은 오염된 배수의 유입으로 배수구 주변은 거의 썩은 상태를 유지하고 있는 실정이다. 현재의 이러한 배수의 영향은 배수량이 적고, 만내의 해수순환이 잘 이루어지지 않으므로, 배수구에 가까운 지역외에는 장목만내에 영향을 크게 미치고 있지 않으나, 주민수가 늘어나서 배수량이 많아지면, 장목만내를 오염시킬 가능성이 크다고 하겠다.

E. 부유물질

해수중의 입자상물질은 수mg 정도인데, 그 구성은 생물 및 사체, 먼지, 화산재, 광물부스러기 등으로 이루어지며, 해역 및 수심에 따라 부유물질의 조성과 양은 크게 변동된다. 원양일수록 식물플랑크톤이 차지하는 비율이 크며, 해수 표층에 떠있는 입자상 물질의 대부분은 식물플랑크톤의 광합성에 의하여 생산된다. 따라서 표층에서는 부유물질중의 유기물이 차지하는 비율이 크고, 유기물은 수층에서 분해되므로 수심이 깊어질수록 유기물의 비율은 작아진다. 이러한 현탁물질은 음파를 흡수 및 산란하고, 또는 해수가 색깔을 띄는 원인이 되며, 표층에 존재하는 물질을 심층으로 운반하는 기능도 있다. 뿐만아니라 해수의 유동에 의하여 퇴적물의 일부가 위로 떠오를 수도 있으며, 폐쇄된 연안에서는 하천을 통하여 유입된 점토, 금속산화물 같은 무기현탁물은 해수와 반응하여 해수의 조성을 변화시킬 수 있다.

본 조사에서 나타난 부유물질의 변화는 2.8~19.2mg/l이었다(표 5.1.40). 최고치는 92년 9월의 정심 1의 표층에서, 최저치는 92년 12월의 정점 5의 표층에서 나타났다. 월별농도는 92년 12월에 평균 3.4mg/l로 가장 낮았다. 이것은 위에서 기술한 바와 같이 해수중의 부유물질의 양은 플랑크톤의 광합성의 정도에 따라 좌우되므로 겨울철에 생물활동이 활발치 않은 것에 기인한다. 그러나 93년 12월의 정점 1과 2에서는 매우 높게 나타났는데, 이것은 이때 발생한 적조로 인한 플랑크톤의 증가에 기인하는 것으로 사료된다. 나중에 입자성 탄소와 질소에서 기술하지만, 정점 1과 2에서 높은 부유물질의 유기탄소가 높게 나타난 것이 플랑크톤의 증가를 뒷받침한다.

93년 12월 이외에는 상·하층간의 농도변화의 뚜렷한 양상은 나타나지 않는데, 이것은 이곳의 수심이 낮으므로 부유물질이 침강하면서 일어나는 변화가 작고, 저층에서 재부유되는 현상 역시 작은 것을 의미한다.

F. 유지류

93년 6월과 9월의 유지류는 불검출~0.5mg/l의 변동범위를 보였다(표 5.1.41).

G. 시안

장목만의 해수와 퇴적물에서 시안은 검출되지 않았다.

H. 용존성 영양염류

일사량이 충분할 때 광합성은 일어나는데, 광합성 과정에서 ADP나 ATP와 같은 촉매가 사용되며 아미노산이나 단백질 등도 참여한다. 그러므로 ATP의 구성요소인 인산이 필요하게 되고 아미노산의 구성 요소인 질소가 필요하게 된다. 따라서 질소계 영양염인 질산염(Nitrate,

NO_3^-), 아질산염(Nitrite, NO_2^-), 암모니아(NH_4^+)와 인산염계열 영양염(PHO_4^{2-} , PO_4^{3-})이 필요하고, 해양 식물플랑크톤의 주류를 이루는 규조(Diatom)의 경우 세포벽 형성을 위해 규산염(H_4SiO_4)이 반드시 필요하다.

이들 중 어느 것이라도 부족한 경우를 영양결핍(Nutritional limitation)이라고 하며 유기물의 합성이 불가능해진다. 흔히 우리나라 연안해역에서 제한요소(Limiting factor)로 작용하는 영양염은 인산염이다. 이상을 정리하면 해수에서의 주요 영양염은 질소, 인 그리고 규소이다. 용승역과 같이 영양염이 많은 심층수가 표층수로 용승하는 곳은 부영양(Eutrophic)해역이라고 하고 아열대 해역의 표층수와 같이 영양염이 적은 상태를 빈영양(Oligotrophic)해역이라 한다.

총무기질소 : 용존성 총무기질소는 해수중에 녹아 있는 아질산염-질소, 질산염-질소, 암모니아-질소 농도의 총계를 말한다. 따라서 본 조사에서도 아질산염, 질산염, 암모니아 농도를 각각 측정된 후 그 합한 값을 총무기질소 농도로 하였다. 조사기간을 통한 장목만 해수중의 용존성 총무기질소 범위는 16~517 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로써 대부분 환경처에서 설정한 이 해역의 수질등급인 2등급해역의 수질기준 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ 를 초과하고 있다(표 5.1.42). 특히 93년 9월 조사에서는 장목만으로 유입되는 3개 배수유입 지점의 총무기질소 농도가 3,740~10,290 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 수질기준을 월등히 초과함으로써 장목만의 오염원이 생활하수임을 나타냈다.

부영양화의 표현으로써 吉田(1973)는 7~9월 성층기의 각 해역을 영양등급으로 구분하였는데, 총 무기질소로 보면 빈영양해역은 <28 $\mu\text{g}/\text{l}$, 부영양해역은 28~140 $\mu\text{g}/\text{l}$, 과영양 해역은 140~1,400 $\mu\text{g}/\text{l}$ 이다. 본 조사결과를 이 기준에 비교해 보면 2등급해역인 장목만은 과영양해역에 해당된다고 하겠다.

아질산염 : 본 조사에서 나타난 아질산염의 농도범위는 2~41 $\mu\text{g}/\text{l}$ 이다(표 5.1.43). 월별 평균 농도변화는 표층에서는 93년 3월에 28 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 다른 시기에 비하여 가장 높았다. 저층 역시 93년 3월에 26 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 가장 높았다. 본 조사기간중의 아질산염 농도는 91년 마산만의 조사에서 나타난 2.8~111 $\mu\text{g}/\text{l}$ 보다 낮다(김 등, 1992). 본 해역의 결과를 마산만과 비교하여 보면, 많은 공업 폐수와 생활하수가 유입되는 마산내만 보다는 낮고, 외만해역의 농도와는 비슷하다. 이것은 본 조사해역의 인근에는 공장이 없고, 유입되는 하수의 양도 적기 때문으로 생각된다. 그러나 배수구에서 측정된 아질산염의 농도는 31~302 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 매우 높아, 장목만내의 경우 해수순환이 원활히 이루어지지 않으므로 부영양화의 우려가 있다.

질산염 : 질산염의 농도범위는 2~208 $\mu\text{g}/\text{l}$ (표 5.1.44)로 마산만(1991~1993년)의 nd~1.185 $\mu\text{g}/\text{l}$ (김 등, 1992, 1993)에 비하여 낮았다. 아질산염과 마찬가지로 마산내만에 비하여 낮고, 외만

의 정점과는 비슷한 농도를 나타냈다. 93년 9월조사의 특징은 표층해수와 저층해수의 질산염 농도차이가 뚜렷이 난다는 것이다. 즉, 표층에서는 식물플랑크톤의 광합성에 의하여 소비되어 감소하고 있다. 이 때의 해수의 pH가 다른 시기에 비하여 높고, 특히 표층에서 매우 높아 생물활동이 활발했던 것으로 보인다.

배수구의 질산염의 농도는 $900\mu\text{g/l}$ 이상으로 매우 높았다. 이와 같은 결과는 장목만 인근 지역의 주민활동이 활발해져 유입하수의 양이 증가한다면, 해수순환이 원활치 않은 장목만은 부영양화 및 적조현상이 발생할 수도 있는 것으로 생각된다. 현재에도 배출구 인근의 해수는 검게 색어가고 있으며, 심한 악취가 발생하고 있다.

암모니아 : 본 조사에서의 암모니아의 농도범위는 $6\sim 493\mu\text{g/l}$ 이었다(표 5.1.45). 93년 6월에 표층해수에서 평균 $311\mu\text{g/l}$ 로 다른 시기에 비하여 높았다. 93년 9월에는 표층에 비하여 저층에서 높게 나타났는데, 이것은 다른 영양염의 농도와 마찬가지로 표층에서의 플랑크톤에 의하여 소비된 것으로 판단된다.

93년 9월에 배수구에서 측정된 농도는 $850\mu\text{g/l}$ 이상으로 나타나 다른 영양염과 마찬가지로 하수가 대량으로 유입될 경우 해역을 오염시킬 우려가 있다고 하겠다.

인산염 : 본 조사에서 인산염의 농도범위는 $1\sim 187\mu\text{g/l}$ 로 폭넓게 나타났다(표 5.1.46). 월별 농도를 보면, 92년 9월 표층에서 평균 $134\mu\text{g/l}$ 로 다른 시기에 비하여 월등히 높았다. 이것은 92년 9월의 조사기간 전에 많은 비가 내려 생물활동이 급격히 저하되어 소비가 적어진 결과로 생각된다. 93년 9월의 경우에는 92년에 비하여 현저히 낮으며, 표층보다는 저층에서 높게 나타나고 있는데, 표층에서는 플랑크톤에 의하여 소비되기 때문에 농도가 낮게 나타나고 있다. 마산만에서의 91~93년 조사에서는 $6\sim 155\mu\text{g/l}$ 로 장목만과 비슷하였다(김 등 1992, 1993).

배수구의 인산염 농도는 $59\sim 1,970\mu\text{g/l}$ 로 매우 높은데, 이것은 생활하수중에 세제의 함량이 높기 때문인 것으로 생각된다. 질산염이 높은 것과 함께 인산염도 장목만에서는 오염이 크게 우려된다고 하겠다. 환경처에서 고시한 2등급해역의 인산염 수질기준은 $15\mu\text{g/l}$ 로써 장목만은 추계 및 동계에는 이 기준을 훨씬 초과하고 있다. 또한 吉田(1973)가 인산염으로 구분한 해역별 영양등급은 $<30\mu\text{g/l}$ 가 빈영양해역, $30\sim 100\mu\text{g/l}$ 는 부영양해역, $100\mu\text{g/l}$ 이상은 과영양해역인데, 이 기준으로 보면 장목만은 추계에는 부영양 내지 과영양 상태이며, 그 밖의 계절에는 빈영양 해역에 해당된다고 하겠다.

규산염 : 본 조사에서의 규산염의 농도는 $48\sim 1,480\mu\text{g/l}$ 로 나타났으며, 92년 9월의 조사에서 표층해수가 $539\sim 1,130\mu\text{g/l}$ (평균 $870\mu\text{g/l}$)로 다른 시기보다 높게 나타난 반면(표 5.1.47), 93, 94

년 3월에는 표층층 모두 가장 낮았다. 특히 94년 3월에는 전 정점에서 $<20\mu\text{g/l}$ 이하로 균일하게 나타났다. 질산염, 인산염의 경우와 마찬가지로 플랑크톤에 의하여 소비된 것으로 판단된다. 91~93년의 마산만에서는 $14\sim 3,089\mu\text{g/l}$ 로 농도변화가 심했다(김 등, 1992, 1993).

I. 클로로필-a

입자성물질중의 살아있는 생물의 양을 나타내는 척도로서 흔히 클로로필 a의 양을 측정한다. 즉, 클로로필-a는 식물플랑크톤에 한정되기 때문이다. 본조사에서 나타난 클로로필-a의 분포는 $0.18\sim 20.15\mu\text{g/l}$ 이다(표 5.1.48). 일반적으로 클로로필의 양은 빛이 충분하고, 수온약층이 형성되어 저층으로부터의 영양염공급이 이루어지지 않는 경우, 표층의 영양염 결핍으로 식물플랑크톤이 수온약층 부근으로 이동하므로 수온약층 부근에서 최대치를 나타내는데, 표층수온이 내려감에 따라 수온약층이 소멸되면 이러한 클로로필의 최대치를 나타내는 현상은 없어진다. 표층에서는 94년 3월의 조사에서 평균 $9.11\mu\text{g/l}$ 로 다른 시기에 비하여 크게 높았으며, 92년 12월에 $0.36\mu\text{g/l}$ 로 가장 낮았다.

92~93년 마산만의 경우에는 내만에서 크게 높게 나타나고 있는데, 농도분포는 $0.1\sim 26\mu\text{g/l}$ 이며, 장목만에 비하여 전체적인 분포도 높았다.

J. 수심 및 투명도

본 조사정점의 수심은 $8\sim 22\text{m}$ 로 나타났다. 정점 1이 8m 로 수심이 가장 낮으며, 정점 8이 22m 이고, 그외의 정점은 $10\sim 13\text{m}$ 이다.

93년 9월에 조사한 투명도의 결과는 $4.8\sim 6.5\text{m}$ 로 나타났다. 장목만내의 정점 1과 2에서 4.8m 로 가장 낮으며, 정점 6과 8에서 각각 5.4 , 5.5m , 정점 3~5, 7에서 $6.0\sim 6.5\text{m}$ 로 나타났다. 93년 12월과 94년 3월 조사에서는 $1.8\sim 3.7\text{m}$ 로 93년 9월보다 낮게 나타났다. 특히 93년 12월의 정점 1에서는 1.5m 로 가장 낮게 나타났는데, 이것은 이때 발생한 적조와 관계 있는 것으로 생각된다. 본 결과를 아산만의 결과($0.4\sim 3.0\text{m}$)와 비교해 보면, 이 해역의 투명도가 높은 것을 알 수 있다(홍 등, 1993). 83년도에 조사된 진동만과 마산만 바깥 해역의 투명도는 $1.8\sim 6.3\text{m}$ 이었다(이 등, 1984).

K. 대장균군

대장균군은 93년 12월과 94년 3월에 조사하였다. 해역에서 93년 12월에 미검출 $\sim 70/100\text{ml}$ 로 나타났고, 94년 3월에는 모두 미검출되었다.

L. 중금속

연안해수의 중금속 농도에 영향을 주는 인자는 대기와 하천을 통한 자연 또는 인간활동에 의한 육상기원 유입, 해양생물의 작용, 수괴의 안정성, 그리고 비교적 중금속 농도가 낮은 외양수와와의 해수 교환 등이다. 연안해수의 중금속 농도는 여러 해양과정에 의하여 시·공간적인 분포가 결정된다.

본 조사에서 나타난 중금속농도는 92년 7월의 결과는 용존성 및 입자성 중금속의 총농도이며, 그 외의 결과는 용존성 중금속만의 결과이다.

① 카드뮴

본 조사기간 중 카드뮴의 농도범위는 $0.009 \sim 0.023 \mu\text{g/l}$ 이었다(표 5.1.49). 월별변화를 보면 93년 9월의 평균농도가 $0.009 \mu\text{g/l}$ 로 낮았으며, 그외의 시기에는 $0.017 \sim 0.020 \mu\text{g/l}$ 로 균일하였다. 이 농도는 91년 7월과 10월에 마산만 바깥쪽에서 조사한 결과인 $0.011 \sim 0.021 \mu\text{g/l}$ 와 비슷하다. 마산만에서의 91년 결과를 보면, 도시하수와 산업폐수의 영향을 많이 받는 마산내만의 정점에서 $0.14 \mu\text{g/l}$ 로 가장 높았고, 부도를 지나 가덕수도쪽으로 나갈수록 점점 낮아지는 경향을 보였으며, 행암만내에서도 $0.039 \mu\text{g/l}$ 의 다소 높은 농도를 나타내었다(김 등, 1992).

마산만의 카드뮴 농도 분포는 염분과 음의 상관성을 뚜렷하게 보임으로써, 그 오염원은 창원 공단의 폐수가 유입되는 봉암천과 산호천으로 나타났다. 그러나, 장목만과 칠천수도에는 공장폐수의 유입이 없으므로 마산외만과 비슷한 농도를 보이는 것으로 생각된다. 92년 9월의 결과가 다른 시기와 비슷한 것으로 보아 카드뮴은 주로 용존성으로 존재하는 것으로 판단된다.

본 해역의 카드뮴 농도는 91년에 조사한 남해해역의 $0.007 \sim 0.027 \mu\text{g/l}$ 과 비슷하며, 91~92년에 영광해역에서 나타난 카드뮴 농도인 $0.011 \sim 0.043 \mu\text{g/l}$ 와 아산만 해역의 $0.013 \sim 0.050 \mu\text{g/l}$ 보다는 약간 낮다(곽 등, 1990; 한진, 1992; 홍 등, 1993). 또한 본 조사결과는 환경처의 수질기준인 $10 \mu\text{g/l}$ 에 비해서는 매우 낮아 분제시 되지 않는다.

② 구리

본 조사기간 중 구리의 농도는 $0.17 \sim 0.80 \mu\text{g/l}$ 의 범위를 나타냈다(표 5.1.50). 월별변화를 보면, 92년 9월의 결과가 총구리 농도임에도 불구하고, $0.50 \sim 0.56 \mu\text{g/l}$ 의 고농도를 나타내고 있다. 정점간의 농도변화는 장목내만의 정점 1과 2에서 약간 높은 경향이 있으나, 큰 차이는 보이지 않았다.

본 해역의 구리의 농도를 91년 7월과 10월의 마산만에서의 결과와 비교해 보면, 카드뮴과 마찬가지로 마산내만($0.26 \sim 1.53 \mu\text{g/l}$) 보다 낮고, 외만의 결과($0.19 \sim 0.54 \mu\text{g/l}$) 보다는 약간 높다(김 등, 1992). 마산만의 결과와 한가지 다른 특징은 마산만에서의 구리농도는 7월에 $0.22 \sim$

1.53 $\mu\text{g}/\text{l}$, 10월에 0.19~0.44 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 계절적으로 차이를 보이거나 본 해역에서는 그러한 경향을 나타내지 않는다는 것이다.

본 조사결과는 87년의 울산 해역에서 조사한 평균농도 범위 0.40~1.39 $\mu\text{g}/\text{l}$ 보다는 낮고, 우리나라 남해 표층해수의 0.04~0.37 $\mu\text{g}/\text{l}$ 에 비해서는 높으며, 영광해역의 0.25~0.98 $\mu\text{g}/\text{l}$ (1991~1992년)와는 비슷하다(곽 등, 1990; 한전, 1992). 환경처의 해역의 구리 수질기준은 20 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로써 본 조사결과는 이 보다 훨씬 낮다.

③ 납

본 조사기간 중 납의 농도 범위는 총납의 농도로 조사한 92년 9월에 0.074~0.194 $\mu\text{g}/\text{l}$, 용존성 납의 농도로 조사한 시기에는 0.006~0.055 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 나타났다(표 5.1.51). 이 결과는 납의 경우에는 카드뮴과 구리와는 달리 납은 대부분이 해수중에 입자성으로 존재하고 있음을 알 수 있다. 용존성 납의 월별 평균농도 변화를 보면 1993년 6월에 0.032 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 다른 시기의 0.012~0.027 $\mu\text{g}/\text{l}$ 보다 약간 높게 나타났다. 정점간의 변화는 뚜렷하지는 않으나, 칠천수도에 위치한 정점 5, 6, 7, 8에서 약간 낮게 나타났다.

본 조사결과를 마산만의 결과와 비교해 보면, 마산만 전 해역의 납의 농도는 91년 7월에 내만의 한개의 정점에서 나타난 매우 높은 농도인 0.14 $\mu\text{g}/\text{l}$ 를 제외하면, 0.009~0.054 $\mu\text{g}/\text{l}$ 이므로 비슷하다(김 등, 1992). 이 결과는 납의 경우는 하천보다는 대기를 통하여 유입되는 양이 많다는 것을 시사한다고 볼 수 있다. 한편, 영광해역의 용존성 납의 농도는 0.012~0.438 $\mu\text{g}/\text{l}$, 남해 해역은 0.04~0.21 $\mu\text{g}/\text{l}$, 아산만은 0.011~0.169 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 보고되고 있다(한전, 1992; 곽 등, 1990; 홍 등, 1993). 본 조사결과는 환경처에서 고시한 해역의 납 수질기준인 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ 보다는 훨씬 낮은 값이다.

④ 아연

본 조사의 아연농도의 결과는 납과 마찬가지로 해수중에 용존성 보다는 입자성으로 존재하는 것으로 나타났다. 총아연의 결과인 92년 9월에 1.16~3.08 $\mu\text{g}/\text{l}$, 그외의 시기의 용존성 아연은 0.13~0.75 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 나타났다(표 5.1.52).

본 해역의 용존성 아연의 농도범위는 영광해역의 0.07~0.54 $\mu\text{g}/\text{l}$ 와 비슷하고, 아산만의 0.06~1.11 $\mu\text{g}/\text{l}$ 보다는 약간 낮으나, 평균값은 0.38 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 영광해역의 0.16 $\mu\text{g}/\text{l}$, 아산만의 0.25 $\mu\text{g}/\text{l}$ 보다 약간 높다(한전, 1992; 홍 등, 1993). 환경처가 고시한 해역의 아연 수질기준은 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로써 본 조사결과는 이보다 매우 낮다.

⑤ 비소

용존성 비소의 농도범위는 0.32~0.86 $\mu\text{g/l}$ 이었다(표 5.1.53). 93년 6월에 평균 0.86 $\mu\text{g/l}$ 으로 다른 계절에 비하여 약간 높게 나타났다. 본 해역의 비소의 농도는 아산만의 0.16~0.80 $\mu\text{g/l}$ (평균 0.33 $\mu\text{g/l}$), 영광해역의 0.11~0.82 $\mu\text{g/l}$ (평균 0.36 $\mu\text{g/l}$)보다 높으나, 환경처의 수질기준인 50 $\mu\text{g/l}$ 에는 훨씬 못 미친다.

⑥ 크롬

용존성 크롬의 농도 변화범위는 0.07~0.88 $\mu\text{g/l}$ 으로 나타났다(표 5.1.54). 전 정점의 평균값은 0.18 $\mu\text{g/l}$ 으로 아산만의 평균값인 0.15 $\mu\text{g/l}$ (농도범위 0.09~0.28 $\mu\text{g/l}$), 영광해역의 평균값 0.13 $\mu\text{g/l}$ (0.04~0.44 $\mu\text{g/l}$)보다 약간 높다(홍 등, 1993; 한진, 1992). 환경처의 해역의 크롬 수질기준은 50 $\mu\text{g/l}$ 로 본 조사결과는 이 보다는 월등히 낮다.

⑦ 수은

수은의 농도범위는 0.7~13.2 ng/l 였으며, 평균농도는 2.6 ng/l 이었다(표 5.1.55). 이 농도는 영광해역의 평균 3~33 ng/l (한진, 1992)보다 낮은 값이다. 배수구-1에서 93년 6월에 10.2 ng/l 의 수은이 검출됐으나, 그 밖에는 0.9~5.0 ng/l 로 해수와 비슷하였다.

M. 퇴적물

① 강열감량

조사지역의 표층퇴적물의 강열감량은 9~12%로 나타났다. 정점 5와 6의 퇴적물의 강열감량은 9%이며 정점 8에서 12%로 가장 높았다. 나머지 5개 정점의 퇴적물은 10%로 나타났다.

② 부유물질 및 퇴적물의 유기탄소와 질소

입자성 부유물질의 유기탄소량은 0.20~2.10 mg/l , 질소는 0.03~0.51 mg/l 로 나타났다(표 5.1.56). 계절별로는 93년 12월에 표층에서 평균 0.89 mg/l , 저층에서 0.86 mg/l 로 가장 높았다. 특이한 것은 93년 12월의 정점 1과 2에서 유기탄소 및 질소의 양이 매우 높게 나타난 것이다. 일반적으로 겨울철에는 생물활동이 저조하므로 입자성 유기탄소 및 질소의 양이 감소하기 마련이다. 이와같이 높게 나타난 것은 위에서 기술한 바와같이 이 시기에 발생한 적조에 기인하는 것으로 추측된다. 유기탄소와 질소의 양을 92~93년의 마산만에서의 조사치와 비교해 보면, 최저치는 거의 같으나, 최고치는 절반 정도이다(김 등, 1993). 따라서 장목만은 마산만에 비하여 생물활동이 활발치 못하고, 하천을 통하여 유입되는 유기물의 양도 적다고 볼 수 있다.

퇴적물의 유기탄소 및 질소량은 각각 1.18~1.52%, 0.15~0.20%로 나타났다(표 5.157). 탄소의 경우 장목만내의 정점 1~3에서 약간 높게 나타났으나, 큰 변화는 보이지 않고 있다. 91년에 조사한 마산만의 15개 정점의 유기탄소 및 질소량은 1.66~2.87%, 0.15~0.32%로, 장목만의 결과는 부유물질과 마찬가지로 마산만에 비하여 낮게 나타났다(김 등, 1992).

퇴적물 중의 C/N 원자비는 7.9~9.9(평균 8.8)로써 부유물질의 C/N비(2.4~9.7, 평균 6.1)보다 높게 나타났다. 대양에서의 POM(Particulate organic matter)의 C/N비를 보면 수심이 깊어질수록 크게 나타나는데, 이것은 수층에서 POM에 함유되어 있는 질소화합물이 탄소화합물보다 쉽게 분해·제거되기 때문이다. 따라서 살아 있는 식물플랑크톤의 C/N비는 6이지만, 부유물질이 침강도중이나 퇴적된 이후에 질소화합물이 쉽게 분해하므로 해양퇴적물의 C/N비는 플랑크톤의 비보다 크다.

육상기원 유기물과 해양기원 유기물을 구분하는 수단으로 유기물의 C/N비를 사용하는데, 이것은 해양퇴적물의 질소는 단백질에서 오기 때문에 단백질의 양이 적은 고등식물이나 그 외의 유기물에 기인하는 육상기원 유기물 보다는 해양기원 유기물의 C/N비가 작기 때문이다. 또한 육상식물에는 분해되기 어려운 리그닌이나 셀룰로오스 같은 물질이 함유되어 있으므로 C/N비가 크다. 따라서 유기물의 C/N비가 작을수록 해양기원 유기물의 양이 많다고 할 수 있다. 본 조사지역의 부유물질과 퇴적물의 C/N비는 육상기원 유기물(C/N비 >12)과는 크게 다르다.

배수구의 배수의 부유물질의 유기탄소 및 질소는 1.55~10.67mg/l, 0.18~1.40mg/l로 해수에 비하여 높게 나타났다.

③ 중금속

표층퇴적물의 중금속은 92년 3월에 8개의 정점에서 채취한 시료를 1회 측정하였다. 조사된 원소는 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 납(Pb), 아연(Zn), 비소(As), 크롬(Cr)이다. 전체적으로 장목만내의 정점 1에서 비교적 높고, 칠천수도의 정점 8에서 조사한 모든 원소의 농도가 가장 낮게 나타났다(표 5.158).

카드뮴의 농도범위는 0.10~0.53ppm이며, 평균농도는 0.29ppm이다. 이 조사치는 아산만의 <0.1~0.5ppm 보다 약간 높으며, 광양해역에서 91년 8월에 조사한 nd~0.51ppm(평균 0.22ppm)과 비슷하다(홍 등, 1993; 한진, 1992). 한편, 81년 진해만의 조사에서 나타난 카드뮴의 평균 농도는 0.7ppm이다(이 등, 1982).

구리의 농도범위는 16~37ppm이며, 평균농도는 27ppm이다. 이 농도는 해양퇴적물의 평균 농도인 33ppm 보다 낮으며, 아산만(12ppm), 영광해역(9ppm) 보다는 높고, 진해만(23ppm)과는 비슷하다(홍 등, 1993; 한진, 1992; 이 등, 1992).

납의 농도범위는 31~54ppm이며, 평균농도는 45ppm이다. 이 농도는 다른 해역의 납의 농

도보다 약간 높은 값이다. 해양퇴적물의 평균농도는 19ppm이며, 영광해역에서 19년 8월에 조사한 평균농도는 23ppm이다(한전, 1992). 한편, 81년에 진해만 조사시의 평균값은 28ppm, 아산만에서는 26ppm으로 나타났다(이 등, 1982).

아연의 농도범위는 85~145ppm이며, 평균값은 133ppm이다. 이 농도는 해양퇴적물(95ppm), 진해만(111ppm), 아산만(95ppm), 광양해역(69ppm)보다 높은 값이나, 최고농도는 아산만 및 진해만의 최고농도에 비하여 낮다(이 등, 1982; 홍 등, 1993; 한전, 1992).

비소의 농도범위는 6.1~10.4ppm이고, 평균농도는 9.4ppm이다. 이 농도는 해양퇴적물의 7.7ppm, 아산만의 6.3ppm, 광양해역의 6.0ppm보다 약간 높다(홍 등, 1993; 한전, 1992).

크롬의 농도범위는 44~79ppm이고, 평균농도는 65ppm이다. 이 농도는 영광해역의 51ppm, 아산만의 43ppm 보다는 약간 높으며, 해양퇴적물 72ppm보다는 낮은 값이다(한전, 1992; 홍 등, 1993).

표층퇴적물의 결과를 종합해 보면, 평균 농도가 다른 해역에 비하여 높게 나타나는 원소도 있으나, 전체적으로 염려할 정도는 아니며, 최고농도도 다른 해역의 오염된 곳의 농도보다 낮게 나타나고 있다. 또한, 장목만내의 정점 1에서 중금속 농도가 높으나, 이것도 오염된 해역의 농도에 비해서는 크게 낮다.

4) 결론

현재의 장목만의 해수수질은 마산만이나 영광해역에 비하여 일부 항목의 농도가 높으나, 전체적으로 양호한 편이고, 육상에서 유입되는 오염물질의 농도가 높음에 비하여, 양이 적으므로 아직은 해수수질에 영향을 주지는 않는다. 그러나, 하수 유입구 가까운 지역의 저질은 부패되어 있고, 해수의 빛깔도 크게 변질되어 있어, 유입되는 양이 많아질 경우에는 해수순환이 잘 이루어지지 않으므로 만 전체에 영향을 끼칠 우려가 있다. 특히 영양염류의 농도가 높아서 유입되는 양이 많아질 경우 부영양화의 염려도 있다고 하겠다. 더욱이 장래 거제군에서 장목만의 일부를 매립하여, 주거단지를 조성할 계획으로 되어 있으므로 수질관리를 철저히 하지 않을 경우, 장목만의 수질은 매우 악화될 것으로 예상된다.

표 5.1.35 장목리 주변해역 해수의 수온(℃)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	23.8	13.0	12.4	21.4	-	8.0	8.1
하	-	-	11.9	20.0	-	-	8.0
2-상	23.8	13.0	12.7	20.6	-	8.8	8.1
하	-	-	11.5	19.6	-	8.2	8.0
3-상	23.8	13.1	12.1	21.1	-	10.3	8.1
하	-	-	13.3	20.4	-	9.7	7.9
4-상	23.8	13.2	12.0	21.2	-	10.7	8.2
하	-	-	11.2	20.1	-	10.1	8.1
5-상	23.2	13.2	11.2	20.6	24.2	10.7	8.2
하	-	-	11.3	20.0	23.8	10.5	8.2
6-상	23.2	13.4	11.7	20.8	24.0	10.7	8.8
하	-	-	11.9	19.7	22.8	10.9	8.8
7-상	-	-	11.5	19.8	24.2	10.2	8.3
하	-	-	11.9	19.9	23.8	10.2	8.3
8-상	-	-	11.3	20.2	24.4	9.9	8.0
하	-	-	10.9	19.9	-	9.9	8.2
평균 상층	23.6	13.2	11.9	20.7	24.2	9.9	8.2
하층	-	-	11.7	20.0	23.5	9.9	8.2
배수구-1	-	-	-	20.2	-	7.0	7.5
배수구-2	-	-	-	20.1	-	6.8	8.5
배수구-3	-	-	-	28.6	-	6.2	10.0

표 5.1.36 장목리 주변해역 해수의 염분(‰)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	29.40	31.93	32.52	33.00	25.58	32.31	32.98
하	-	-	33.02	32.96	26.81	32.34	33.00
2-상	27.95	32.22	32.33	32.92	25.54	32.45	33.04
하	-	-	33.05	32.99	27.55	32.37	33.05
3-상	27.39	32.36	32.70	32.92	25.73	32.66	33.09
하	-	-	33.07	32.96	28.63	32.64	33.06
4-상	27.70	32.43	32.83	32.95	25.76	32.69	33.17
하	-	-	33.06	33.02	28.38	32.68	-
5-상	30.56	32.42	32.92	32.96	25.78	32.77	33.11
하	-	-	32.94	33.04	26.06	32.77	33.30
6-상	30.55	32.53	33.03	32.88	25.86	32.84	33.35
하	-	-	33.15	33.09	27.61	32.91	33.41
7-상	-	-	32.89	32.94	27.82	32.66	33.11
하	-	-	32.96	32.97	33.26	32.64	33.23
8-상	-	-	32.89	32.93	25.70	32.59	33.05
하	-	-	32.89	32.97	30.63	32.62	33.12
평균	28.93	32.32	32.76	32.94	25.97	32.62	33.11
상층							
하층	-	-	33.02	33.00	28.62	32.62	33.17

표 5.1.37 장목리 주변해역 해수의 용존산소량(mg/l)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	6.44	7.70	10.14	9.87	7.13	12.42	10.71
하	-	-	10.03	9.41	4.53	12.30	10.89
2-상	6.40	7.84	9.81	9.09	7.80	11.86	10.93
하	-	-	9.74	8.97	2.53	11.95	11.03
3-상	6.43	7.60	10.20	8.99	7.71	10.81	10.94
하	-	-	10.49	8.73	1.96	10.87	11.07
4-상	6.37	7.34	10.03	8.66	8.00	10.46	10.93
하	-	-	9.87	8.19	2.73	10.46	10.96
5-상	5.96	7.21	10.10	8.41	7.67	10.29	10.90
하	-	-	9.66	8.14	7.13	10.13	10.73
6-상	5.94	8.41	10.73	9.51	7.91	10.13	10.56
하	-	-	11.16	8.80	4.80	9.97	10.57
7-상	-	-	10.03	8.09	8.10	10.65	10.89
하	-	-	9.89	8.01	3.79	10.65	10.87
8-상	-	-	10.11	8.24	7.59	11.14	10.70
하	-	-	9.80	7.86	2.00	10.62	10.84
평균 상층	6.26	8.33	10.14	8.73	7.74	10.97	10.82
하층	-	-	10.09	8.51	3.69	10.87	10.87
배수구-1	-	-	-	8.76	4.86	6.80	3.83
배수구-2	-	-	-	0.00	2.00	5.15	0.61
배수구-3	-	-	-	8.19	0.00	16.19	9.81

표 5.1.38 장목리 주변해역 해수의 pH

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	8.23	8.21	8.33	8.25	8.57	8.21	8.34
하	-	-	8.34	8.25	8.49	8.21	8.33
2-상	8.24	8.23	8.31	8.25	8.66	8.20	8.33
하	-	-	8.30	8.25	8.41	8.23	8.32
3-상	8.24	8.24	8.32	8.27	8.67	8.23	8.33
하	-	-	8.31	8.25	8.29	8.22	8.33
4-상	8.25	8.21	8.32	8.26	8.66	8.22	8.32
하	-	-	8.32	8.23	8.34	8.21	8.32
5-상	8.31	8.17	8.31	8.24	8.63	8.20	8.32
하	-	-	8.30	8.21	8.44	8.20	8.32
6-상	8.31	8.31	8.35	8.34	8.66	8.23	8.31
하	-	-	8.35	8.26	8.46	8.23	8.31
7-상	-	-	8.30	8.21	8.70	8.23	8.32
하	-	-	8.30	8.20	8.41	8.22	8.28
8-상	-	-	8.30	8.22	8.67	8.22	8.31
하	-	-	8.31	8.20	8.10	8.21	8.29
평균 상층	8.26	8.23	8.32	8.26	8.65	8.22	8.32
하층	-	-	8.32	8.23	8.37	8.22	8.31
배수구-1	-	-	-	7.64	7.20	7.50	8.19
배수구-2	-	-	-	6.78	7.42	8.06	7.44
배수구-3	-	-	-	7.54	7.25	7.68	7.42

표 5.1.39 장목리 주변해역 해수의 화학적산소요구량(mg/l)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	2.5	2.1	1.3	3.0	2.4	4.6	2.3
하	-	-	1.2	2.8	2.1	5.2	2.3
2-상	2.6	2.1	0.2	2.8	2.2	3.8	2.3
하	-	-	1.2	2.5	2.2	5.2	2.3
3-상	2.5	1.5	0.3	2.5	2.5	2.5	2.2
하	-	-	1.0	2.4	1.9	2.7	2.5
4-상	1.6	1.3	1.2	2.3	2.5	2.0	2.3
하	-	-	1.1	1.6	1.8	2.0	2.1
5-상	2.1	1.3	1.0	2.1	2.8	1.8	2.4
하	-	-	1.1	2.1	2.7	2.5	2.3
6-상	2.1	2.3	1.3	2.9	2.7	1.8	2.5
하	-	-	1.2	2.3	2.5	1.8	2.3
7-상	-	-	0.9	2.1	3.0	2.1	2.2
하	-	-	1.0	2.1	2.0	2.3	2.2
8-상	-	-	0.9	2.2	2.4	2.5	2.0
하	-	-	0.9	2.0	1.5	1.7	2.2
평균 상층	2.2	1.8	0.9	2.5	2.6	2.6	2.3
하층	-	-	1.1	2.2	2.1	2.9	2.3
배수구-1	-	-	-	7.0	3.4	50.0	52.2
배수구-2	-	-	-	34.4	11.2	57.2	54.7
배수구-3	-	-	-	11.2	24.0	8.2	5.6

표 5.1.40 장목리 주변해역 해수의 부유물질농도(mg/l)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	19.2	4.6	6.4	7.9	5.0	17.0	3.2
하	-	-	7.1	5.7	4.7	6.7	1.9
2-상	4.9	3.2	4.2	4.8	4.5	12.3	5.7
하	-	-	4.5	5.2	5.4	8.6	6.2
3-상	7.1	2.9	5.0	4.9	4.1	6.6	4.6
하	-	-	4.9	4.7	5.1	6.8	6.7
4-상	7.2	2.8	5.0	3.9	4.8	7.1	8.5
하	-	-	5.6	6.3	4.2	6.5	4.4
5-상	4.5	2.8	6.7	4.1	4.5	5.0	3.4
하	-	-	6.7	6.2	4.5	10.1	5.5
6-상	5.6	4.3	6.0	5.6	5.3	7.0	6.9
하	-	-	7.9	5.3	4.5	7.5	8.2
7-상	-	-	5.2	4.6	4.7	5.7	6.3
하	-	-	6.4	4.0	-	9.2	8.0
8-상	-	-	4.9	3.7	3.6	3.5	5.6
하	-	-	5.8	4.9	6.6	7.0	6.7

평균 상층	8.1	3.4	5.4	4.9	4.6	8.0	5.5
하층	-	-	6.1	5.3	5.0	7.8	6.0

배수구-1	-	-	-	15.8	8.6	19.1	19.1
배수구-2	-	-	-	23.0	6.2	34.6	27.9
배수구-3	-	-	-	19.1	24.8	3.9	1.3

표 5.1.41 장목리 주변해역 해수의 유기류농도(mg/l)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	-	-	-	0.3	nd	0.1	0.1
하	-	-	-	0.5	0.1	0.1	0.1
2-상	-	-	-	0.2	0.1	0.2	0.2
하	-	-	-	0.3	0.1	0.1	nd
3-상	-	-	-	0.2	0.1	nd	nd
하	-	-	-	0.2	0.1	0.1	0.1
4-상	-	-	-	0.1	nd	0.1	0.1
하	-	-	-	0.1	0.1	0.2	nd
5-상	-	-	-	0.2	0.1	0.1	0.1
하	-	-	-	0.5	nd	nd	nd
6-상	-	-	-	0.2	nd	0.1	0.1
하	-	-	-	0.3	nd	0.1	nd
7-상	-	-	-	0.2	0.1	0.2	0.2
하	-	-	-	0.5	0.1	0.1	0.1
8-상	-	-	-	0.3	0.4	nd	nd
하	-	-	-	0.1	0.1	0.1	0.1
배수구-1	-	-	-	0.4	0.1	0.3	0.6
배수구-2	-	-	-	3.7	0.3	0.8	1.9
배수구-3	-	-	-	0.2	3.0	0.5	0.9

표 5.1.42 장목리 주변해역 해수의 총무기질소농도($\mu\text{g}/\text{l}$)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	324	129	-	362	256	114	24
하	-	-	-	-	214	162	25
2-상	369	82	-	339	140	76	19
하	-	-	-	125	270	131	19
3-상	464	229	-	379	218	14	28
하	-	-	-	120	342	59	35
4-상	290	137	-	517	243	101	16
하	-	-	-	140	383	137	23
5-상	-	115	-	480	128	122	23
하	-	-	-	162	195	131	27
6-상	192	65	-	208	124	169	33
하	-	-	-	156	259	133	39
7-상	-	-	-	148	193	128	35
하	-	-	-	132	233	73	26
8-상	-	-	-	221	131	45	35
하	-	-	-	102	379	33	27

평균 상층	328	126	-	332	179	96	27
하층	-	-	-	134	284	107	28

배수구-1	-	-	-	-	4200	7080	10290
배수구-2	-	-	-	-	6660	6080	7290
배수구-3	-	-	-	-	6050	3740	2910

표 5.1.43 장목리 주변해역 해수의 아질산염농도($\mu\text{g/l}$)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	18	9	36	6	8	2	2
하	-	-	22	4	12	2	2
2-상	23	6	41	3	7	2	2
하	-	-	24	2	13	2	2
3-상	22	8	34	3	10	8	3
하	-	-	31	2	12	6	3
4-상	24	9	27	4	10	11	3
하	-	-	38	2	13	7	3
5-상	18	9	36	2	10	11	3
하	-	-	21	3	8	13	3
6-상	19	5	18	2	11	13	3
하	-	-	27	6	14	9	4
7-상	-	-	15	3	11	6	2
하	-	-	22	3	11	9	3
8-상	-	-	15	3	8	5	2
하	-	-	24	2	17	5	2
평균 상층	21	8	28	3	9	7	3
하층	-	-	26	3	13	7	3
배수구-1	-	-	-	31	144	41	45
배수구-2	-	-	-	127	213	119	128
배수구-3	-	-	-	92	302	81	62

표 5.1.44 장목리 주변해역 해수의 질산염농도($\mu\text{g/l}$)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	87	47	65	35	69	11	7
하	-	-	17	26	89	7	8
2-상	125	23	114	15	45	41	6
하	-	-	22	11	69	6	6
3-상	208	21	77	16	75	-	6
하	-	-	51	12	102	44	7
4-상	82	12	35	20	77	47	6
하	-	-	37	13	73	32	6
5-상	-	11	27	11	54	80	6
하	-	-	23	17	90	89	9
6-상	2	12	50	13	49	112	10
하	-	-	79	34	106	91	12
7-상	-	-	31	18	78	48	18
하	-	-	46	17	80	48	5
8-상	-	-	31	16	74	14	6
하	-	-	27	20	121	7	6
평균 상층	101	21	54	18	65	50	8
하층	-	-	38	19	91	41	7
배수구-1	-	-	-	930	2300	2330	1510
배수구-2	-	-	-	1140	2720	1230	1040
배수구-3	-	-	-	1210	1900	2710	1970

표 5.1.45 장목리 주변해역 해수의 암모니아농도($\mu\text{g/l}$)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	219	73	-	321	179	101	15
하	-	-	-	-	113	153	15
2-상	221	53	-	321	88	33	11
하	-	-	-	112	188	123	11
3-상	234	200	-	360	133	6	19
하	-	-	-	106	228	9	25
4-상	184	116	-	493	156	43	7
하	-	-	-	125	297	98	14
5-상	217	95	-	467	64	31	14
하	-	-	-	142	97	29	15
6-상	171	48	-	193	64	44	20
하	-	-	-	116	139	33	23
7-상	-	-	-	127	104	74	15
하	-	-	-	112	142	16	18
8-상	-	-	-	202	49	26	17
하	-	-	-	80	241	21	19
평균 상	207	98	-	311	105	45	15
하	-	-	-	113	181	60	18
배수구-1	-	-	-	-	1760	4720	8730
배수구-2	-	-	-	-	3730	4730	6120
배수구-3	-	-	-	-	3850	950	880

표 5.1.46 장목리 주변해역 해수의 인산염농도($\mu\text{g/l}$)

정결	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 13월	94년 3월
1-상	161	27	11	12	24	13	3
하	-	-	8	7	41	16	2
2-상	125	27	35	8	15	28	1
하	-	-	9	7	48	43	1
3-상	187	29	11	7	25	24	1
하	-	-	11	5	51	28	1
4-상	147	25	8	9	25	25	1
하	-	-	10	5	52	21	1
5-상	65	29	12	6	19	33	1
하	-	-	9	5	29	28	1
6-상	117	17	11	7	18	35	4
하	-	-	12	7	45	35	3
7-상	-	-	8	8	24	28	1
하	-	-	11	8	47	28	1
8-상	-	-	10	7	25	28	2
하	-	-	11	8	95	13	1
평균 상층	134	26	13	8	22	27	2
하층	-	-	10	7	51	27	1
배수구-1	-	-	-	122	230	1080	1970
배수구-2	-	-	-	105	745	1030	1670
배수구-3	-	-	-	80	1780	132	59

표 5.1.47 장목리 주변해역 해수의 규산염농도($\mu\text{g/l}$)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	719	483	93	382	506	399	18
하	-	-	48	326	860	664	18
2-상	1130	346	118	242	433	598	18
하	-	-	59	325	1090	645	18
3-상	1110	449	98	222	640	475	18
하	-	-	84	253	986	314	18
4-상	1130	444	53	320	551	456	18
하	-	-	67	242	958	228	18
5-상	539	441	93	317	669	399	18
하	-	-	53	312	461	446	18
6-상	590	320	59	267	660	456	18
하	-	-	84	208	933	285	18
7-상	-	-	65	365	632	285	18
하	-	-	93	351	733	437	18
8-상	-	-	65	143	489	484	18
하	-	-	87	371	1480	276	18

평균 상층	870	414	81	282	573	444	18
하층	-	-	72	299	939	412	18

배수구-1	-	-	-	1000	5440	2260	1970
배수구-2	-	-	-	1410	7660	3730	1970
배수구-3	-	-	-	702	6650	1760	59

표 5.1.48 장목리 주변해역 해수의 클로로필-a농도($\mu\text{g/l}$)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1-상	1.64	0.20	6.66	3.57	1.75	1.83	3.65
하	-	-	2.39	0.86	2.14	3.00	6.48
2-상	1.44	0.15	2.21	3.02	3.17	5.88	6.67
하	-	-	1.64	0.51	-	4.14	7.79
3-상	1.09	1.03	2.72	2.51	4.58	2.19	7.00
하	-	-	2.28	1.62	2.13	3.50	10.03
4-상	0.88	0.22	3.12	6.97	3.96	5.38	13.15
하	-	-	2.39	1.75	1.93	2.31	13.33
5-상	0.69	0.18	1.22	3.72	4.91	2.41	11.28
하	-	-	1.14	0.49	4.48	3.10	18.81
6-상	0.69	0.38	8.03	1.26	3.99	1.60	11.05
하	-	-	4.12	0.90	2.56	0.97	20.15
7-상	-	-	1.22	0.80	6.64	1.88	11.07
하	-	-	0.87	1.01	1.82	2.69	11.17
8-상	-	-	1.11	1.12	2.79	2.48	9.02
하	-	-	0.49	0.78	0.75	3.26	6.97
평균 상층	1.07	0.36	3.29	2.87	3.97	2.96	9.11
하층	-	-	1.92	0.99	2.26	2.87	11.84

표 5.1.49 장목리 주변해역 해수의 카드뮴농도($\mu\text{g/l}$)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1	0.020	0.023	0.020	0.021	0.010	0.022	0.017
2	0.015	0.021	0.019	0.020	0.006	0.024	0.015
3	0.023	0.021	0.015	0.021	0.007	0.016	0.010
4	0.016	0.019	0.016	0.019	0.011	0.013	0.011
5	0.014	0.016	0.019	0.014	0.008	0.016	0.012
6	0.016	0.017	0.019	0.015	0.012	0.014	0.010
7	-	-	0.014	0.018	0.010	0.017	0.012
8	-	-	0.015	0.020	0.008	0.014	0.014
평균	0.017	0.020	0.017	0.019	0.009	0.017	0.013
배수구-1	-	-	-	0.018	0.005	0.005	0.004
배수구-2	-	-	-	0.005	0.008	0.027	0.008
배수구-3	-	-	-	0.005	0.006	0.006	0.005

표 5.1.50 장목리 주변해역 해수의 구리농도($\mu\text{g/l}$)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1	0.68	0.69	0.63	0.57	0.54	0.48	0.29
2	0.51	0.60	0.66	0.66	0.51	0.38	0.27
3	0.80	0.56	0.39	0.47	0.51	0.31	0.28
4	0.60	0.46	0.53	0.46	0.48	0.23	0.20
5	0.40	0.41	0.43	0.41	0.48	0.27	0.24
6	0.37	0.42	0.44	0.42	0.49	0.21	0.17
7	-	-	0.43	0.46	0.50	0.27	0.22
8	-	-	0.46	0.46	0.50	0.25	0.25
평균	0.56	0.52	0.50	0.50	0.50	0.30	0.24
배수구-1	-	-	-	2.42	0.65	1.67	4.95
배수구-2	-	-	-	0.67	1.11	4.37	1.12
배수구-3	-	-	-	2.29	0.45	1.07	0.30

표 5.1.51 장목리 주변해역 해수의 납농도($\mu\text{g/l}$)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1	0.137	0.031	0.025	0.038	0.017	0.037	0.012
2	0.111	0.035	0.018	0.055	0.011	0.067	0.010
3	0.194	0.026	0.009	0.029	0.021	0.019	0.022
4	0.119	0.030	0.023	0.034	0.011	0.014	0.026
5	0.074	0.021	0.013	0.018	0.007	0.020	0.009
6	0.113	0.018	0.015	0.021	0.006	0.012	0.007
7	-	-	0.011	0.023	0.013	0.032	0.007
8	-	-	0.013	0.037	0.007	0.025	0.013
평균	0.125	0.027	0.016	0.032	0.012	0.028	0.013
배수구-1	-	-	-	0.123	0.045	0.152	0.182
배수구-2	-	-	-	0.101	0.036	0.099	0.114
배수구-3	-	-	-	0.125	0.074	0.013	0.010

표 5.1.52 장목리 주변해역 해수의 아연농도($\mu\text{g/l}$)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1	3.08	0.75	-	0.58	0.21	0.60	0.32
2	2.70	0.71	-	0.40	0.21	0.38	0.25
3	3.08	0.63	-	0.32	0.15	0.20	0.22
4	3.47	0.45	-	0.34	0.47	0.15	0.26
5	1.16	0.48	-	0.27	0.24	0.31	0.26
6	1.77	0.39	-	0.32	0.13	0.26	0.17
7	-	-	-	0.33	0.33	0.20	0.13
8	-	-	-	0.35	0.35	0.19	0.20
평균	2.54	0.57	-	0.36	0.26	0.29	0.23
배수구-1	-	-	-	3.76	1.87	13.50	12.40
배수구-2	-	-	-	4.12	4.65	10.70	9.30
배수구-3	-	-	-	1.53	1.93	1.78	1.99

표 5.1.53 장목리 주변해역 해수의 비소농도($\mu\text{g/l}$)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1	-	-	0.58	1.02	0.70	0.32	0.80
2	-	-	0.54	0.66	0.70	0.72	0.69
3	-	-	0.48	0.90	0.32	0.38	0.38
4	-	-	0.80	0.70	0.82	0.40	0.48
5	-	-	0.64	0.86	0.54	0.38	0.83
6	-	-	0.82	1.02	0.64	0.32	0.69
7	-	-	0.54	0.86	0.74	0.42	0.53
8	-	-	0.78	0.86	0.76	0.32	0.82
평균	-	-	0.65	0.86	0.65	0.41	0.65
배수구-1	-	-	-	4.97	0.37	0.75	0.77
배수구-2	-	-	-	10.20	2.80	2.75	2.70
배수구-3	-	-	-	4.13	1.60	1.60	0.68

표 5.1.54 장목리 주변해역 해수의 크롬농도($\mu\text{g/l}$)

정점	92년 9월	92년 12월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1	-	-	0.17	0.27	0.17	0.40	0.13
2	-	-	0.11	0.09	0.05	0.11	0.06
3	-	-	0.42	0.12	0.02	0.10	0.06
4	-	-	0.14	0.07	0.02	0.11	0.06
5	-	-	0.14	0.18	0.15	0.10	0.10
6	-	-	0.07	0.11	0.32	0.12	0.06
7	-	-	0.09	0.18	0.88	0.10	-
8	-	-	0.10	0.15	0.85	0.19	0.24
평균	-	-	0.16	0.15	0.31	0.15	0.10
배수구-1	-	-	-	0.25	0.56	0.23	0.42
배수구-2	-	-	-	0.37	0.66	0.30	0.42
배수구-3	-	-	-	0.07	5.74	0.57	0.15

표 5.1.55 장목리 주변해역 해수의 수은농도(ng/l)

정점	92년 9월	93년 3월	93년 6월	93년 9월	93년 12월	94년 3월
1	3.0	-	5.4	1.8	1.9	1.8
2	3.6	-	6.1	1.2	1.1	0.5
3	3.2	-	6.2	2.0	1.4	0.4
4	2.9	-	13.2	1.4	1.1	0.7
5	4.6	-	6.2	0.7	1.5	0.9
6	2.5	-	6.1	1.1	1.1	0.4
7	-	-	4.3	0.7	1.4	0.6
8	-	-	5.4	1.4	0.8	0.7
평균	3.3	-	6.6	1.3	1.3	0.8
배수구-1	-	-	10.2	1.6	0.8	0.4
배수구-2	-	-	4.1	3.0	11.8	0.8
배수구-3	-	-	5.0	0.9	1.9	0.8

표 5.1.56 장복리 주변해역 해수의 입자성물질의 유기탄소 및 질소함량(mg/l)

정점	92년 12월		93년 3월		93년 6월		93년 9월		93년 12월		94년 3월	
	탄소	질소	탄소	질소	탄소	질소	탄소	질소	탄소	질소	탄소	질소
1-상	0.52	0.07	0.37	0.07	0.59	0.11	0.37	0.08	2.10	0.51	0.19	0.04
하	-	-	0.80	0.14	0.65	0.11	0.58	0.18	1.18	0.19	0.40	0.08
2-상	0.64	0.10	0.27	0.18	0.42	0.08	0.44	0.09	1.72	0.30	0.39	0.07
하	-	-	-	-	0.58	0.12	0.48	0.10	1.89	0.32	0.41	0.07
3-상	0.56	0.09	0.27	0.05	0.40	0.08	0.58	0.09	0.70	0.13	0.45	0.05
하	-	-	0.23	0.04	0.39	0.08	0.32	0.08	0.86	0.15	0.49	0.10
4-상	0.30	0.05	0.42	0.18	0.28	0.08	-	-	0.54	0.11	0.47	0.10
하	-	-	0.35	0.06	0.29	0.09	0.37	0.08	0.67	0.14	0.50	0.09
5-상	0.24	0.04	0.25	0.03	0.36	0.13	0.87	0.17	0.37	0.08	0.45	0.10
하	-	-	0.22	0.03	0.27	0.07	0.79	0.17	0.58	0.12	0.58	0.12
6-상	1.30	0.22	0.50	0.08	0.75	0.17	0.69	0.14	0.44	0.09	1.00	0.21
하	-	-	0.32	0.05	0.43	0.12	0.44	0.10	0.39	0.07	0.59	0.12
7-상	-	-	0.20	0.03	0.32	0.08	0.99	0.13	0.55	0.10	0.40	0.07
하	-	-	0.23	0.03	0.27	0.13	-	-	0.71	0.13	0.53	0.10
8-상	-	-	0.22	0.03	0.32	0.13	0.62	0.10	0.71	0.13	0.42	0.08
하	-	-	0.21	0.03	0.23	0.10	0.28	0.06	0.63	0.12	0.47	0.08
평균 상층	0.59	0.10	0.31	0.08	0.43	0.11	0.65	0.11	0.89	0.18	0.47	0.09
하층	-	-	0.34	0.05	0.39	0.10	0.47	0.11	0.86	0.16	0.50	0.10
배수구-1	-	-	-	-	1.90	0.37	1.55	0.18	7.26	0.73	7.05	1.05
배수구-2	-	-	-	-	10.40	1.40	3.84	0.74	16.18	1.46	15.16	1.01
배수구-3	-	-	-	-	4.36	0.99	10.67	0.78	1.96	0.29	1.13	0.17

표 5.1.57 장목리 주변해역 표층 퇴적물의 유기탄소 및 질소함량(%)

정점	탄소	질소	탄소/질소 (원자)
1	1.52	0.18	9.9
2	1.54	0.20	9.0
3	1.49	0.20	8.7
4	1.36	0.18	9.0
5	1.18	0.15	9.0
6	1.23	0.17	8.5
7	1.30	0.17	8.7
8	1.36	0.20	7.9
평균	1.37	0.18	8.8

표 5.1.58 장목리 주변해역 표층 퇴적물의 중금속농도(ppm)

정점	Cd	Cu	Pb	Zn	As	Cr
1	0.53	37	54	145	10.4	58
2	0.32	31	49	136	8.6	60
3	0.27	29	47	147	9.4	71
4	0.27	26	44	138	9.6	71
5	0.26	25	44	137	9.9	72
6	0.34	25	44	142	10.9	79
7	0.25	25	43	130	10.4	68
8	0.10	16	31	85	6.1	44
평균	0.29	27	45	133	9.4	65

(3) 해양지질

해양지질조사는 1993년도 7월 5일 17개 지점에서 해저면 퇴적물 채취기(Grab)로 시료 채취를 실시하였으며, 입도분석기(Sedigraph)에 의한 실내분석작업을 실시하였다. 입도분류는 Folk(1954)의 분류법을 따랐으며, 조사해역에 나타나는 퇴적물은 주로 Mud로 구성되어 있으며 Slightly gravelly mud와 Gravelly mud도 발달한다(표 5.1.59).

조사해역에서의 입도분포 양상은 거제도과 칠천도사이에 놓이는 칠천수도의 남서쪽 한 곳에서 조립질의 Gravelly mud가 발달하고, 북동쪽으로 향하여 Slightly gravelly mud가 분포한다. 그리고 칠천수도 중간지점과 장목항에는 Mud만이 분포한다(그림 5.1.58). 즉, 전체적인 퇴적물 분포양상이 남서쪽에서 북동쪽으로 가면서 세립화 양상을 보이는 것은 이 지역에서의 퇴적물 이동 또는 공급방향과 관련되어 있으리라 추측해한다.

표 5.1.59 경남 거제도 일대의 해저퇴적물의 입도분석 결과

Sample No.	Composition(%)			Sediment Type by Folk	Statistical Parameters			
	Gra.	Sand	Silt Clay		Mz(Phi)	St.De.	Skew.	Kurt
1		1.12	42.18 56.69	M	8.50	2.17	0.04	2.20
2		0.97	43.56 55.47	M	8.50	2.14	0.10	2.21
3		0.93	40.62 58.45	M	8.60	2.05	0.07	2.32
4		0.93	42.99 56.08	M	8.44	1.93	0.10	2.54
5		0.48	36.15 63.37	M	8.94	2.05	0.04	2.15
6		1.37	33.55 65.08	M	8.94	2.08	-0.09	2.36
7		1.04	38.09 60.87	M	8.78	2.13	0.01	2.21
8		0.50	37.30 62.20	M	8.82	1.99	0.09	2.27
9	0.48	6.70	32.56 60.26	(g)M	8.49	2.58	-0.82	4.15
10	2.06	6.58	31.97 59.39	(g)M	8.24	3.03	-1.23	4.83
11		0.82	34.22 64.96	M	8.90	1.95	0.03	2.40
12	4.14	41.24	17.21 37.41	(g) sM	5.69	3.93	-0.03	1.72
13	7.23	11.49	23.74 57.54	gM	7.42	3.82	-1.09	3.28
14		0.74	33.74 65.52	M	8.97	1.95	0.02	2.37
15		0.91	36.17 62.92	M	8.86	2.04	-0.03	2.37
16		0.63	35.73 63.64	M	8.89	2.03	0.03	2.25
17		1.08	38.08 60.84	M	8.75	2.13	0.05	2.18

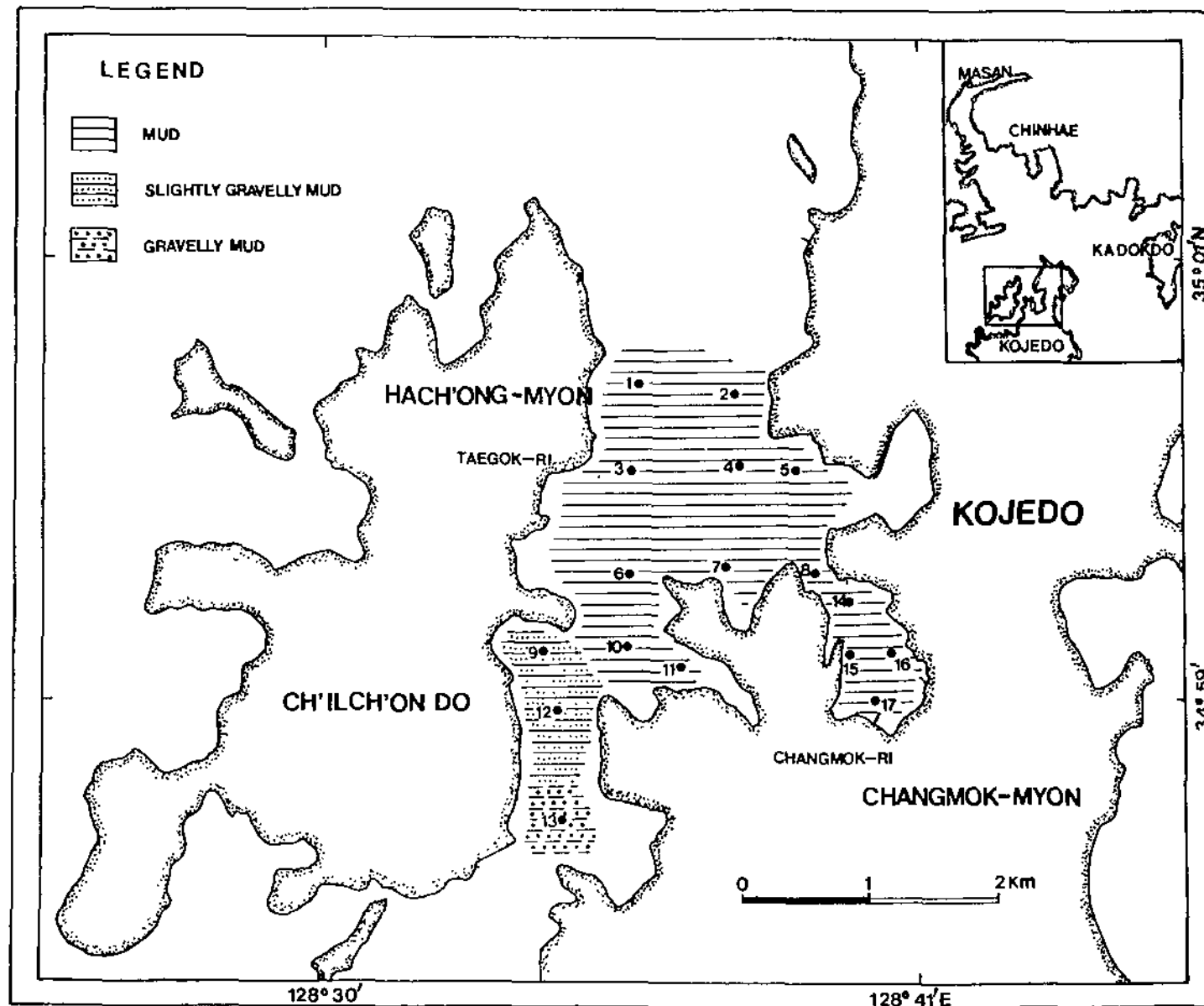


그림 5.1.58 장복리 일대의 해양 지질 분포도

(4) 해양생태계 분야

1) 조사지역 및 시기

해양생태계 조사는 1993년 6월, 10월, 1994년 2월 그리고 5월에 거제도 장목리 주변 해역의 5개정점에서 동·식물플랑크톤, 어란, 치자어, 저서생물 조사를 실시하였다(그림 5.1.59).

2) 조사방법

A 식물플랑크톤

식물플랑크톤 분석을 위하여 1993년 6월, 10월, 1994년 2월 그리고 5월에 조사해역 내 5개 정점의 수심에 따라 표·저층에서 해수 500ml씩 각각 채수 하였다. 채취된 시료는 Lugol's solution으로 고정한 후 알루미늄 호일로 빛을 차단 실험실로 운반하였다. 실험실 내에서 침전법을 이용 일정량으로 농축한 후 Palmer-Maloney Slide를 사용하여 검경, 계수 하였다. 또한 종다양성 지수는 Shannow-Weaver 공식(1963)에 의거 처리하였다.

B. 동물플랑크톤

동물플랑크톤의 채집은 1993년 6월과 10월 그리고 1994년 2월과 5월에 계절별로 네 차례에 걸쳐 망목 250 μ m, 구경 61 cm의 Bongo net를 약 1 m/sec 속도로 정점 1,3,4의 표층에서 수평예망하여 실시되었다. 채집된 동물플랑크톤 시료는 현장에서 중성 formalin과 propylene glycol의 1:1 혼합고정액으로 최종농도가 약 10%가 되게 고정한 후, 실험실에서 분할기 (Motoda, 1959)를 사용하여 분할시료를 동정 및 계수하였다. 개체수는 flowmeter에 기록된 회전수에 근거하여 단위부피 (1 m³) 당 동물플랑크톤의 수로 환산되었다.

C. 어란 및 치자어

본 조사는 1993년 여름철(6월)과 가을철(10월), 1994년 겨울철(2월)과 봄철(5월)에 거제도 장목리 주변해역의 3개 정점에서 실시되었다. 채집은 망구직경 60cm, 망목 305 μ m인 붕고네트로 표층채집하였다.

네트의 예망시간은 약 8분, 예망속도는 1.5~2.0 knot 정도로 유지시켰으며, 정량분석을 위하여 네트입구에 유량계(General Oceanics, I. N. C.)를 부착하였다. 채집된 표본은 현장에서 중성포르말린으로 7%되게 고정한 다음 실험실로 옮겨 해부현미경(WILD M8)으로 어

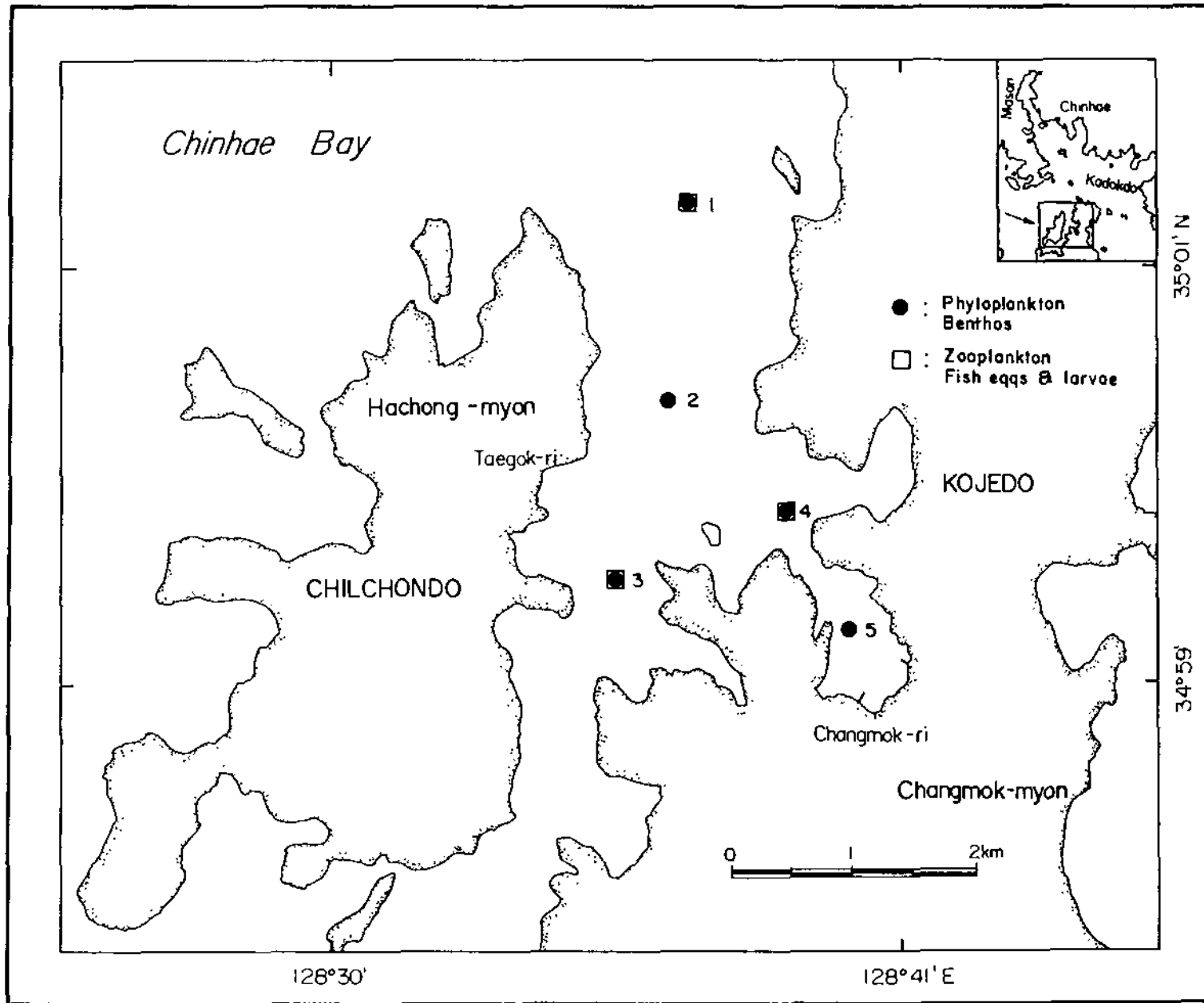


그림 5.1.59 장목리 생물조사 점점

란과 치자어를 골라내어 동정하였다.

어란 및 치자어 동정에는 정(1977), 이 등(1981), 김 등(1986), Russell(1967), Okiyama(1988), Moser *et al.* (1984)를 참고하였다.

D. 저서동물

저서동물의 채집은 van Veen grab(0.1 m²)을 사용하여 조사지역내 5개 정점에서 이루어졌으며, 각 정점별로 3회씩 인양하여 현장에서 1mm 망목의 체에 걸러 10 × 중성 포르말린 해수용액으로 고정하였다. 인양된 퇴적물 중에서 유기물함량 분석과 퇴적물 입도분석용 시료를 약 50 ml 정도 따로 채취하였다. 실험실에서는 주요 동물군별로 분류하여 습중 무게와 계수한 후 종수준까지 동정계수하였다.

퇴적물의 입도분석은 종류수로 염분을 제거하고 염산으로 패각을 제거한 후 4 체로 걸러 사질과 니질 부분으로 분리하였다. 사질함량은 표준체를 사용하여 크기별로 분리하였고 silt와 clay입자는 Sedigraph 5000D를 사용하여 ϕ 간격으로 측정하였다. 퇴적물내 유기물함량은 건조된 퇴적물을 곱게 갈은 후 약 2 g 정도를 전기로에서 550 에서 2시간 정도 가열하는 강열감량법으로 구하였다.

저서동물군집에 대한 분석을 위해 정량자료를 단위면적당 개체수로 통일시켰으며, 종다양성 지수는 Shannon-Wiener의 지수를 사용하였고, 우점도는 McNaughton's index를 사용하여 구하였다. 군집의 집괴분석에는 자료의 정량 및 정성적인 특징을 모두 반영하는 Bray-Curtis similarity index를 사용하여 weighted group average linkage 방법으로 수치도를 구하였다.

3) 조사결과

A. 식물플랑크톤

① 종구성 및 우점종

1993년 6월에 출현한 식물플랑크톤은 모두 51종으로 밝혀졌으며 이중에는 규조류가 25종류, 쌍편모조류가 18종류 그리고 기타 8종류로 밝혀졌다. 규조류 중에는 *Chaetoceros*속의 종류 7종류가 출현하여 가장 중요속으로 나타났으며, 그외에 *Nitzschia* 속과 *Rhizosolenia*속의 종류가 각 4종류씩 출현하여 중요속으로 밝혀졌다. 반면에 쌍편모조류의 경우는 *Prorocentrum*속이 4종류 출현하여 가장 중요속으로 나타났고, 그외에 *Ceratium*속과 *Protoperdinium*속이 주요속으로 밝혀졌다.

우점종은 모두 10종으로 밝혀졌으며 그중에 쌍편모조류인 *Prorocentrum triestinum* 과 *Scrippsiella trochoidea*가 최대 우점종으로 밝혀졌다(표 5.1.60).

표 5.1.60. 1993년 6월의 우점종 및 우점율

정 점	우 점 종	cells/ml	x
1-표층	<i>Prorocentrum triestinum</i>	225	21.0
	<i>Heterocapsa triquetra</i>	178	16.6
	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	164	15.3
	<i>Chaetoceros sp.</i>	142	13.2
1-저층	<i>Heterocapsa triquetra</i>	46	15.8
2-표층	<i>Euglena sp.</i>	492	31.2
	<i>Heterosigma sp.</i>	369	23.4
	<i>Prorocentrum triestinum</i>	188	11.9
2-저층	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	33	14.5
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	26	11.4
3-표층	<i>Prorocentrum triestinum</i>	396	27.2
	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	196	13.5
	<i>Heterocapsa triquetra</i>	181	12.4
	<i>Prorocentrum minimum</i>	162	11.1
3-저층	<i>Skeletonema costatum</i>	108	30.4
	<i>Nitzschia seriata</i>	42	11.8
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	39	11.0
4-표층	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	193	23.9
	<i>Prorocentrum triestinum</i>	125	15.5
	<i>Prorocentrum minimum</i>	118	14.6
5-표층	<i>Euglena sp.</i>	702	43.0
	<i>Prorocentrum minimum</i>	225	13.8

10월에는 모두 62종류가 출현하여 6월에 비해 그 숫자가 다소 증가하였으며, 이 중에는 역시 규조류의 구성비율이 가장 높아 모두 37종류가 출현하였다. 다음수는 쌍편모조류가 19종류로서 두번째로 출현빈도가 높았다. 규조류중에는 6월과 마찬가지로 *Chaetoceros* 속의 종류가 9종류로 출현하여 가장 중요속으로 밝혀졌으며, 쌍편모조류 경우는 5종류가 출현한 *Gymnodinium* 속이 가장 중요속으로 나타났다. 우점종은 모두 4종으로 밝혀졌으며 규조류인 *Chaetoceros affinis* 가 최대 우점종으로 밝혀졌다(표 5.1.61).

표 5.1.61. 1993년 10월의 우점종 및 우점율

정 점	우 점 종	cells/ml	x
1-표층	<i>Chaetoceros affinis</i>	406	14.4
1-저층	<i>Chaetoceros affinis</i>	908	31.0
2-표층	<i>Chaetoceros affinis</i>	1,067	42.2
2-저층	<i>Chaetoceros affinis</i>	845	41.9
3-표층	<i>Chaetoceros affinis</i>	196	14.7
3-저층	<i>Chaetoceros affinis</i>	430	22.7
	<i>Nitzschia delicatissima</i>	195	10.3
4-표층	<i>Chaetoceros affinis</i>	464	18.0
	<i>Nitzschia delicatissima</i>	260	10.1
5-표층	<i>Chaetoceros affinis</i>	1,642	37.9

1994년 2월에는 출현종수가 상당히 감소하여 모두 35종류로 밝혀졌는데, 역시 규조류가 21종류로 가장 많이 출현하였고 다음으로 쌍편모조류가 13종류로 구성비율이 높았다. 우점종은 *Nitzschia delicatissima*와 *Nitzschia pungens*의 2종으로 밝혀졌다(표 5.1.62).

표 5.1.62. 1994년 2월의 우점종 및 우점율

정 점	우 점 종	cells/ml	x
1-표층	<i>Nitzschia delicatissima</i>	228	39.0
	<i>Nitzschia pungens</i>	104	18.0
1-저층	<i>Nitzschia delicatissima</i>	155	42.0
	<i>Nitzschia pungens</i>	59	16.0
2-표층	<i>Nitzschia delicatissima</i>	79	32.0
2-저층	<i>Nitzschia delicatissima</i>	206	43.0
3-표층	<i>Nitzschia delicatissima</i>	66	33.0
3-저층	<i>Nitzschia delicatissima</i>	155	43.0
	<i>Nitzschia pungens</i>	69	19.0
4-표층	<i>Nitzschia delicatissima</i>	75	49.0
5-표층	<i>Nitzschia delicatissima</i>	141	53.0

한편 1994년 5월에는 전 조사기간 중 가장 적은 출현종수를 보여 모두 32종류가 밝혀졌는데 역시 규조류가 19종류로 가장 많은 출현종수를 보이고 있다. 우점종은 *Leptocylindrus danicus*와 *Rhizosolenia setigera*의 2종으로 밝혀졌다(표 5.1.63).

표 5.1.63. 1994년 5월의 우점종 및 우점율

정 점	우 점 종	cells/ml	x
1-표층	<i>Leptocylindrus danicus</i>	84	38.0
1-저층	<i>Leptocylindrus danicus</i>	65	39.0
2-표층	<i>Rhizosolenia setigera</i>	94	67.0
2-저층	<i>Leptocylindrus danicus</i>	61	37.0
3-표층	-	-	-
3-저층	<i>Leptocylindrus danicus</i>	61	47.0
4-표층	<i>Rhizosolenia setigera</i>	192	55.0
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	111	32.0
5-표층	<i>Rhizosolenia setigera</i>	292	57.0
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	168	33.0

② 현존량 분포 및 종다양성지수

현존량 분포는 계절별로 많은 변화를 보이고 있는데(그림 5.1.60), 이것을 시기별로 보면 1993년 6월 경우는 표층이 808~1,632cells/ml(평균 1,310cells/ml), 저층이 228~355cells/ml(평균 292cells/ml)의 범위로 표층이 거의 4.5배 가까이 높은 현존량 분포를 보이고 있다. 특히 가장 높은 값을 나타낸 곳은 장목리 내만인 정점 5의 표층으로서 이 곳에서는 쌍편모조류의 2~3종류들이 다른 정점에 비해 월등히 우세하게 나타나고 있으며, 더우기 *Euglena* sp.가 전체 출현량의 43.0%를 차지할 정도로 최대로 출현하고 있었다.

한편 생태계 군집의 안정성을 알수있는 종다양성 지수의 결과를 보면 표층이 2.02~2.60의 범위로 평균 2.34였으며 저층이 2.43~2.93의 범위로 평균 2.72로서 저층이 표층에 비해서 월등히 군집안정도가 높은 것으로 나타났다(그림 5.1.61). 그러나 전반적으로 2.0이 상의 값으로 대체로 안정된 군집구조를 보이고 있다.

1993년 10월의 경우는 현존량이 일등히 증가된 양상을 보여 표층이 1,076 ~ 3,402cells/ml(평균 2,166cells/ml), 저층이 1,662 ~ 2,606cells/ml(평균 2,047cells/ml)의 범위로 저층경우는 6월에 비해 무려 평균 7배이상 높은 값을 보이고 있다. 가장 높은 값을 보인 곳은 6월과 마찬가지로 내만인 정점5로 이곳에서는 특히 담수종인 *Chodatella chodati*가 대량 출현하고 있어 이해역부근이 담수의 영향을 많이 받고 있음을 간접적으로 알 수가 있다. 저층이 2.45 ~ 2.84(평균 2.70)으로 종다양성지수는 표층이 2.31 ~ 3.04(평균 2.59)이고 표층과 저층 모두 2.0 이상으로 대체로 안정된 군집구조를 보이고 있다(그림 5.1.61).

1994년 2월에는 급격한 현존량의 감소를 보이는데, 표층이 152 ~ 585cells/ml(평균 291cells/ml)이고 저층이 358 ~ 481cells/ml(평균 399cells/ml)의 범위로 1993년 10월에 비해 최대 7배이상 감소된 경향을 보여 주었다. 종다양성지수는 표층이 1.43 ~ 2.30(평균 1.97), 저층이 1.93 ~ 2.16(평균 2.08)로 대체로 다소 불안정한 군집구조를 보이고 있다(그림 5.1.61). 특히 내만인 정점 5가 1.43을 보여 가장 불안정한 상태임을 보이고 있다.

1994년 5월에는 현존량분포가 표층이 101 ~ 513cells/ml(평균 265cells/ml), 저층이 130 ~ 165cells/ml(평균 153cells/ml)로 전 계절중 가장 낮은 값을 보이고 있다. 또한 종다양성지수도 표층이 0.94 ~ 2.00(평균 1.39), 저층이 1.74 ~ 1.89(평균 1.83)의 범위로 전 계절중 가장 낮은 값을 보여 가장 불안정한 시기임을 보이고 있다(그림 5.1.61).

③ 고 찰

조사해역의 식물플랑크톤 군집은 정점 4를 중심으로 장목리 내만인 정점5와 외측해역인 정점 1 ~ 3의 해역이 서로 다른 특징을 보이고 있다. 특히 장목리 내만인 정점5를 중심으로한 해역은 오염지표종으로 알려진 *Euglena* 종류가 높은 구성비율을 보이고 있으며, 또한 담수종인 *Chodatella chodati*가 계절에 따라 대량 출현하는 양상을 보여 육지로부터의 담수영향을 상당히 받고 있음을 알 수가 있다.

한편 종다양성지수 경우도 전반적으로 정점 4,5를 중심으로 낮은 값을 보여, 이 해역을 중심으로 향후에도 상당히 불안정한 군집구조를 보일 가능성이 매우 높다.

B. 동물플랑크톤

① 분포양상

1993년 6월의 경우 조사정점 별 총개체수는 최소 정점 1의 22개체/m³, 정점 3의 83개체/m³에서 최대 정점 4의 1771개체/m³로 정점간 변이가 컸다 (표 5.1.64). 동물플랑크

본 개체수의 정점 별 분포를 보면 장목리 해양연구소 남해기지 건설예정지 내부로 들어갈 수록 증가하는 경향을 보였다. 정점 1에서는 지각류인 *Penilia avirostris*가 전체개체수의 40.9%로 우점종이었고 유생류도 27.3%를 차지하였다. 정점 3에서는 요각류가 47.0%로 가장 우점하는 분류군이었으며, 요각류 중 *Acartia bifilosa*가 우점종이었고, 그 밖에 *Paracalanus parvus*, *Acartia pacifica*, *Calanus sinicus*, *Corycaeus affinis* 등도 출현하였다. 또 *P. avirostris*와 *Evadne nordmanni* 같은 지각류도 전체개체수의 22.9%를 차지하였다. 정점 4의 특기할 만한 사항은 적조를 유발하는 야광충 (*Noctiluca*)이 1684개체/㎥³으로 가장 우점하였다는 것이다. 야광충을 제외한 동물플랑크톤 중에서는 요각류가 86.2%를 차지하였고 지각류가 13.8%를 차지하였다. 요각류의 출현종은 정점 3과 같았으나 *Oithona similis*가 출현하고 *C. sinicus*가 출현하지 않은 것이 상이점이었다.

표 5.1.64. 조사해역의 동물플랑크톤 종조성 및 개체수 (1993년 6월)

분류군 \ 정점	1	3	4
<i>Noctiluca scintillans</i>	7	23	1684
CLADOCERANS			
<i>Evadne nordmanni</i>		14	3
<i>Penilia avirostris</i>	9	5	9
COPEPODS			
<i>Acartia bifilosa</i>		22	44
<i>Acartia pacifica</i>		5	8
<i>Calanus sinicus</i>		2	
<i>Paracalanus parvus</i>		7	15
<i>Corycaeus affinis</i>		3	5
<i>Oithona similis</i>			3
APPENDICULARIANS	6	2	
총개체수	22	83	1771

단위: 개체수/㎥³

1993년 10월의 경우 조사정점 별 총개체수는 정점 1에서 114개체/㎥³로 가장 적었고, 정점 4에서 385개체/㎥³로 가장 많았으며, 정점 3에서는 353개체/㎥³로 정점 4와 비슷한 개체수를 보였다 (표 5.1.65). 이와 같은 개체수 분포형태는 하계의 형태와 비슷하여 남해기지 건설예정지로 갈수록 동물플랑크톤의 총개체수는 증가하였다. 그러나 정점간 총개체수의 차이는 하계에 비해 뚜렷한 차이는 없었다. 정점 1에서는 야광충이 총개체수의 35.1%, 피낭류의 유생이 47.4%로 우점하였고, 출현종수는 정점 3과 4에 비해 적었다. 정점 3에서

출현종수가 가장 많았으며, 분류군별 개체수는 야광충이 26.1%, 지각류가 20.4%, 요각류가 19.5%, 피낭류의 유생이 12.7%, 모악류가 11.3% 순이었다. 특히 정점 3에서는 성체 요각류가 다양하게 출현한 것과 모악류가 상당수 출현한 것이 특징이었다. 정점 4에서는 야광충이 65.7% 를 차지하였고 유생기의 요각류가 19.0%, 지각류가 6.5%, 모악류가 3.1% 순으로 출현하였다. 이 정점에서 야광충이 하계와 마찬가지로 대량 출현하였다.

표 5.1.65. 조사해역의 동물플랑크톤 종조성 및 개체수 (1993년 10월)

분류군 \ 정점	1	3	4
<i>Noctiluca scintillans</i>	40	92	253
CLADOCERANS			
<i>Evadne tergestina</i>	10	72	23
<i>Penilia avirostris</i>			2
CHAETOGNATHS			
<i>Sagitta crassa</i>		37	12
<i>S. enflata</i>		3	
COPEPODS			
<i>Acartia spinicauda</i>		8	
<i>Corycaeus</i> sp.		2	
<i>Paracalanus parvus</i>		2	
<i>Temora discaudata</i>		1	
unid. harpacticoid		1	
copepodites	5	28	68
nauplii		27	5
AMPHIPODS		*	
HYDROZOANS	4	10	9
THALIACEANS		13	
PLANKTONIC LARVAE			
zoaea	1	5	3
polychaete larvae		6	2
tunicate larvae	54	45	8
echinoderm larvae		1	
총개체수	114	353	385

단위: 개체/㎥, * : < 1 개체/㎥

1994년 2월의 경우 전반적으로 정점 간에 개체수의 변화는 크지 않았다. 개체수는 1707 개체/㎥에서 1976 개체/㎥ 범위로 고른 분포를 보였으나 종조성을 보면 남해기지 부근 정점에서는 요각류 중 *Acartia clausi* 만이 다수 출현하여 다양한 요각류가 출현한 정점 1

과는 대조적이었다 (표 5.1.66). 또한 정점 4에서는 저서생물들의 유생이 발견되지 않았다. 정점 1,3,4에서 야광충은 각각 50.7%, 44.2%, 24.7%를, 요각류는 각각 46.5%, 55.5%, 74.5%를 차지하는 우점군으로, 이들이 전체 동물플랑크톤의 97.2%, 99.7%, 99.2%를 각 정점에서 차지하였다. 모악류는 정점 1에서 가장 많이 출현하였다. 분류군 별 개체수를 보면 전반적으로는 93년 가을에 비해 야광충과 요각류의 개체수가 증가하였다.

표 5.1.66. 조사해역의 동물플랑크톤 종조성 및 개체수 (1994년 2월)

분류군 \ 정점	1	3	4
<i>Noctiluca scintillans</i>	880	755	489
HYDROZOANS	4		2
CHAETOGNATH			
<i>Sagitta crassa</i>	35	1	11
COPEPODS			
<i>Acartia clausi</i>	634	855	1380
<i>Calanus sinicus</i>	4		
<i>Centropages abdominalis</i>	12		
<i>Corycaeus</i> sp.	6		
<i>Paracalanus</i> sp.	8	1	
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>		8	
copepodites	143	91	90
MYSID		1	
APPENDICULARIAN	4	1	4
PLANKTONIC LARVAE			
echinoderm larvae	6	1	
mollusc larvae		1	
총개체수	1736	1715	1976

단위: 개체/㎥, *: < 1 개체/㎥

1994년 5월의 경우 정점 간에 개체수의 변화가 컸다. 이러한 현상은 93년 6월에도 관찰된 바 있듯이, 정점 1에서 개체수가 가장 적은 820 개체/㎥ 이었고, 정점 3에서 2163 개체/㎥로 가장 높았다. 정점 4에서도 역시 높은 출현량을 보였으나, 요각류의 출현량이 낮아 전체 출현 개체수는 1598 개체/㎥였다 (표 5.1.67). 94년 2월에 비해 야광충의 상대적인 출현율이 높아져 정점 1,3,4에서 각각 85.1%, 66.8%, 89.9%를 나타내었다. 특히 정점 4에서는 야광충의 상대적인 출현율이 아주 높았으며, 93년 6월의 1684 개체/㎥와 거의 비슷한 1437 개체/㎥가 출현하였다. 이 시기에는 2월과 비교해 지각류의 출현이 두드러져, 수온이

높았던 93년 6월, 10월과 비슷한 수준인 22 ~ 89 개체/㎥가 출현하였다. 저서생물의 유생 경우 94년 2월과 마찬가지로 출현하지 않았다.

표 5.1.67. 조사해역의 동물플랑크톤 종조성 및 개체수 (1994년 5월)

분류군 \ 정점	1	3	4
<i>Noctiluca scintillans</i>	698	1444	1437
CLADOCERANS			
<i>Evadne nordmanni</i>	78	11	25
<i>Podon leuckarti</i>	11	11	18
CHAETOGNATH			
<i>Sagitta crassa</i>	2	7	
COPEPODS			
<i>Acartia clausi</i>	12	613	71
<i>Centropages abdominalis</i>	1	15	2
<i>Corycaeus</i> sp.	1		5
<i>Paracalanus</i> sp.		4	
copepodites	5	25	7
MYSID	6	11	28
APPENDICULARIAN	5	4	5
PLANKTONIC LARVAE			
zoea		7	
polychaete larvae	1		
fish eggs		11	
총개체수	820	2163	1598

단위: 개체/㎥, *: < 1 개체/㎥

② 고 찰

조사해역의 동물플랑크톤군집 특징은 수온이 높았던 하계와 추계 그리고 춘계에는 정점 1에서 동물플랑크톤의 총개체수가 제일 적었으며, 장목리 남해기지 건설예정지에 가까운 정점 4에서 높게 나타났다. 특히 적조유발생물인 야광충이 정점 4에서 대량 출현하는 것이 특기할 만하다. 또한 칠천도와 거제도사이의 수로에 있는 정점 3과 비교했을 때 정점 4는 출현종수가 적고 우점종의 상대적인 출현량이 높아, 이곳에서의 종다양성이 낮음을 알 수 있다. 또한 이같은 낮은 종다양성은 정점 4의 환경이 정점 3보다 더 오염이 되었을 가능성을 나타내준다 (Omori and Ikeda, 1984). 저서생물의 유생을 보면 93년에는 다른 정점에 비해 남해기지 예정부지 근처에 있는 정점 4에서 적은 양이 출현하였고 94년에는 2월

과 5월 공허 정점 4에서는 저서생물의 유생이 출현하지 않았다. 이와 같은 결과는 정점 4의 저서생물상이 다른 정점에 비해 시간이 가면서 황폐화되고 있다는 점을 시사하고 있다. 따라서 기지 건설에 따른 오염이 심화될 경우 저서생물의 부유성 유생의 양이 점차 감소하리라는 것을 예측할 수 있다. 또한 이곳에서는 동물플랑크톤 군집이 다른 정점의 동물플랑크톤 군집보다 오염물질과 같은 환경요인에 의해 더 많은 영향을 받을 것이며, 환경에 적응할 수 있는 기회주의적 종들에 의한 대발생을 초래할 수 있을 것이다. 즉, 장목리 앞의 좁은 반폐쇄성만에 남해기지가 건설되어 이로 인한 오염이 심화된다면 이번 조사에서 나타났듯이 야광충의 출현량이 더욱 증가하고 식물플랑크톤을 섭식하는 주된 동물플랑크톤인 요각류와 저서생물의 부유성 유생의 출현량이 줄어드는 변화가 심화될 것이다. 이러한 요각류나 부유성 유생의 출현량 감소는 먹이망을 통한 영양역학적 결과로 식물플랑크톤의 대발생을 유발시킬 가능성 (Kim et al., 1992)도 있으므로 이 해역에서 전반적인 부유생태계의 변화를 유발시킬 수도 있을 것이다.

C. 어란 및 치자어

① 종조성

본 연구해역에서 부유성 어란은 겨울철을 제외한 여름, 가을, 봄철에 출현하였으며 여름과 가을철에는 각각 3종의 어란이 분류되었고, 봄철에는 2종의 어란이 분류되었다. 정점별 종조성과 출현량은 표 5.1.68과 같다.

분류된 어란은 멸치(*Engraulis japonicus*), 돛양태류(*Callionymidae* spp.), 전어(*Konosirus punctatus*), 참서대류(*Cynoglossidae* spp.)이며, 종별 출현량 비율은 멸치가 39.2%로 가장 높았고, 돛양태류가 17.5%, 전어와 참서대류는 각각 3.6%, 3.0%로 이 두 종은 출현량이 다소 낮았다. 그리고 미분류된 어란은 36.7%였다.

치자어는 전 계절에 걸쳐 출현하였으며 총 11개의 분류군이 동정되었고 1개 분류군은 미동정되었다. 그리고 치자어의 계절별 출현종수는 여름철에 9종, 가을철 3종, 겨울철 2종, 봄철 4종으로 여름철에 출현종수가 가장 높았다(그림 5.1.62). 치자어의 정점별 종조성과 출현량은 표 5.1.69와 같다.

종별 출현량 비율은 망둑어류(*Gobiidae* spp.)가 전체 출현량의 46.7%로 우점하였고, 멸치(*Engraulis japonicus*)는 26.9%, 돛양태류(*Callionymidae* spp.)는 10.2%, 앞동갈베도라치(*Omobranchus elegans*) 6.0%, 전어(*Konosirus punctatus*) 3.0%, 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 1.8%, *Luciogobius* spp.는 1.6%의 비율이었고 그 이외의 종들은 1.0% 미만이었다.

표 5.1.68. 조사해역에서 채집된 어란과 치자의 계절별 평균 출현량

학명 \ 계절	여름	가을	겨울	봄	합계	백분율(%)
어란						
<i>Engraulis japonicus</i>	420	7		10	427	39.2
Callionymidae spp.	179	11		1191	190	17.5
<i>Konosirus punctatus</i>	39				39	3.6
Cynoglossidae spp.		33			33	3.0
Unknown spp.	382	18		299	400	36.7
합계	1020	69		1500	1089	100.0
치자어						
Gobiidae spp.	607				607	46.7
<i>Engraulis japonicus</i>	350				350	26.9
Callionymidae spp.	117	5		11	133	10.2
<i>Omobranchus elegans</i>	55	23			78	6.0
<i>Konosirus punctatus</i>	39				39	3.0
<i>Hexagrammos otakii</i>			24		24	1.8
<i>Luciogobius</i> spp.				21	21	1.6
Blennidae spp.	8				8	0.7
<i>Takifugu</i> spp.	8				8	0.7
<i>Gymnapogon</i> spp.	8				8	0.7
<i>Enedrias nebulosus</i>				7	7	0.5
Unknown spp.	16				16	1.2
합계	1208	28	24	39	1299	100.0
출현종수	9	3	2	4		

표 5.1.69. 조사해역에서 출현한 어란과 치자의 정점별 출현량

(개체수/1,000m³)

계절	학 명\정 점	1	3	4	합계	평균	백분율
6월 (1993)	어란						
	<i>Engraulis japonicus</i>	1191	70	0	1261	420	41.2
	Callionymidae spp.	47	397	93	537	179	17.5
	<i>Konosirus punctatus</i>	0	93	23	116	39	3.8
	Unknown spp.	631	0	514	1145	382	37.5
	합계	1869	561	631	3061	1020	100.0
	치자어						
	Gobiidae spp.	327	70	1425	1822	607	50.3
	<i>Engraulis japonicus</i>	397	0	654	1051	350	29.1
	Callionymidae	93	23	234	350	117	9.7
	<i>Omobranchus elegans</i>	47	47	70	164	55	4.3
	<i>Konosirus punctatus</i>	93	0	23	116	39	3.2
	Blennidae spp.	23	0	0	23	8	0.7
	<i>Takifugu</i> spp.	0	0	23	23	8	0.7
	<i>Gymnapogon</i> spp.	0	0	23	23	8	0.7
Unknown spp.	0	47	0	47	16	1.3	
합계	980	187	2452	3619	1208	100.0	
10월 (1993)	어란						
	Cynoglossidae spp.	67	0	33	100	33	48.1
	Callionymidae spp.	7	13	13	33	11	15.9
	<i>Engraulis japonicus</i>	7	7	7	21	7	10.1
	Unknown spp.	20	7	27	54	18	25.9
	합계	101	27	80	208	69	100.0
	치자어						
<i>Omobranchus elegans</i>	33	13	0	46	23	76.7	
Callionymidae spp.	0	7	7	14	5	23.3	
합계	33	20	7	60	28	100.0	
2월 (1994)	치자어						
	<i>Hexagrammos otakii</i>	71	0	0	71	24	100.0
합계	71	0	0	71	24	100.0	
5월 (1994)	어란						
	Callionymidae spp.	408	1941	1225	3574	1191	79.4
	<i>Engraulis japonicus</i>	31	0	0	31	10	0.7
	Unknown spp.	20	751	127	898	299	19.9
	합계	459	2692	1352	4503	1501	100.0
	치자어						
	<i>Luciogobius</i> spp.	41	23	0	64	21	53.9
	Callionymidae spp.	20	12	0	32	11	28.2
	<i>Enedrias nebulosus</i>	10	12	0	22	7	17.9
	합계	71	47	0	118	39	100.0

② 출현량

어란의 계절별 평균 출현량은 여름철에 1,020 개/1,000m³, 가을철에 69 개/1,000m³, 봄철에는 1,500개/1,000m³로 봄과 여름철에 가장 높았다(그림 5.1.63).

어란의 정점별 출현량은 여름철에 정점 1, 3, 4에서 각각 1,869, 561, 631 개 /1,000³로 평균 출현량은 1,020개/1,000³였으며 만의 가장 바깥쪽인 정점 1에서 출현량이 가장 높았다. 가을철에는 정점 1, 3, 4에서 각각 101, 27, 80개/1,000³로 평균 69개 /1,000³, 봄철에는 정점 1, 3, 4에서 각각 459, 2,692, 1,352개/1,000³로 평균 1,501개 /1,000³가 출현하여 조사기간 중 출현량이 가장 높았다.

우점종인 멸치 어란은 여름철에 정점 4를 제외하고 정점 1과 3에서 출현하였고 가을철에는 전 정점에서, 봄철에는 정점 1에서만 출현하였다. 계절별 멸치 어란의 평균개체수는 여름철에 420개/1,000³, 가을철에 7개/1,000³, 봄철에 10개/1,000³였다. 이 종의 어란은 여름철에 출현량이 가장 높았으며 멸치의 전체 출현량의 97%였다. 다음으로 높은 출현량을 보인 돛양태류 어란은 여름, 가을, 봄철에 전 정점에서 출현하였다. 이 종의 계절별 평균출현량은 여름철에 179개/1,000³, 가을철에 11개/1,000³, 봄철에 1,191개/1,000³로 봄철에 이 종의 어란이 86% 이상 출현하였다.

치자어의 계절별 평균 출현량은 여름, 가을, 겨울, 봄철에 각각 1,208, 28, 24, 39개체/1,000³으로 여름철에 가장 높았다(그림 5.1.64).

치자어의 정점별 출현량은 먼저 여름철에 정점 1, 3, 4에서 각각 980, 187, 2,452개체/1,000³가 출현하여 어란과는 대조적으로 만에 가장 인접한 정점 4에서 출현량이 월등히 높았다. 가을철에는 정점 1, 3, 4에서 각각 33, 20, 7개체/1,000³가 출현하였으며 겨울철에는 정점 1에서만 71개체/1,000³, 봄철에는 정점 1과 3에서 각각 71, 47개체/1,000³로 여름철에 전체 치자어 출현량의 약 94%가 출현하였다.

출현량이 가장 높은 망둑어류와 멸치의 정점별 출현량은 다음과 같다. 먼저 전체 출현량의 46.7%를 차지한 망둑어류 치자어는 여름철에 전 정점에서 출현하였고 평균 607개체/1,000³가 출현하였다. 다음으로 높은 출현량을 보인 멸치 치자어는 여름철에 정점 1과 4에서 각각 397, 654개체/1,000³의 출현량을 보여 평균 350개체/1,000³였다.

출현종수에 있어서도 여름철에는 전체 출현종 중 우점종인 망둑어류와 멸치를 포함하여 돛양태류, 앞동갈베도라치, 전어와 미미한 출현량을 보인 청베도라치류(Bleniidae spp.), 참복류(*Taki fugu* spp.), 동갈늬류(*Gymnapogon* spp.)와 미분류된 1종 등 9종이었으나 가을철에는 앞동갈베도라치와 돛양태류 2종, 겨울철에는 쥐노래미 1종, 봄철에는 돛양태류와 베도라치(*Enedrias nebulosus*), 망둑어류의 일종인 *Luciogobius* spp.의 3종 뿐이었다.

③ 고찰

본 조사에서 부유성 어란과 치자어의 정점별로 뚜렷한 분포경향은 나타나지 않았

및 성이에 대한 인위적인 영향요인은 없어질 것이다.

나 공사가 완료되면 인위적인 타도의 증가 및 저층의 고란 요인은 없어지므로 어류의 산란 활동에 영향은 미치지 않으며 사망률을 증가시킬 수 있는 요인으로 작용할 것이다. 그러 면해역에 인위적인 타도의 증가는 치자의 먹이탐색 반경을 감소시키므로 치자의 성이 있다(Dremer et al., 1978; Vinyard, 1980; Breitbart, 1988). 그러므로 공사에 의한 수 *Morone saxatilis* 치자의 경우 타도 증가는 요각류의 성이용이 감소하는 것으로 알려져 동력의 차이가 있으므로 치자가 성이하는 동물플랑크톤의 양은 종에 따라 차이가 있으나, 감소시켜 먹이를 찾을 수 있는 기회를 감소시킨다. 그리고 동물플랑크톤은 종에 따른 도피 치자의 경우 공사에 의한 인위적인 타도의 증가는 시각에 의한 먹이탐색 반경을 과를 초래할 것이다.

한 권성난이나 부화난을 산란하는 어류의 경우에도 저층의 고란은 산란장소를 파괴하는 경 경우 공사에 의한 저층의 고란은 저서성 어류의 생태에 미치는 영향은 매우 클 것이고, 또 조사에서 출현하는 어류의 산란 생태와 생활습성을 고려할 때 성이에 있어서 저서성 어류인 시기에 치자는 먹이를 시각적으로 인지한 후에 포식을 한다(Hunter, 1984). 그러므로 본 안에서 부화된 치자는 성어의 생활습성과는 달리 일시적으로 부유생활을 하며 이 (Russell, 1976; 영, 1977).

종이고, 베도라치, 망둑어류, 위노래미 등은 권성난이나 권화난을 산란하는 종이다. 본 조사에서 출현한 어류중에서 멸치, 북양테류, 권어 등은 부유성 난을 산란하는 차이로 인한 결과로 생각된다.

였고 위노래미의 출현량도 본 조사보다 높았다. 이러한 양상 또한 어류의 종별 산란시기의 서 계층에 출현한 치자는 볼낙류(*Sebastes* spp.) 등 암반에서 서식하는 어류가 출현하 기의 차이로 인하여 본 조사에서는 그 출현량이 낮은 것으로 보인다. 유 등(1992)의 조사에 으로 출현한 종이었으나, 본 조사에서는 그 출현량이 낮았다. 이러한 낮은 출현량은 산란시 무렵중으로 출현하고 있다. 권어는 1991년 유 등(1992)의 진해만 조사에서 여름철에 무렵중 경기만(유 등, 1987)과 가포림만(Hur et al., 1984), 남해의 광안만(유와 차, 1988) 등에서 본 조사에서 가장 무렵중으로 출현한 망둑어류, 멸치, 북양테류는 여름철에 서해의 어류의 종별 산란시기의 차이에 기인된다.

지만 계절에 따른 어류의 출현량과 출현시기의 차이는 큰 차이가 있었다. 이러한 차이는

D. 저서동물

① 퇴적물 환경

조사해역의 저서동물군집의 서식지환경에 대한 조사로서 표층 퇴적물의 입도조성과, 평균입도, 분급도, 퇴적물내 유기물함량 등을 측정한 결과는 표 5.1.70과 같다. 전반적인 퇴적상은 모두 나질퇴적상이나 정점 4에서 사질함량이 18%로 다른 정점이 2 ~ 3%인 것에 비해 다소 높은 것과 정점 3에서 자갈이 소량 출현한 점이 달랐다. 이러한 차이는 평균 입도에서도 차이를 보여 다른 정점에서는 $Mz=8.00$ 부근에 있으나 정점 4에서는 $Mz=6.60$ 으로 상대적인 조립질 퇴적상을 보였다. 또한 유기물함량에 있어서도 다른 정점들이 8 ~ 10%인 것에 비해 정점 4는 4.85%로 낮았다.

② 종조성

조사해역의 5개 정점에서 1993년 여름철에 출현한 전체 저서동물은 7개 동물문에 속하는 69종이었고, 총 955개체가 채집되었다 (표 5.1.71). 저서동물군별 출현종수를 보면 환형동물이 34종으로 가장 많았고, 연체동물은 17종으로 두번째로 많은 종이 출현하였고, 기타 동물군들은 1~3종에 불과하였다. 개체수에 있어서는 환형동물이 63%, 절지동물이 27%, 연체동물이 8% 등으로 이들 3개 동물군이 전체의 98%를 점하였다.

그러나 생물량에 있어서는 개체수와는 다른 조성을 보였다. 먼저 연체동물이 전체의 38%를, 극피동물이 36%를, 척삭동물이 15%를 차지한 반면 개체수에서 우점했던 갯지렁이류와 갑각류는 각각 전체의 6%와 2%를 차지하였다.

1993년 가을철에는 여름철에 비해 출현 종수와 개체수가 증가하여 84종, 2010개체가 출현하였으며, 생물량은 연체동물과 극피동물이 여름철에 비해 출현량이 감소하여 91.079g 이었다 (표 5.1.72). 다모류는 개체수와 생물량에서 가장 우점한 동물군이었으며 전체 출현개체수의 76%, 생물량의 43%를 차지하였다.

1994년 2월인 겨울철의 경우 8개 동물문에 속하는 83종, 1564개체가 출현하였다 (표 5.1.73). 다모류가 38종으로 가장 많은 종을 보였고, 연체동물, 갑각류 순이었다. 개체수에 있어서도 다모류가 64%로 가장 많았고 갑각류가 31%, 연체동물이 3%였다. 겨울철에는 연체동물이 다른 계절에 비해 크게 개체수가 감소하였다. 생물량도 다모류가 45%로서 가장 많았고 척삭동물이 22%, 절지동물이 18%, 연체동물이 7% 순이었다.

1994년 5월인 봄철에는 9개 동물문에서 89종, 2589개체가 출현하여 전 계절에서 가장 많은 종수와 개체수를 보였다 (표 5.1.74). 다모류가 42종 1522개체로 가장 우점하였고 절지동물이 20종 717개체, 연체동물이 18종 329개체를 보였다. 생물량에 있어서는 연체

동물이 45%, 다모류가 19%, 극피동물 (12%), 척삭동물 (11%), 절지동물 (8%) 순으로 나타났다.

따라서 본 조사해역의 중요 저서동물군으로는 출현 종수나 개체수가 많은 갯지렁이류, 갑각류, 연체동물과 함께 생물량에서 우점을 보인 극피동물을 포함한 4개 동물군으로 볼 수 있다.

③ 우점종

전체 조사해역에서 출현한 저서동물 중 개체수의 관점에서 가장 우점을 보인 종으로는 여름철에는 갑각류의 *Corophium sinense*로서 227개체가 출현하여 전체의 23.8%를 차지하였다 (표 5.1.75). 그 다음으로는 환형동물의 다모류에 속하는 *Lumbrineris longifolia* (긴다리송곳갯지렁이류)로서 전체 정점에서 87개체의 출현을 보여 전체의 9%를 차지하였다. 그 외에 역시 환형동물의 *Chaetozone setosa* (솜털바퀴실타래갯지렁이)가 4개 정점에서 79개체 (8.3%), 다모류의 *Praxillella affinis* (포리대나무갯지렁이)가 2개 정점에서 69개체 (7.2%), *Cirratulus cirratus* (가는실타래갯지렁이)가 1개 정점에서 56개체 (5.9%)가 출현하였고, 연체동물의 *Theora fragilis* (아기반투명조개)가 3개 정점에서 41개체 (4.3%), 다모류의 *Terebellides horikoshii* (조름털갯지렁이)와 *Paraprionospio pinnata* (모자에른얼굴갯지렁이)가 각각 3개 정점에서 35개체 (3.7%)와 29개체 (3.0%)를 보였다. 한편 조사지역내의 전 정점에서 출현하였던 종은 다모류의 *Lumbrineris longifolia*, *Nephtys polybranchia*, *Thelepus* sp. 등 3종에 불과 하였다 (부록 2). 여름철의 주요 우점종은 연체동물의 *Theora fragilis*를 제외하면 모두 환형동물의 갯지렁이였다.

가을철의 경우에는 여름철과 대체로 유사한 종조성을 보였지만 우점도는 달라져서 갑각류의 *Corophium sinense*의 출현이 적었고 새로운 몇종이 우점종에 포함되었다 (표 5.1.76). 다모류의 *Lumbrineris longifolia*가 전체의 20.4%를 차지하여 가장 우점한 종이었으며, 여름철에 적은 출현을 보였던 *Paraprionospio pinnata*가 전체의 13.4%를 차지하여 두번째로 우점하였다. 한편 육식자인 *Dorvillea* sp.가 정점 5에서 대량 출현하였으며, 연체동물의 *Alvenius ojanus*가 우점종으로 나타났다 (부록 3).

겨울철의 우점종으로는 전체개체수의 22%를 차지한 갑각류의 *Corophium sinense*와 다모류의 *Tharyx* sp. (11.9%), *Paraprionospio pinnata* (11.0%), *Lumbrineris longifolia* (8.2%), *Mediomastus* sp. (3.9%), *Sternaspis scutata* (3.3%) 등이었다 (표 5.1.77). 겨울철의 우점종은 갑각류인 *C. sinense*를 제외하면 모두 다모류였다.

봄철에는 겨울철과 같이 갑각류의 *C. sinense*가 24%를 차지하였고 다모류의 *L.*

longifolia (16.4%), *Tharyx* sp. (11.8%), *Chaetozone setosa* (5.7 x), *Heteromastus* sp. (3.8x)와 연체동물의 *Theora fragilis* (6.1x) 등이었다 (표 5.1.78). 한편 다른 계절에 우점하였던 다모류의 *Paraprionospio pinnata*는 전체의 2.3x로 비중이 낮아졌다.

주요 우점종의 지역적인 분포양상을 계절별로 보면 다음과 같다. 먼저 봄철에는 본 조사해역에서 가장 우점한 *Corophium sinense*가 진해만에 연하는 가장 외곽역인 정점 1에서 756개체/m²의 서식밀도로 집중하여 출현하였고, *Lumbrineris longifolia*는 칠천도와 거제도 사이의 정점3과 내만 입구역인 정점 4에서 집중하여 출현하여 50~160 개체/m²의 서식밀도를 보였다. 또한 *Praxillella affinis*와 *Terebellides horikoshi*가 정점 4에서 집중 출현하였다. *Theora fragilis*와 *Chaetozone setosa*, *Paraprionospio pinnata* 등의 우점종들은 주로 진해만쪽에 위치한 정점 1과 2에서 많이 출현하였다. 그러나 이들의 서식밀도는 100개체/m² 내외로 높지는 않았다. 반면 *Cirratulus cirratus*는 장목리 내만의 정점 5에서만 출현하였는데 서식밀도는 160개체/m² 정도였다 (부록 2).

가을철에는 *L. longifolia*가 정점 4와 5에서 집중해서 출현하여 1380개체/m²에 이르렀다. 반면 *Paraprionospio pinnata*는 정점 3에서 856개체/m²의 높은 출현을 보였고, *Theora fragilis*는 전 정점에서 고루 출현하였다. *Dorvillea* sp.는 정점 5에서, *Praxillella affinis*는 정점 4에서 집중해서 출현하였다. *Chaetozone setosa*도 정점 1과 정점 4에서 300개체/m² 이상의 출현량을 보였다 (부록 3).

겨울철에는 갑각류인 *Corophium sinense*가 정점 4에서 1150개체/m²로 집중 출현하였다. 다모류의 *Paraprionospio pinnata*는 정점 3에서 463개체/m² 을, *Tharyx* sp.와 *Sternaspis scutata*는 정점 1에서 각각 397개체/m²와 153개체/m² 로서 집중 출현하였다. 전 정점에서 출현한 종은 4종에 불과하였다 (부록 4).

그러나 봄철에는 갑각류의 *C. sinense*가 가장 안쪽에 위치한 내만역의 정점 5에서 2070개체/m²의 고밀도로 집중출현하였고, 다모류의 *P. pinnata*와 *Dorvillea* sp. 등도 정점 4와 정점 5에서 상대적으로 높은 서식밀도를 보였다. 연체동물의 *Theora fragilis*는 정점 1에서 297개체/m²의 높은 밀도를 보였고, 그외에 다모류의 *Chaetozone setosa*, *Sternaspis scutata*, *Ophelina acuminata*, *Glycinde* sp. 등은 주로 외곽역인 정점 1,2에서 상대적으로 많은 출현을 보였다. 반면에 다모류의 *Lumbrineris longifolia*는 정점 3과4에서 500개체/m² 정도의 서식밀도를 보였고, *Tharyx* sp.는 전정점에서 140 ~ 250개체/m² 정도로 고르게 출현하였다 (부록 5).

우점종의 섭식유형에 있어서는 대개 표층퇴적물을 먹이로 취하는 표층퇴적물식자 (surface deposit feeder: SDF)와 퇴적물 내로 파고 들어가 표층 아래의 퇴적물을 취하는 표

중하피적물식자(subsurface deposit feeder: SSDF)가 우점하였다. *Corophium sinense*는 여과식자이지만 서관을 만들어 그 내부에서 생활하는 종이며 유기물 공급이 많은 곳에 대량 출현하는 종으로 알려져 있다. 주요 우점종 중에서 유기물 오염이 있는 곳에서 많이 출현하는 오염지시종 또는 기회종으로 알려진 종이 4종이나 포함되어 있었다. 본 조사해역과 환경이 유사한 남해 연안역의 저서동물군집의 우점종을 비교해 보면 표 5.1.79와 같다. 본 조사해역과 바로 인접한 진해만과 진해만 양식장 밀집지역에서의 우점종과 본 조사해역의 우점종이 거의 유사함을 보였고, 여자만의 경우에는 *Theora fragilis*가, 부산연안역에서는 *Cirratulus cirratus*가 공통으로 출현함을 보였다. 진해만과 본 조사해역과의 차이는 *Theora fragilis*와 *Paraprionospio pinnata*가 본 조사역의 외곽역 일부 정점에서만 출현하고 출현량이 다소 하위권에 머물러 있는 것이라 하겠다. 가을철과 봄철에 정점 5에서 많이 출현한 *Dorvilles* sp.는 구슬염주갯지렁이과 (Family Dorvilleidae)에 속하는 종으로서 육식자도 알려져 있다. 이 종은 소형 동물 특히 유기물오염에 대응하여 대번식을 이루는 미세동물인 섬모충(ciliates)을 주로 먹이로 취하는 종류인 것으로 보고되었다 (Pearson and Rosenberg, 1978).

④ 출현양상

봄철에 가장 많은 개체수를 보인 곳은 정점 1로서 28종, 369개체가 출현하여 1,100개체/㎡의 서식밀도를 보였고 정점 5에서는 20종 91개체가 출현하여 270개체/㎡의 서식밀도로 가장 낮았다 (그림 5.1.65, 그림 5.1.66). 가을에는 정점 3에서 47종 580개체가 출현하여 1930개체/㎡의 서식밀도를 보였고, 정점 2에서 750개체/㎡로서 가장 낮았다. 본 조사해역의 봄철 평균 서식밀도는 630개체/㎡였고 가을철 평균서식밀도는 1340개체/㎡로서 봄철의 2배 정도였다. 겨울철에는 전체 출현량은 가을철과 비슷한 수준이지만 지역적으로 보면 내만역인 정점 5에서 서식밀도가 크게 감소하여 250개체/㎡에 불과하였다. 가장 많은 출현을 보인 곳은 정점 4로서 1836개체/㎡에 달했다. 봄철에는 겨울철과는 대조적으로 정점 5에서 3146개체/㎡의 높은 밀도를 보였고 다른 정점들에서도 1000개체/㎡ 이상의 높은 출현량을 보였다. 이는 남해 주변해역에 비해 다소 높은 편이다. 예로서 여자만의 여름철 서식밀도가 300~500 개체/㎡였고 (임 등, 1991), 진해 양식장 밀집해역의 여름철 최대서식밀도가 500개체/㎡ 였다 (임 등, 1992).

출현 종수에 있어서는 정점 5에서 봄철에 20종, 가을철에 24종, 겨울철에 11종이 출현한 정점 5를 제외하면 출현종수가 28종에서 49종으로 지역간 큰 차이를 보이지 않았다 (그림 5.1.66).

생물량의 지역적인 분포에 있어서는 기체수와는 달리 여름철에 정점4와 정점 5에서 95~100 g으로 가장 높았는데, 이는 정점 4에서는 극피동물과 미더덕 등의 출현으로, 정점 5에서는 연체동물의 출현이 많았기 때문이다 (그림 5.1.67). 가을철에는 여름철에 비해 적은 생물량을 보여 정점 5에서 6.57 g으로 최소치를, 정점 1에서 31.05 g으로 최대치를 보였다. 이는 정점 3에서 여름철에 비해 다모류의 생물량이 증가한 반면에 여름철에 우점하였던 연체동물과 극피동물의 생물량이 크게 감소하였기 때문이었다. 겨울철에는 정점 4에서 66.6 g으로 가장 많았는데 주로 미더덕, 절지동물, 다모류의 많은 출현에 의한 것이며, 정점 5에서 11.8 g으로 가장 적었으며 척삭동물의 생물량 9.8 g을 제하면 불과 2 g 정도였다. 봄철에는 정점 4에서 154.1 g으로 가장 많았는데 이는 연체동물의 생물량에 의한 것이며, 정점 3에서 16.2 g으로 가장 적었다 (그림 5.1.67).

⑤ 군집 분석

i) 생물학적 지수

정점간 종조성과 출현량의 차이에 따라 종다양성 지수값을 포함한 생물학적 지수 값에서도 이를 반영하여 정점간 차이를 보였다 (그림 5.1.68). 갑각류의 *Corophium sinense* 가 대량 출현하였던 정점 1과 다모류의 *Cirratulus cirratus* 가 우점한 정점 5에서는 종다양성지수값이 1.5 ~ 2.0 정도로 낮았고, 그 외의 정점에서는 H' 값이 2.5 이상으로 상대적으로 높은 값을 보였다. 이러한 양상은 우점도 지수값에서도 명확히 나타난다. 가을철에도 여름철과 생물학적 지수값에 있어서 유사함을 보였는데 정점 1,2에서 약간 증가한 반면 정점 3에서는 감소하였다. 역시 정점 5에서 가장 낮은 H' 값을 보였다. 우점도 지수값 (D)도 H' 값에 대응하여 정점 1,2에서 약간 낮아졌고, 정점 3에서 높은 값을 보였다 (그림 5.1.68). 겨울철과 봄철에도 이와 유사한 경향을 보였는데 겨울철에는 정점 4,5에서 H' 값이 2.0 이하로 낮았고, 봄철에도 정점 5에서 H'=1.57로서 가장 낮은 값을 보였다. 이는 출현 종수가 적고 높은 우점도에 기인한 것이다. 본 조사해역은 종다양성 지수값이 1.5 ~ 3.0으로 양식장이 밀집한 진해만의 여름철 H' 값이 1.0 이하인 것과 비교하면 매우 높은 것이며, 여사만의 H' 값과는 서로 비슷한 수준이다. 또한 오염이 많이 진행된 마산만의 경우 종다양성지수값이 연중 H'=1.0 인 것으로 보고되었다 (Hong and Lee, 1983). 이것으로 볼 때 본 조사해역의 저서동물군집은 기회종들의 우점에도 불구하고 H' 값이 1.7 이상으로서 대체로 안정되어 있는 것으로 생각된다.

ii) 집괴분석

조사정점간의 출현종의 유사도 정도에 의해 정점들을 묶은 수지도를 작성한 결과 여름철에는 조사해역을 크게 2개의 정점군으로 나눌 수 있었다 (그림 5.1.69). 먼저 진해만에 연하여 있는 정점 1과 2가 가장 종조성이 유사한 것으로 나타났고, 다음으로 정점3과 4가 서로 유사한 것으로 나타났다. 그러나 장목리 내만역의 정점 5는 다른 정점과는 종조성이 크게 차이를 보였다. 정점1과 2에서는 진해만의 우점종인 *Theora fragilis*, *Chaetozone setosa*가 우점하고 있으며, 정점 3에서는 *Lumbrineris longifolia*, *Paraprionospio pinnata*가 우점하고 있다. 이들 종들이 정점 4에서는 다소 감소된 서식밀도를 가지며 여기에 개체가 큰 균형종(equilibrium species)인 *Terebellides horikoshii*와 *Praxillella affinis*가 우점종으로 출현하고 있다. 그러나 정점5에서는 위의 우점종들이 거의 출현하지 않으며 약간의 균형종들과 함께 다모류의 *Cirratulus cirratus*가 극히 우점하고 있다.

가을철에도 역시 2개의 지역으로 세분되어졌는데 정점 1,2,3으로 이루어진 것과 정점 4, 5로 구성된 정점군이었다 (그림 5.1.69). 정점 1,2,3의 정점군에서는 *Paraprionospio pinnata*, *Alvenius ojlanus*, *Sternaspis scutata*, *Terebellides horikoshii*, *Corophium sinense* 등의 종들이 우점하였고, 장목리 부근역인 정점 4,5에서는 *Lumbrineris longifolia*, *Dorvillea* sp., *Praxillella affinis* 등이 우점하였다. 특히 정점 4에서는 봄철과 마찬가지로 *P. affinis*가 280개체/m²의 높은 서식밀도를 보였다.

겨울철에도 가을철과 유사한 양상으로 정점 1,2,3과 정점 4,5로 양분되었다 (그림 5.1.70). 정점 1,2,3에서는 대부분의 우점종들이 많이 출현한 반면 정점 4,5에서는 갑각류인 *Corophium sinense*, 다모류의 *Cirriformis tentaculata*, 척삭동물의 *Ascidacea* sp. 등이 우점종으로 나타났다.

봄철에는 여름철과 같이 정점 5만 다른 정점들로부터 분리되었다 (그림 5.1.70). 정점 5의 특성종으로는 *C. sinense*, 다모류의 *Dorvillea* sp., 연체동물의 *Mytilus edulis galloprovincialis*, *Yoldia notabilis* 등이었다.

C. cirratus 와 *L. longifolia*는 유기물에 의하여 오염된 곳이거나 환경의 저해나 교란으로 기존의 균형종이 소멸된 이후에 정착하는 기회종으로 알려져 있다. 정점 5에서 여름철과 가을철에 이들이 각각 집중해서 출현하였고, 또한 가을철과 봄철에 육식자인 *Dorvillea* sp.가 대량 출현한 것은 유기물 오염의 영향을 받았음을 시사한다. 즉, 장목리의 내만역은 퇴적물의 유기물함량이 9.7%이나 그 입구역인 정점 4에서는 4.8%로 낮다. 따라서 오염지시종이 많이 출현하는 종조성으로 볼때 장목리 내만역은 새로운 유기물 오염의 출처가 있었거나, 또는 인위적인 교란요인이 있었기 때문에 오염지시종 이외의 종들은 낮은 밀

도를 보이고 출현종수도 적은 것으로 생각된다. 즉, *C. cirratus*와 *L. longifolia*의 개체군 증가를 가져온 것으로 예상된다.

이상의 결과를 종합하여 본 조사해역의 저서동물군집의 특징은 다음과 같다.

① 장목리의 내만역은 바깥해역과 비교해서 빈약하고도 종조성이 다른 군집을 가지고 있다.

② 바깥 해역의 저서동물군집은 진해만 저서동물군집의 주변부에 해당되는 것으로 나타났다.

③ 진해만에 비해 대체로 풍부한 생물상을 보였고, 안정된 군집으로서 기회종이나 오염지시종의 출현량이 많음에도 불구하고 대형 균형종의 출현도 두드러져 유기물 오염의 현상이 미약했다.

④ 장목리의 내만역은 출처가 진해만과는 다른 유기물 오염의 징후가 엿보였다.

4) 종합고찰

조사해역의 전반적인 생물상의 특징은 정점4를 중심으로 장목리 내만인 정점5와 외측해역인 정점 1~3이 서로 다른 특성을 보이고 있는 점이다. 특히 장목리 내만인 정점 5를 중심으로하는 해역은 식물플랑크톤 경우에 오염지표종으로 잘 알려진 *Euglena* 종류가 높은 구성 비율을 보이고 있으며, 또한 담수종인 *Chodatella chodatii*도 대량 발생하고 있다. 따라서 이 해역을 중심으로 육상으로 부터의 영향을 상당히 받고 있음을 추정할 수가 있다. 동물플랑크톤의 경우도 인접 해역인 정점 4를 중심으로 적조 원인 생물인 야광충이 우점되는 양상을 보이고 있는데, 출현종수가 적고 낮은 종다양성지수를 보이고 있으나, 오염원의 지속적 증가나 기타 유기물질이 적절히 유입될 경우 정점 4, 5를 중심으로 부유생태계의 큰 변화와 적조발생의 가능성이 매우 높을 것으로 예상된다. 또한 저서동물의 경우 장목리 내만인 정점 5에서 *C. cirratus* 등의 개체군 증가가 이루어지고 있어, 다소 이 해역을 중심으로 이미 유기물 오염의 징후가 보이는 것으로 생각된다. 따라서 본 조사해역의 경우는 주변 환경 변화에 따라 정점 4,5를 중심으로 적조 발생 등과 같은 환경문제의 발생 가능성이 비교적 높은 해역으로 예측되고, 지속적인 생태계 변화가 진행될 것으로 보인다.

표 5.1.70 장목리 주변해역의 퇴적물 입도조성과 총유기물함량

정점	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	퇴석상	MZ (%)	분급도 (%)	유기물함량 (%)
1		4.2	49.2	46.6	M	8.13	2.26	8.92
2		2.5	54.8	42.7	M	8.03	2.20	8.80
3	1.0	2.8	43.6	52.7	(g)M	8.31	2.38	10.14
4		17.9	54.7	27.4	M	6.61	2.77	4.85
5		2.8	39.2	58.0	M	8.70	2.34	9.69

표 5.1.71. 조사해역에서 출현한 대형저서동물의 종조성 (1993. 6).

동 물 군	종 수	%	개체수	%	생물량(g)	%
자포동물(Cnidaria)	3	4.3	1	0.1	0.622	0.2
유형동물(Nemertinea)	1	1.4	1	0.1	4.507	1.7
연체동물(Mollusca)	17	24.6	81	8.5	99.782	38.2
환형동물(Annelida)	34	49.3	601	62.9	15.557	6.0
절지동물(Arthropoda)	11	15.9	257	26.9	5.570	2.1
극피동물(Echinodermata)	3	4.3	6	0.6	94.637	36.3
척삭동물(Chordata)	2	2.9	8	0.8	40.233	15.4
계	69		955		260.908	

표 5.1.72. 조사해역에서 출현한 대형저서동물의 종조성 (1993. 10).

동 물 군	종 수	%	개체수	%	생물량(g)	%
자포동물(Cnidaria)	3	3.6	7	0.3	7.235	8.0
유형동물(Nemertinea)	2	1.4	6	0.3	1.014	1.1
연체동물(Mollusca)	10	11.9	246	12.4	9.244	10.3
환형동물(Annelida)	40	47.6	1536	75.6	39.074	43.4
절지동물(Arthropoda)	25	29.8	221	10.9	9.609	10.7
극피동물(Echinodermata)	3	3.6	7	0.3	19.938	22.1
척삭동물(Chordata)	1	1.2	9	0.4	3.969	4.4
계	84		2032		90.080	

표 5.1.73. 조사해역에서 출현한 대형저서동물의 종조성 (1994. 2).

동 물 군	종 수	%	개체수	%	생물량(g)	%
자포동물(Cnidaria)	2	2.4	2	0.1	1.021	0.7
유형동물(Nemertinea)	2	2.4	3	0.2	2.031	1.4
성구동물(Sipunculida)	1	1.2	1	0.1	0.041	0.1
연체동물(Mollusca)	19	22.9	49	3.0	10.010	7.1
환형동물(Annelida)	38	45.8	1034	63.6	63.865	45.2
절지동물(Arthropoda)	17	20.5	506	31.1	25.691	18.2
극피동물(Echinodermata)	3	3.6	4	0.3	8.025	5.7
척삭동물(Chordata)	1	1.2	28	1.7	30.444	21.6
계	83		1627		141.163	

표 5.1.74. 조사해역에서 출현한 대형저서동물의 종조성 (1994. 5).

동 물 군	종 수	%	개체수	%	생물량(g)	%
자포동물(Cnidaria)	1	1.1	1	0.1	6.791	2.3
유형동물(Nemertinea)	1	1.1	4	0.2	9.967	3.3
성구동물(Sipunculida)	1	1.1	1	0.1	0.117	0.1
대형동물(Bryozoa)	1	1.1	-	-	0.639	0.2
연체동물(Mollusca)	18	20.0	329	12.7	134.451	44.6
환형동물(Annelida)	42	46.7	1522	58.8	56.033	18.6
절지동물(Arthropoda)	20	22.2	717	27.7	23.739	7.9
극피동물(Echinodermata)	3	3.3	6	0.2	36.445	12.1
척삭동물(Chordata)	3	3.3	9	0.4	33.141	11.0
계	89		2589		301.323	

표 5.1.75. 조사해역의 주요우점종 (1993. 6).

종 명	개체수	x	섭식형	비 고
<i>Corophium sinense</i>	227	23.8	FF	
<i>Lumbrineris longifolia</i> *	87	9.1	SSDF	오염지시종
<i>Chaetozone setosa</i>	79	8.3	SDF	
<i>Praxillella affinis</i>	69	7.2	SSDF	
<i>Cirratulus cirratus</i> *	56	5.9	SDF	오염지시종
<i>Theora fragilis</i> *	41	4.3	SDF	
<i>Terebellides horikoshii</i>	35	3.7	SDF	
<i>Paraprionospio pinnata</i> *	29	3.0	SDF	오염지시종

(SSDF : 표층하퇴적물식자, SDF : 표층퇴적물식자, FF : 여과식자)

표 5.1.76. 조사해역의 주요우점종 (1993. 10).

종 명	개체수	x	섭식형	비 고
<i>Lumbrineris longifolia</i> *	414	20.4	SSDF	오염지시종
<i>Paraprionospio pinnata</i> *	272	13.4	SDF	오염지시종
<i>Chaetozone setosa</i>	210	10.3	SDF	
<i>Theora fragilis</i> *	163	8.0	SDF	오염지시종
<i>Dorvillea</i> sp.	104	5.1	C	
<i>Praxillella affinis</i>	96	4.7	SSDF	
<i>Alvenius ojiannus</i>	69	3.4	SDF	

(SSDF : 표층하퇴적물식자, SDF : 표층퇴적물식자, FF : 여과식자
C : 육식자)

표 5.1.77. 조사해역의 주요우점종 (1994. 2).

종 명	개체수	x	섭식형	비 고
<i>Corophium sinense</i>	360	22.1	FF	
<i>Tharyx</i> sp.	194	11.9	SDF	
<i>Paraprionospio pinnata</i> *	179	11.0	SDF	오염지시종
<i>Lumbrineris longifolia</i> *	134	8.2	SSDF	오염지시종
<i>Chaetozone setosa</i>	133	8.2	SDF	
<i>Mediomastus</i> sp.	63	3.9	SSDF	
<i>Sternaspis scutata</i>	53	3.3	SSDF	

(SSDF : 표층하퇴적물식자, SDF : 표층퇴적물식자, FF : 여과식자)

표 5.1.78 조사해역의 주요우점종 (1994. 5).

종 명	개체수	x	섭식형	비 고
<i>Corophium sinense</i>	628	24.3	FF	
<i>Lumbrineris longifolia</i> *	424	16.4	SSDF	오염지시종
<i>Tharyx</i> sp.	306	11.8	SDF	
<i>Chaetozone setosa</i>	148	5.7	SDF	
<i>Theora fragilis</i> *	158	6.1	SDF	오염지시종
<i>Heteromastus</i> sp.	98	3.8	SSDF	

(SSDF : 표층하퇴적물식자, SDF : 표층퇴적물식자, FF : 여과식자)

표 5.1.79. 남해연안역의 저서동물군집의 우점종 비교

본 조사지역	진해만 양식장 ¹⁾	진해만 ²⁾	여자만 ³⁾	부산연안 ⁴⁾
<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	<i>Lumbrineris longifolia</i> (P)	<i>Mediomastus</i> sp. (P)	<i>Capitella capitata</i> (P)
<i>Chaetozone setosa</i> (P)	<i>Capitella capitata</i> (P)	<i>Paraprionospio pinnata</i> (P)	<i>Sternaspio scutata</i> (P)	<i>Sabella alhicans</i> (P)
<i>Praxillella affinis</i> (P)	<i>Erictonius pugnax</i> (C)	<i>Theora fragilis</i> (M)	<i>Protankyra bidentata</i> (E)	<i>Lumbrineris nipponica</i> (P)
<i>Cirratulus cirratus</i> (P)	<i>Mediomastus</i> sp. (P)	<i>Aricidea jeffreysii</i> (P)	<i>Theora fragilis</i> (M)	<i>Cirratulus cirratus</i> (P)
<i>Terebellides horikoshii</i> (P)	<i>Sigambra tentaculata</i> (P)	<i>Magelona japonica</i> (P)	<i>Amphelisca</i> sp. (C)	<i>Nephtys polybranchia</i> (P)
<i>Theora fragilis</i> (M)	<i>Theora fragilis</i> (M)	<i>Raeta pulchella</i> (M)	-	<i>Cragon affinis</i> (C)
<i>Paraprionospio pinnata</i> (P)	<i>Aricidea</i> sp. (P)	-	-	<i>Magelona japonica</i> (P)

(P : Polychaeta, M : Mollusca, C : Crustacea, E : Echinodermata)

1) 임현식 외(1992), 2) 임현식(1993), 3) 임현식 외(1991), 4) Lee(1976)

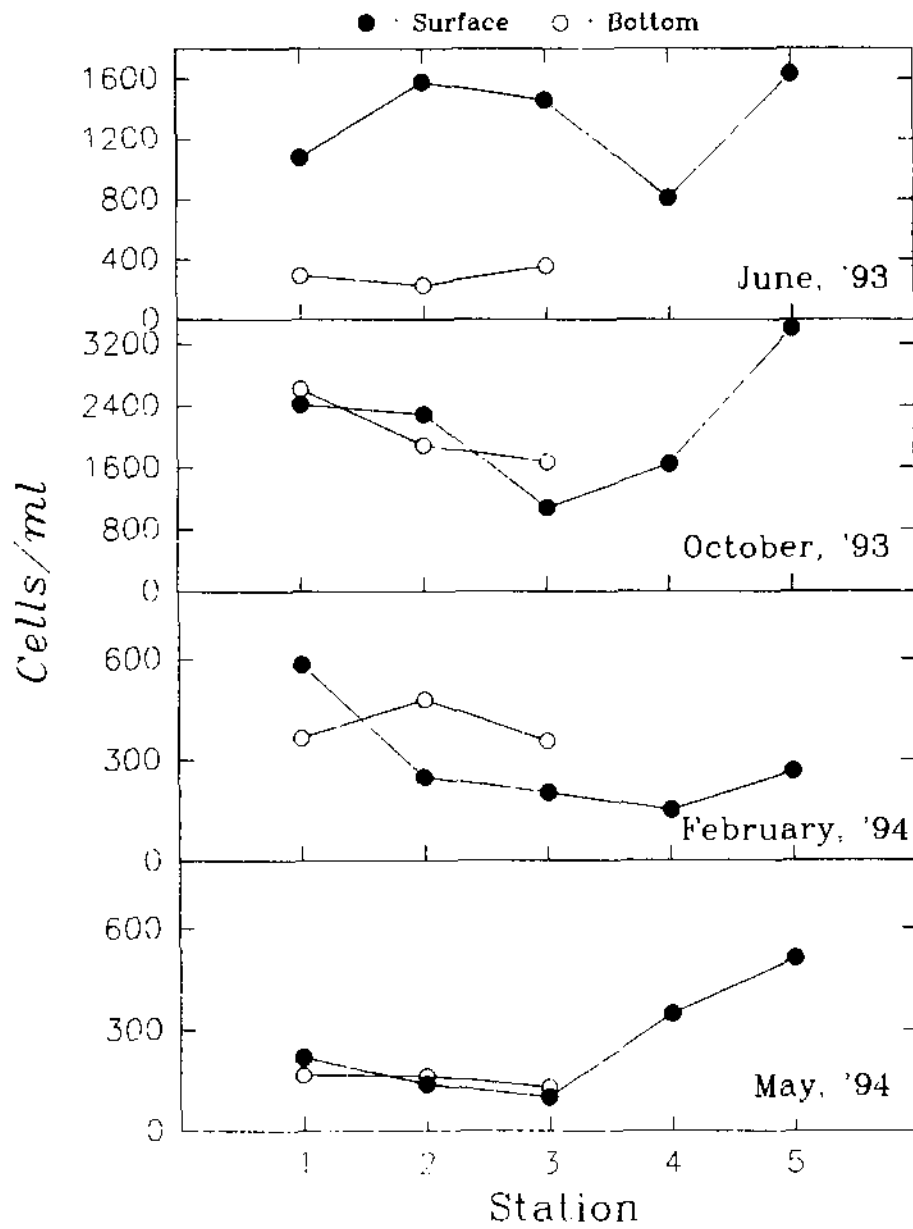


그림 5.1.60 조사해역의 식물플랑크톤 현존량 분포

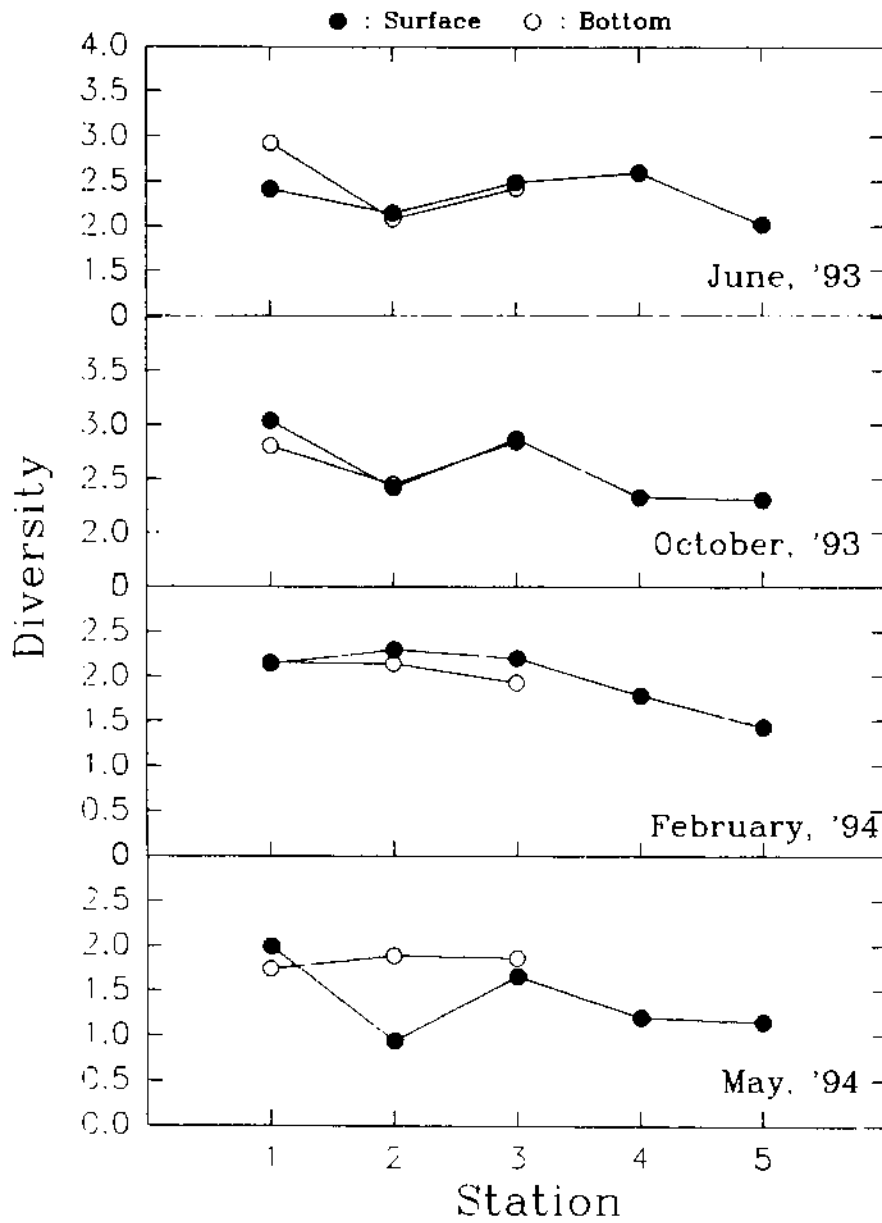


그림 5.1.61 조사해역의 식물플랑크톤 종다양성지수

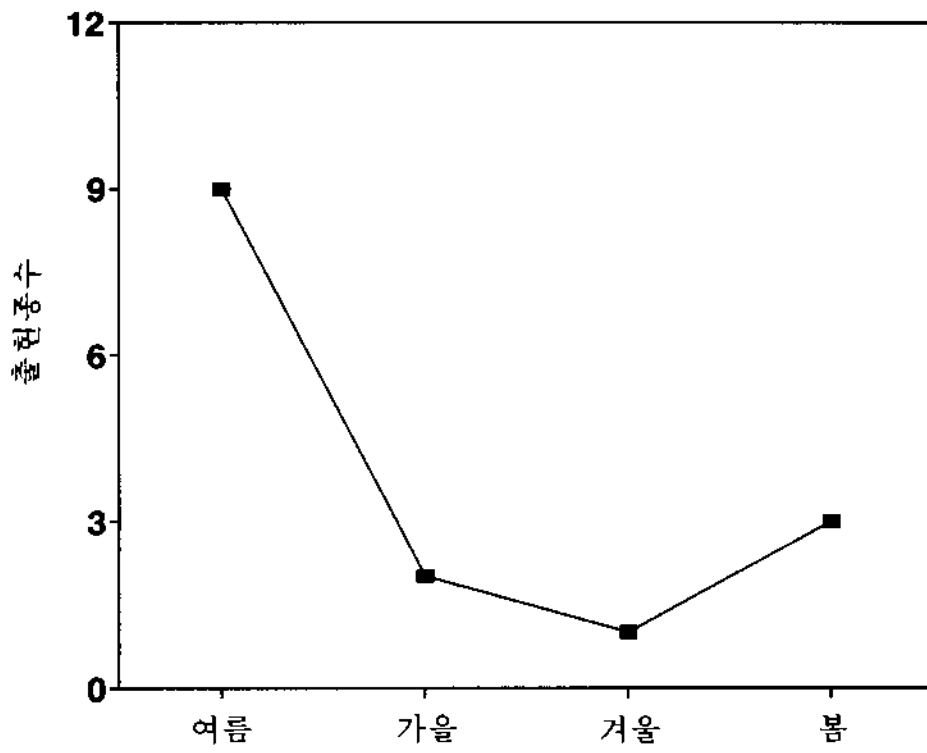


그림 5.1.62 조사해역에서 출현한 계절별 치자어의 출현종수

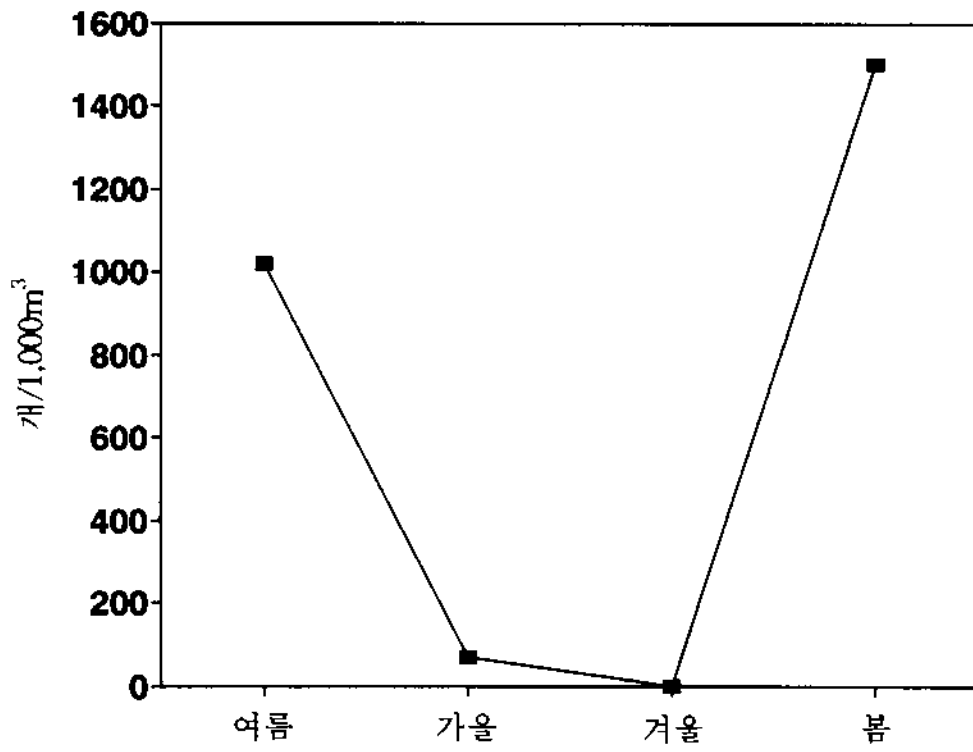


그림 5.1.63 조사해역에서 출현한 어란의 계절별 평균출현량

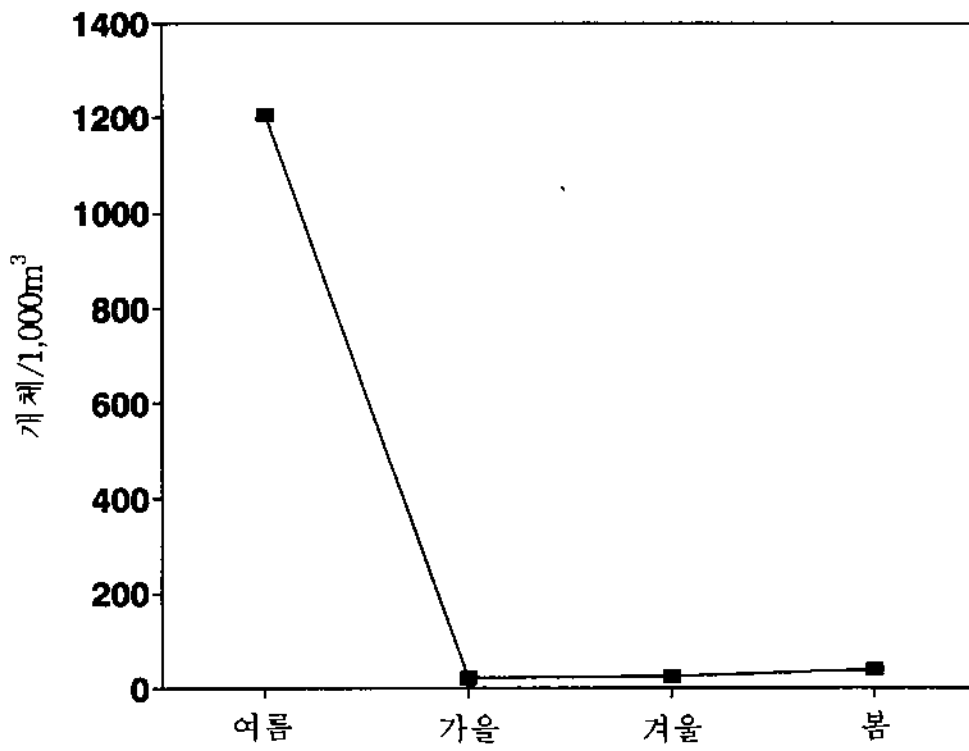


그림 5.1.64 조사해역에서 출현한 치자어의 계절별 평균 출현량

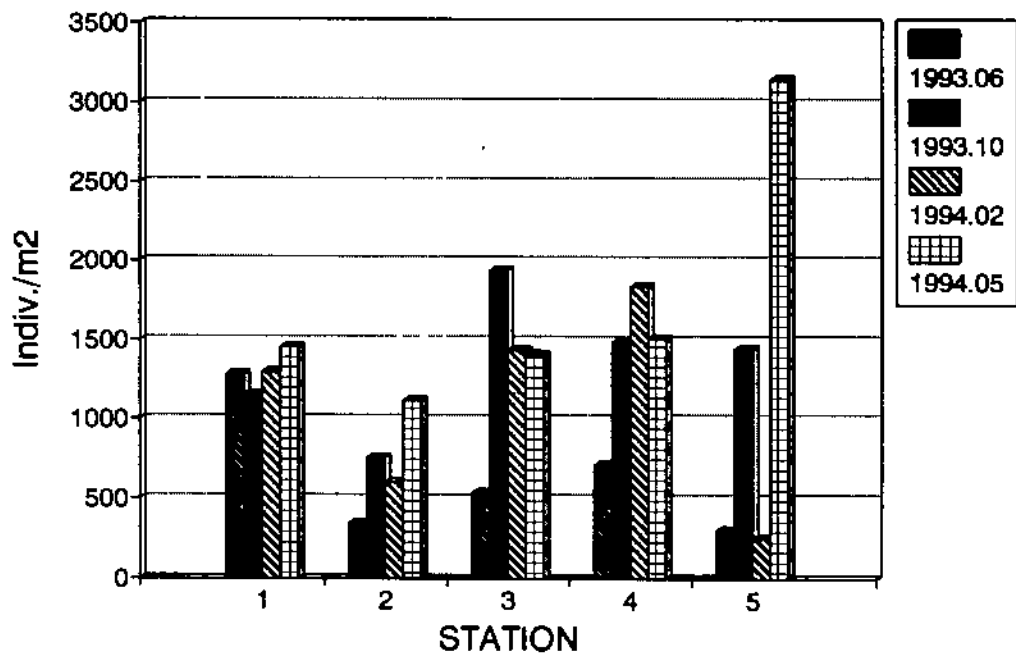


그림 5.1.65 조사해역의 각 정점에서 계절별로 출현한 저서동물의 개체수

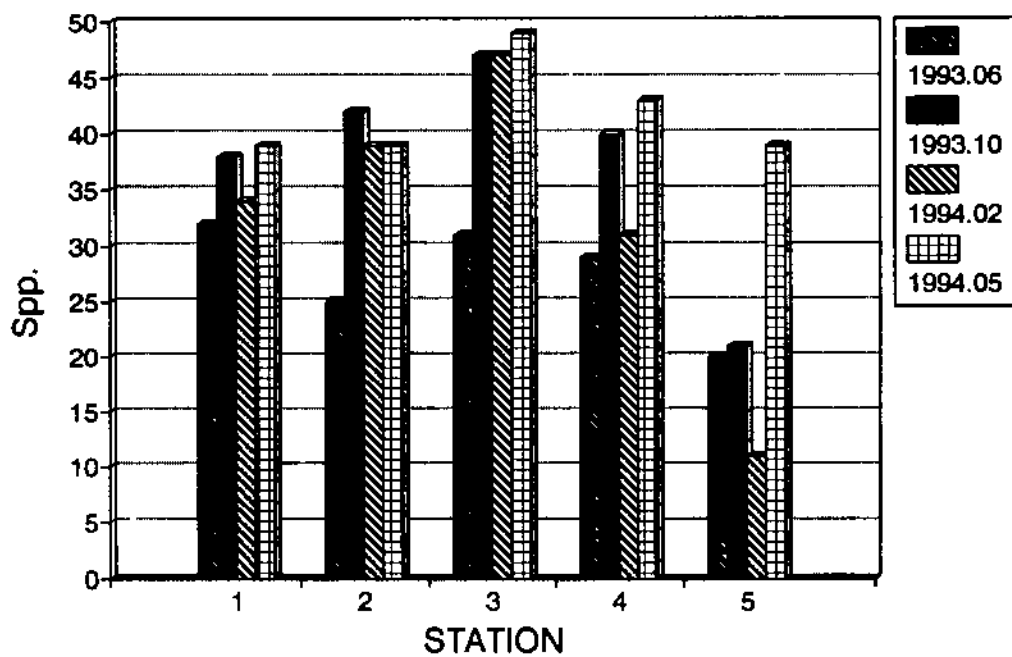


그림 5.1.66 조사해역의 각 정점에서 계절별로 출현한 저서동물의 종수

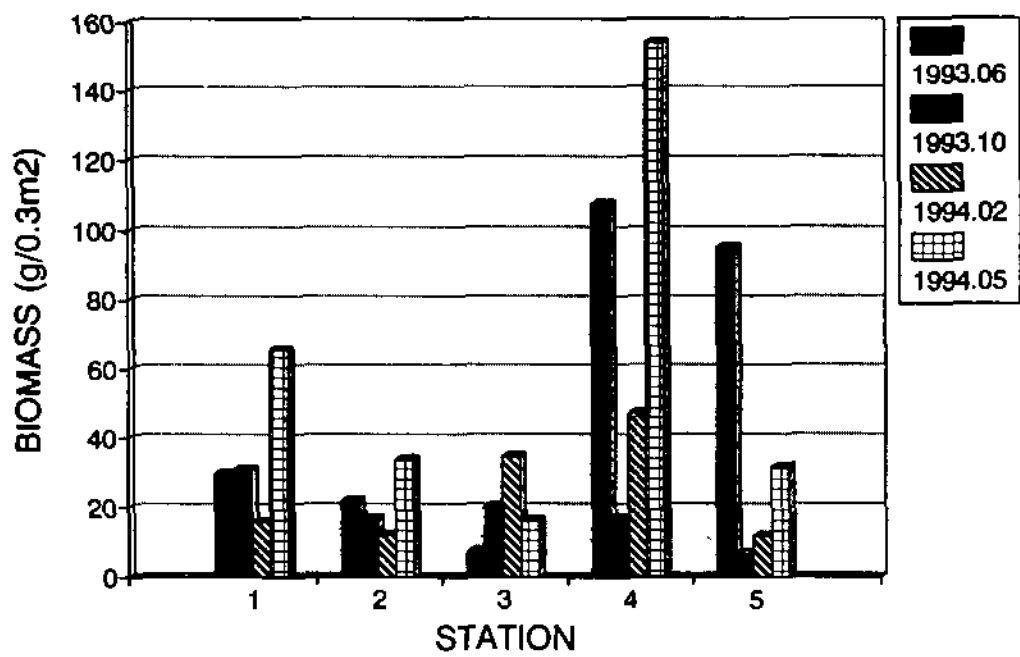


그림 5.1.67 조사해역의 각 정점에서 계절별로 출현한 저서동물의 생물량

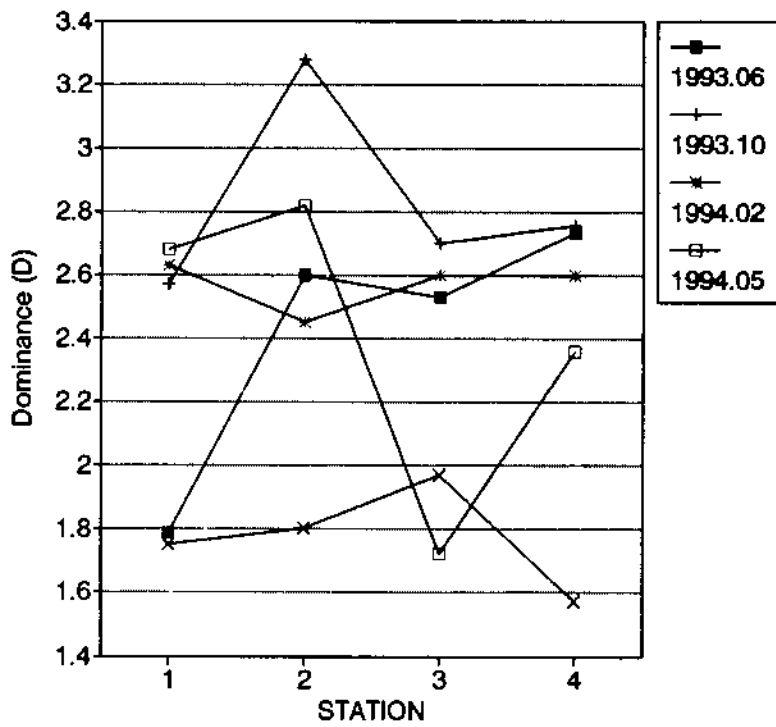
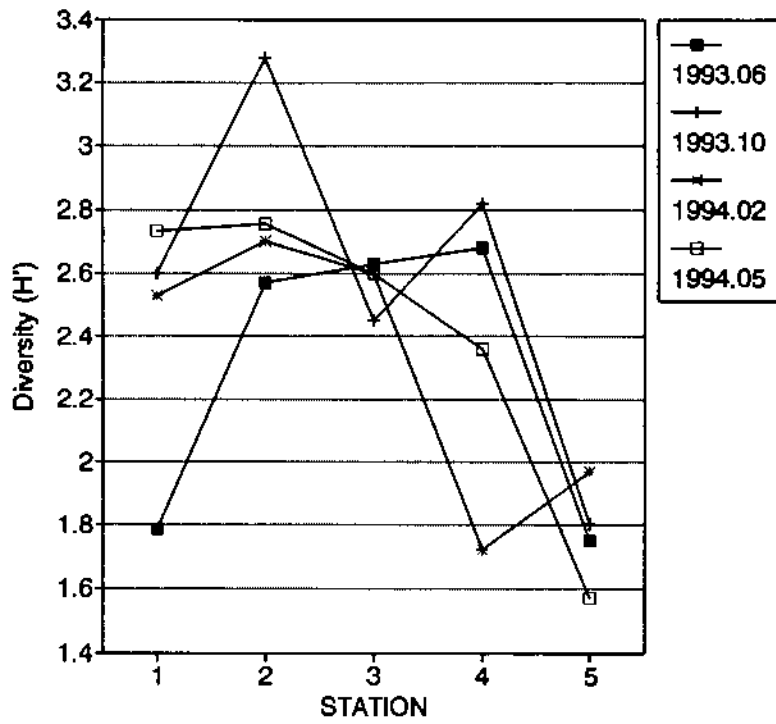
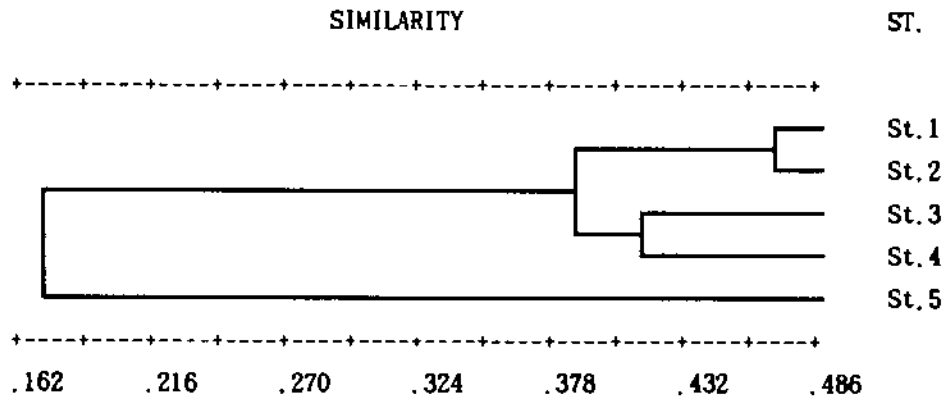


그림 5.1.68 계절별 각 정점에서의 종다양성지수(H')와 우점도지수(D)

1) 1993. 6.



2) 1993. 10.

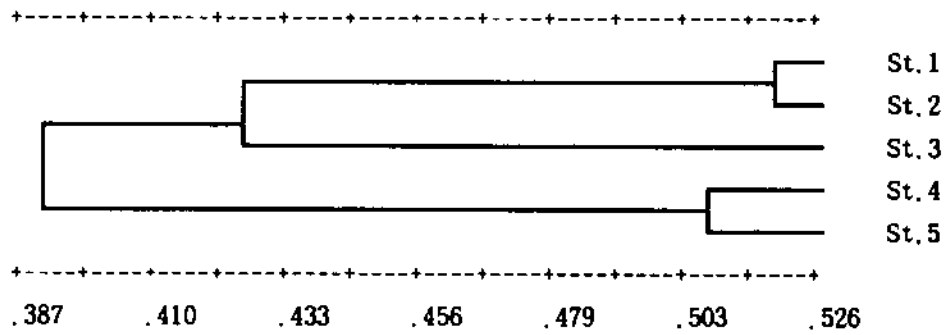
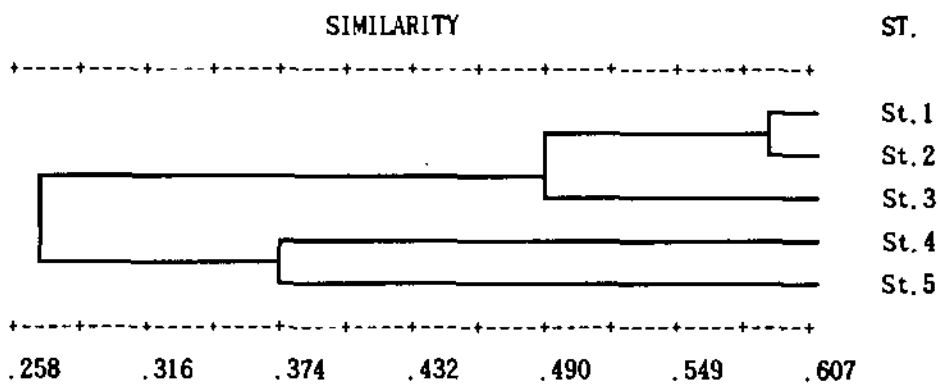


그림 5.1.69 계절별 출현종의 개체수 자료에 의한 집괴분석결과 나타난 수지도 (1993. 6, 1993. 10)

3) 1994. 2.



4) 1994. 5.

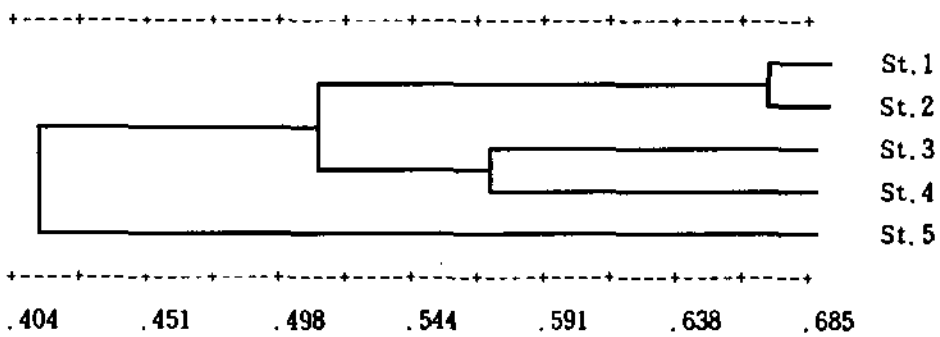


그림 5.1.70 계절별 출현종의 개체수 자료에 의한 집괴분석결과 나타난 수지도 (1994. 2, 1994. 5)

나. 사업시행으로 인한 영향예측

본 사업은 시설규모가 작은 소규모 공사이나 사업시행에 따라 인근 해안에 다소의 영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 영향을 예측하고자 한다.

우선 부두시설등 연안구조물이 그림 5.1.71과 같이 설치됨에 따라 부두건설 전·후의 해수유동을 비교 검토하기 위하여 수치모형 실험을 실시하였다. 특히, 장독만내의 해수유동 상태가 건설된 부두로 인해 큰 차이를 나타내고 현저한 변화가 있으면 이로 인해 연안침식과 매물현상을 예상할 수 있다.

부두건설공사의 준설과 매립 과정에서 부유토사가 발생되므로 이로 인한 해양수질에 미치는 영향을 파악하고자 해수유동과 관련된 해양확산 모델을 수립하여 그 영향을 예측하였다. 그리고 부두공사의 완공 후 그림 5.1.72와 같이 부두시설과 선박기지를 이용시 발생하는 오·폐수의 방류로 인한 인근해역의 수질에 미치는 영향을 수치모형을 통해서 예측하였다.

(1) 해수 유동의 수치 모델링

1) 수치모델의 구성

인안해역의 해수유동은 비압축성 유체에 대한 연속방정식 및 운동방정식으로 나타낼 수 있다. 이들 식을 해면에서 해수면까지 수심방향으로 적분함으로써 수심 평균된 2차원 유동방정식을 얻을 수 있으며, 이 수심 적분된 연속방정식과 운동방정식을 식으로 나타내면 다음과 같다(그림 5.1.73).

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{(r_s^x - r_b^x)}{H} \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{(\tau_x' - \tau_b)}{H} \quad (3)$$

여기서 x, y, z 는 공간좌표로 x 는 동향을, y 는 북향, z 는 위가 양인 직교좌표이며, ζ 는 해면, h 는 해저면, $H = h + \zeta$ 는 총수심, u, v 는 수심 평균된 x, y 방향의 유속성분, A_h 는 수경와점성계수, f 는 Coriolis 계수, g 는 중력가속도, t 는 시간을, τ_x, τ_b 는 각각 표면(바람)응력 및 저면응력을 나타낸다.

본 사업에서 고려된 경우는 바람응력은 무시하였으며 저면 마찰응력은 다음과 같은 quadratic 법칙으로 계산하였다.

$$\vec{\tau}_b = \rho c_f |\vec{u}| \vec{u} \quad (4)$$

여기서 ρ 는 해수밀도 (=일정) c_f 는 저면 마찰계수로 전해역에 걸쳐 0.0025 를 사용하였다.

식 (1) - (3)을 해석하기 위하여 유한차분기법을 사용하였으며, 사용된 차분식은 반음해법인 ADI법 (Alternating Direction Implicit Method)을 사용하였다.

사용된 유한차분 격자망은 수위 (ζ), 유속 (u, v)이 각기 다른 공간에 위치하는 staggered-grid (그림 5.1.74)를 사용하였으며, 차분식 ADI는 2차원 문제를 상용하는 2개의 1차원 문제로 변환한 후 이를 음해법을 사용하여 해석하는 방법으로 매시간 간격마다 x 방향과 y 방향의 계산을 통하여 해를 구하는 방법이다. 즉 (n) Δt 에서 ($n+1/2$) Δt 의 계산은 x 방향에 대하여 ζ 와 u 를 음해법으로 해석하고 v 는 양해법으로 해석하며, ($n+1/2$) Δt 에서 ($n+1$) Δt 의 계산은 y 방향에 대하여 ζ 와 v 를 음해법으로 해석하고 u 는 양해법으로 해석하여 ζ, u, v 를 구하는 방법이다.

이들 차분식은 다음과 같다

$$x\text{-sweep } (n \rightarrow n+1/2)$$

$$(v - v^n) / \frac{\Delta t}{2} + v^n \overline{v_{oy}^y} + s_x [u^n, v^n] + f \overline{u^n} + g \zeta_{oy}^n$$

$$+ c_f v^n [(\bar{u}^n)^2 + (v^n)^2]^{1/2} / H^n - A_k (v_{\alpha\alpha}^n + v_{\beta\beta}^n) = 0 \quad (5)$$

$$(\zeta - \zeta^n) / \frac{\Delta t}{2} + [(h + \zeta^n) u]_{\alpha} + [(h + \zeta^n) v]_{\beta} = 0 \quad (6)$$

$$(u - u^n) / \frac{\Delta t}{2} + u \bar{u}_{\alpha\alpha}^n + s_y (\bar{v}^{n+1/2}, u^n) - f \bar{v}^{n+1/2} + g \zeta_{\alpha}^n$$

$$+ c_f u^n [(\bar{v}^{n+1/2})^2 + (u^n)^2]^{1/2} / H^n - A_k (u_{\alpha\alpha}^n + u_{\beta\beta}^n) = 0 \quad (7)$$

여기서, $S_y = \bar{v} (u_{i+2} + 4(u_{i+1} - u_{i-1}) - u_{i-2}) / (12\Delta y)$ at $i+1/2, j$

$S_x = \bar{u} (v_{i+2} + 4(v_{i+1} - v_{i-1}) - v_{i-2}) / (12\Delta x)$ at $i, j+1/2$

$\bar{u}_{\alpha\alpha}^n = (\frac{u_{i+3/2} - u_{i-1/2}}{2\Delta x})$ at $i+1/2, j$

$\bar{u} = \frac{1}{4} (u_{i-1/2,j} + u_{i+1/2,j} + u_{i+1/2,j+1} + u_{i-1/2,j+1})$ at $i, j+1/2$

$\bar{v} = \frac{1}{4} (v_{i,j-1/2} + v_{i,j+1/2} + v_{i+1,j-1/2} + v_{i+1,j+1/2})$ at $i+1/2, j$

$u_{\alpha\alpha} = (u_{i+3/2,j} - 2u_{i+1/2,j} + u_{i-1/2,j}) / (\Delta x)^2$ at $i+1/2, j$

$u_{\beta\beta} = (u_{i+1/2,j+1} - 2u_{i+1/2,j} + u_{i+1/2,j-1}) / (\Delta y)^2$ at $i+1/2, j$

$\zeta_{\alpha} = (\zeta_{i+1/2,j} - \zeta_{i-1/2,j}) / \Delta x$ at i, j

$\zeta_{\beta} = (\zeta_{i,j+1/2} - \zeta_{i,j-1/2}) / \Delta y$ at i, j

여기서 뒀첨자가 없는 것은 $(n+1/2)$ step의 값으로 구하고자 하는 변량이며, 뒀첨자가 있

는 변량은 기지의 값을 나타낸다. 연속방정식의 ζ^* 는 u 와 ζ 방정식을 iteration하여 계산하였다(즉 처음에는 ζ^* 를 ζ^n 로 계산한 후 얻은 $\zeta^{(1)}, u^{(1)}$ 을 사용하여 다시 $\zeta^{(2)}, u^{(2)} = \zeta^{n+1/2}, u^{n+1/2}$ 를 얻는다. 2번만 반복했음).

경계면 근처를 제외한 계산 내부점에서의 이류항은 음해법 또는 3차 order의 양해법을 사용하였으며, 수평운동량 확산항은 전구 양해법으로 처리하였다.

이들 차분식은 결국은 ζ, u 에 대한 3중 대각행렬이 구성되며, 이 3중 대각 행렬식은 Leendertse 등의 recursion 알고리즘을 사용하여 (결국은 Gaussian 소거법 - 이 경우 Thomas알고리즘) 해석하였다.

특히 위에서 기술한 순서대로 해석함으로써 $v^{n+1/2}$ 을 양해법을 사용하여 계산한 후, u 은 동방침식에서 사용했음도 (f 및 저면 마찰 응력항) 수치해의 안정에 도움이 된다.

$$y\text{-sweep } (n+1/2 \rightarrow n+1)$$

$$(u - u^{n+1/2}) / \frac{\Delta t}{2} + u^{n+1/2} \frac{\overline{u_{ax}}}{H^{n+1/2}} + s_x(\overline{v^{n+1/2}}, u^{n+1/2}) - f \overline{v^{n+1/2}} + g \zeta_{ax}^{n+1/2}$$

$$+ c_f u^{n+1/2} [(\overline{v^{n+1/2}})^2 + (u^{n+1/2})^2]^{1/2} / H^{n+1/2} - A_h (u_{ax}^{n+1/2} + u_{oy}^{n+1/2}) = 0 \quad (8)$$

$$(v - v^{n+1/2}) / \frac{\Delta t}{2} + v \frac{\overline{v^{n+1/2}y}}{H^{n+1/2}} + s_x[u^{n+1/2}, v^{n+1/2}] + f \overline{u^{n+1/2}} + g \zeta_{oy}$$

$$+ c_f v^{n+1/2} [(\overline{u^{n+1/2}})^2 + (v^{n+1/2})^2]^{1/2} / H^{n+1/2} - A_h (v_{ax}^{n+1/2} + v_{oy}^{n+1/2}) = 0 \quad (9)$$

$$(\zeta - \zeta^{n+1/2}) / \frac{\Delta t}{2} + [(h + \zeta^{n+1/2}) u^{n+1/2}]_{ax} + [(h + \zeta^*) v]_{ay} = 0 \quad (10)$$

여기서의 기호규약도 x-sweep에서와 거의 유사하며, 전체적인 차분기법은 이류항의 처리와 저면 마찰응력을 양해법으로 처리한 것을 제외하면 Stelling(1984)과 같다. Stelling은 이류항을 방향별로 반복법을 통하여 음해법으로 처리하였으며, 본 모델에서는 3차원 모형으로의

확장을 고려하여 이류항과 저면 마찰용력항을 양해법으로 처리하였다.

이상의 해법을 사용한 해수유동모델은 그림 5.1.75와 같은 흐름으로 구성하였으며, 계산격자망을 장목리를 대상으로 하여 그림 5.1.76과 같이 구성하였으며, 수심자료는 마산, 진해만 일대에 대한 수로국간행 해도(No 206)와 장목리 매립 사업에서 실시한 수심자료를 취합하여, 평균해면하의 수심으로 환산하여 사용하였으며, 그림 5.1.77은 모델에서 사용된 수심도이다.

수치모델의 개방경계조건은 기수립된 마산·진해만의 모델결과로부터 M_2 분조와 S_2 분조의 진폭과 위상을 구하여 사용하였으며(그림 5.1.78 ~ 79), 다음과 같이 간략화된 대조기와 소조기를 고려하여 초기값의 영향이 충분히 제거된 2 조석후의 결과이며, 모델에 사용된 상수 및 조건들은 표 5.1.80과 같다.

$$\text{대조기 : } \zeta_{open} = A_{M_2} \cos(\omega_{M_2} t - \phi_{M_2}) + A_{S_2} \cos(\omega_{S_2} t - \phi_{S_2}) \quad (11)$$

$$\approx (A_{M_2} + A_{S_2}) \cos(\omega_{M_2} t - \phi_{M_2})$$

$$\text{소조기 : } \zeta_{open} = A_{M_2} \cos(\omega_{M_2} t - \phi_{M_2}) - A_{S_2} \cos(\omega_{S_2} t - \phi_{S_2}) \quad (12)$$

$$\approx (A_{M_2} - A_{S_2}) \cos(\omega_{M_2} t - \phi_{M_2})$$

표 5.1.80 해수유동모델의 상수 및 계산 입력조건

항목	입력치
격자간격(Δs)	62.5 m
수심 (h)	해도 No. 206 및 수심측량자료 이용
시간간격 (Δt)	37.2618 sec (T/1200)
Coriolis 계수(f)	$f = 2 \omega \sin \varphi, \omega = 2\pi / (24 * 60 * 60), \varphi = 35^\circ N$
저면마찰계수(c_f)	$c_f = 0.0025$ 마산·진해만의 모델결과 이용
개방경계조건 (강제수위)	북측 칠천수도 (H_N) 조석조화상수 이용 서측 하청만 (H_W) 조석조화상수 이용 대조기 : $H_N = 101.4 \cos(\omega_{M_2} * t - 247.4^\circ)$ $H_W = 108.5 \cos(\omega_{M_2} * t - 252.3^\circ)$ 소조기 : $H_N = 25.3 \cos(\omega_{M_2} * t - 247.4^\circ)$ $H_W = 27.8 \cos(\omega_{M_2} * t - 252.3^\circ)$ $\omega_{M_2} = 28.9841^\circ / Hr$
초기조건	$\zeta = u = v = 0.0$ 로 계산시작
육지경계조건 (폐경계조건)	폐성계에 수직 성분은 0으로 계산 ($\vec{v} \cdot \vec{n} = 0$)

2) 관측치와 계산치와의 비교

구성된 수치모델의 현지적용 타당성을 검증하기 위하여 관측된 현장의 유동 특성과 수치 모델에 의해 계산된 유동특성을 비교하였다. 실제의 조석은 M_2 , S_2 의 반일주조 외에 K_1 , O_1 등의 일주조 뿐만 아니라 여러 분조가 복합된 것이며, 특히 각 분조의 nodal factor 와 nodal angle 등이 시간에 따라 다르므로 개방경계조건에 사용된 수위와 실제수위는 다를 수 있으며, 따라서 관측치와 계산치의 비교는 수위, 유속성분의 진폭과 위상의 비교가 보다 합리적이거나 관측된 조화상수가 매우 적어, 여기서는 대조기에 12시간 연속 관측된 유속을 조 시에 따라 직접 비교하였다.

그림 5.1.80은 정점 C1에서 관측된 유속과 계산된 유속을 비교한 것으로서 관측된 유속은 동향성분이 크게 나타났으며, 모델 결과는 이러한 성분이 거의 나타나지 않았다. 관측지점 근처에는 도마서라는 암초가 있어 이에 의한 국지지형의 영향이 크게 나타난 반면 모델에서는 이러한 국지영향이 고려되지 못한 차이점과 관측당일 남동풍이 약 10m/s정도를 불어 실제 관측된 동향성분과 계산치에는 비교적 많은 차이를 보이고 있다. 그러나 북향 성분은 비교적 크기에 있어 실측치와 계산치가 비슷하나, 계산치가 작게 산정되었으며, 실측치는 바람의 영향을 받은 것으로 추정된다. 관측된 정점 C4의 profiling 자료에서는 이러한 바람의 영향을 직접 볼 수 있다(그림 5.1.78).

본 사업 대상해역에서의 최강 유속은 수로국간행 해도 No.206 에서는 칠천수도 근처에서 창·낙조류시 각각 1.4 knot, 1.8 knot로 나와 있었으나, 대조기에 관측된 유속은 약 30cm/s(0.6knot) 정도였으며, 이와는 달리 C1-1지점에서의 조류의 조화상수를 살펴보면(표 5.1.34), M_2 , S_2 의 장축의 크기는 각각 15.0 cm/s, 7.6 cm/s로 거의 같은 기울기를 (약 67°) 보이고 있으며, 거의 왕복성 조류임을 알 수 있다.

관측된 15일 동안 최대유속은 33.7 cm/s 였으며, M_2 , S_2 분조에 의한 최대유속은 22.7 cm/s로 실측치의 약 70% 정도임을 알 수 있다. 장목항내의 유속은 EM 센서에 의한 순간 유속은 최대 약 30cm/s를 보였으나, Rotor 방식인 RCM-7에 의한 유속은 5cm/s이하로 매우 미약하였다. 이러한 유속의 차이는 EM 센서의 경우 배위에서 유속을 관측함으로써 배의 상대속도가 포함된 것으로 판단되며, 계류하지 않고 EM 센서를 사용하여 유속을 측정할 경우 해상

4) 사업시행후의 해수유동 예측 결과

본 사업 수행으로 인한 해수 유동의 변화를 예측하기 위하여 공사후의 지형변화를 고려하여 수치 모델링하였다. 점안시찰 공사에 의한 해안선의 변화는 선박의 정박시설 건설에 따른 지형변화를 선경계(line boundary)로 고려하였다.

본 것으로 판단된다.

의 없는 것으로 계산되었으며, 이는 주로 작은 유속에 의해 비선형 효과가 거의 발생하지 않음을 나타낸다. 이를 그림에서 보는 바와 같이 점안시찰 공사 예정지 부근의 조석잔차류는 그림 3.1.35는 대조기에 대한 조석 잔차류를 나타내며 그림 3.1.36은 소조기에 대한 조석 잔차 조류를 조석 주기에 대해 평균함으로써 얻을 수 있는 항류(조석잔차류)는 다음과 같다.

현 공사 예정지 부근의 유속은 매우 미약함을 볼 수 있다.

적의 유속을 보면 장물리와 칠천해협을 잇는 수로에서 약 10cm/s의 유속을 보일 뿐, 점안시 통해 유동의 시·공간적인 변화 양상을 파악할 수 있다. 대상해역의 주변인 장물리 근각은 방법으로 소조기에 대한 최강 항·낙조류로는 그림 3.1.83, 3.1.84이며, 이를 그림 3.1.85 (고조 3 시간전, 고조 3 시간후) 나타낸 것이 각각 그림 3.1.81, 3.1.82 이다.

이러한 계산 결과로부터 점안시찰 공사전 상태의 대조기에 대한 항조류·낙조류의 최강 유속 계산 결과가 안정된 3주기체의 결과를 유동 상황에 따라 도면화하였다.

계산시작 시간부터 2 조석주기의 예비 계산을 통하여 초기 조건의 영향을 제거하였으며, 토 하였다.

전과 점안시찰 공사후의 지형변화를 고려한 경우에 대하여 수행하였으며, 그 결과를 비교·검 조류에 대한 수치계산은 장물리 항의 점안시찰 공사인 현상태의 지형을 대상으로 한 조

3) 현제상태의 해수유동 계산 결과

의 유동장을 비교적 정확히 재현하고 있다고 사료된다.

차이를 보이고 있으나, 이 해역의 반일주조 성분만을 고려할 경우 수치모형의 결과는 이 해역 이상에서 살펴본 바와같이 M_2 , S_2 분조만을 고려한 수치모형의 결과는 실측치와는 약간의 상태에 따라 많은 차이가 발생할 것으로 판단된다.

공사 전후의 해수유동 상황의 변화를 생각해 보면, 장목만내 유속은 대조기 최강 창·낙조류시에도 유속이 불과 5cm/s이내로 거의 정체되어 있으며(그림5.1.82, 5.1.83), 또한 본 공사 예정지는 주 수로에서 분리되어 있으며, 접안시설 규모도 상당히 작기 때문에 유속의 영향은 거의 없을 것으로 추정할 수 있다.

그림 5.1.87과 5.1.88은 접안시설 공사후의 대조기에 대한 최강 창·낙조류로 공사전과 거의 차이를 보이지 않고 있다. 소조기에 대한 최강 창·낙조류는 그림 5.1.89, 5.1.90과 같으며, 소조기에도 접안시설에 의한 영향은 거의 찾아보기 어렵다.

한편 접안시설 공사후의 대조기와 소조기에 대한 잔차류는 각각 그림 5.1.91, 5.1.92와 같으며, 이상에서 살펴본 바와같이 공사전후의 유속장 변화는 거의 없을 것으로 나타났다.

(2) 부유토사 확산의 수치모델링

1) 수치모델의 구성

물질확산의 예측에 있어서 확산물질은 염분과 같은 보존성 물질이 있는가 하면, 대부분의 유기물·무기물에서 분수 있듯이 이류·확산과정 중에 물질 자체가 분해 또는 합성되어 증·감이 있는 비보존성 물질로 대별할 수 있다.

본 사업의 접안시설 공사에 의해 발생될 부유토사(SS)는 침강 및 재부상의 복잡한 기구를 가지고 이류·확산되나, 분해·합성 등의 생화학적 반응은 적을 것으로 판단되어 보존성 물질의 확산모델을 사용하여 부유토사 확산의 기본량을 추정하였다.

보존성 물질의 단위 체적당 질량을 농도 c 로 나타내면, 평균유속장 (u, v, w) 에서의 확산은 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial(uc)}{\partial x} + \frac{\partial(v c)}{\partial y} + \frac{\partial(w c)}{\partial z} \\ & = \frac{\partial}{\partial x}(A_x \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(A_y \frac{\partial c}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(A_z \frac{\partial c}{\partial z}) \end{aligned} \quad (13)$$

여기서 A_x, A_y, A_z 는 x, y, z 방향의 물질확산계수이다.

식(13)에 대해 해면과 해저를 통한 물질의 이류·확산이 없다는 가정하에 $-h \leq z \leq \xi$ 의 영역에서 z 에 관해 적분하면 다음과 같은 수심 적분된 2차원 확산 방정식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(Hc)}{\partial t} + \frac{\partial(Huc)}{\partial x} + \frac{\partial(Hvc)}{\partial y} \\ &= \frac{\partial}{\partial x}(H A_x \frac{\partial c}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(H A_y \frac{\partial c}{\partial y}) + HS \end{aligned} \quad (14)$$

여기서 u, v, c 는 $-h \leq z \leq \xi$ 구간에서 수심방향으로 평균된 수평 유속성분과 물질 농도를 나타내며, A_x, A_y 는 수평 확산계수들, S 는 소멸(sink) 또는 용출(source)을 의미한다.

소멸항으로 침강만을 고려하였으며, 이는 농도와의 관계식으로 다음과 같이 처리 하였다.

$$\text{침강 (sink)} = -W_{50} c \Delta t \quad (15)$$

여기서 W_{50} 은 부유토사 중량의 50%가 침강하는 속도로, $W_{50} = 1.341 * 10^{-4} c^{1.37}$ 로 계산하였으며, c 의 단위는 [mg/l]이며, W_{50} 은 [mm/s]이다.

이 식의 차분화는 전술한 유동 모델에서와 같이 두 단계의 계산(x-sweep 과 y-sweep)을 통하여 반응해법인 ADI 법으로 계산되었으며 계산 방법은 Leendertse (1975)를 참고 하였다.

이러한 확산식을 이용한 부유토사 등에 적용된 부유물질 확산 모델은 그림 5.1.93과 같은 흐름으로 구성하였으며, 계산 격자망 등 기초 입력자료는 해수유동의 경우와 같다.

수치모델의 계산시간 간격은 $\Delta t = 186.309 \text{ sec}$ 로 이미 계산된 유속장에 대하여, 공사 현장의 부유물질 발생량에 해당하는 양을 입력하여 12조석 주기에 대해 수치계산 하였다. 제시되는 결과는 제 11조석 주기에 해당하는 것으로써, 이 확산 방정식은 유동 방정식과는 달리 A_x, A_y 의 값에 매우 민감한 반응을 보이며, 이 값의 산정이 매우 어렵다.

A_x, A_y 의 산정식으로 유속과 수심의 함수 형태를 사용하기도 하나, 본 사업의 경우 산정된 유속이 매우 작기 때문에 이러한 식에 의한 A_x, A_y 는 $0.1 \text{ m}^2/\text{s}$ 보다 작으며, 이 경우

농도분포는 $0.1 \text{ m}^2/\text{s}$ 보다 훨씬 좁은 영역을 차지한다. 본 사업의 주 대상 해역의 유속은 전술한 바와 같이 매우 미약하였기 때문에 A_x, A_y 의 값을 일반적으로 연안해역에 널리 쓰이고 있는 $0.1 \text{ m}^2/\text{s}$ 로 선정하였다.

2) 부유토사(SS) 확산의 계산조건

본 해역의 저질은 실트질 점토로 구성되어 있어 본 사업에 의한 부유물질 발생은 기초굴착($3,765 \text{ m}^3$)시에 주로 발생할 것으로 추정할 수 있다. 사업계획은 해저질을 grab 준설선을 사용하여 준설하며 $2,213 \text{ m}^3$ 의 모래채움으로 기초공사를 수행할 예정이며, 준설된 해저토는 바지선으로 운반할 계획이다.

기초 굴착시 부유물질의 발생량 추정은 다음과 같다. 준설공사시 7.7 m^3 grab 준설선을 이용할 경우 발생 원단위는 $9\sim 90 \text{ kg}/\text{m}^3$ 로써, 평균적으로 $50 \text{ kg}/\text{m}^3$ 이 발생한다고 가정하였으며, 공사로 인한 교란 등의 효과를 추가로 50%라고 가정하면 $50.0 * 1.5 = 75 \text{ kg}/\text{m}^3$ 이 발생한다. 하루의 준설 예정량은 $52.58 \text{ m}^3/\text{day}$ (= 10 hr)로 시간당 발생량은 $5.258 \text{ m}^3/\text{hr}$ 이며, 총 발생량은 $75 \text{ kg}/\text{m}^3 * 5.258 \text{ m}^3/\text{hr} = 394.35 \text{ kg}/\text{hr}$ 로 작업시간당 약 $400 \text{ kg}/\text{hr}$ 로 추정된다. 준설부분의 모래채움은 $2,213 \text{ m}^3$ 의 양을 약 3일에 걸쳐 행할 예정이며, 이로 인한 발생량은 준설에 비해 무시할 수 있을 것으로 예상되어 이를 고려하지 않았다.

부유물질 확산 계산에서는 공사로 인하여 발생된 부유물질이 이 해역의 SS 농도 증가에 얼마나 기여할 수 있는가에 대한 기여 농도 개념으로 평가하였다.

본 부유토사(SS) 확산 수치실험은 12조석 주기에 대하여 행하였으며, 부유 물질 발생량의 시간적 변화는 하루에 10 시간의 작업에 의해 발생되며, 이후 14 시간은 발생하지 않는 조건으로 하였으며, 실제의 계산은 M2 조석 주기로 유동을 고정하였으므로 이 주기에 준하여 부유토사의 발생을 고려하였다.

3) 공사중 부유토사 확산의 예측 결과

접안시설 공사중 발생될 부유물질의 확산범위를 가중치 농도 개념으로 계산함으로써 그 영향범위를 검토하였으며, 저감 방안에 대한 저감효과는 결국은 발생 총량을 규제하는 것으로

볼 수 있으므로 현재 고려한 발생량을 감소시켜 계산하였다. 여기서는 공사에 의한 부유물질의 무처리시 확산 범위와 대안으로 오탉 방지막(Silt protector)을 설치하여 부유물질량을 감소시킨 경우를 검토하였다.

가) 부유토사의 무대책시 확산 결과

전술한 바와 같이 확산계수 A_x, A_y 의 값으로 $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ 를 사용하여 각각 소조기와 대조기로 나누어 11조석 주기동안의 부유토사 확산범위를 계산하였다. 그림 5.1.94와 5.1.95는 공사로 인해 11조석 주기동안 추가된 가중농도 분포를 나타내고 있으며, 이들은 부유토사의 확산범위가 상대적으로 큰 저조시의 농도장이다. 이들 그림을 보면, 기초굴착에 의한 부유물질은 장목만 전체로 비교적 고르게 퍼지며, 그 농도범위는 1~10 mg/l로 나타났다.

나) 저감대책 후 부유토사 확산 결과

부두공사의 굴착, 준설 공정에서 발생하는 토사입자의 확산을 방지하기 위하여 그림 5.1.96, 97과 같이 공사장 주변에 오탉 방지막(Silt protector)을 설치 운영할 계획이다.

오탉방지막의 설치형태에 있어서는 수하식과 자립식이 있으며(그림 5.1.98), 수하식의 경우는 수심이 깊은 해역에서 해면 부근에서의 토사입자 확산을 방지하는데 효과적이다. 반면 자립식은 해저 부근에서의 토사입자 확산 방지에 더욱 효과적이다.

본 사업의 공사장 주변 해역의 수심이 2 ~ 3m로 매우 얇기 때문에 수하식의 설치형태로도 해면부터 해저 부근에 걸쳐서 부유토사의 확산을 방지할 수 있게 되며, 이러한 설치 방법을 저감대책으로써 채택하였다.

수하식 오탉 방지막은 부유토사 발생량의 50% 이상을 저감할 수 있다고 알려져 있으며, 본 부유토사의 확산 예측실험에서는 오탉방지막의 저감 효율을 50%로 가정하여 확산 분포를 계산하였다. 그림 5.1.99와 그림 5.1.100은 각각 소조기와 대조기에 대하여, 오탉 방지막을 설치한 후 공사로 인해 가중된 농도 분포를 나타내며, 무처리시의 경우와 같이 부유토사의 확산범위가 상대적으로 큰 저조시의 농도장을 나타내었다.

이상의 예측결과를 무대찍시의 결과와 비교해 볼 때, 부유토사의 농도와 확산 범위는 비교적 많이 축소되었으며, 굴착에 의한 SS 농도의 가중치는 1~3 mg/l 정도로 장목만내에 한 정됨을 보이고 있다.

(3) 오염물질(COD) 확산의 수치 모델링

1) 수치모델의 구성

부유물질은 침강·재부상 등의 기구를 제외하면 거의 보존성 물질로 취급할 수 있으나, 화학적 산소 요구량(COD)은 생성·분해의 기구를 가지기 때문에 보존성 물질로 취급하기 어려운 점이 있다. 특히 COD는 질소·인 등과 같은 각각의 영양염 순환과정과 상호작용을 함으로써 COD의 생성·분해는 더욱 더 복잡한 구조를 가지게 된다.

본 사업에서는 COD를 침강·재부상이 없는 보존성 물질로 취급하였으며, 이는 COD의 생성·분해 과정이 중요하지 않기 때문이 아니라 이들 기구가 너무나 복잡하여 이들을 정확히 수치 모델화할 수 없기 때문이다. COD를 보존성 물질로 가정하였으므로, COD의 확산 예측시에도 앞서 기술한 부유물질의 경우와 동일한 수치모델링 방법을 사용하였다. 여기서 부유토사의 경우와는 달리 침강효과(식 15)는 고려하지 않았다.

2) 정박시설 이용시의 오염물질 확산 예측

선박 정박시설이 완공되면 남해기지에 최대 60명의 연구 인원이 상주할 수 있으며 이로 인한 생활하수의 계획 배출량은 일일 20톤으로, 이는 응집·침전법으로 1차 처리후 그림 5.2-2의 정박시설 부근에 방출될 예정이다.

처리되지 않은 배출수의 COD 농도를 200mg/l로 볼때 하루에 배출되는 부하량은 $20 \text{ m}^3/\text{day} \times 200 \text{ mg/l} = 4.0 \text{ kg/day}$ 이며, 하수처리장의 배출수질 기준인 30 mg/l로 배출수를 처리할 경우 COD 부하는 0.6 kg/day로 이 두가지 경우에 대하여 수치실험하였다.

가) 무처리 방류시의 오염물질(COD) 확산 예측 결과

남해기지 완공후 이용시 일일 최대 4kg의 COD 부하량을 가정하여 하수처리 시설을 설치

6. 부두공사 용정의 기초공차 및 준설 과정에서 발생될 부유토사(SS)의 발생량은 작업시간당 약 400 kg으로 추정된다. 무척리시의 경우 이로 인해 장복만과 입구 수로에 1 ~ 10 mg/l의 부유토사 농도가 가중될 것으로 예측된다.

7. 공사중 발생되는 부유토사의 확산을 방지하기 위하여 오탁 방지막(Silt-protector)을 설치한 경우, 부유토사의 확산범위는 장복만내로 한정되고 부유농도도 1~3 mg/l로 크게 줄었다. 이러한 정도의 농도 가중치는 해수수원에 미치는 영향이 거의 없을 것으로 판단된다.

8. 담해기지의 건설 완공후 일인 최대 60명의 인원이 상주할 것으로 가정하여 생활하수의 배출량은 일인 20ℓ, 그리고 오염물질(COD)부하량은 일인 4kg으로 추정된다. 이를 무척리 망부항 경우에는 최대 1×10^{-2} mg/l 의 COD 가중치를 나타내며, 장복만내의 해수유동이 거의 정체됨을 감안할 때 약간의 수질저하를 조래할 수도 있다.

9. 담해기지의 생활하수를 전량 1차 처리후 방류할 경우, COD 부하량은 일인 0.6 kg으로 추정된다. 1차 처리후의 경우에는 장복만내에서의 COD 농도 가중치는 2×10^{-3} mg/l 이하이며, 해수수원에 미칠 영향은 거의 없을 것으로 사료된다.

10. 담해기지 건설에 따른 부유토사 발생 또는 담해기지 건설 후의 생활하수 배출량 그 자체의 영향은 미미하나, 만약 어떤 사고나 관리부족 또는 인접 여타 시설로 인하여 일단 해양 수질이 악화되면 장복항의 폐쇄성 때문에 이의 회복에 많은 시간이 소요될 것으로 사료되며, 이에 따라 지속적인 오염방지 감시가 요구된다. 또한 배출영양염과 해양미생물과의 상호작용에 의한 수질오염에도 특별한 주의가 요한다.

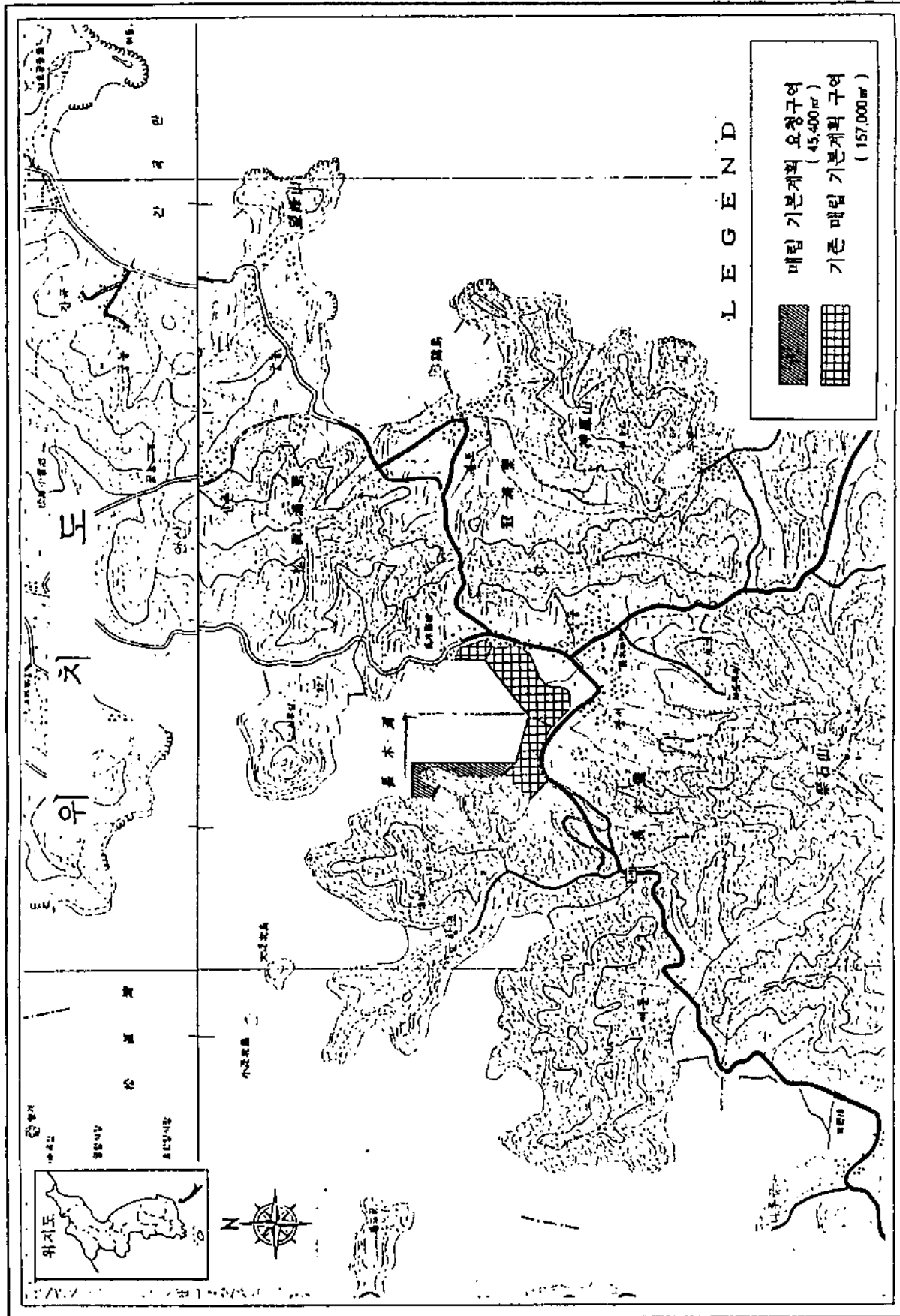
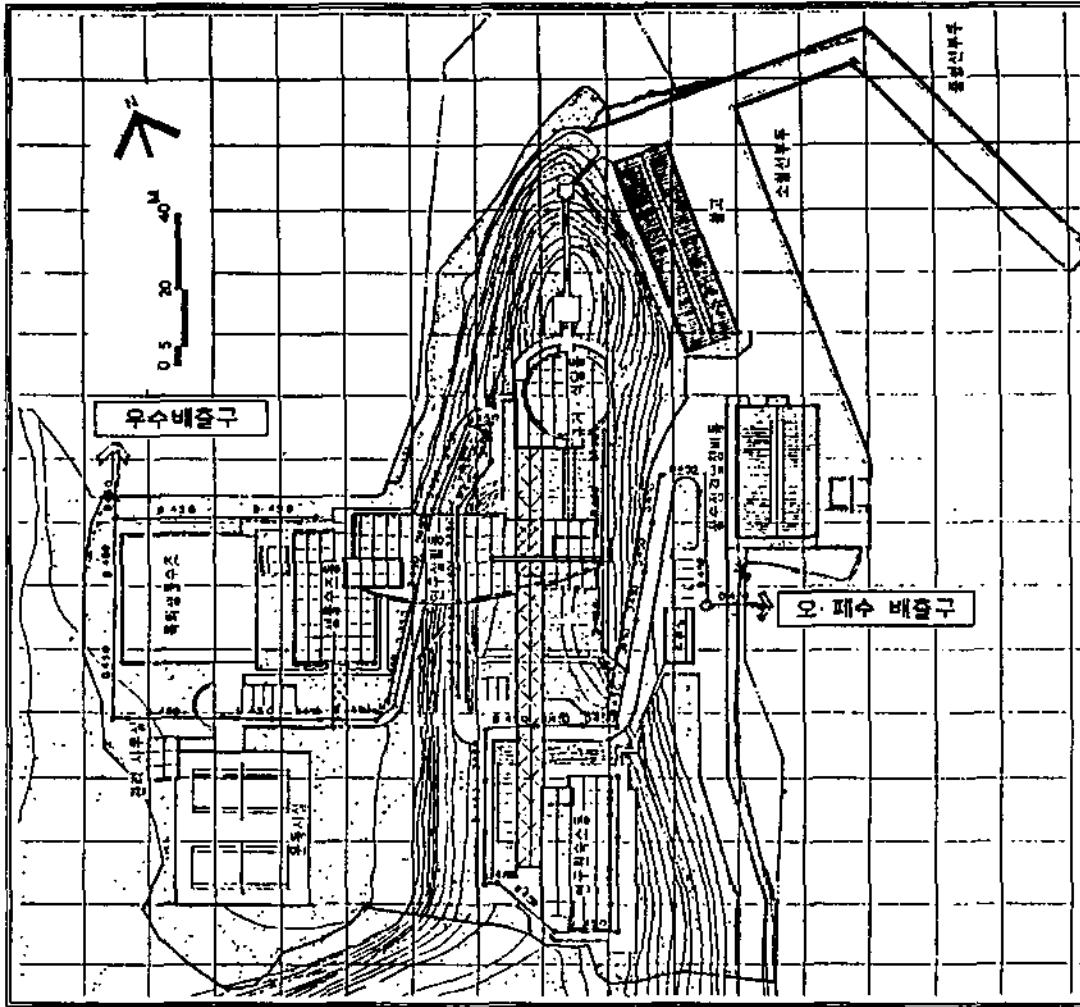


그림 5.1.71 건설사업 위치도

우수 및 오수배출 위치



장목만내의
건설부지 위치 =>

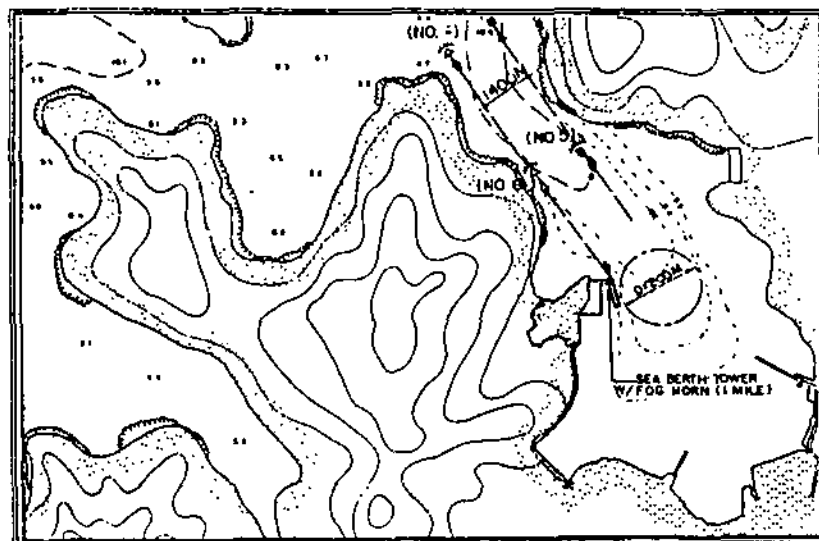


그림 5.172 오.폐수 배출 위치도

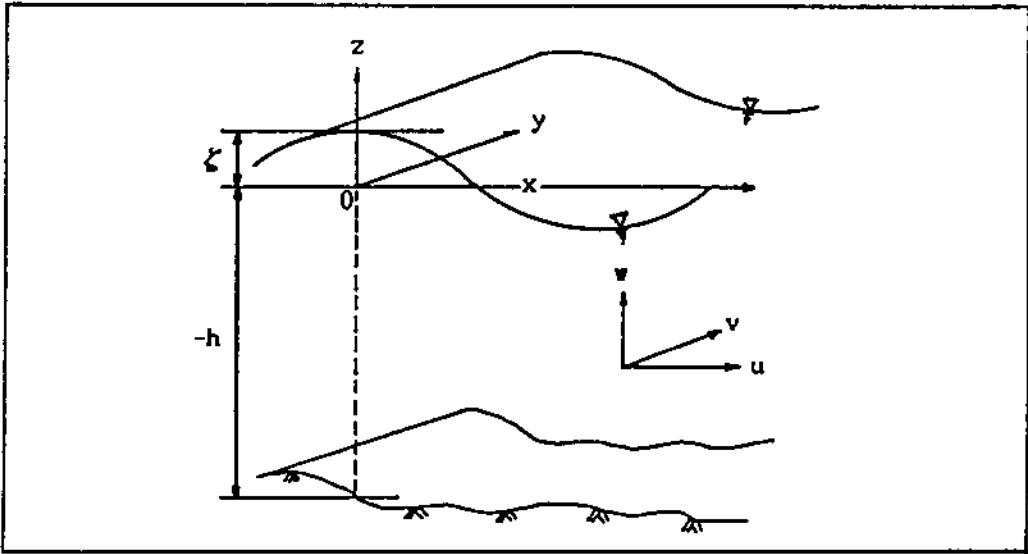


그림 5.1.73 수치모델 좌표계

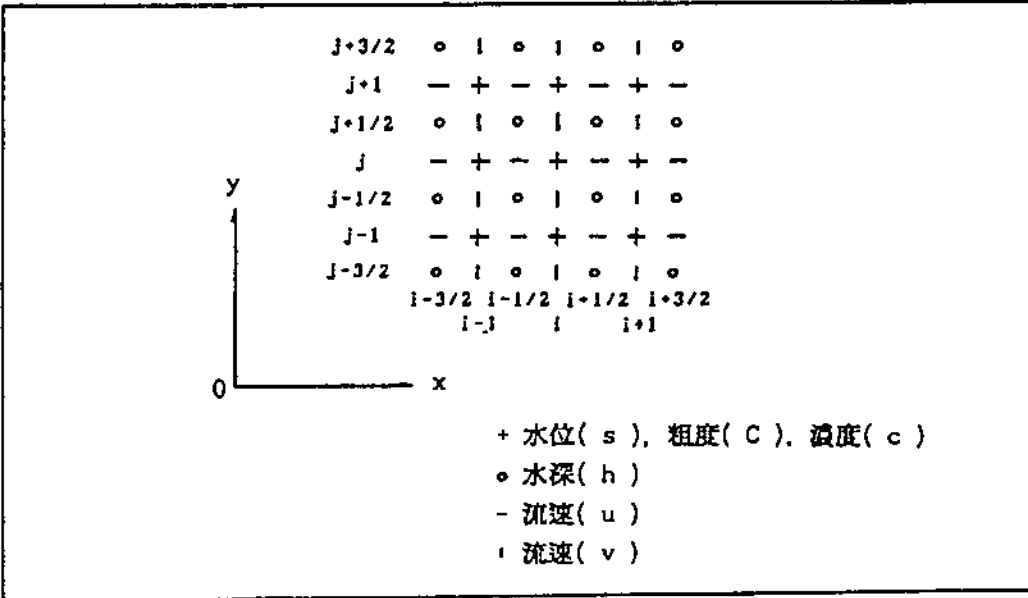


그림 5.1.74 수치모델의 변수

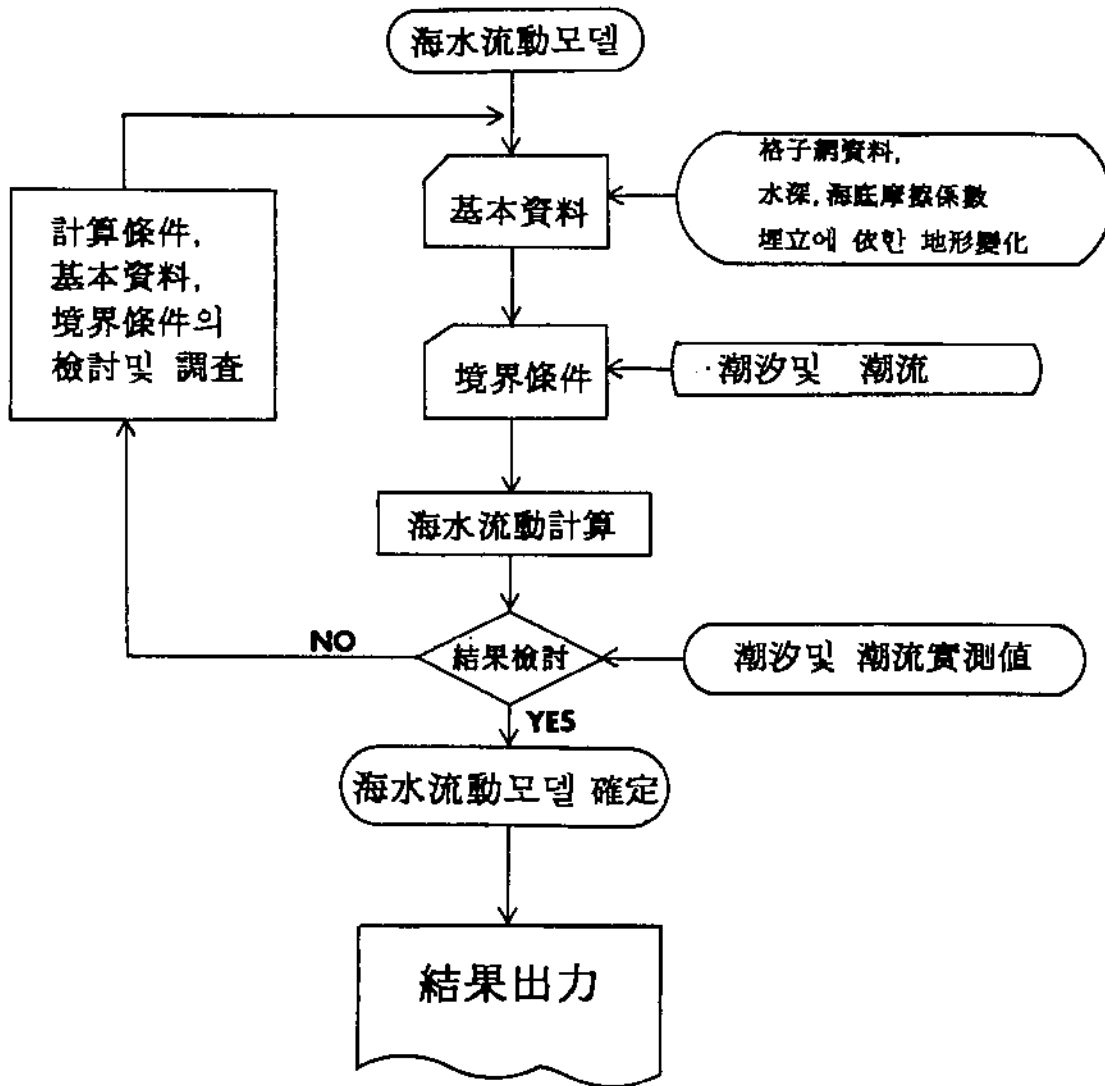


그림 5.1.75 해수유동 모델의 흐름도

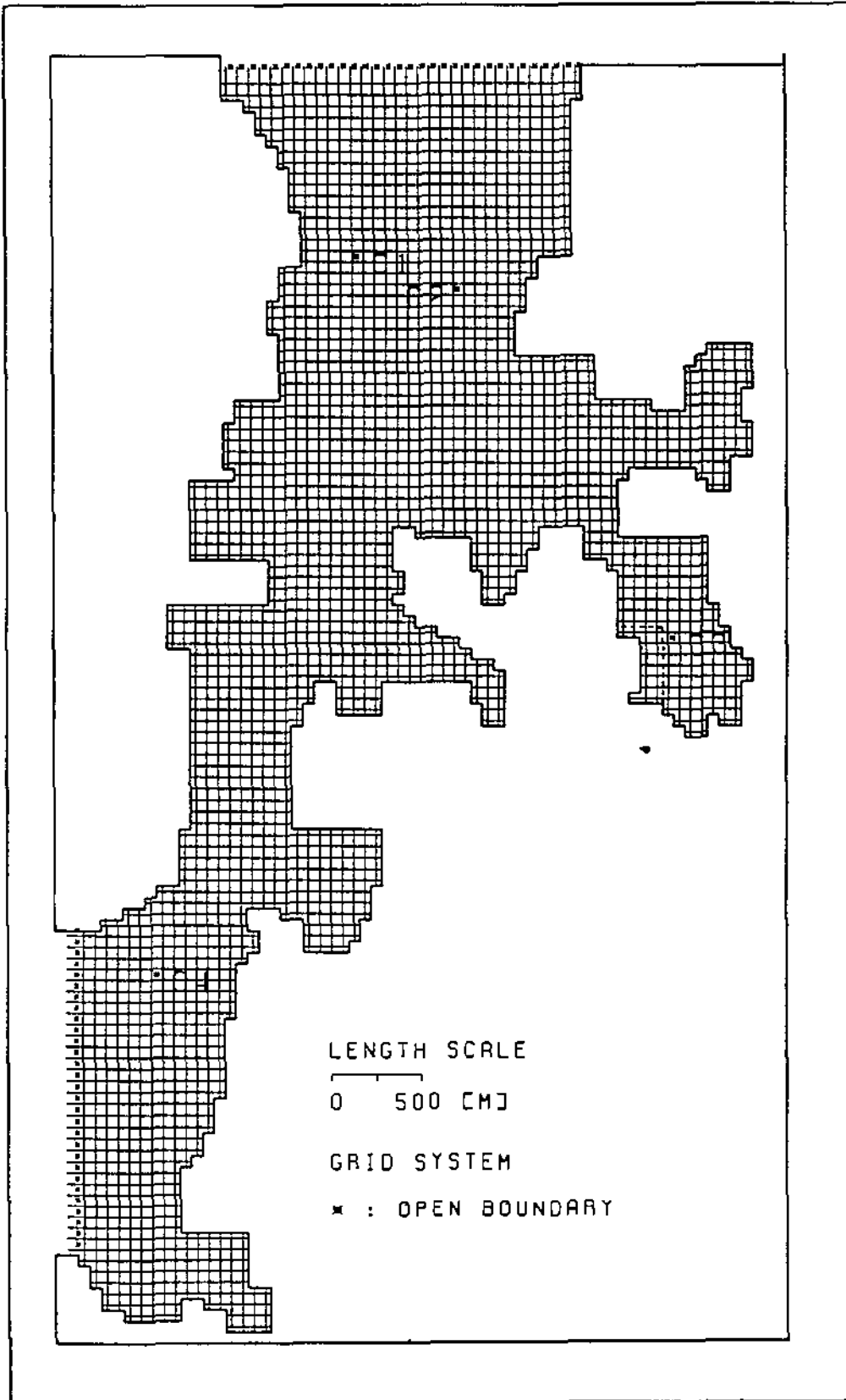


그림 5.1.76 수치모델의 계산격자망($n_x=65$, $n_y=115$, $\Delta x=62.5m$, $\Delta y=62.5m$)

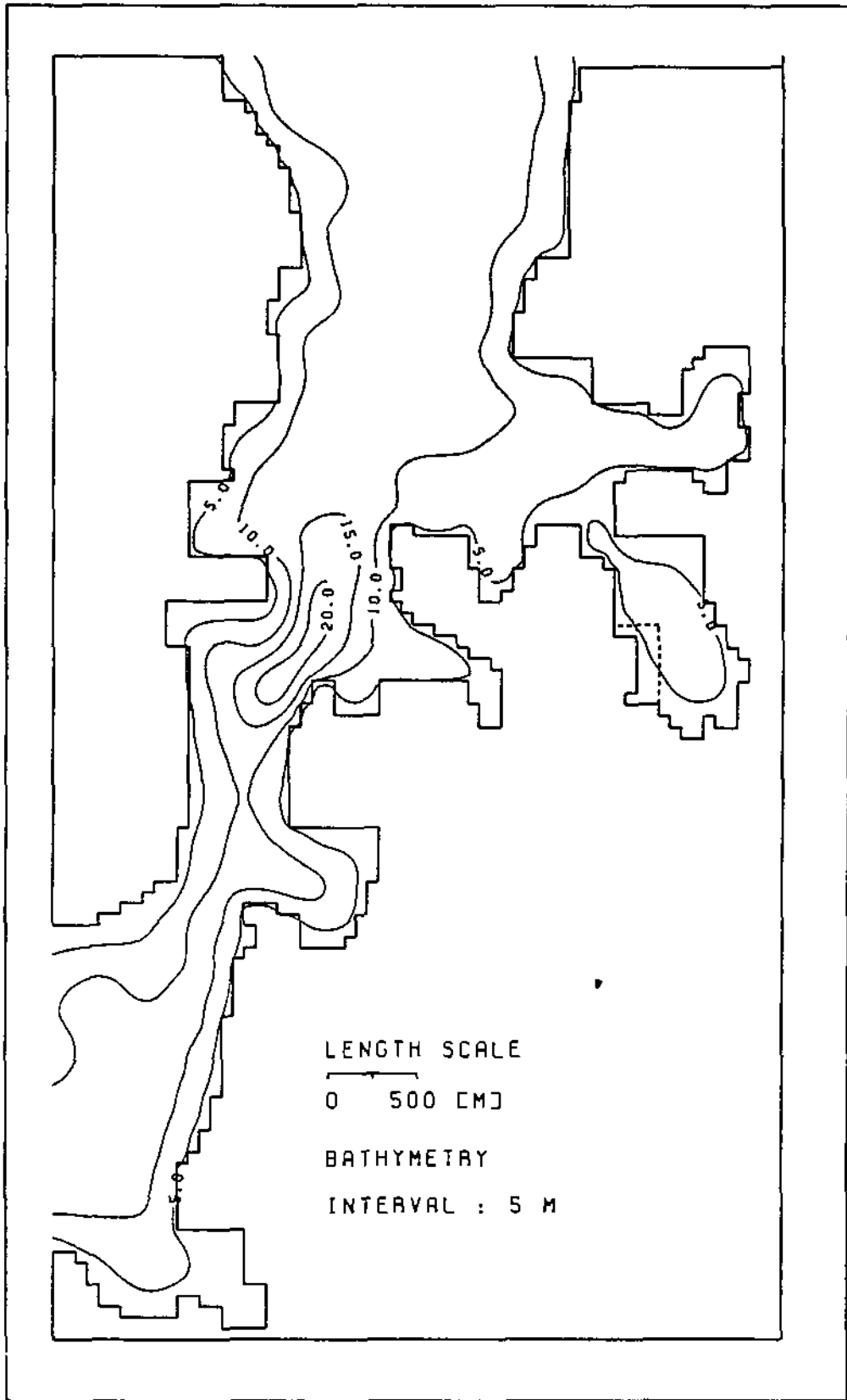


그림 5.1.77 모델링 대상해역의 수심도

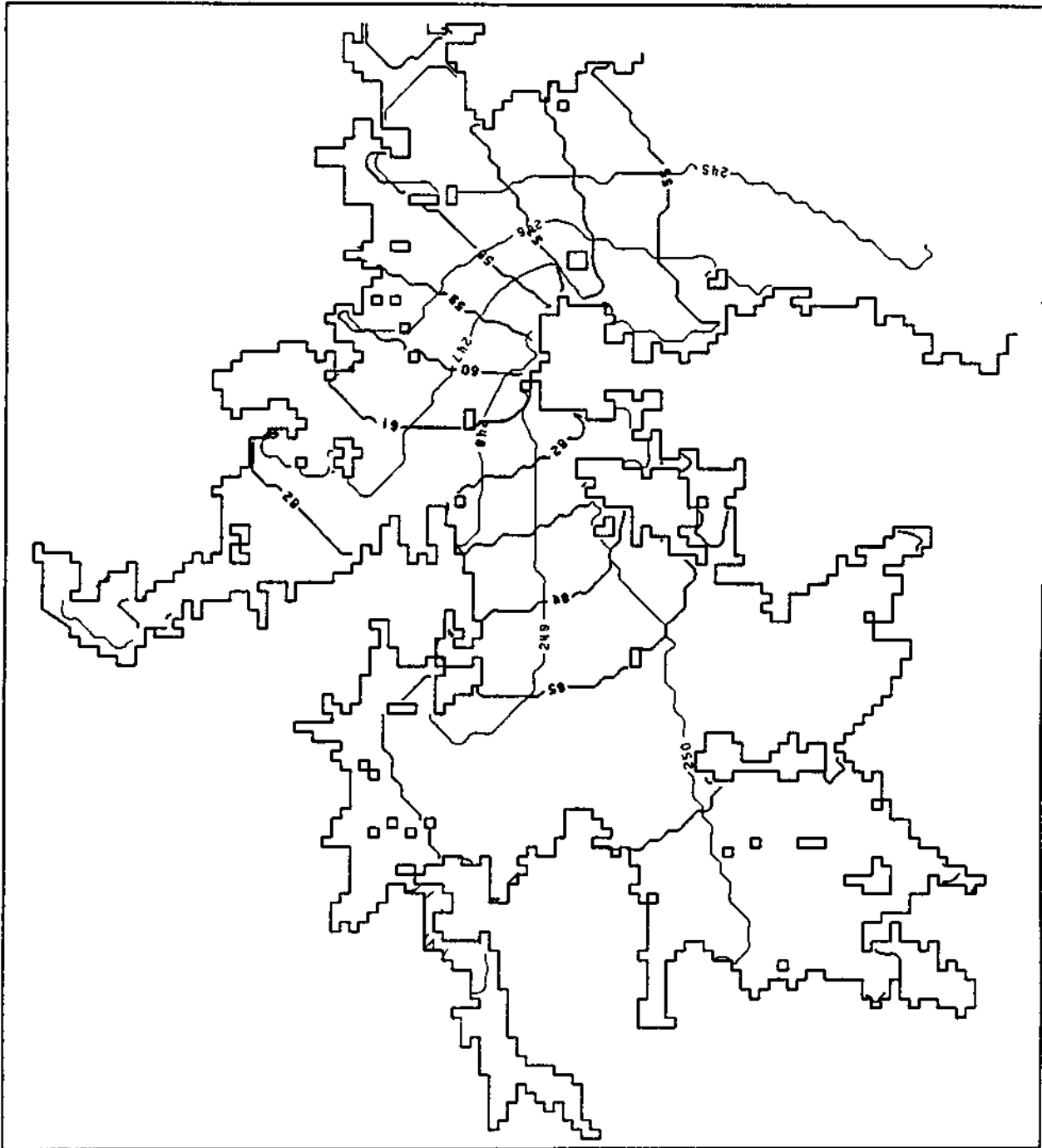


그림 5.1.78 진해만의 조석계산 결과(M₀)

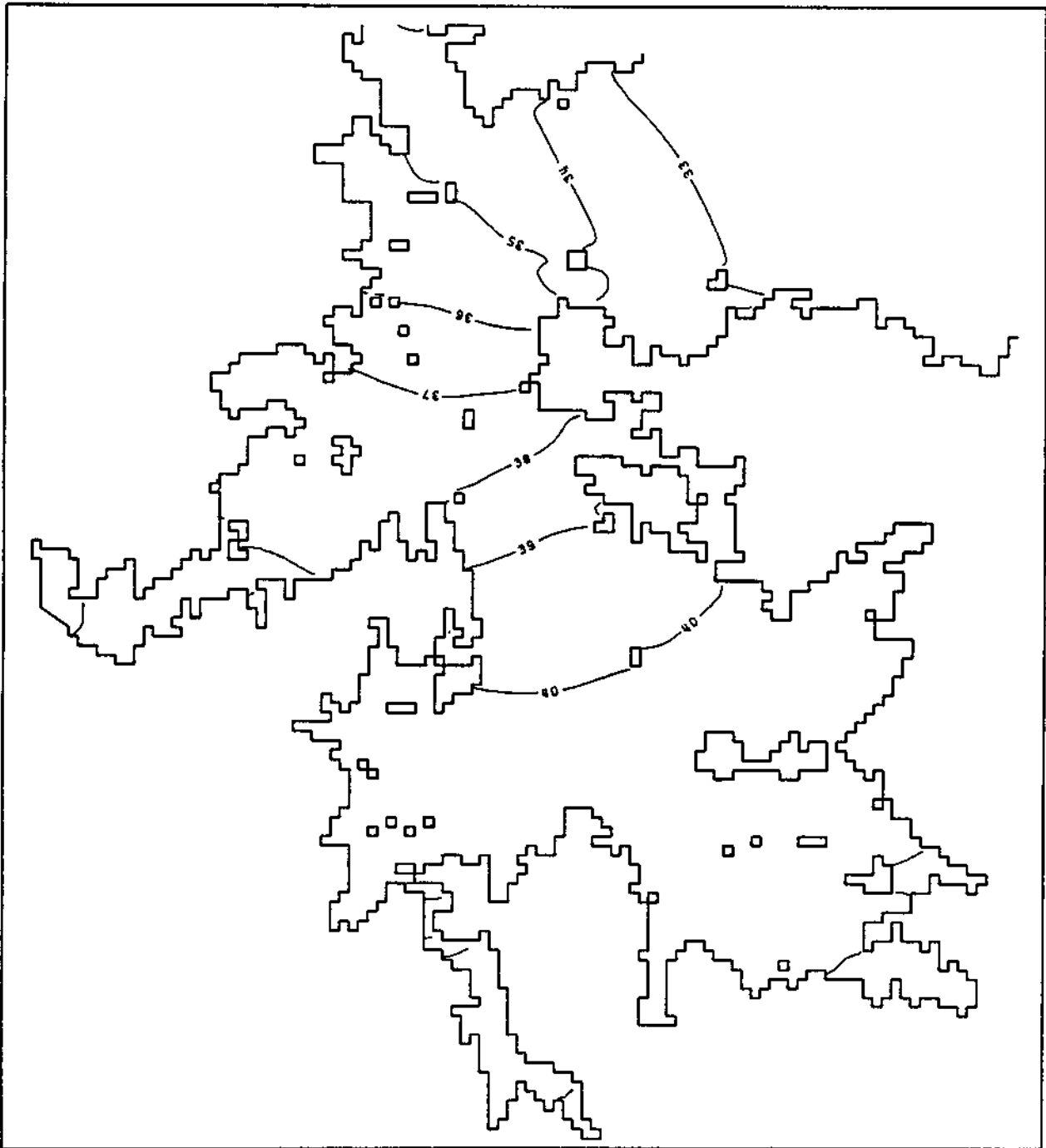


그림 5.1.79 진해만의 조석계산 결과(S₂)

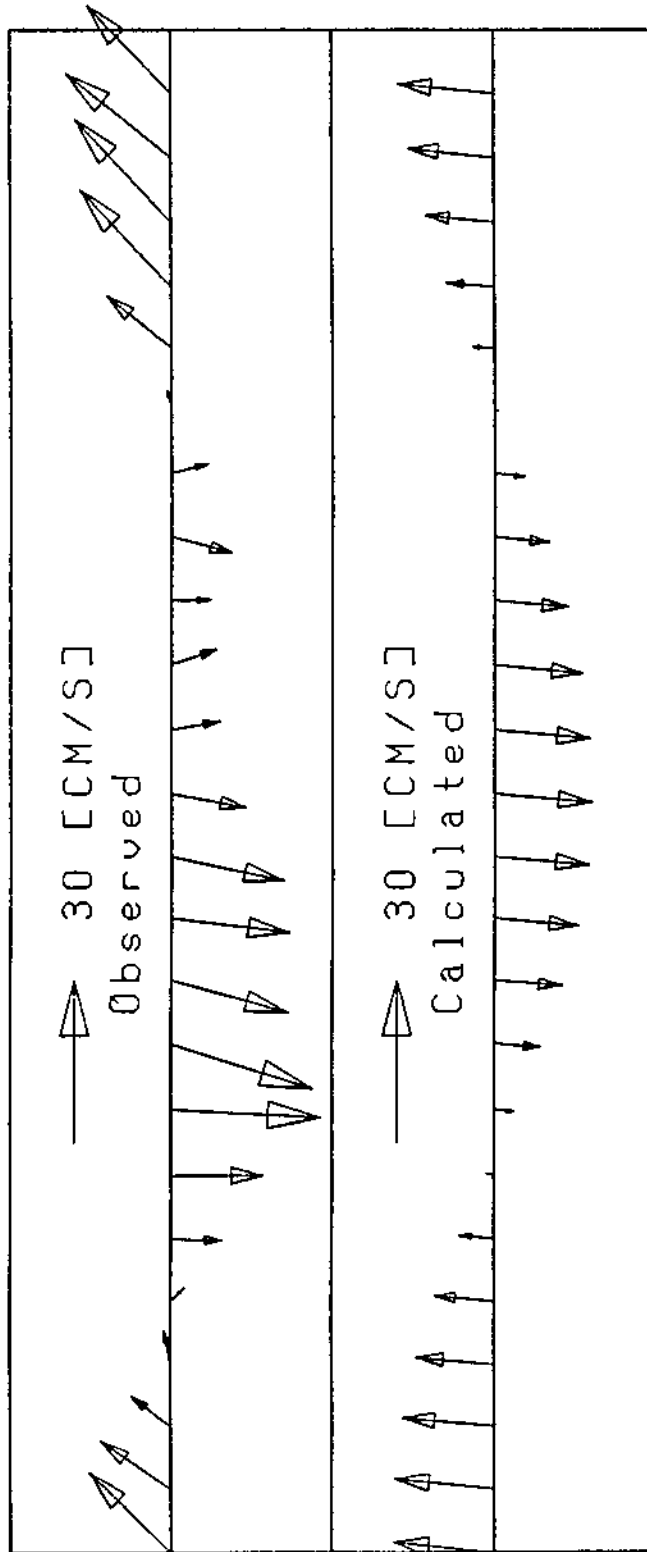


그림 5.1.80 조류 실측치와 계산치의 비교(정점C)

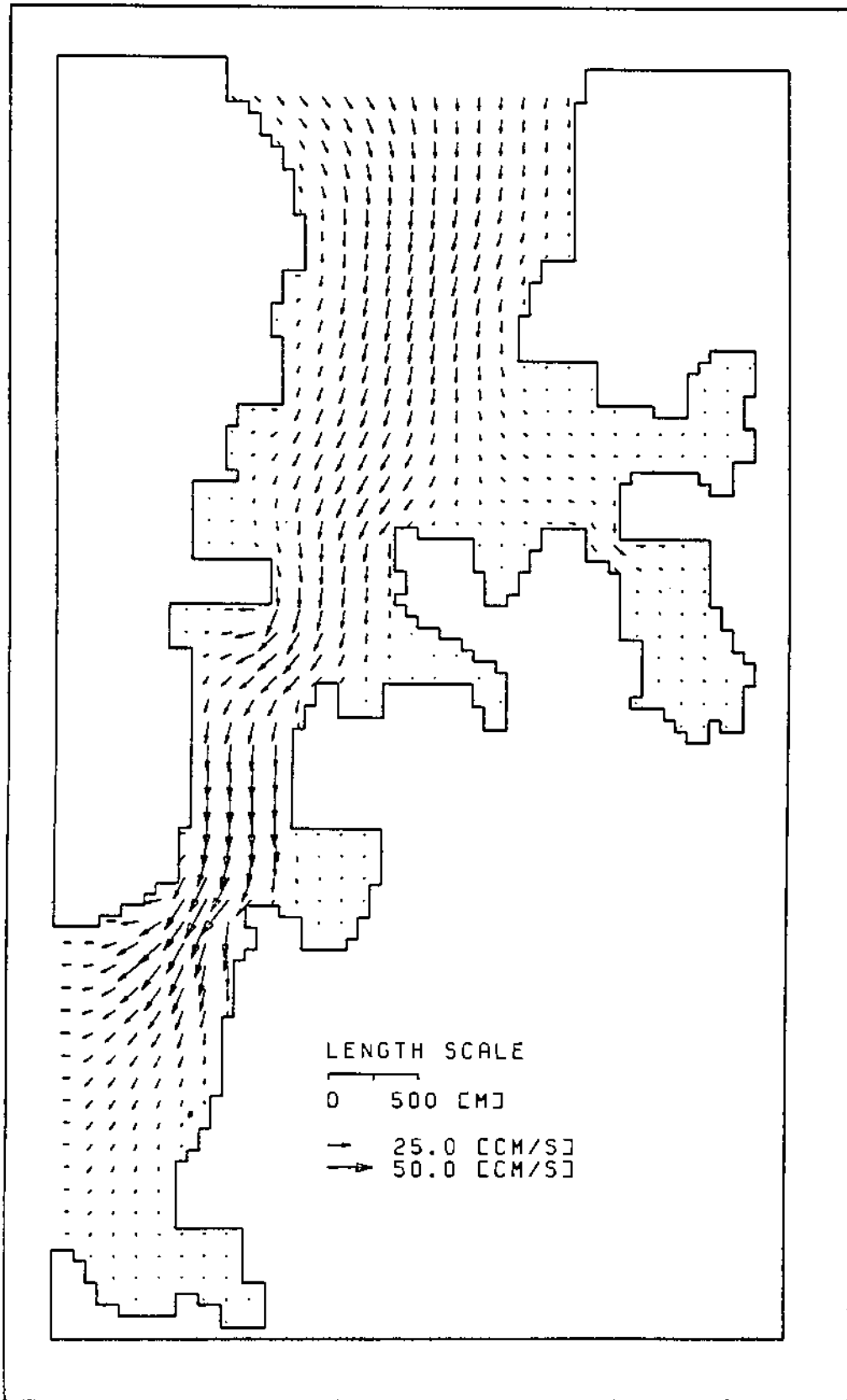


그림 5.181 대조기의 최강 창조류(현황)

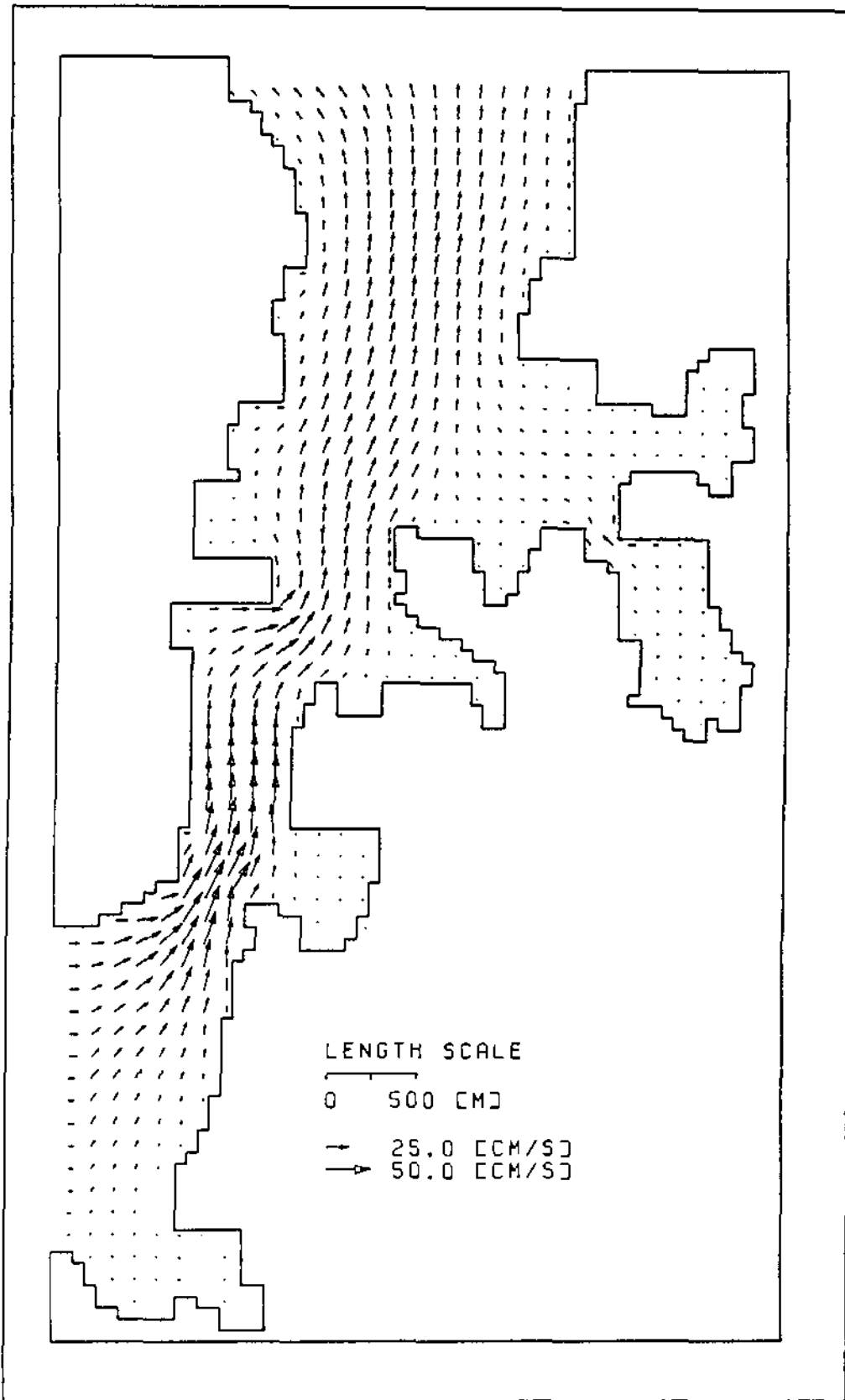


그림 5.1.82 대조기의 최강 낙조류(현황)

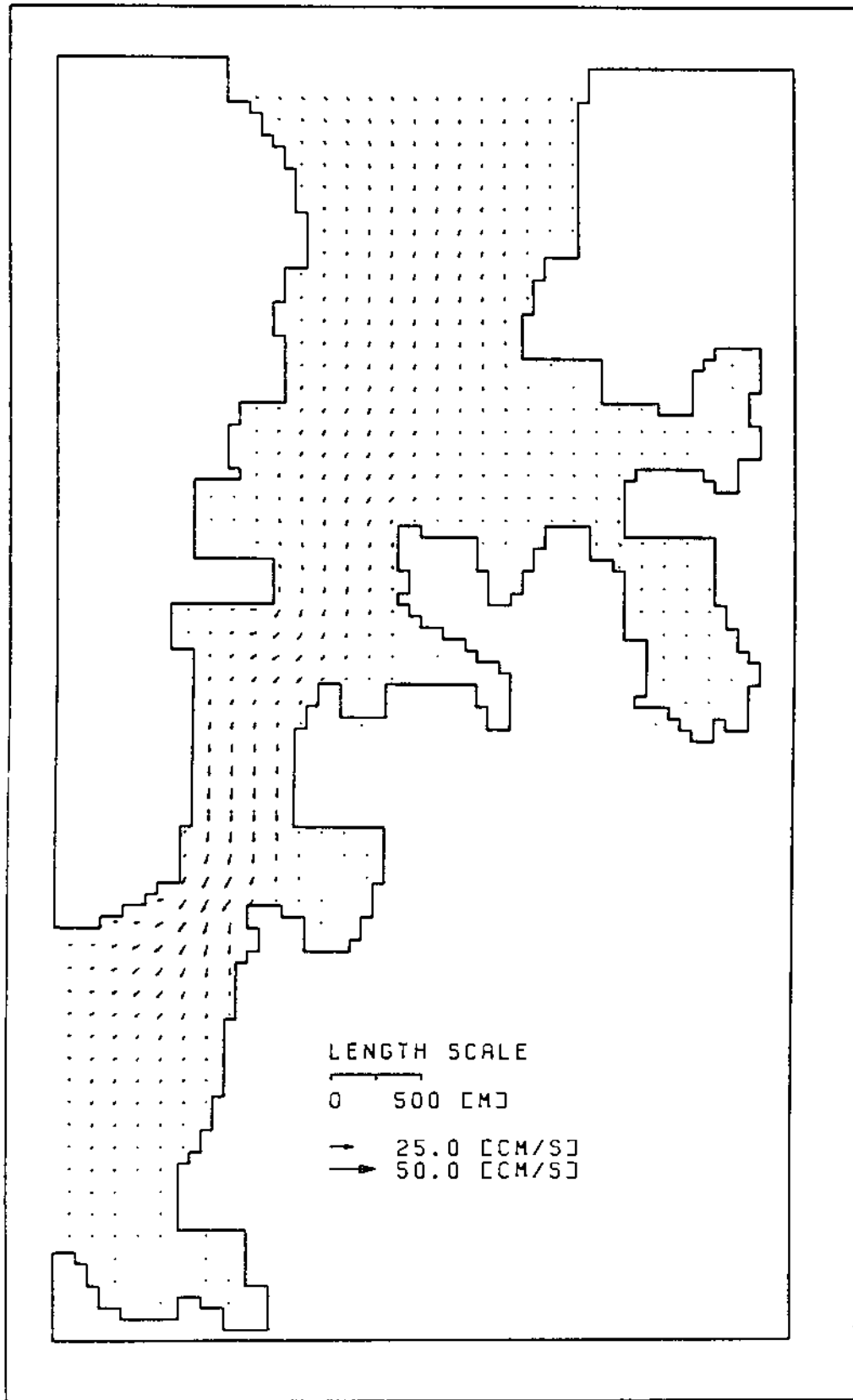


그림 5.1.83 소조기의 최강 창조류(현황)

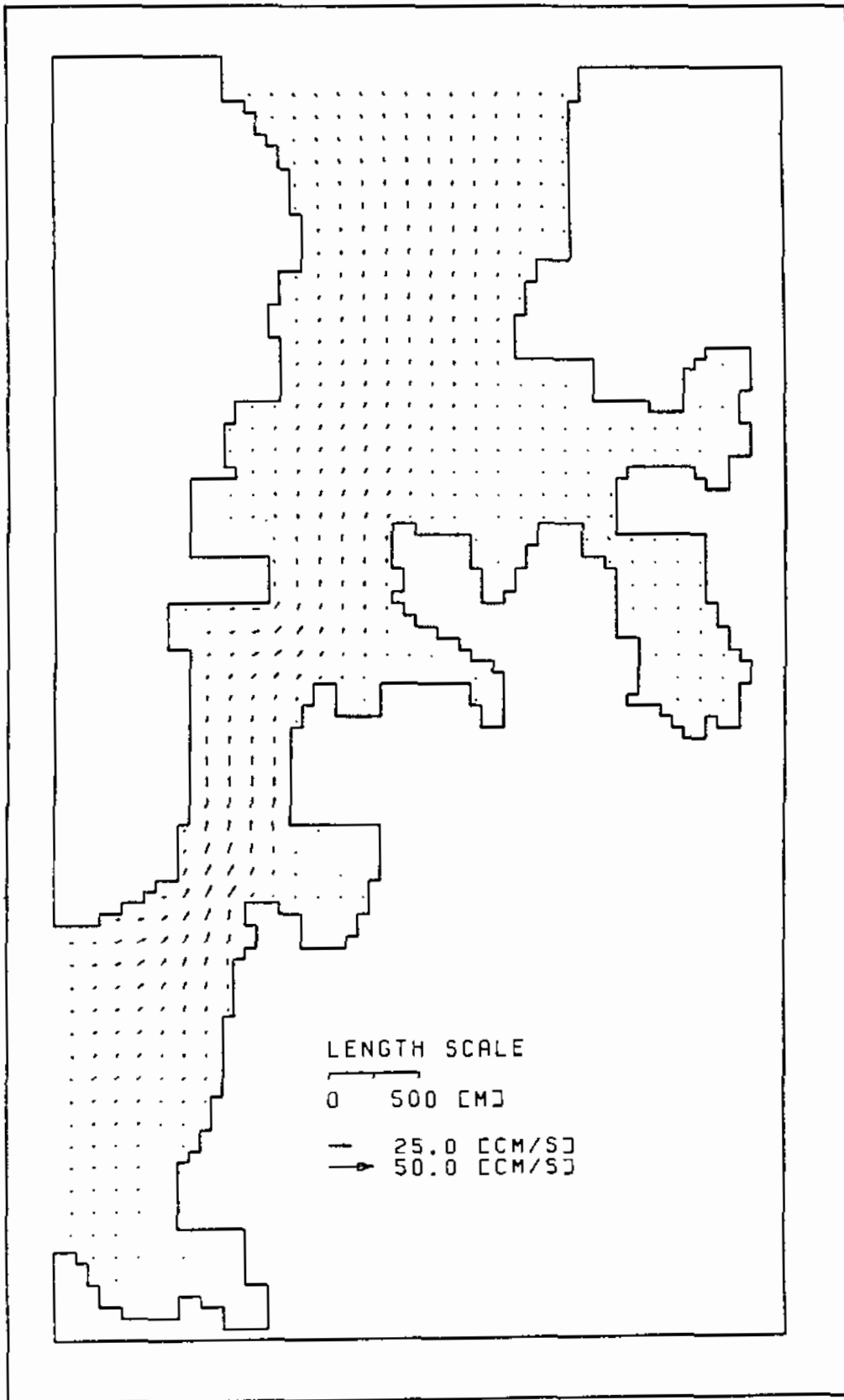


그림 5.1.84 소조기의 최강 나조류(현황)

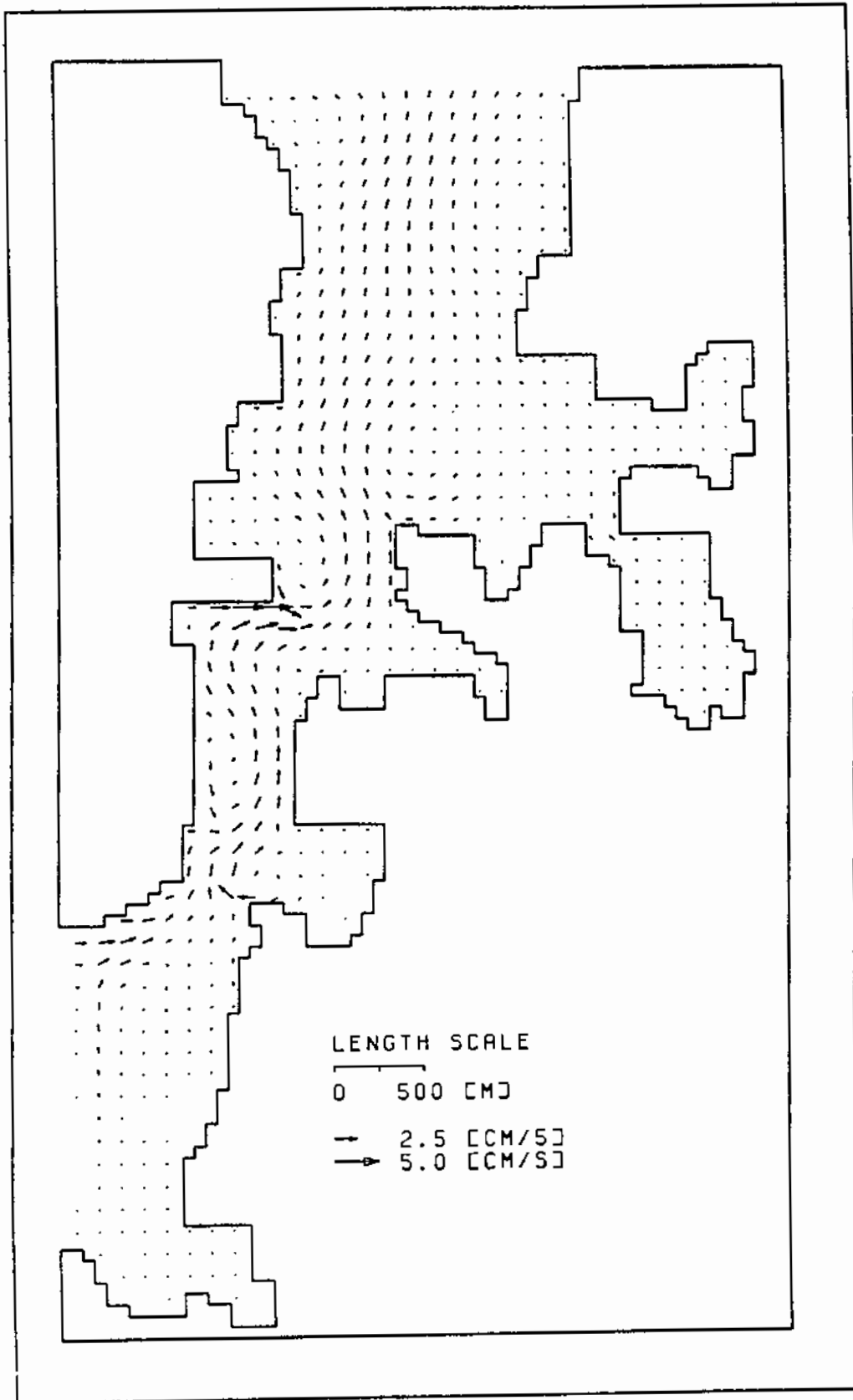


그림 5.1.85 대조기에 대한 조석 잔차류(항류)

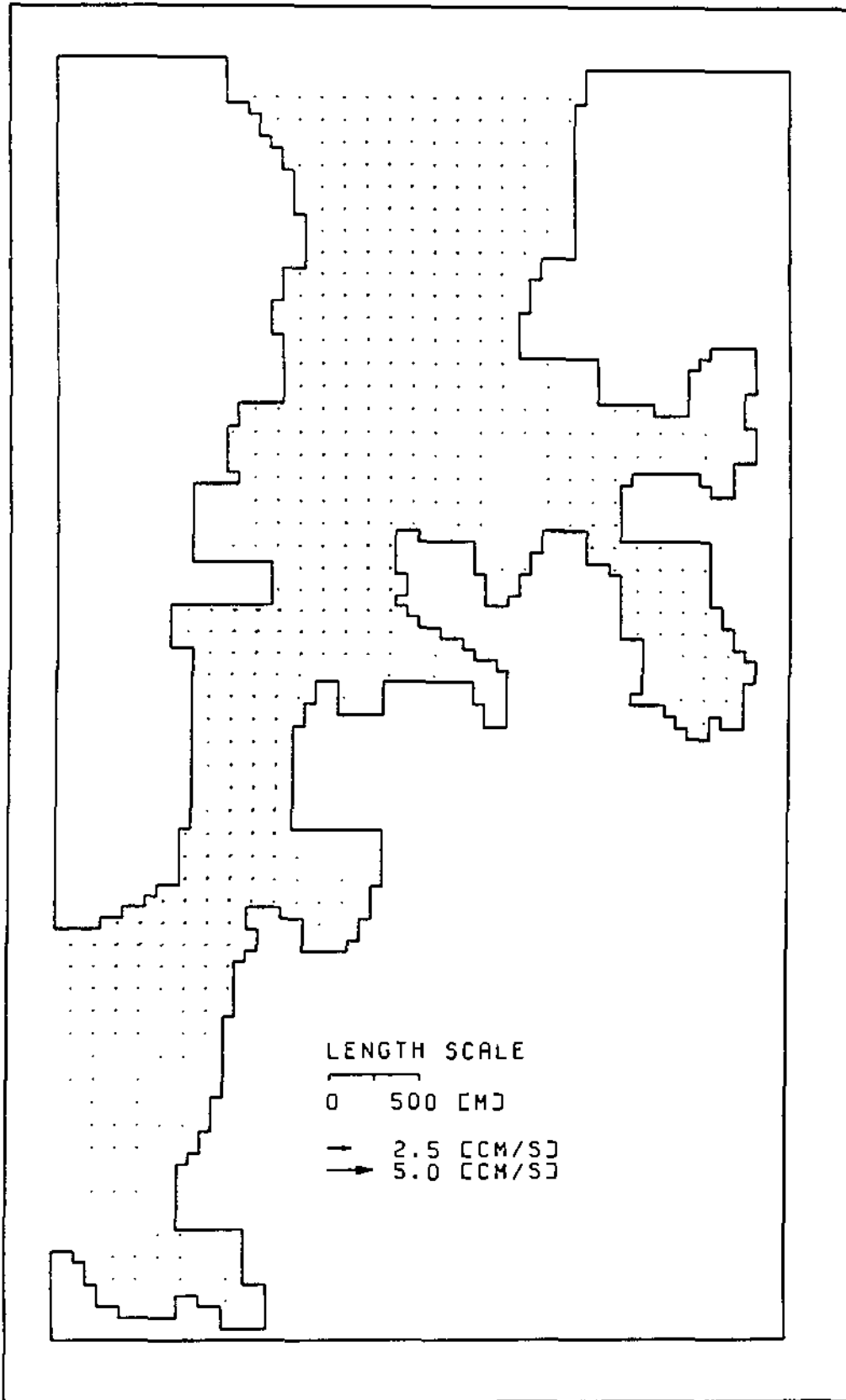


그림 5.1.86 소조기에 대한 조석 잔차류(항류)

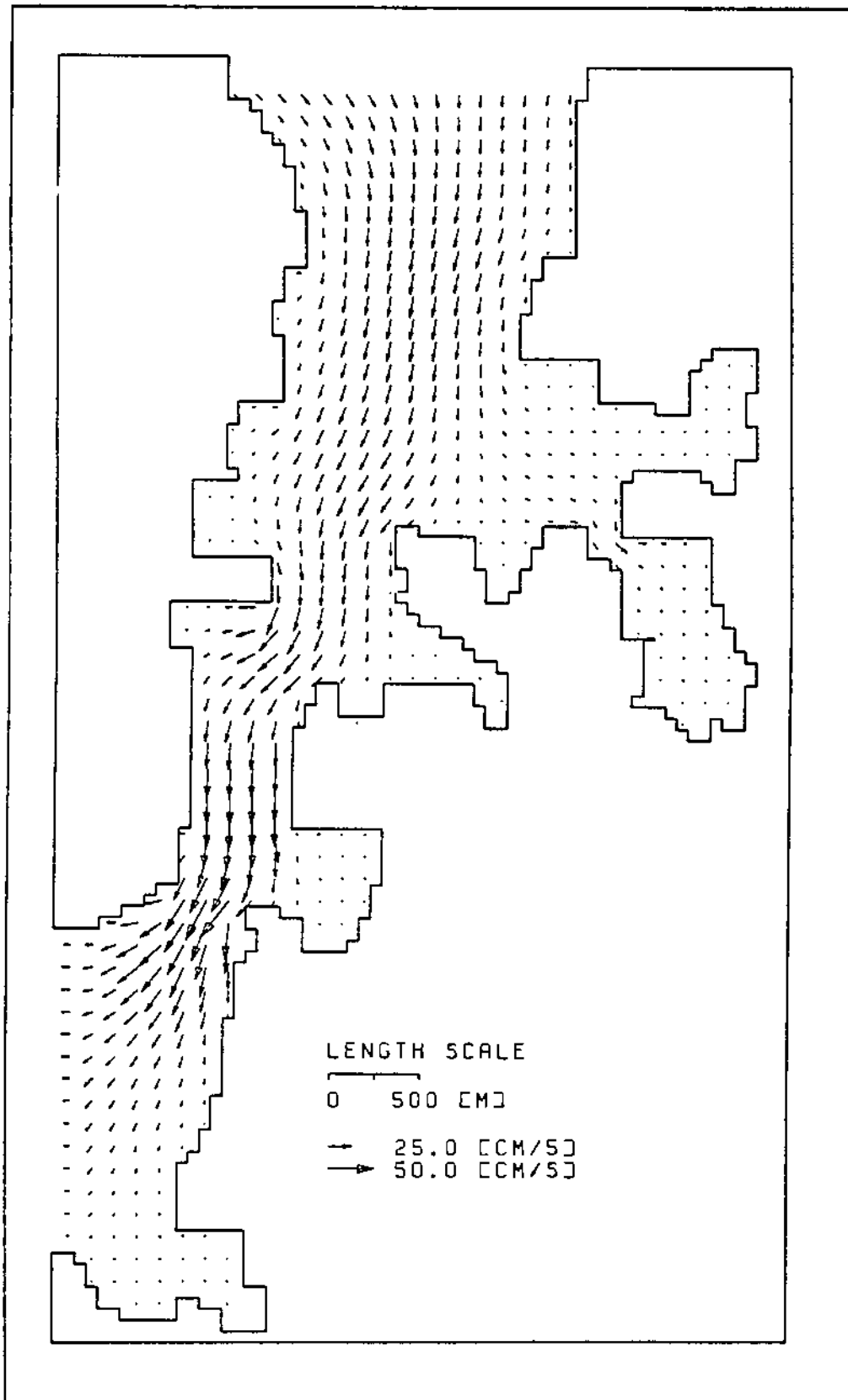


그림 5.187 접안시설 공사후 대조기의 최강 창조류

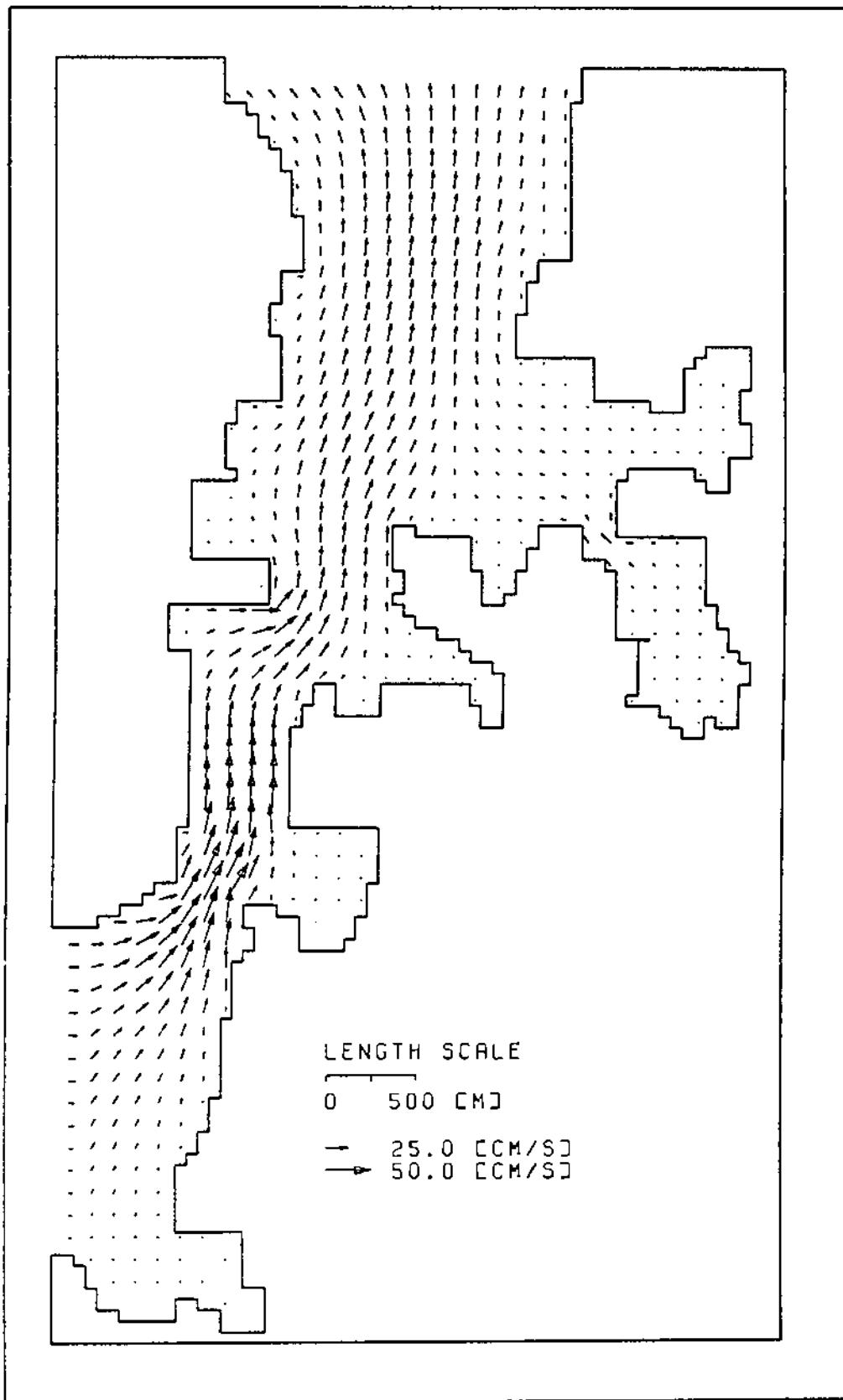


그림 5.188 점안시설 공사후 대조기의 최강 낙조류

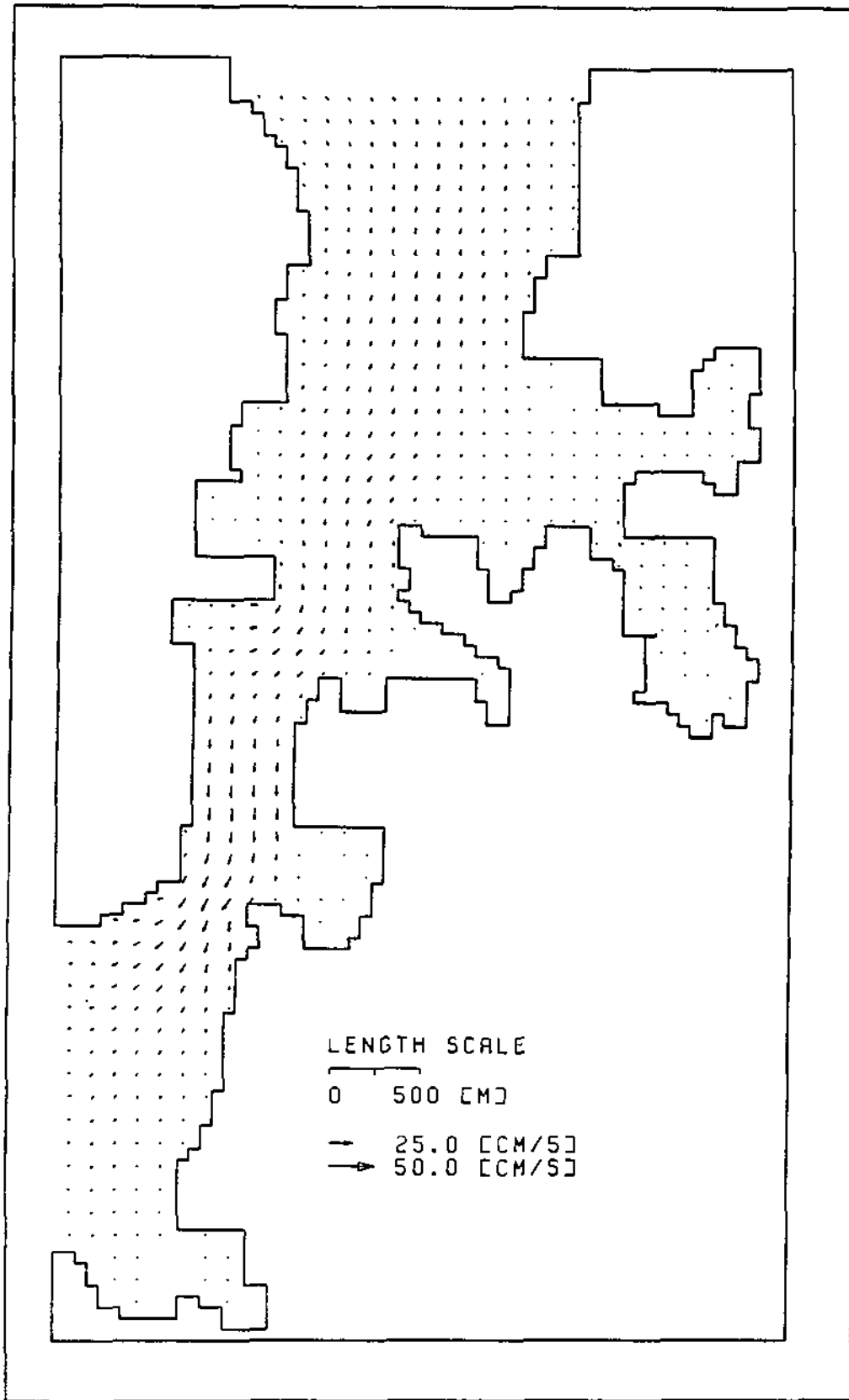


그림 5.1.89 점안시설 공사후 소조기의 최강 창조류

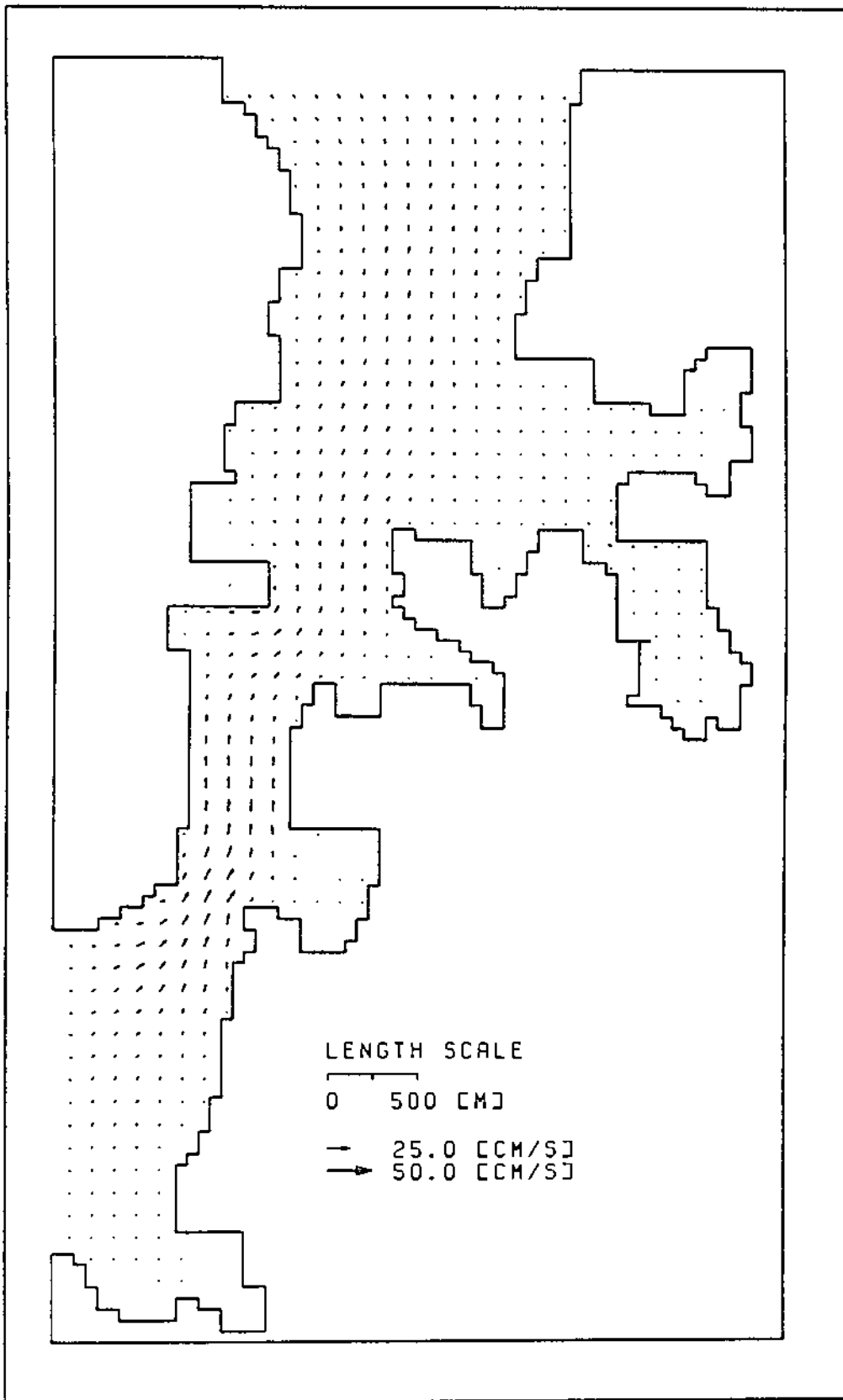


그림 5.1.90 집안시설 공사후 소조기의 최강 낙조류

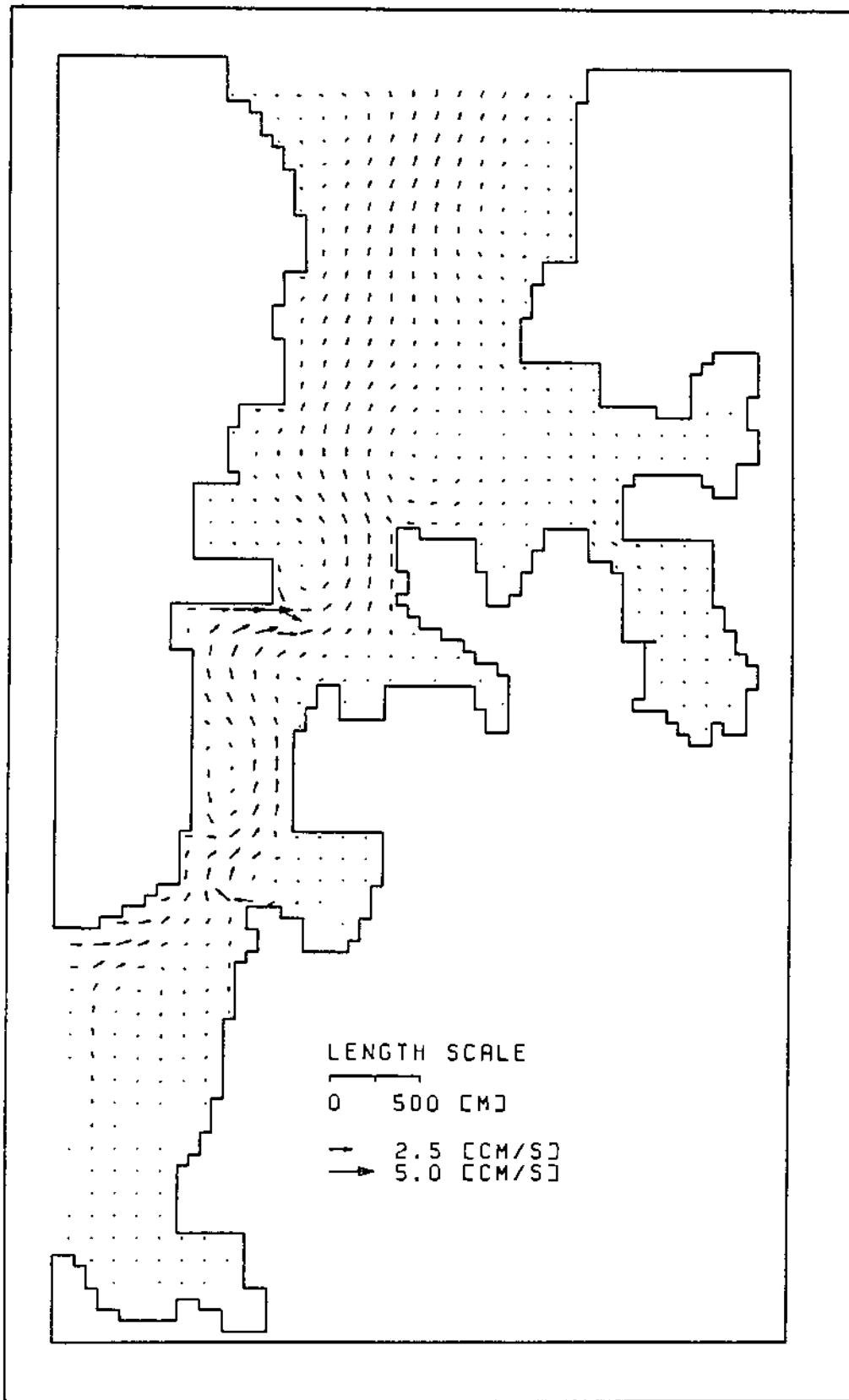


그림 5.1.91 취안시설 공사후 대조기의 조석 산차류(항류)

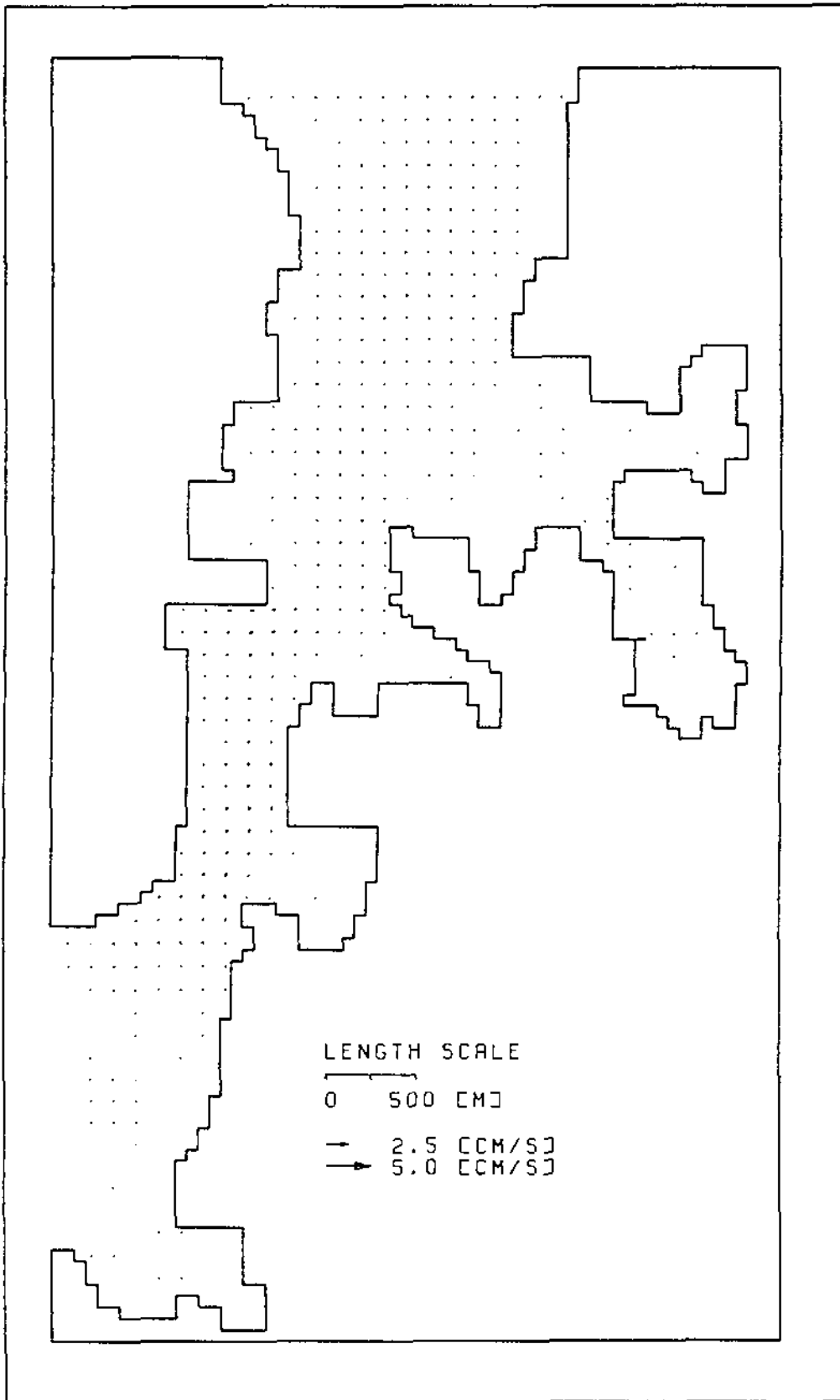


그림 5.1.92 댐안시설 공사후 소조기의 조석 잔차류(항류)

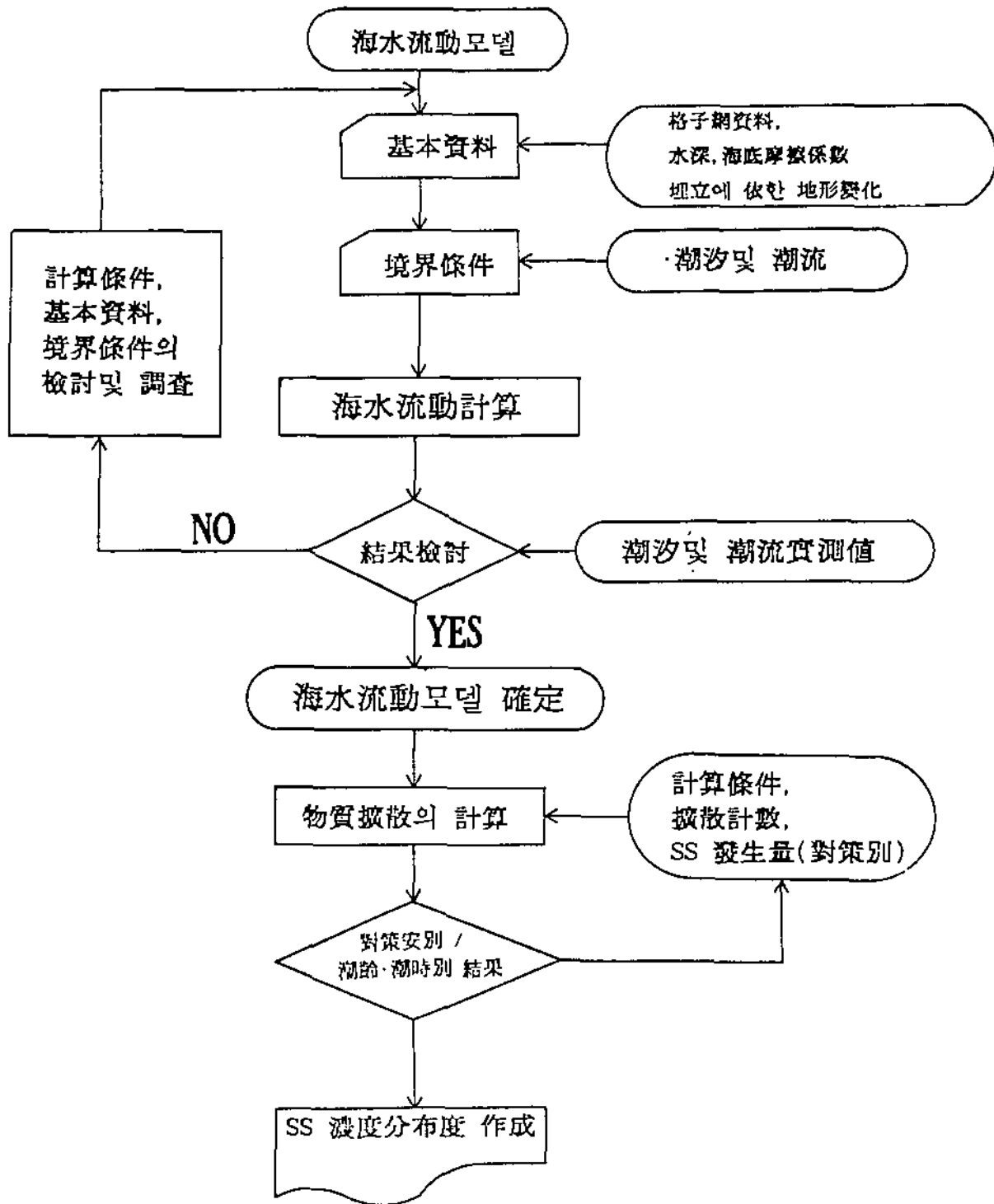


그림 5.1.93 부유물질 확산모델의 구성 흐름도

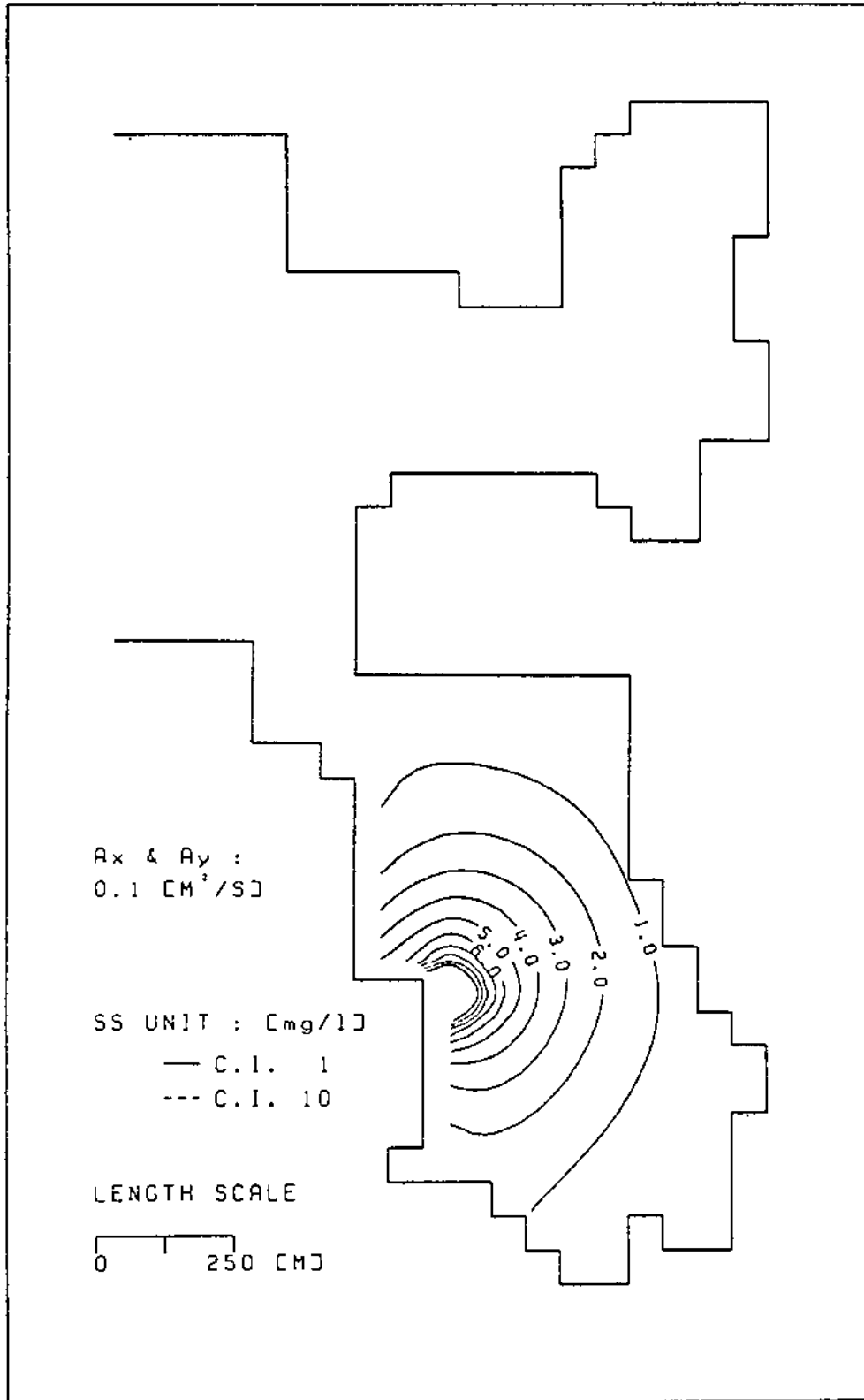


그림 5.194 공사로 인한 부유토사의 확산농도 예측(소조기)

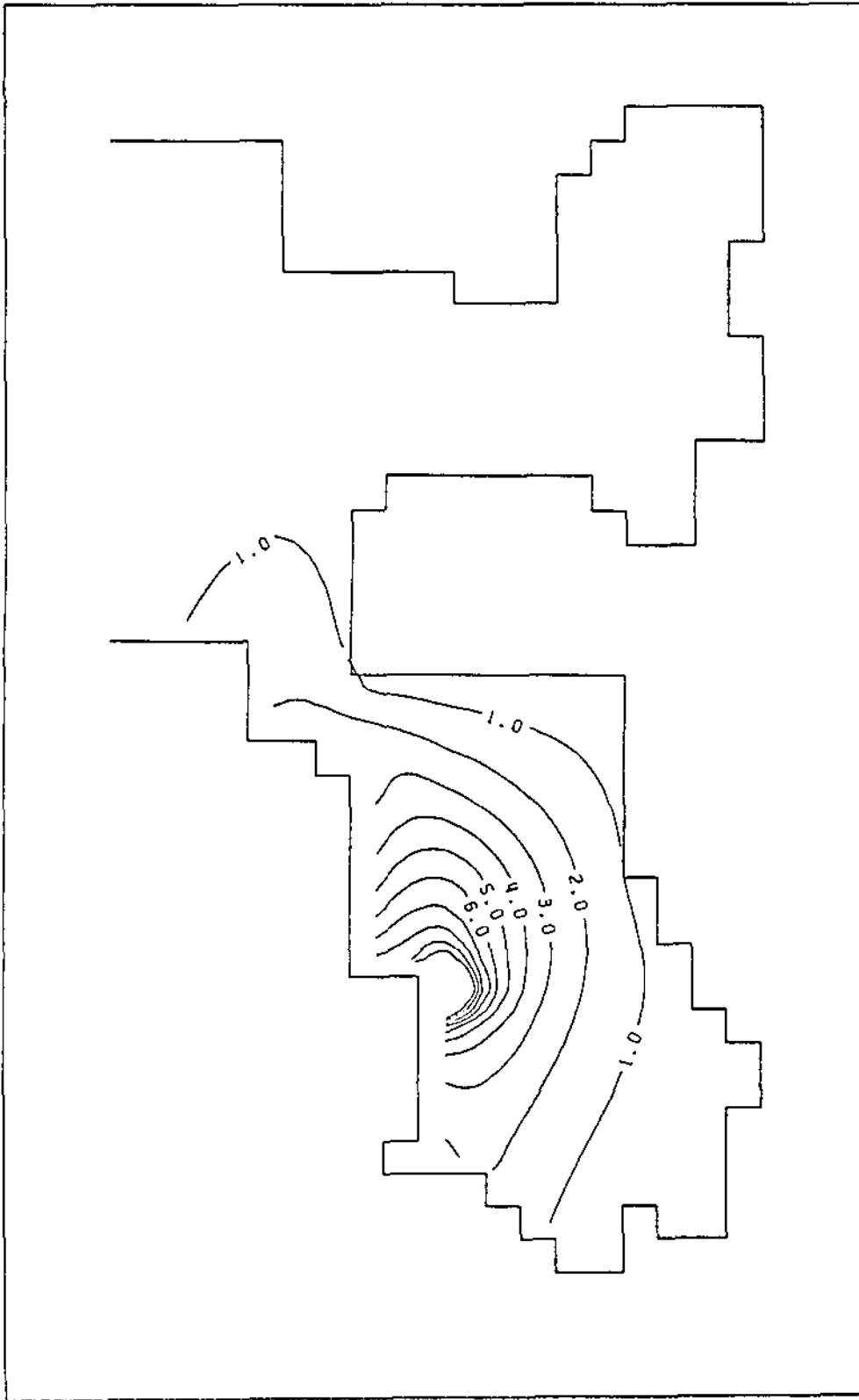
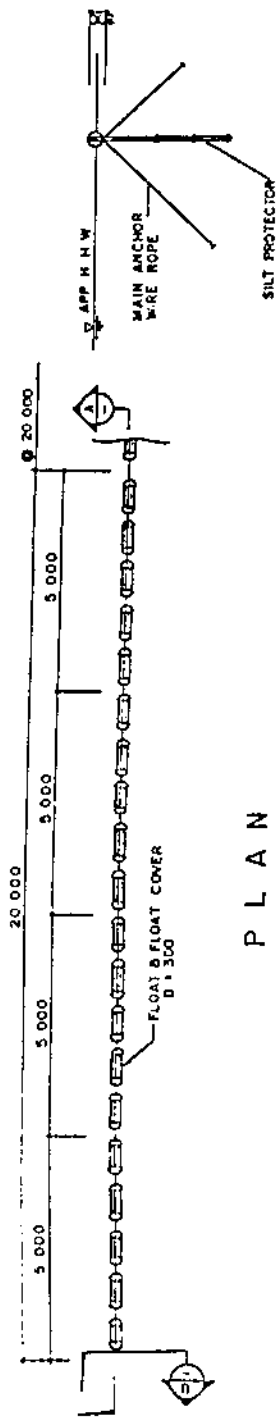
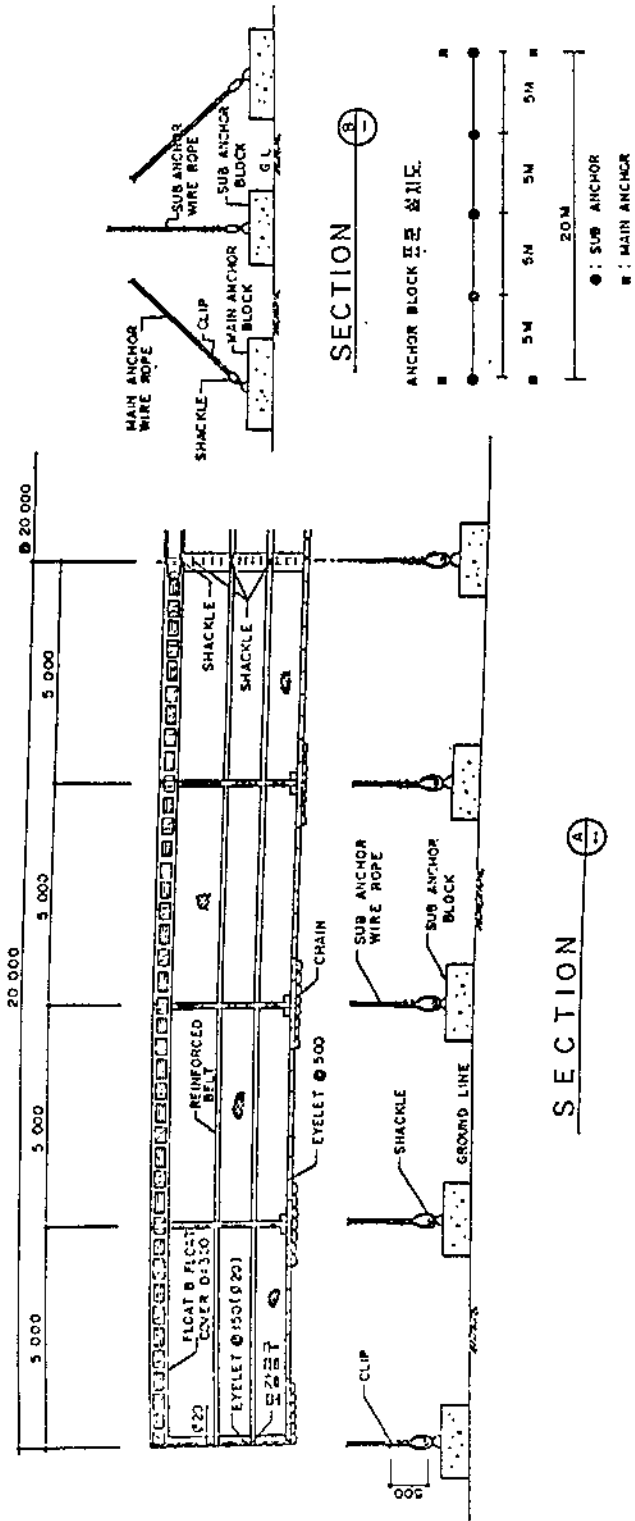


그림 5.1.95 공사로 인한 부유토사의 확산농도 예측(대조기)

모탁방지막상세도



P L A N



1971.5.1.96 5타 반지마 상세도

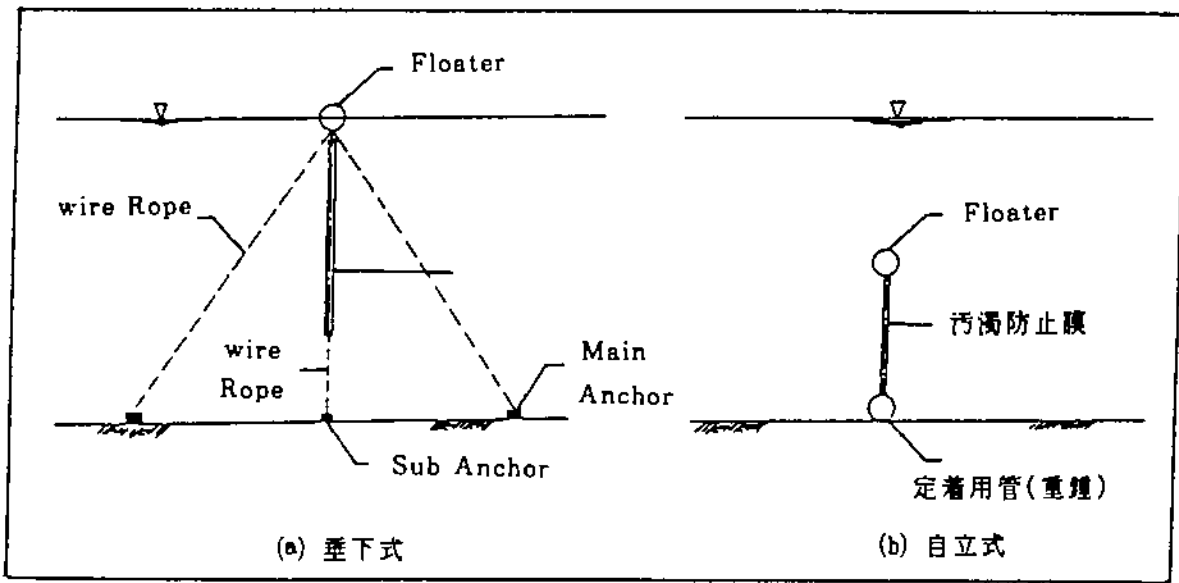


그림 5.1.98 오탁 방지막(Silt protector) 의 설치형태

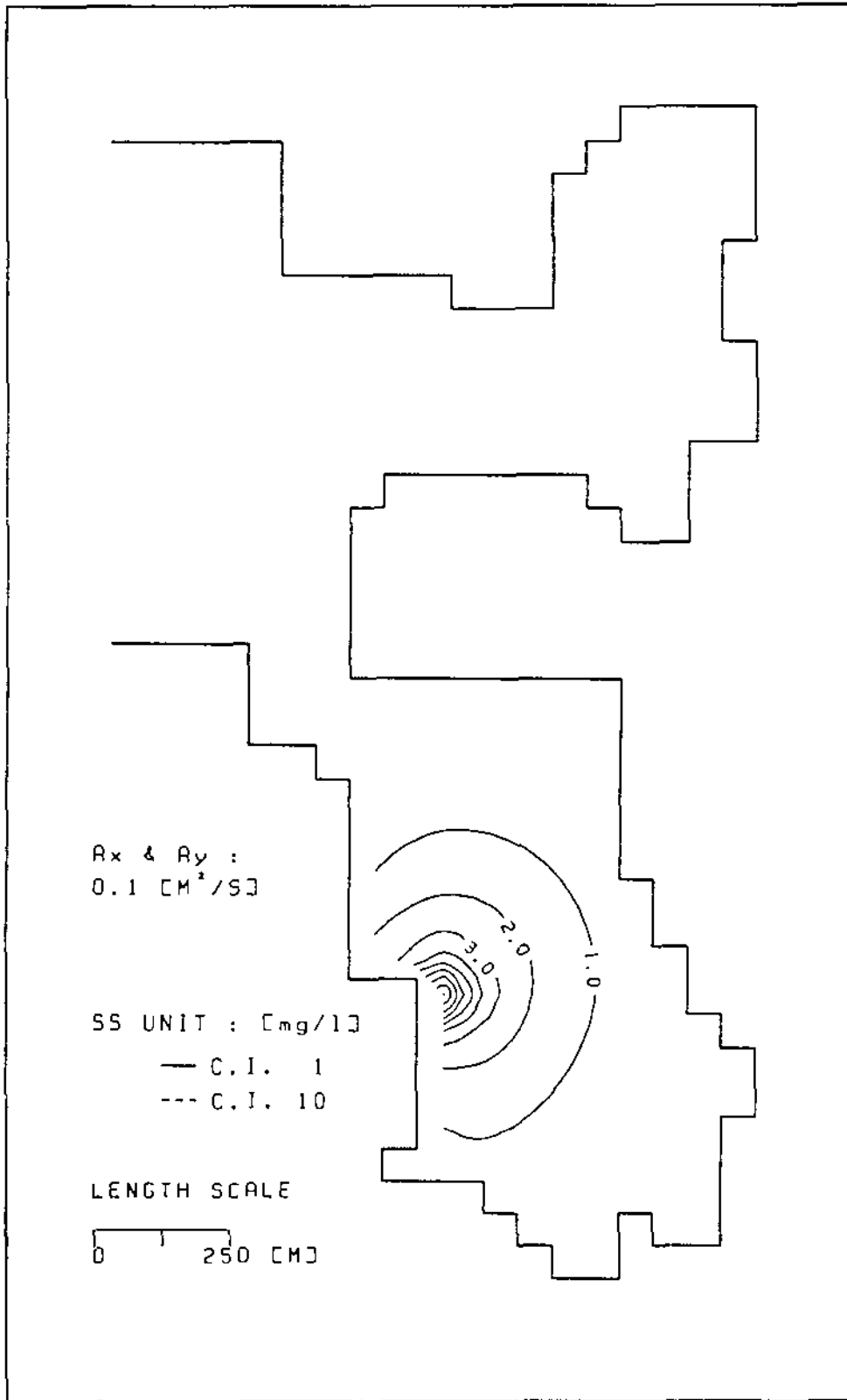


그림 51.99 저감대책 후 부유토사의 확산예측(소조기)

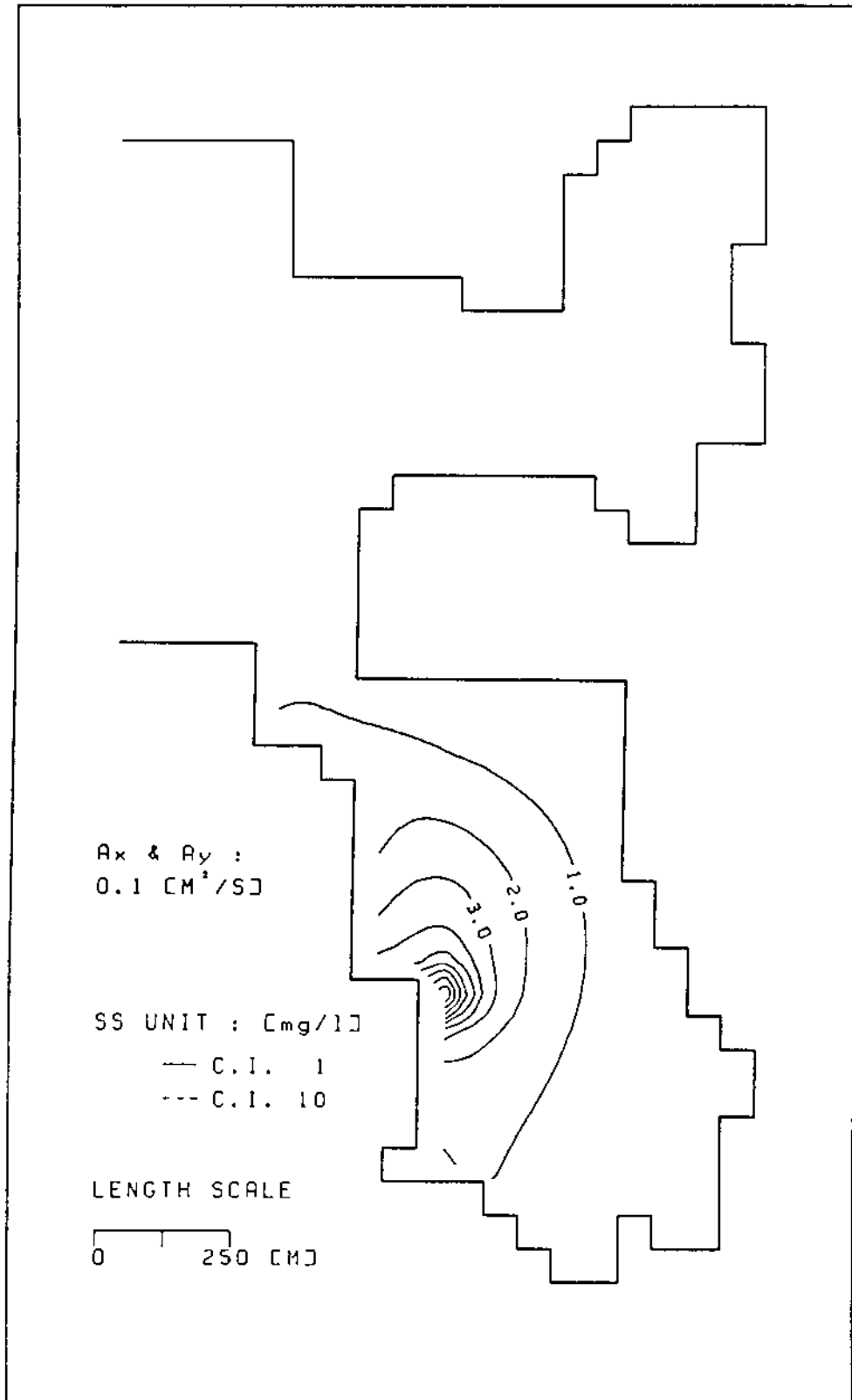


그림 5.1.100 저감대책 후 부유토사의 확산예측(대조기)

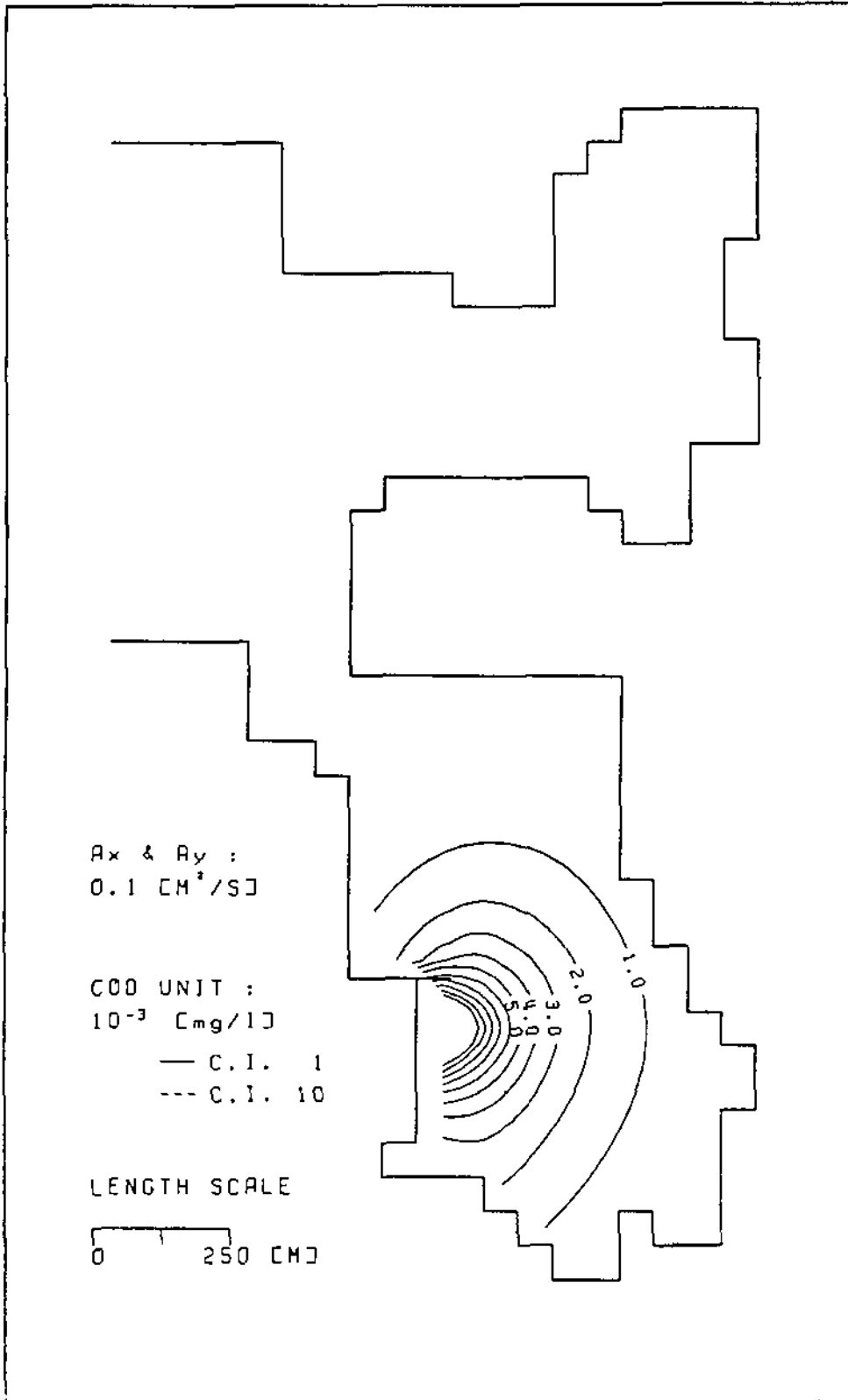


그림 5.1.101 무처리 하수 방류시의 오염물질(COD) 확산농도 예측(소조기)

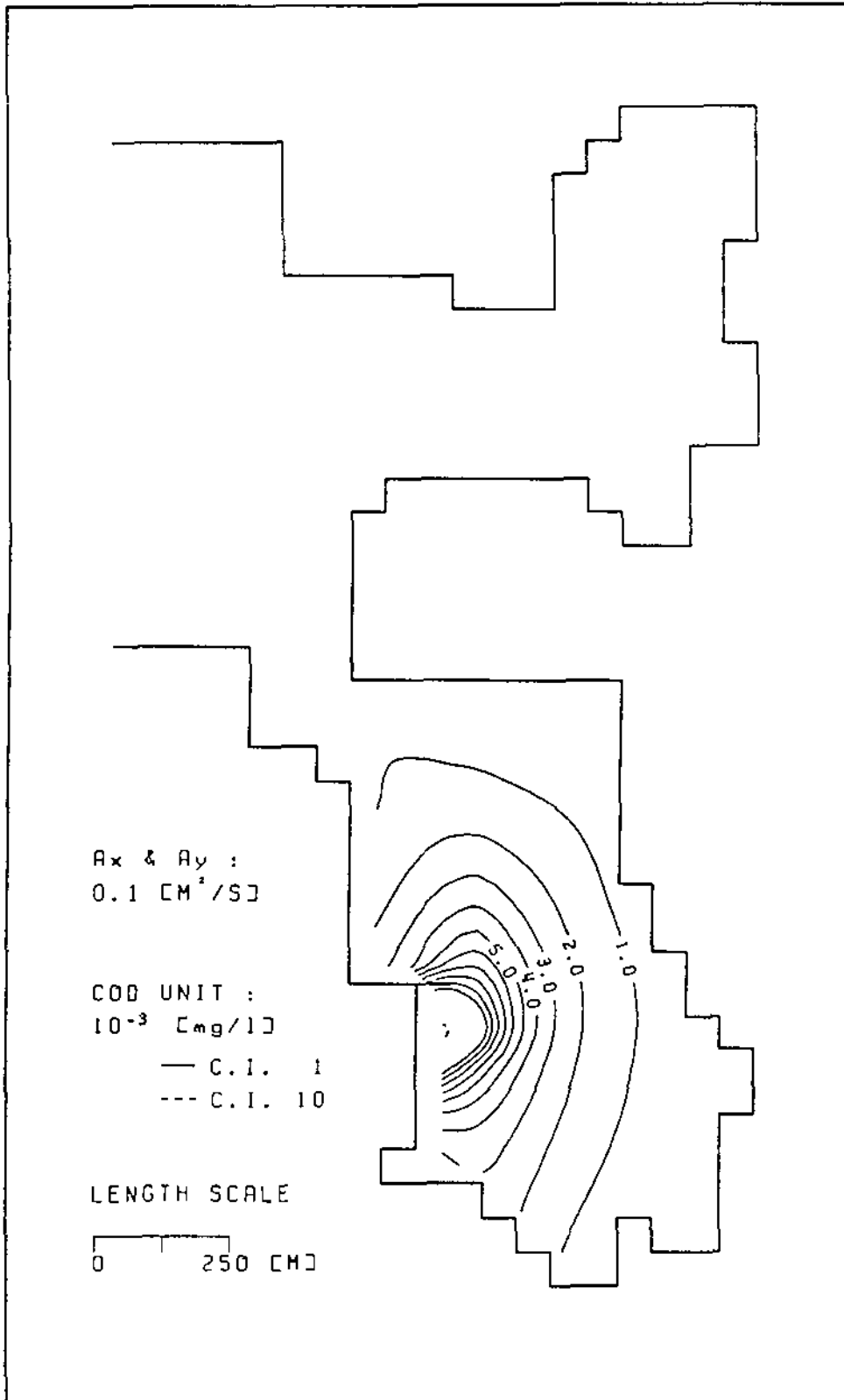


그림 5.1.102 무처리 하수 방류사의 오염물질(COD) 확산농도 예측(대조기)

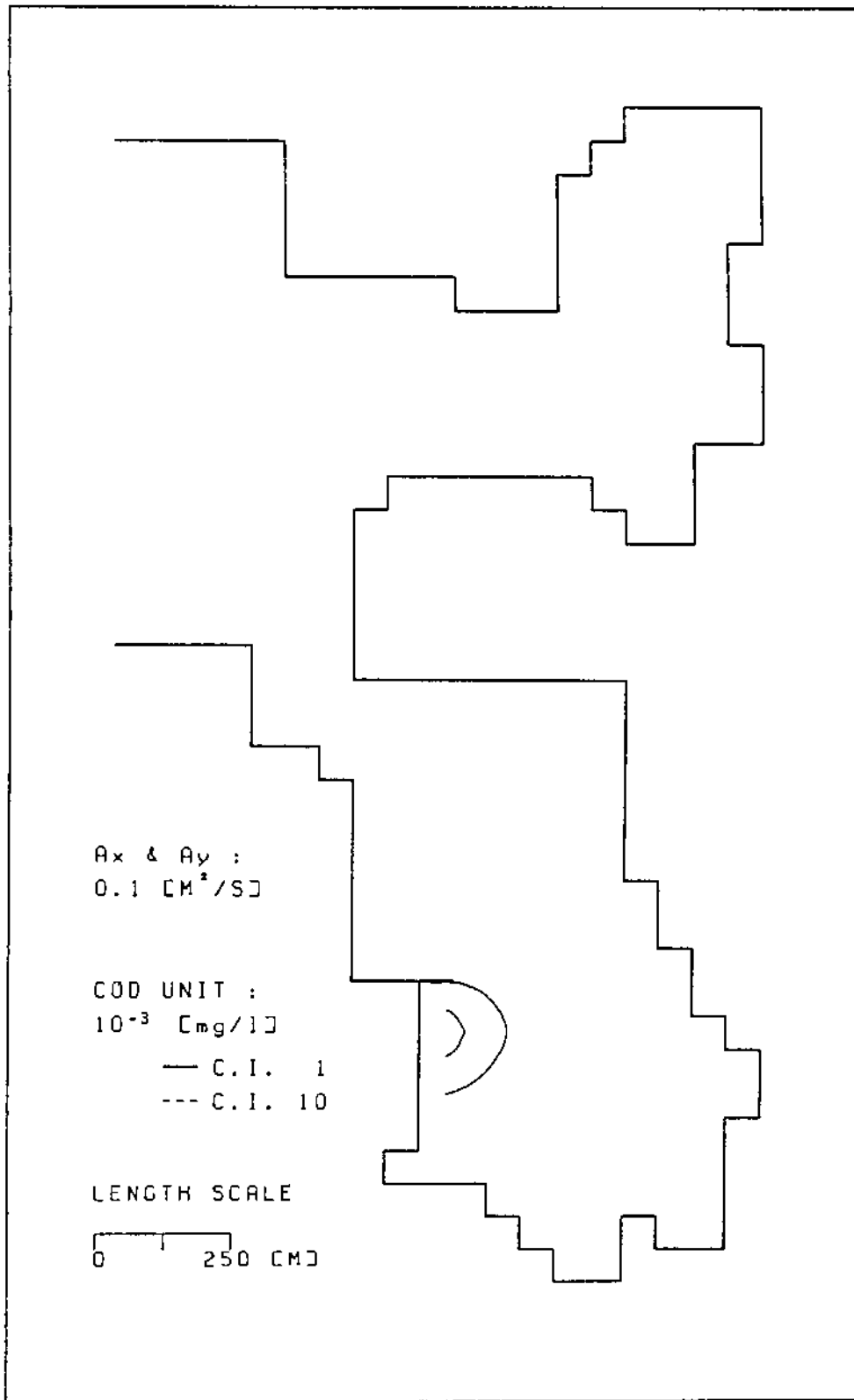


그림 5.1.103 1차 처리후 방류시의 오염물질(COD) 확산농도 예측(소조기)

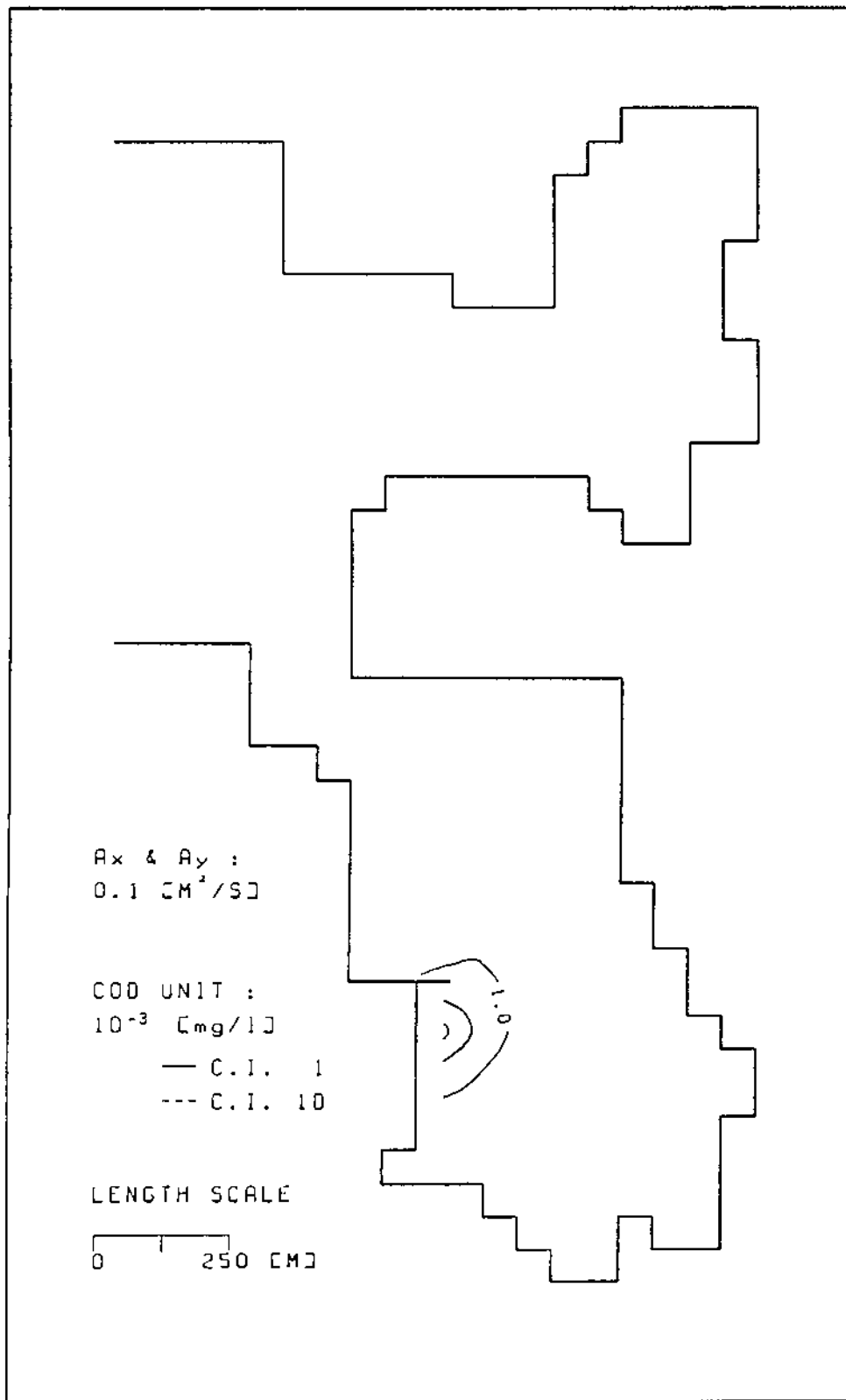


그림 5.1.04 1차 처리후 방류시의 오염물질(COD) 확산농도 예측(대조기)

5.2 생활환경

1. 토지이용

가. 현황

(1) 토지종별현황

거제군의 토지종별 현황을 고찰하여 보면, 총면적 368.0km² 중 임야가 가장 많은 73.5%를 차지하고 있으며 답, 전, 도로, 대지의 순으로 구성비율을 보이고 있다. 전답을 합하면 18.9%를 차지한다. 장목면의 경우는 임야가 67.2%로 거제군의 임야비율에 비하여 적게 나타나고, 전답을 합치면, 25.2%를 차지하여 거제군의 전답비율에 비하여 높은 비율을 점하고 있다(표 5.2.1).

표 5.2.1 종별토지이용현황

	거 제 군		장 목 면	
	면적(㎡)	구성비(%)	면적(㎡)	구성비(%)
전	24,641,211.0	6.70	2,487,206	9.95
답	45,002,696.7	12.23	3,817,934	15.27
과수원	31,878.0	0.01	21,243	0.08
목장용지	102,390.0	0.03	-	0.00
임야	270,636,802.2	73.54	16,800,164	67.19
연전	109,864.0	0.03	-	0.00
대지	6,245,500.2	1.70	492,237	1.97
공장용지	1,300,983.0	0.35	-	0.00
학교용지	551,290.9	0.15	45,691	0.18
도로	8,497,417.8	2.31	609,864	2.44
하천	2,413,641.1	0.66	59,649	0.24
방거	202,808.5	0.06	6,034	0.02
구유지	3,589,122.2	1.00	429,744	1.72
수도용지	2,351,053.0	0.64	27,583	0.11
수도용지	101,290.0	0.03	-	0.00
공원	39,596.8	0.01	-	0.00
종교용지	59,173.0	0.02	4,193	0.02
사적지	33,117.0	0.01	4,268	0.02
묘지	1,172,396.0	0.32	160,639	0.64
잡종지	919,065.0	0.25	35,737	0.14
계	368,001,296.5	100.00	25,002,186	100.00

자료출처 : 거제군, 통계연보, 1992.

면 상면, 수면, 운동기원이 존재하는 시가지 형태를 형성하고 있다.

공식면과 사면면을 중심으로 하는 상면도 발달하고 있어서, 소도시에서 볼 수 있는 전형적 도시이용상태가 탁월한데, 문구, 의류, 고물상, 철물점 등 일반상점들이 분포하고 있다. 또한 대학선, 강노당 등의 운동기관과 일반주택의 발달이 탁월하다. 이 도포를 중심으로 상면적 면적 사거리에서 북동방향으로 넓은 도로주변에 발달된 시가지를 보면, 북쪽에는 터미널, 넓은 방항으로 3개 지역으로 구별할 수 있다.

포리도 연결되는 군도가 교차하는 사거리가 도시적 도시이용도의 중심점으로 볼 때, 도리가 포하고 있는 특성을 보이고 있다. 선현에서 장승포방향으로 연결되는 1018번 지방도와 송진 시가지를 중심으로 하는 도시이용상태를 보면, 지역내의 대부분에는 일반 주택이 고를 낀 편 도로가 발달되어 있지는 않으나, 비포장 소로가 발달되어 있다.

1018지방도가 장북에서 연조방면으로 이어지고 있다. 해양기지가 계획중인 지역까지는 포장 도로의 발달은 상층을 중심으로 북쪽으로 서부성을 거쳐 송진포리로 연결되는 군도와 이렇게 분포하고 있다.

다의 양식장을 제외하면, 그 발달이 미약하지만 군항포의 북쪽 해안과 서쪽해안에는 양식장 지 않는 야산으로 이루어져 있다. 해양기지가 계획중인 지역의 면내에는 장북국교 북쪽의 임바 해안기지가 계획중인 대상지역내에는 밭이 주로 분포하고 있는데, 이곳은 표고 20m를 넘

의 곳곳에 산재 분포한다.

하고 있다. 밭은 취락으로부터 그다지 멀리 떨어진 논외 주변 지역을 중심으로 분포하고, 임야 권이 발달하고 있는 지역을 따라 분포하고 있는데, 장북의 시가지와 장북만 사이에도 분포 임야로 구성되어 있으며, 송진포리 지역도 대부분이 임야가 분포하고 있다. 논은 지형상 하 계곡에서 밭이 내려오는 산줄기가 군항포의 북단 해안까지 뻗어내려온 지역의 대부분도 군항포지역의 취락의 발달을 제외하면, 대부분의 지역이 임야로 구성되어 있다. 장북 남쪽의 있다. 그림 5.2.1의 북쪽적 도시이용도를 살펴보면 장북을 중심으로 하는 시가지의 발달과 양의 도시종별현황에서 살펴보면 장북지역의 도시이용은 임야가 대부분을 차지하고

(2) 장북지역의 도시이용현황

내에는 이들의 분포가 미약하다. 또한 하천과 유지의 분포가 미약한 편이다.

장용지가 분포하고, 선현용, 문터면, 사동면을 중심으로 장용지가 분포하고 있으나 장북면 하지만 장북면에는 군면적의 66.6%가 분포하고 있다. 거제면, 문터면, 사동면을 중심으로 북쪽의 비용이 비교적 높게 나타나고 있다. 파수원의 경우, 군내 전체면적이 0.03km²에 불과 한편 장북면의 도시종별 특색을 주변의 다른 면과 도시종별 현황을 비교하여 볼 때, 밭과

삼거리에서 남동방향으로 뻗고 있는 지방도는 장승포시 방향으로 연결되는데, 이곳에는 면사무소와 장목중학교, 우체국 등의 공공기관을 비롯하여, 일반주택, 상점 등이 혼재하고 있다. 삼거리에서 신현방향으로 뻗은 지방도에는 앞의 두지역과는 달리 일반주택과 음식식료업을 중심으로 하는 상업이 발달하고, 공공기관의 발달은 미약하다.

그림 5.2.2의 토지이용도내에 분포하는 254개의 시설물중에서 거의 절반에 해당되는 49.6%가 주택으로 구성되어 있고, 41.7%가 상업시설로 구성되어 있는 점으로 보아, 일반 소도시에서 발달하고 있는 사업구조를 이루고 있다고 판단된다.

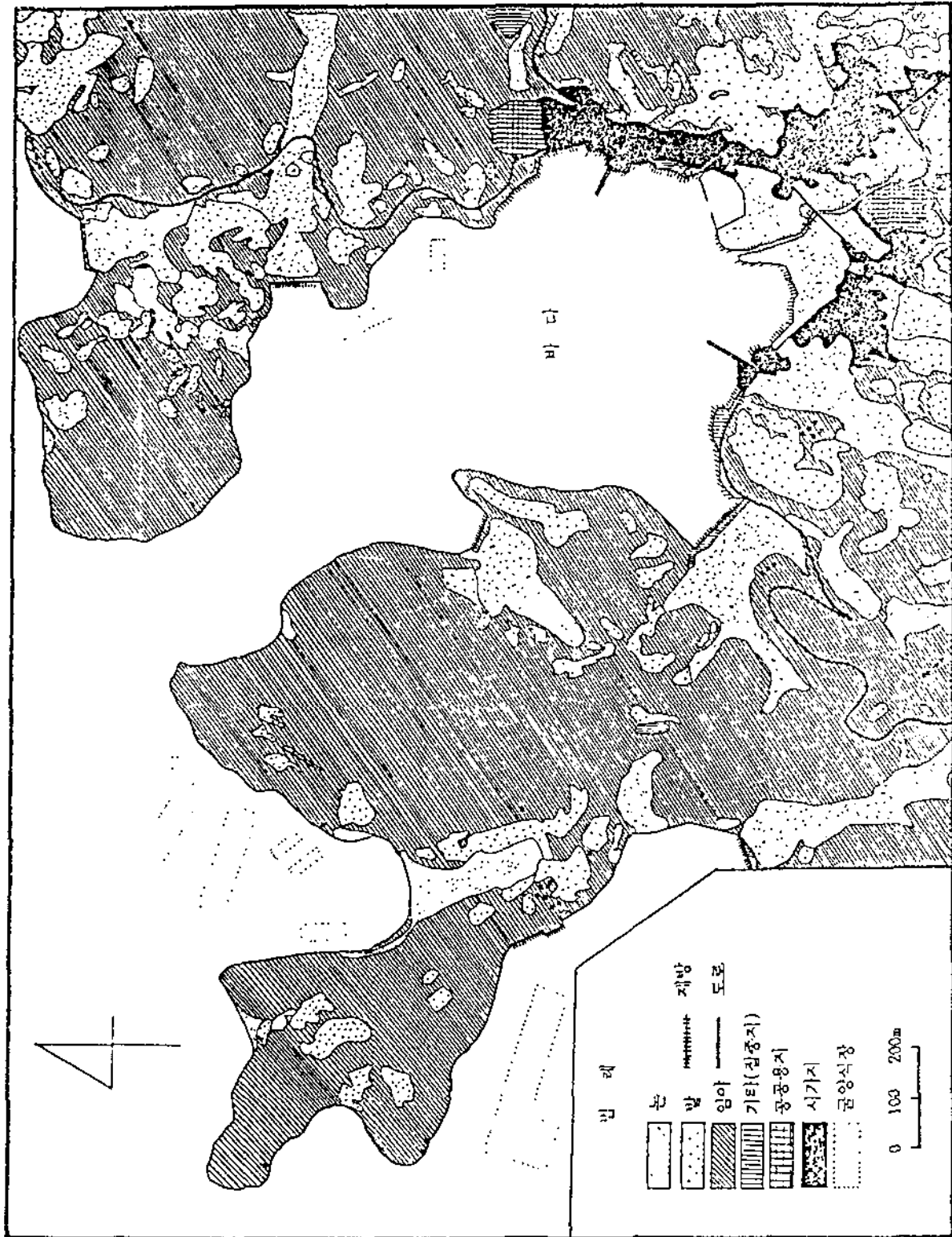


그림 5.2.1 장목리주변의 농촌적 토지이용

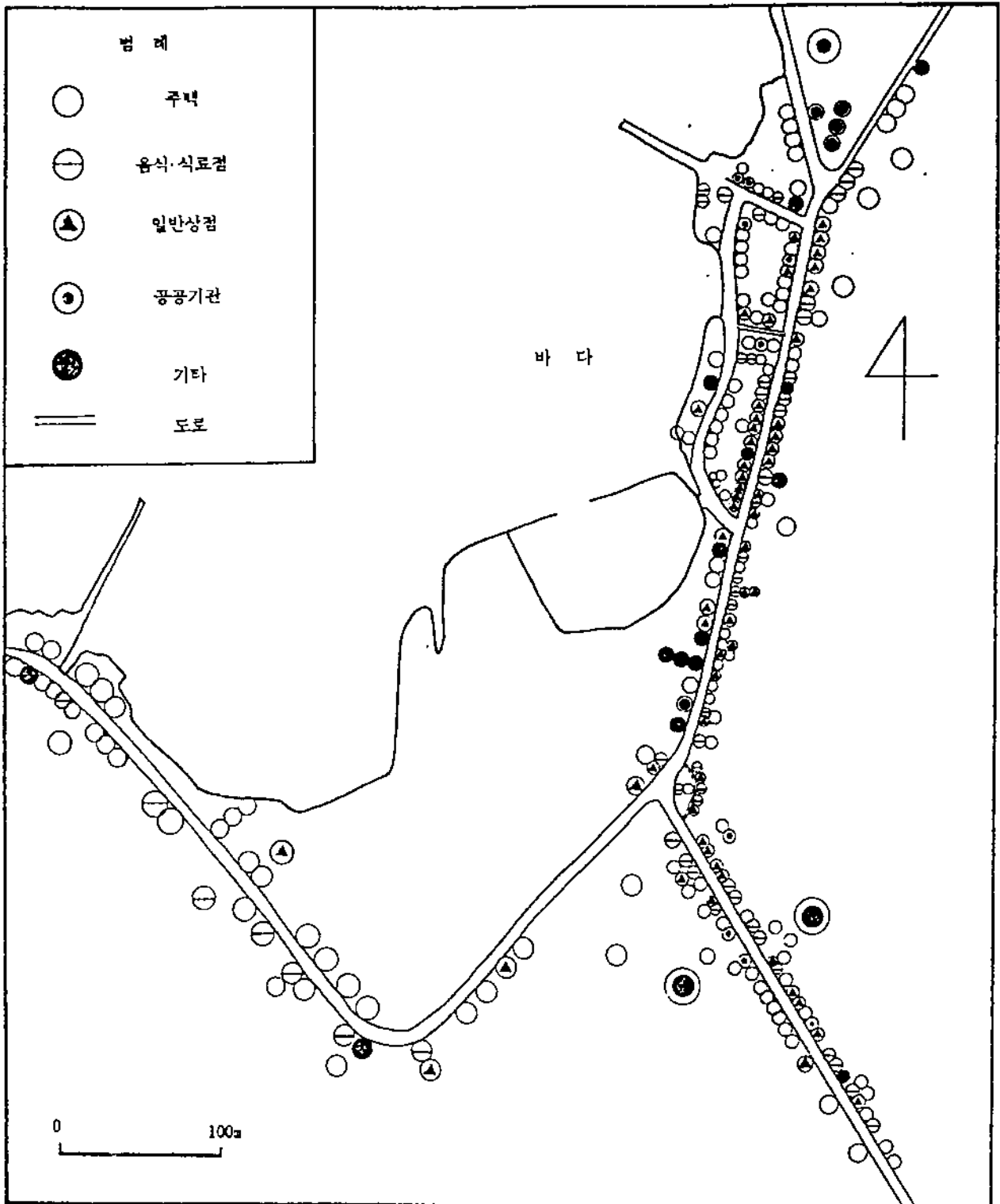


그림 5.2.2 장목의 상업적 토지이용

2. 대기질

가. 현황

(1) 측정지점의 선정

본 사업의 시행으로 인하여 주변지역에 영향을 미칠 수 있는 4 개의 대표지점을 선정하여 1993년 6월과 7월의 2회에 걸쳐서 조사하였다(표 5.2.2, 그림 5.2.3).

표 5.2.2 대기질 측정지점

지점 번호	위 치	비 고
A - 1	연구소 건설지점	사업지구 중앙
A - 2	장목리 우체국 앞	사업지구 남동측 0.8km
A - 3	군항포 마을 입구	사업지구 서측 0.6km
A - 4	매 동 마을 입구	사업지구 남서측 1.2km

(2) 측정항목 및 측정방법

사업지구 및 주변지역의 대기환경 현황 파악을 위한 측정항목은, 환경정책기본법 제 10조 2항의 규정에 의한 대기환경기준 설정항목인 아황산가스(SO₂), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO₂), 총부유먼지(TSP), 옥시던트(O₃), 탄화수소(HC), 납(Pb) 등 7개 항목으로서, 각 오염물질에 대한 측정방법은 표 5.2.3과 같이 대기오염공정시험법에 준하였다.

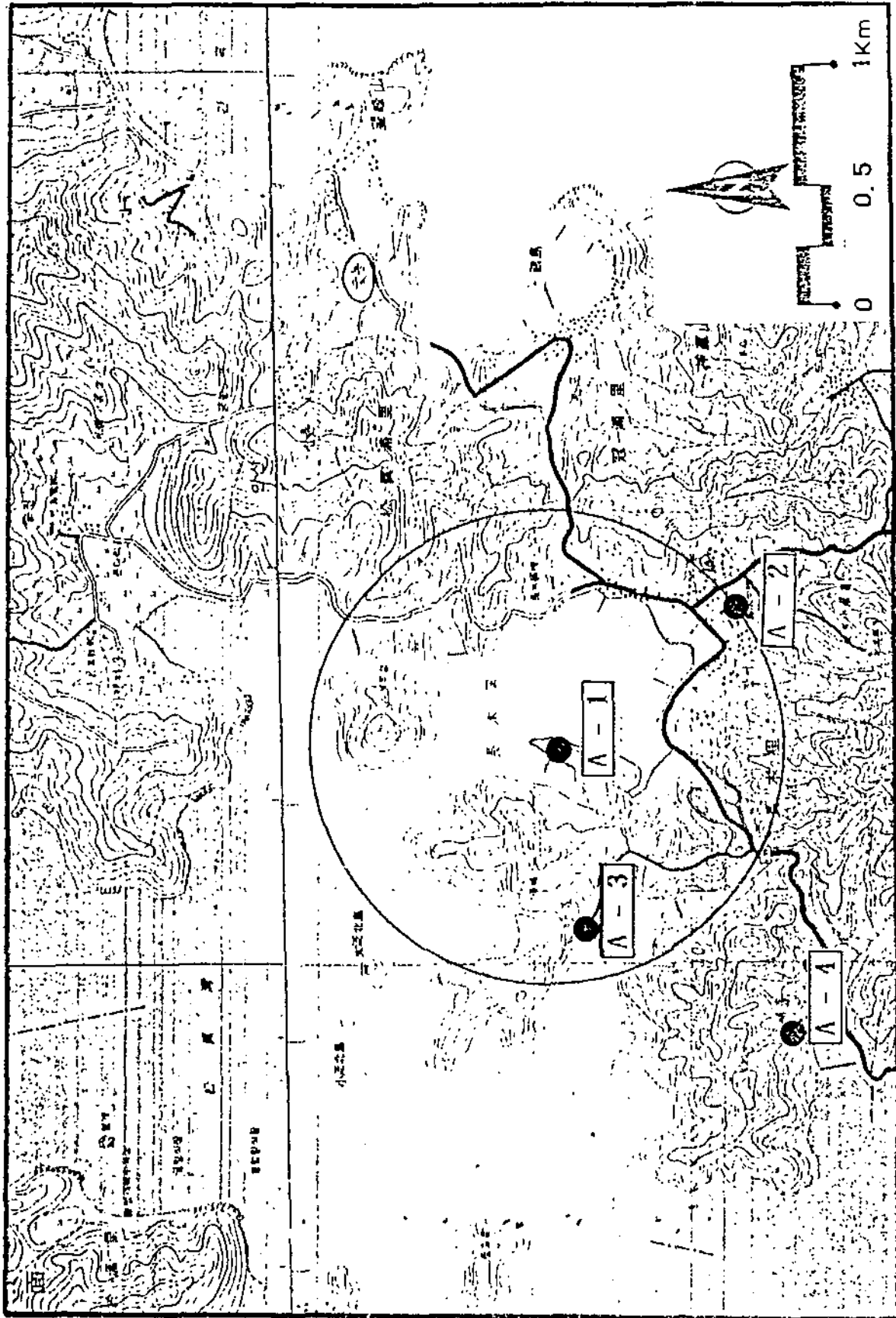


그림 5.2.3 대기질 측정지점 위치도

표 5.2.3 측정항목 및 분석방법

구분 항목	측정 및 분석 기기명	측정 및 분석 방법	원 리
총부유먼지 (TSP)	High Volume Air Sampler	High Volume Air Sampler Method	High Volume Air Sampler로 공기를 흡인시킨후 여지의 사용전후 무게를 칭량하여 농도를 구한다.
아황산가스 (SO ₂)	Handy Air Sampler	Pararosaniline Method	TCM 흡수액에 아황산가스를 흡수시킨후 Pararosaniline과 Formaldehyde로 발색하여 농도를 구한다.
일산화탄소 (CO)	CO 자동측정기 (NDIR)	비분산 적외선 분석법	일산화탄소의 적외선 영역에서 광흡수를 이용하여 비분산형 적외선 가스계로 측정
이산화질소 (NO ₂)	Handy Air Sampler Spectrophotometer (UV-120-20)	Jacobs - Hochheiser	공기시료를 흡수발색액에 통과시킨후 흡광도를 측정
옥시단트 (O ₃)	Handy Air Sampler Spectrophotometer (UV-120-20)	중성 요오드화 칼륨법	공기시료를 요오드화 칼륨용액에 흡수시켜 유리되는 요오드의 흡광도를 측정
탄화수소 (HC)	Handy Air Sampler	수소염이온화 검출기	검출기에 도입된 탄화수소가 수소염중에 연소할때 발생하는 이온에 의한 미소전류를 측정
납 (Pb)	High Volume Air Sampler Atomic Absorption Spectrophotometer	원자흡광광도법	납이온을 시안화 칼륨용액중에서 디티존에 착용시켜 클로로포름으로 추출한 납 착염의 흡광도를 측정

(3) 대기질 측정기간 및 기상조건

본 사업지역 및 주변지역의 환경대기질 오염현황을 파악하기 위하여 93년 6월 30~7월 2일, 93년 7월 20~7월 22일 동안 2회에 걸쳐 대기환경기준 설정항목인 총부유먼지(TSP), 아황산가스(SO₂), 이산화질소(NO₂), 일산화탄소(CO), 옥시단트(O₃), 탄화수소(HC) 및 납(Pb) 등을 측정하였으며, 측정시 기상조건은 표 5.2.4에 나타낸 바와 같다.

표 5.2.4 측정시 기상조건

일시	구분	일기	기온 (℃)	습도 (%)	기압 (mmHg)	풍향	풍속 (m/sec)	비고	
1993. 6. 30	낮	흐림	21.8	80	753	동	1.4	제 1 차 측 정	
	밤	맑음	18.9	81	756	동남	2.1		
1993. 7. 1	낮	맑음	23.7	66	758	동	2.1		
	밤	흐림	19.5	74	759	동	2.1		
1993. 7. 2	낮	흐림	22.1	66	755	부동	1.1		
	밤	흐림	19.6	77	756	동	0.4		
1993. 7. 20	낮	맑음	23.1	62	757	부동	2.5		제 2 차 측 정
	밤	흐림	20.1	61	759	부동	2.6		
1993. 7. 21	낮	흐림	23.5	60	759	부동	3.6		
	밤	흐림	19.9	63	761	부동	1.8		
1993. 7. 22	낮	맑음	25.5	62	760	동남	3.1		
	밤	맑음	21.1	72	761	동	3.3		

* 낮 (15:00), 밤 (21:00)

(4) 조사 결과

각 시점별로 2회에 걸쳐 대기질을 측정된 각각의 평균농도는 총부유먼지(TSP) 26.1~29.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 옥시단트(O_3) 0.008~0.011ppm, 이황산가스(SO_2) 0.004~0.006 ppm, 일산화탄소(CO) 0.8~1.1 ppm, 이산화질소(NO_2) 0.009~0.015 ppm, 탄화수소(HC) 0.27~0.34 ppm, 납(Pb) Trace로 분석되어 대기질 환경기준치와 비교하여 볼 때, 모두 기준치 보다 낮은 수준의 양호한 대기질을 유지하는 것으로 조사되었다(표 5.2.5, 6).

표 5.2.5 각 지점별 대기질 측정결과

지 점	항 목	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)	CO (ppm)	HC (ppm)	O ₃ (ppm)	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A - 1	1 차	0.004	0.010	0.8	0.29	0.010	25.8	ND
	2 차	0.003	0.008	0.9	0.25	0.009	26.3	ND
	평균	0.004	0.009	0.9	0.27	0.010	26.1	ND
A - 2	1 차	0.007	0.017	1.1	0.35	0.010	30.4	ND
	2 차	0.005	0.012	1.0	0.33	0.011	28.1	ND
	평균	0.006	0.015	1.1	0.34	0.011	29.3	ND
A - 3	1 차	0.004	0.010	0.8	0.29	0.009	28.4	ND
	2 차	0.004	0.013	0.7	0.27	0.007	25.1	ND
	평균	0.004	0.011	0.8	0.28	0.008	26.8	ND
A - 4	1 차	0.005	0.014	0.9	0.30	0.011	29.8	ND
	2 차	0.003	0.012	0.9	0.31	0.010	27.6	ND
	평균	0.004	0.013	0.9	0.31	0.011	28.7	ND

ND : 불검출(0.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)

표 5.2.6 대기질 환경기준

설 정 항 목	환 경 기 준
이황산가스 (SO ₂)	연간 평균치 0.05ppm 이하 24시간 평균치 0.15ppm 이하 (연간 3회 이상 초과하여서는 아니된다)
일산화탄소 (CO)	1개월 평균치 8ppm 이하 8시간 평균치 20ppm 이하 (연간 3회 이상 초과하여서는 아니된다)
질소산화물 (NO ₂)	연간 평균치 0.05ppm 이하 1시간 평균치 0.15ppm 이하 (연간 3회 이상 초과하여서는 아니된다)
총부유먼지 (TSP)	연간 평균치 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 24시간 평균치 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하 (연간 3회 이상 초과하여서는 아니된다)
옥시단트 (O ₃)	연간 평균치 0.02ppm 이하 24시간 평균치 0.1ppm 이하 (연간 3회 이상 초과하여서는 아니된다)
탄화수소 (HC)	연간 평균치 3ppm 이하 1시간 평균치 10ppm 이하 (연간 3회 이상 초과하여서는 아니된다)
납(Pb)	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /3월 이하

나. 사업시행으로 인한 영향예측

본 사업의 시행으로 인하여 대기질에 영향을 미칠 인자로서 공사시에는 연구동, 선착장, 부대시설물 및 진입도로공사에 투입되는 육해상 건설장비의 운용에 따른 배출가스와 공사시 작업장내 장비의 이동에 따른 비산먼지 등이 있으며, 공사후에는 시설물 이용과 선박운항시 연료사용에 따른 대기오염물질이 예상된다.

본 사업이 완료된 후, 대기오염물질의 주발생원은 시설물과 입출항하는 선박으로 예상된다. 시설물에서의 연료사용은 주로 난방용으로 한정되어 있으며, 선박은 해양조사선으로 제한되어 주변 대기질에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다. 따라서 본 평가에서는 공사시 건설장비의 투입대수가 최대가 되는 시점을 기준으로 사업지를 비롯한 주변 주거지역의 대기질에 미치는 영향을 예측·평가하였다.

(1) 공사시

1) 공사장비에 의한 오염물질 배출량 산정

본 사업의 시행으로 발생이 예상되는 대기오염물질의 발생량을 투입되는 공사장비의 연료사용량과 오염물질의 배출계수를 적용하여 각각 산정하고, 이에 따른 영향을 예측하였다. 투입되는 공사장비의 규격, 연료사용량 및 장비별 오염물질의 배출계수를 표 5.2.7에 나타냈다. 공사시 장비운용에 따른 오염물질의 배출량은 표 5.2.8에서와 같이 총부유먼지(TSP) 0.1192 g/sec, 아황산가스(SO₂) 0.1237 g/sec, 이산화질소(NO₂) 1.9728 g/sec, 일산화탄소(CO) 0.3769 g/sec로 각각 산출되었다.

표 5.2.7 공사장비별 연료사용량과 오염물질의 배출계수

장비명	규격	연료사용량 (l/hr)	오염물질 배출계수(g/l)			
			TSP	SO ₂	NO ₂	CO
크레인	10톤	7.1	3.61	3.73	59.2	11.3
트레일러	30톤	33.5	3.61	3.73	59.2	11.3
에인선	250 HP	40.0	1.10	0.20	18.0	0.68
	180 HP	28.8				
	80 HP	12.8				
덤프트럭	10.5톤	18.8	3.61	3.73	59.2	11.3
기중기	50톤	33.7	1.78	3.73	30.6	11.3
	10톤	7.1				

자료 : 건설부, 표준공셈(건설진흥회, 1992), Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Part A, US. EPA

표 5.2.8 공사장비별 오염물질 배출량

장비명	규격	투입대수 (대)	오염물질 배출량(g/sec)			
			TSP	SO ₂	NO ₂	CO
크레인	10톤	2	0.0142	0.0147	0.2335	0.0446
트레일러	30톤	1	0.0336	0.0347	0.5509	0.1052
예인선	250 HP	1	0.0122	0.0022	0.2000	0.0075
	180 HP	1	0.0088	0.0016	0.1440	0.0054
	80 HP	2	0.0078	0.0014	0.1280	0.0048
덤프트럭	10.5톤	1	0.0189	0.0195	0.3092	0.0590
기중기	50톤	1	0.0167	0.0349	0.2865	0.1058
	10톤	2	0.0070	0.0147	0.1207	0.0446
계			0.1192	0.1237	1.9728	0.3769

주) 1일 장비가동시간 : 8 hr

2) 작업장내 재비산먼지 발생량 산정

공사시 작업장내에서는 중장비의 굴삭, 절성토 및 공사차량의 이동 등으로 재비산먼지가 발생하는데, 중장비 및 차량운행에 의한 비산먼지 발생량은 미국 EPA의 AP-42에 의하면 1,200 kg/acre·월(2,996 kg/ha·월)로 나타나 있으므로 이를 적용하여, 장비의 이동 및 작업시 발생이 예상되는 비산먼지의 발생량을 산출하면 다음과 같다.

- 사업지구면적 : 33,000 m² (약 1만평)
- 공사기간 : 12개월 (약 300일)
- 월평균 작업면적 : 0.275 ha (33,000 m²/12월)
- 월 먼지 발생량 : 2,966 kg/ha·월 × 0.275 ha = 815.7 kg/월
- 먼지 발생량 : 815.7 kg/월 × 1월/30일 × 1일/8hr
= 3.4 kg/hr
= 0.9444 g/sec

이와 같이 작업장내 비산먼지의 발생량은 0.944g/sec으로 추정되었다.

3) 공사시 오염물질의 총발생량

이상에서와 같이 공사시 건설장비에 의한 오염물질의 총발생량은 각각 표 5.2.9에서와 같이 TSP 1.0636 g/sec, SO₂ 0.1237 g/sec, NO₂ 1.9728 g/sec 및 CO 0.3769 g/sec인 것으로 산출되었다.

$$X = \frac{QKY \cdot KZ}{U}$$

Q : 오염물질 배출량 (g/sec)
 U : 풍 속 (m/sec)
 C : 농 도 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

5) 공사시 대기질 예측결과

A. 예측전제조건

- 혼합고는 계절별 일변화가 심하므로 최저치인 280m 적용
- 부산지역 혼합고 분포
 - ┌ 최대 1380 m
 - └ 최저 280 m

(자료 : 전국 지역별 대기관리에 관한 연구, 한국과학기술 연구소, 1980)

- 사업지구가 위치한 거제군의 주풍향은 SSE이며, 평균풍속 1.6m/s, 연평균기온 14.1℃ 이었으나 본 사업으로 인하여 영향을 가장 크게 받을 것으로 예상되는 지역은 장목리로, 이때 풍향 NNW(2월), 풍속 1.6m/s, 평균온도 4.1℃을 적용(자료 : 기상년보, 기상청, 1992)
- 장목리 TM 좌표위치 : TMX 170.6
TMY 165.5
- 사업지구 TM 좌표위치 : TMX 170.0
TMY 166.2

B. 예측결과

공사시 발생하는 오염부하량을 입력하여 가장 불리한 기상조건하에서 모델링을 수행한 결과, 사업장에서 가장 가까운 장목리에 영향을 미칠 수 있는 대기질 농도는 총부유먼지(TSP) 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 아황산가스(SO₂) 0.002 ppm, 이산화질소(NO₂) 0.027 ppm 및 일산화탄소(CO) 0.005 ppm으로 예측되었으며, SO₂, NO₂ 및 CO 등은 공사장비에 의해서만 발생되기 때문에, 이로 인한 대기질에의 영향은 거의 없어 공사시 가장 큰 영향을 나타내는 것으로 예상되는 TSP에 대해서만 등농도 곡선을 작성하였다(그림 5.2.4). 이와같이 본 사업으로 인하여 공사시 발생하는 대기오염물질이 주변 대기질에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

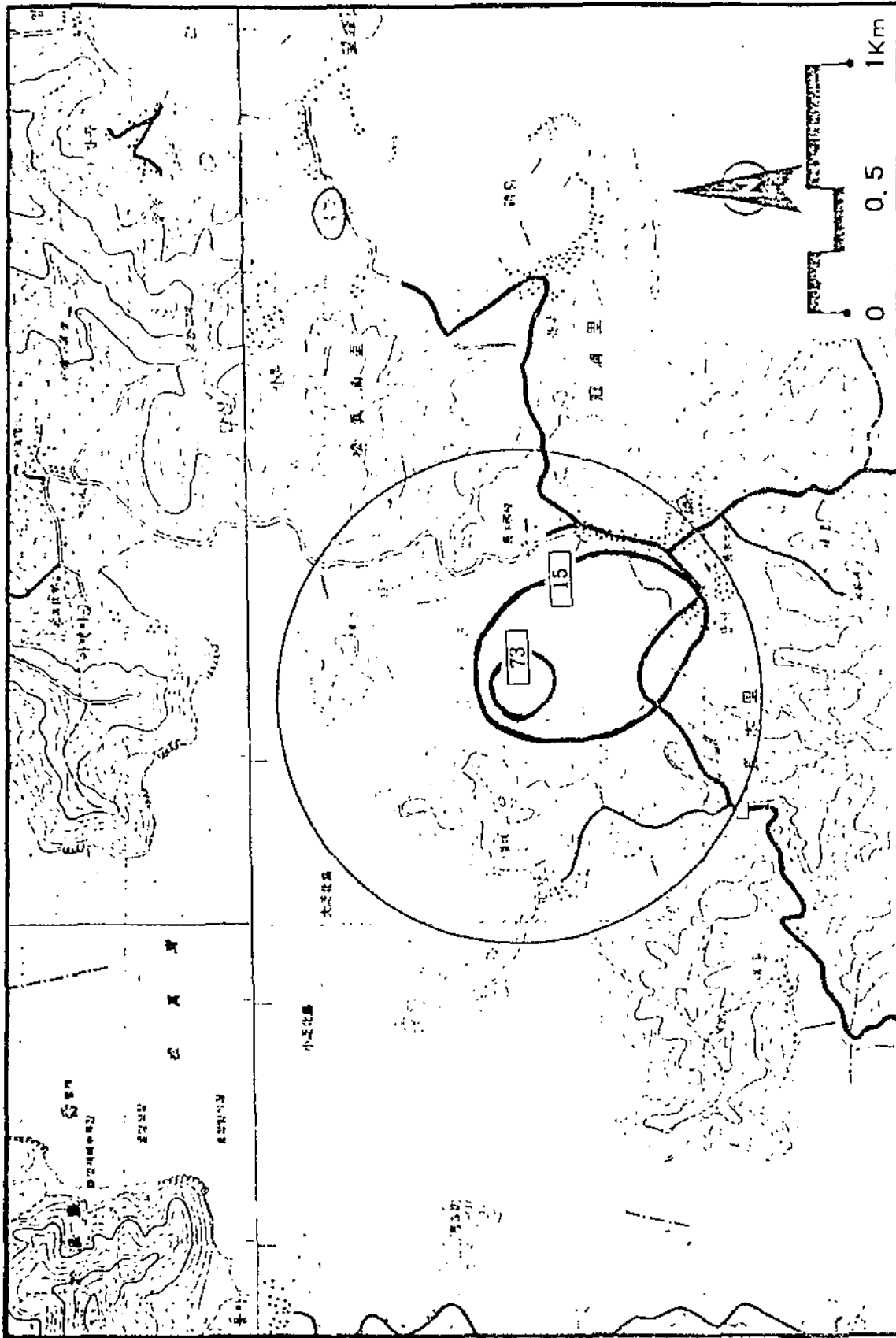


그림 5.2.4 TSP($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 예측 등농도곡선

표 5.2.9 공사시 건설장비에 의한 오염물질의 총발생량 (단위 : g/sec)

구 분	TSP	SO ₂	NO ₂	CO
배 가스	0.1192	0.1237	1.9728	0.3769
비산먼지	0.9444	-	-	-
계	1.0636	0.1237	1.9728	0.3769

4) 공사시 대기질 예측모델의 선정

A. 예측모델의 선정 및 개요

본 사업의 시행으로 인하여 발생하는 배출가스 및 비산먼지가 주변환경에 미칠 영향권 및 영향정도를 예측하기 위하여 단기 오염농도 확산예측모델인 TEM-8(Texas Episodic Model-8)을 사용하였다.

TEM-8은 1975년 Texas Control Board에서 개발되어 1979년 수정된 모델로써 TSP, SO₂, CO 등과 같은 비반응성 오염물의 Modeling에 적합하며 Gaussian 확산식, Briggs 연 기상승식, Pasquill-Gifford의 확산방정식, 오염물질의 지수함수적 분해 등의 가정에 기초하여 오염물질의 확산은 난류가 균일한 상태라는 전제하에서 수평, 수직방향 모두 정규분포를 나타낸다는 가우스 모형을 따르며 대기오염물질의 단기적인 지상농도를 예측하도록 고안되었다.

B. 모델의 제원

TEM-8의 계산식은 다음과 같다.

$$C(x, y, Q, H) = \frac{Q \times 10^6}{\pi \sigma_y \sigma_z U} \times \exp \left[-1/2(y/\sigma_y)^2 \right] \times \exp \left[-1/2(H/\sigma_z)^2 \right]$$

- Q : 오염물질발생량 (g/sec)
- U : 평균속도 (m/sec)
- σ_y, σ_z : 수평, 수직확산계수 (m)
- H : 유효 연돌고 (m)
- x : 연돌에서의 풍하거리 (m)
- y : 연기중심선에서 수평방향의 거리 (m)

① 확산 계수

수평, 수직 확산계수 σ_y, σ_z 는 대기안정도와 오염원으로 부터의 풍하거리의 함수로서 다음의 경험식으로 계산된다.

$$\sigma_z = a(S) x^{b(s)}$$

$$\sigma_y = c(S) x^{d(s)}$$

a(s), b(s), c(s), d(s)는 대기안정도의 함수로 결정되며 그 값은 표 5.2.10, 11과 같다.

표 5.2.10 수직확산계수의 결정상수

Atmospheric Stability Class	Downwind Distance (m)					
	100 < x ≤ 500		500 < x ≤ 5000		5000 < x	
	a	b	a	b	a	b
A = 1	0.03830	0.2810	0.000254	2.0890	0.000254	2.0890
B = 2	0.13930	0.9467	0.049360	1.1140	0.049360	1.1140
C = 3	0.11200	0.9100	0.101400	0.9260	0.115400	0.9109
DD = 4	0.08560	0.8650	0.259100	0.6869	0.736800	0.5642
DN = 5	0.08180	0.8150	0.252700	0.6341	1.297000	0.4421
E = 6	0.10940	0.7657	0.245200	0.6358	0.920400	0.48005
F = 7	0.05645	0.8050	0.193000	0.6072	1.505000	0.3662

표 5.2.11 수평확산계수의 결정상수

Atmospheric Stability Class	Downwind Distance (m)			
	x < 10,000		x ≥ 10,000	
	c	d	c	d
A = 1	0.4950	0.8730	0.6060	0.8510
B = 2	0.3100	0.8970	0.5230	0.8400
C = 3	0.1970	0.9080	0.2850	0.8670
DD = 4	0.1220	0.9160	0.1930	0.8650
DN = 5	0.1220	0.9160	0.1930	0.8600
E = 6	0.0934	0.9120	0.1410	0.8680
F = 7	0.0625	0.9110	0.0800	0.8840

② 평균화 시간

TEM 모델에서는 평균화 시간을 10분으로 했을 때의 수평확산계수(σ_y)를 다른 평균화 시간으로 변경할 때는 다음의 식을 사용한다. 안정도 함수는 표 5.2.12와 같다.