

工學碩士 學位論文

鎮海灣 海域의 水質環境特性에 關한 研究

A Study on the Characteristics of Water Quality
in the Jinhae Bay

指導教授 鞠 承 淇

2004年 2月

韓國海洋大學校 大學院

海洋警察學科 朴 永 男

本 論文을 朴永男의 工學碩士 學位論文으로 認准함

委員長 工學博士 鄭世謨 (印)

委 員 理學博士 尹種輝 (印)

委 員 工學博士 鞠承淇 (印)

2004年 2月

韓國海洋大學校 大學院

海洋警察學科 朴 永 男

목 차

표목차	iii
그림목차	v
ABSTRACT	viii
제1장 서론	1
1.1 연구의 배경	1
1.2 연구의 목적	2
1.3 연구의 내용 및 방법	3
제2장 부근해역의 지리·환경적 특성	5
2.1 지형	5
2.2 기상	5
2.3 파랑	21
2.4 조석 및 조류	22
2.5 수질	27
제3장 수질환경 및 해양생태계 조사	47
3.1 조사개요	47
3.2 조사일시	47
3.3 조사지점 조사항목 및 조사과정	48
3.4 조사결과	52
제4장 해수유동 시뮬레이션	64
4.1 실험내용	64

4.2 수치모형의 구성	65
4.3 모델의 검증	71
4.4 수치실험 결과분석	72
제5장 수질확산 시뮬레이션	78
5.1 실험내용	78
5.2 수치실험 및 분석	79
제6장 결론	84
참고문헌	86

표 목 차

<표 2-1> 월별 풍속과 풍향(단위 : m/sec)	6
<표 2-2> 월별 풍속 10.0m/sec 이상의 일수(단위 : 일)	6
<표 2-3> 계절별, 계급별 풍향 출현 횟수에 대한 관측 백분율(단위 : %)	7
<표 2-4> 부산지방부근을 통과한 주요 태풍의 풍향과 풍속	9
<표 2-5> 우리나라 부근을 통과한 태풍 통계	10
<표 2-6> 천기일수 및 기상개요(단위 : 일)	19
<표 2-7> 월별 기온	19
<표 2-8> 월별 강수량(단위 : mm)	20
<표 2-9> 월별 해면기압(단위 : hPa)	20
<표 2-10> 가덕수로에서의 월별 평균 유의파고	22
<표 2-11> 가덕도지역의 조화상수 및 비조화상수	25
<표 2-12> 가덕도 부근의 조류 특성	27
<표 2-13> 진해만 해양환경조사정점위치	28
<표 2-14> 01번 정점에서의 조사결과	30
<표 2-15> 02번 정점에서의 조사결과	31
<표 2-16> 03번 정점에서의 조사결과	32
<표 2-17> 04번 정점에서의 조사결과	33
<표 2-18> 05번 정점에서의 조사결과	34
<표 2-19> 06번 정점에서의 조사결과	35
<표 2-20> 07번 정점에서의 조사결과	36
<표 2-21> 08번 정점에서의 조사결과	37
<표 2-22> 09번 정점에서의 조사결과	38
<표 2-23> 10번 정점에서의 조사결과	39

<표 2-24> 해역별 수질등급	45
<표 3-1>. 진해만 조사정점의 위도와 경도	48
<표 4-1> 해수유동계산을 위한 입력조건	70
<표 4-2> 진해항 조석 검증결과	71
<표 5-1> 2002년 조사정점의 전층 COD조사결과	79
<표 5-2> COD 현장관측조사결과	81

<그림 4-5> 조석관측 및 시뮬레이션결과 비교	71
<그림 4-6> 대상해역의 최대창조류	73
<그림 4-7> 대상해역의 최대낙조류	74
<그림 4-8> 시뮬레이션결과 최대창조류도	75
<그림 4-9> 시뮬레이션결과 최대낙조류도	76
<그림 4-10> 잔차류도	77
<그림 5-1> 오염 확산시뮬레이션 결과	80
<그림 5-2> 오염 확산시뮬레이션과 관측결과 비교	81
<그림 5-3> 오염 확산시뮬레이션 결과	83
<그림 5-4> 오염 확산시뮬레이션과 관측결과 비교	83

**A study on the characteristics of Water Quality in the Jin-hae
Bay**

Piao, Yong-Nan

**Department of Maritime Police Science,
Graduate School of Korea Maritime University**

Abstract

The Korean Peninsula is surrounded at three sides by seas and is located at the center of the Asian-Pacific area. Its southern coast area is the important place where Pacific Ocean and Asian Continent connect.

In the area of Jin-hae Bay, in order to develop the Pusan Port into an international transportation center, the New Pusan Port is under construction at Gaduk-Do.

In this era, with the industrialization of Jin-hae Bay area, every year industrial waste water and sewage is discharged into the bay which causes red-tide. So we need to make efforts to prevent the damage of red-tide resulting from the industrialization and to improve the water quality of the bay.

Jin-hae Bay sustains damage from red-tide every year. So in order to know the characteristics of water quality in this bay, the water quality environment was investigated. The sea movement characteristics, after getting knowledge of the tide and current characteristics, was known by establishing the numerical model and

executing the sea movement simulation.

And to get the characteristics of water quality environment in this area, the water quality simulation and investigation were executed. The investigation results and the simulation results were compared and analyzed.

This study is divided into three steps:

The first step : in order to examine the natural environment, the natural conditions such as weather condition, ocean condition and so on have been collected and analyzed.

The second step : the spot-investigation of the water quality environment of Jinhae Bay was conducted and analysed.

The third step : the sea movement simulation was conducted and the pollution-spreading simulation by using of the calculated flowing data was carried out.

제1장 서론

1.1 연구의 배경

해양은 옛날부터 어업·해운 등의 장소로서 넓게 이용되어 왔으며, 200해리 시대를 맞이한 오늘날 해양의 이용정도는 한층 더 확대되어, 광물자원과 에너지 자원의 개발로부터 해상공항, 석유비축기지기의 건설과 같은 해양공간의 이용 등에 이르기까지 해양개발 및 이용에 대한 중요도는 점점 확대되어 가고 있다.

그러나, 인류의 행복을 지향해야 할 인간의 활동은 급격한 발전에 의하여 변화됨에 따라 지구환경의 악화를 초래하였다. 산업폐수, 도시배수 등의 유입, 해상의 선박 및 구조물 등의 오염물질 누설, 사고에 의한 오염 등에 따른 어업피해 및 경관파괴 등 여러 종류의 해양오염이 발생하고 있다.

해양환경악화를 원인별로 보면 (1) 도시배수, 산업폐수 등과 같은 육상 원인, (2) 해양구조물, 매립, 준설 등의 해양개발 및 이용에 의한 원인, (3) 유류유출사고와 산업폐기물의 해양투기에 의한 원인, (4) 방사성 물질의 낙진 및 기타 대기 강하물에 의한 원인, (5) 자원개발 등을 위한 해저굴삭에 의한 원인 등 여러 가지가 있다.

환경변화의 주요한 것으로서는 (1) 매립에 의한 지형변화, 그에 따른 유동상황의 변화, 해수의 정체, 밀도성층과 내부파의 유발, 해수온도의 변화, 투명도의 변화, 풍파발생상화의 변화, 온배수에 의한 안개의 발생 등, (2) 중금속, 합성유기화합물, 농약 등의 유기물질의 해수 중에서의 축적, 영양염의 증가에 의한 부영양화 현상, 유해물질의 축적, 유화수소의 생성 등에 의한 저질 환경의 악화, (3) 생물종의 교체, 현존량의 변화 등 생물상의 변화 등이 있다.

이와 같은 환경변화가 초래하는 사회적 피해는 적조의 발생, 산란장·생육장의 상실, 생물자원 량의 감소, 안개발생에 따른 교통의 저해, 경관의 파괴 등이다.

인간 활동의 증대에 따른 부영양화 현상은 내항, 내해뿐만 아니라 외양에 접한 연안역 전역에 까지 이르러, 어업의 질적·양적 변화를 초래하고 있다. 또한 해양환경의 장기변동은 기상·기후의 변화에 이르기까지 영향을 미치기 때문에 우리는 해양환경 변동의 동향을 파악해야 한다.

특히, 대한민국은 3면이 바다로 둘러싸인 해양국가로서 그 지리적 위치는 아시아·태평양지역의 중심지에 있으며 남해안 지역은 태평양과 아시아 대륙이 연결되는 요충지이다. 그 가운데서도 진해만 해역에는 앞으로 부산항이 동북아 국제물류중심항만으로 육성하기 위하여 가덕도에 부산신항을 건설하고 있다. 이러한 시기에 진해만의 주변에 공업화가 활성화되고 공업폐수와 생활폐수가 만내에 유입되어 해마다 일어나고 있는 적조피해를 방지하고 앞으로 부산신항만의 건설이 주변수질에 끼치는 영향을 개선하기 위해서는 각별한 노력이 요구되고 있다.

1.2 연구의 목적

수질환경문제의 대부분은 폐쇄성 수역의 부영양화 문제이다. 부영양화는 질소나 인 등의 영양염이 수역에 과도하게 집적된 상태를 말한다. 질소·인 등의 영양염은 생물의 생육에 필수불가결한 물질이고, 영양염에 의해 생성되는 유기물은 어류의 먹이가 되기 때문에 해역의 생물 생태계에 있어 대단히 중요한 물질이다. 하지만 영양염이 지나치게 많아지면 생산력이 이상 증대하여 플랑크톤의 이상 번식인 적조가 발생한다. 이와 같이 영양염이 과도하게 존재하여 수질이 악화되는 현상을 부영양화 오

염이라 부른다. 대표적인 부영양화 오염은 적조현상이다.

적조는 플랑크톤의 이상증식에 따른 해수의 변색현상이다. 해수의 변색은 적색에만 국한되지 않으며, 적조현상은 오래전부터 관측되어 왔고 ‘적조(Red Tide)’라 부르는 명칭은 남조류의 대량증식에 의해 해수가 적자색으로 변색한데서 유래한 것으로 알려져 있다.

최근의 적조현상은 과잉 영양염의 존재에 따라 빈번하게 발생하고 양식어의 대량폐사 및 패독의 발생 등 어업에 피해를 주기 때문에 커다란 사회문제가 되고 있다. 적조는 편조모류, 규조류, 남조류 등에 속하는 식물성 플랑크톤에 의해 일어나는 경우가 많으며, 평상시에는 해수 1ml당 플랑크톤의 밀도가 $10\text{-}10^3$ 정도인데 반하여 적조시에는 10^5 이상이 되는 일도 있다.

진해만 해역은 상습적조지역으로서 매년 피해를 입고 있는 지역이다. 이러한 해역에 있어서 적조가 상습적으로 발생할 것이 예상되는 지역에 대하여 수질환경조사를 통하여 수질특성을 조사하고, 또한 조석·조류 등 유동특성을 파악하고 이를 수치 모델을 통하여 구현하고 유동특성을 검증하고, 파악된 유동특성을 토대로 수질환경 시뮬레이션에 필요한 기초자료를 제공함으로써 이 해역에 있어서의 수질환경특성을 규명하고자 하는데 목적이 있다.

1.3 연구의 내용 및 방법

본 연구는 크게 3단계로 나누어 진행하였다.

제1단계는 연구해역에서의 자연환경을 기상조건 해양조건 등 자연조건들을 구분하여 자료를 수집·분석하였다.

먼저 진해만 해역 부근의 지리적·환경적 특성을 파악하기 위하여 문

현조사를 통하여 진해만의 지질특성을 분석·정리하였으며, 기상연보 등을 이용하여 바람(태풍포함) 자료를 분석·정리하였다. 그리고 문헌조사를 통하여 파랑, 조석 및 조류를 분석·정리하였다. 또한 진해만의 수질현황을 파악하기 위하여 국립수산진흥원에서 관측을 행하는 진해만에서의 수질 조사정점(10군데)에서의 3년간의 자료를 분석·정리하였다.

제2단계에서는 진해만에서의 수질환경과 해양생태계에 대한 현장관측 조사를 통하여 진해만 수질현황을 파악하였다. 조사는 수질관측 장비를 이용하여 매년 적조현상이 일어나고 있는 진해 행암만 주변의 10개 지점을 선정하여 행하였다. 조사항목으로서는 수온, 수소이온농도(pH), 염분농도, 용존산소(DO), 화학적 산소요구량(COD), 총질소(T-N), 총인(T-P), 식물성플랑크톤, 동물성플랑크톤 및 클로로필-a 등 10개항목이다. 현장관측조사는 적조현상이 심한 여름철을 택하여 2002년 7월부터 약 1개월에 1회씩 행하여 총5회를 실시하였다.

제3단계에서는 해수유동 시뮬레이션을 실시하여 대상해역의 유동특성을 파악하고, 계산된 유동data를 이용하여 해양오염시뮬레이션을 행하였다. 먼저 해도를 이용하여 지형 및 수심을 Digitize 하여 지형 및 수심을 생성하고, 400m×400m 격자로 나누어 기초 자료를 입력하였다. 그리고 ADI법에 의한 모델을 이용하여 해수유동시뮬레이션을 행하였다. 해수유동시뮬레이션 결과를 해양조사원에서 실시한 조석 및 조류관측 자료를 이용하여 시뮬레이션 결과를 검증하였으며, 유동결과를 해양오염 시뮬레이션의 유동 입력 자료로 이용하였다. 해수유동 Data 및 해양관측 Data를 이용하여 수질확산시뮬레이션을 행하여 실측데이터와 비교분석하여 진해만의 수질특성을 파악하였다.

제2장 부근해역의 지리·환경적 특성

2.1 지형

2.1.1 지형 특성

진해만은 해안선의 굴곡(屈曲)이 심하고 수심이 비교적 얕으며(평균 수심 10~13m) 바람과 해류의 영향을 적게 받는 지역이며 부도, 소모도, 잠도, 실리도 등 만 중심부에 위치한 섬들은 해수 유통을 저해하고 있어 외해 해수와 외해의 유통이 느리고 해수의 잔류(殘留)시간이 길어 육상으로부터의 유입 수에 의해 오염이 가중되고 있다.

해역의 수질오염문제는 만구부가 좁은 폐쇄성 내만에서 발생하는 경우가 많다. 폐쇄성 내만의 수질오염의 원인은 내만수와 외해수의 해수교환이 적어 만내에 오염물질이 축적되기 때문이다. 진해만의 폐쇄도를 알아보기 위하여 무라가미¹⁾가 제안한 식을 이용하여 구하면,

$$e = \sqrt{S} \cdot \frac{h_1}{Wh_2} \dots\dots\dots(2.1)$$

여기서 e 는 폐쇄도를 표시하고 S 는 만내의 표면적으로 401,920,000 m^2 , W 는 만구폭으로 7,530m, h_1 은 만내의 평균수심으로 14.6m, h_2 는 만구부의 평균수심으로 18.8m이므로 $e=2.07$ 이 된다. $e > 2.0$ 이면 폐쇄성, $e < 0.8$ 이면 개방성, $0.8 < e < 2.0$ 이면 중간적(반폐쇄성)으로 분류되므로 진해만은 폐쇄성 해역에 속한다.

2.2 기상

2.2.1 바람

1. 풍속

1982년~2001년 대상해역의 일평균풍속은 3.8m/sec로 나타났으며, 최대풍속은 25.7m/sec, 그 때의 풍향은 SSW(1987년 7월)이었다. 순간최대 풍속은 1987년 8월에 DINAH 태풍 내습시 43.0m/sec를 기록하였으며, 풍향은 NE로 관측되었다. <표 2-1>는 대상해역의 월별 풍속 및 풍향이 며, <표 2-2>은 풍속 10.0m/sec 이상인 일수를 나타낸다.

<표 2-3> 월별 풍속과 풍향(단위 : m/sec)

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

자료 : 기상연보(1982년~2001년), 기상청

<표 2-4> 월별 풍속 10.0m/sec 이상의 일수(단위 : 일)

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

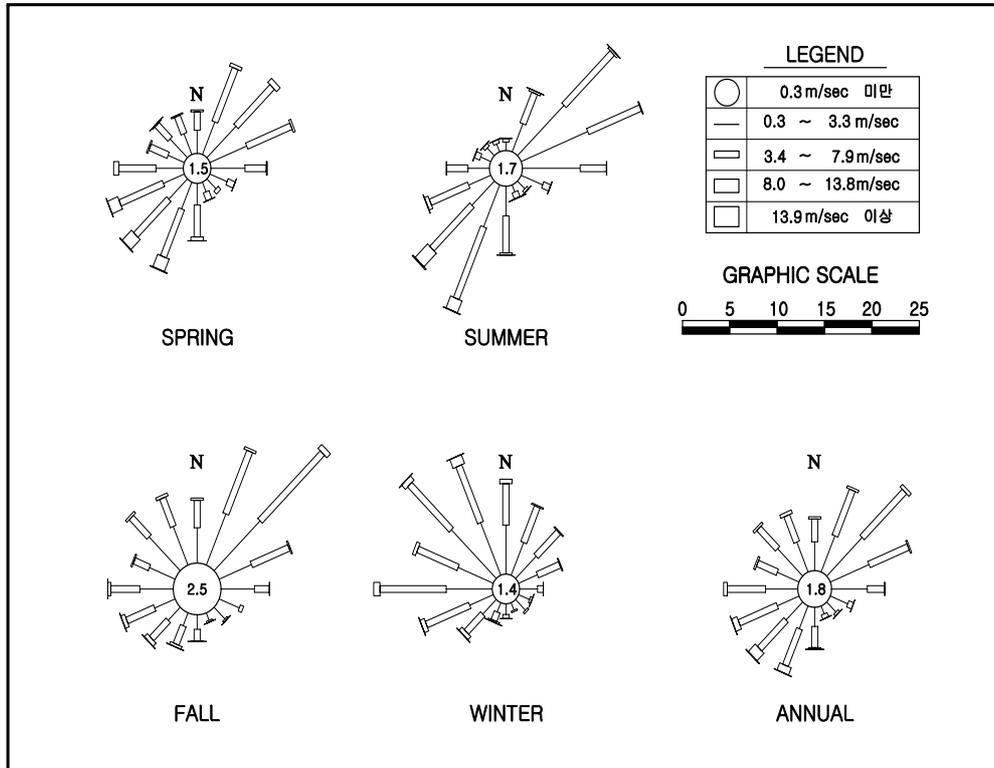
2. 풍향별 풍속별 빈도율

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

풍향별 출현율은 NE 방향이 11.4%로 가장 높았고, SSE 방향이 1.3%로 가장 적게 나타났다. 계절별 풍향은 동계에는 NW, 춘계에는 NNE, 추계에는 NNE, NE가 우세하고, 하계에는 SSW 방향이 우세하였다(<표 2-3> 및 <그림 2-1> 참조).

<표 2-3> 계절별, 계급별 풍향 출현 횟수에 대한 관측 백분율(단위 : %)

계절	계급	정온	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
봄	03~33	1.46	3.44	4.34	4.20	3.59	1.96	1.35	1.01	2.12	2.82	2.77	2.40	2.89	1.86	2.58	2.18	2.25
	34~79		5.62	5.41	5.07	2.26	0.80	0.41	0.84	3.10	5.03	4.93	4.95	3.91	2.08	1.96	1.85	1.80
	80~13.8		0.34	0.54	0.22	0.11	0.01	0.00	0.03	0.38	1.32	1.38	1.17	0.55	0.14	0.10	0.13	0.19
	=> 13.9		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
여름	03~33	1.74	2.96	6.94	7.61	6.12	2.47	1.09	0.75	2.89	4.43	3.35	2.51	2.27	1.15	1.06	0.82	0.81
	34~79		3.21	7.21	6.01	2.76	0.79	0.25	0.61	3.61	7.55	5.96	4.38	2.24	0.59	0.33	0.36	0.35
	80~13.8		0.22	0.22	0.10	0.03	0.02	0.02	0.03	0.20	1.25	1.86	0.42	0.07	0.05	0.04	0.01	0.03
	=> 13.9		0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.06	0.11	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
가을	03~33	2.52	5.40	6.87	3.69	3.52	2.30	1.61	0.78	1.41	1.34	1.80	2.33	3.54	2.92	4.65	4.07	3.45
	34~79		6.58	9.32	4.28	1.59	0.37	0.18	0.17	1.13	1.95	2.48	3.17	3.06	1.73	2.66	2.97	2.67
	80~13.8		0.25	0.55	0.14	0.01	0.00	0.01	0.01	0.04	0.28	0.44	0.44	0.31	0.15	0.24	0.30	0.22
	=> 13.9		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
겨울	03~33	1.45	3.45	3.06	2.15	1.90	1.25	1.46	0.78	1.03	0.98	2.02	2.70	4.86	4.01	6.70	5.55	4.77
	34~79		3.77	3.33	2.54	0.60	0.23	0.20	0.15	0.41	0.89	2.43	4.93	7.00	4.62	6.22	5.97	4.04
	80~13.8		0.13	0.12	0.11	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.16	0.44	0.49	0.66	0.36	0.58	0.94	0.43
	=> 13.9		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
년간	03~33	1.79	3.81	5.30	4.41	3.78	1.99	1.38	0.83	1.86	2.40	2.49	2.48	3.39	2.48	3.75	3.15	2.82
	34~79		4.80	6.32	4.48	1.80	0.55	0.26	0.44	2.07	3.86	3.95	4.36	4.05	2.26	2.79	2.78	2.21
	80~13.8		0.24	0.36	0.14	0.04	0.01	0.01	0.02	0.16	0.75	1.03	0.63	0.40	0.18	0.24	0.35	0.22
	=> 13.9		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



자료) 기상연보(1982년~2001년)

<그림 2-1> 바람장미도

2.2.2 태풍

1959년부터 2002년까지 44년간 한반도 부근을 통과한 태풍 중에서 90여개(2.0개/1년) 정도가 한반도에 직접적으로 영향을 미쳤다. 부산지방기상청에서 관측한 주요 태풍 중에서 부산지역에 가장 큰 피해를 입혔던 태풍은 1959년의 Sarah가 있었고, 그 이후로는 1986년의 Vera와 1987년의 Thelma가 있었다(<표 2-4> 및 <표 2-5>, <그림 2-2>~<그림 2-6> 참조).²⁾

<표 2-4> 부산지방부근을 통과한 주요 태풍의 풍향과 풍속
(단위 : m/sec)(1959~2002)

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

<표 2-5> 우리나라 부근을 통과한 태풍 통계

No.	호	태풍명	지속기간	최대		순간최대		기압 (hPa)	영향권
				풍향	풍속 (m/s)	풍향	풍속 (m/s)		
1	4	WILDA	1959.7.7~8	SSW	21.7	SSW	28.0	994.9	남부
2	5	BILLIE	7. 16~18	S	24.3	S	31.5	995.9	호남(목포)
3	6	ELLEN	8. 6~9	ENE	26.7	ENE	27.6	990.6	남부
4	14	SARAH	9. 15~18	ENE	34.7	ENE	42.7	951.5	전국
5	15	CARMEN	60.8.22~23	SSW	26.7	SSW	30.1	996.4	전국
6	4	BETTY	61.5.28~29	SW	22.0	NW	22.3	992.6	남부
7	10	HELEN	8. 2~4	S	17.2	S	23.2	997.6	남부, 중부
8	23	TILDA	10. 5~6	N	14.9	N	16.7	1002.1	호남(목포)
9	5	JOAN	62. 7.9~11	SSW	22.6	SSW	26.9	1004.2	영남, 호남 (울릉도)
10	9	NORA	8. 1~3	SW	30.0	SW	32.0	999.4	남부
11	10	OPAL	8. 8~9	SW	22.6	SW	28.2	1003.9	전국
12	17	AMY	9. 6~8	SW	16.5	SW	24.7	1003.1	전국
13	4	SHIRLEY	63.6.19~20	SSW	29.0	SSW	39.0	990.6	전국
14	5	TRIX	7. 3~6	SW	15.3	SSW	16.6	1000.2	호남(목포)
15	5	BETTY	64. 7. 6~8	S	14.7	S	21.2	998.6	영남(목포)
16	9	FLOSSIE	7. 28~30	SSW	20.3	S	35.0	998.6	영남(인천)
17	13	HARRIET	65.7.28~29	SW	17.7	SW	21.5	1001.6	전국
18	15	WINNIE	66.8.23~25	NNW	16.7	NNE	23.6	996.6	호남
19	17	BETTY	8. 29~31	SSW	19.0	SSW	24.5	1005.0	남부
20	18	CORA	9. 8~9	SSE	12.3	S	14.6	999.7	호남(목포)
21	2	OLGA	70. 7. 5~7	N	19.7	N	22.0	997.8	영남(속초)
22	4	RUBY	7. 18~19	SSW	19.7	SSW	25.7	995.2	전국
23	11	BULLIE	8. 29~31	S	26.5	S	32.5	982.7	호남, 중부 (목포)
24	19	OLIVE	71. 8. 4~6	N	19.3	N	20.8	983.3	호남, 중부 (목포)

<계속>

No.	호	태풍명	지속기간	최대		순간최대		기압 (hPa)	영향권
				풍향	풍속 (m/s)	풍향	풍속 (m/s)		
25	20	POLLY	8. 9~12	S	30.0	S	32.0	996.5	호남(목포)
26	28	BESS	9.23~26	S	16.7	S	24.6	1001.4	호남(목포)
27	7	RITA	72. 7. 25~27	SE	26.0	SE	38.0	981.7	호남(목포)
28	14	BETTY	8. 18~20	ESE	14.3	NNE	20.2	1006.4	중부(인천)
29	5	DOT	73. 7. 19~21	SSE	19.3	SSE	24.1	993.6	호남(목포)
30	10	IRIS	8. 16~18	SSW	25.0	SSW	38.0	985.6	호남(목포)
31	8	GILDA	74. 7. 6~7	ENE	18.3	NE	33.4	984.9	남부
32	2	MAMIE	75. 7.30~31	SSE	16.7	SSE	23.8	1002.1	남부(충무)
33	13	BILLIE	76. 8.12~14	W	14.7	W	20.2	1001.9	중부(인천)
34	15	DOT	8. 2~4	SSW	15.7	SSW	24.4	1004.2	남부
35	11	CARMEN	8. 2~4	S	20.0	S	27.1	1001.3	남부(충무)
36	10	IRVING	79. 8.15~18	SSW	23.3	S	33.0	982.5	남부
37	7	IDA	80. 7.13~15	S	15.8	SW	22.6	994.8	충무(울릉도)
38	10	OGDEN	81.7.31~8.2	ESE	21.3	ESE	32.3	1000.6	호남(여수)
39	18	AGNES	8. 31~9. 4	E	20.3	E	30.0	987.6	호남 중부 (여수)
40	20	CLARA	9. 23~25	SSW	15.7	SSW	21.7	1004.0	남부
41	11	CECIL	82. 8. 12~15	SSW	16.7	SSW	22.1	1010.5	전국(충무)
42	3	ALEX	84. 7. 4~8	SW	12.0	SW	17.0	1004.3	호남(전주)
43	12	JUNE	9. 2~3	SW	10.7	SW	24.6	1000.3	남부
44	8	KIT	85. 8. 8~10	E	18.7	ENE	32.8	992.4	전국(서귀포)
45	9	LEE	8. 13~14	S	22.7	S	31.9	992.1	호남 및 중부 (목포)
46	12	ODESSA	8. 30~9. 1	NNE	8.7	NNE	17.8	995.5	영호남 및 중부
47	13	PAT	8. 30~9. 1	NNE	8.7	NNE	17.8	995.5	영호남 및 중부
48	20	BRENDA	10. 4~6	NE	12.3	NE	26.8	995.7	전국, 중부 지방 제외

<계속>

No.	호	태풍명	지속기간	최대		순간최대		기압 (hPa)	영향권
				풍향	풍속 (m/s)	풍향	풍속 (m/s)		
49	5	NANCY	86. 6.24~25	SSW	13.3	SSW	18.4	997.5	남부
50	8	ROGER	7. 15~17	SSW	14.3	SSW	20.6	1000.2	남부
51	13	VERA	8. 27~29	SSE	21.7	SSE	32.1	986.8	전국
52	16	ABBY	9. 20~21	NNE	15.7	NNE	20.8	998.4	제주, 남부
53	5	THELMA	87. 7.15~16	SSW	25.7	SSW	39.5	985.6	전국
54	8	ALEX	7. 29~31	WSW	13.7	WSW	21.3	996.6	중부북부
55	12	DINAH	8. 29~31	NE	18.0	NE	43.0	961.7	남부
56	11	JUDY	89. 7.28~29	ENE	12.5	ENE	25.3	1000.1	영호남 및 중부
57	15	ABE	90. 9. 1~2	SW	13.7	SW	20.2	1002.1	전국
58	9	CAITLIN	91. 7.28~30	ENE	18.0	ENE	33.0	974.8	남부
59	12	GLADYS	8. 22~26	NNE	15.0	NNE	31.1	988.6	전국
60	19	MIREILLE	9. 27~28	N	18.3	N	38.0	984.6	남부
61	19	TED	92. 9.19~25	N	16.7	N	20.8	998.9	영호남
62	6	PERCY	93. 7.28~30	NNW	9.3	NNW	15.9	996.3	영호남 및 중부
63	7	ROBYN	8. 2~11	NE	16.0	NE	31.1	980.8	전국(부산)
64	7	WALT	94. 7.26~28	NE	7.3	NE	13.6	999.4	남부
65	13	DOUG	8. 9~12	SSW	17.3	SSW	20.3	994.1	남부(서귀포)
66	29	SETH	10. 10~12	WNW	12.0	SE	27.8	984.1	남부(제주)
67	3	FAYE	95.7.22~24	N	33.2	N	39.0	993.5	남부, 제주
68	7	JANIS	8.25~27	SW	18.7	SW	23.5	996.8	서울, 충청
69	14	RYAN	9.23~24	E	12.0	NW	16.7	1007.8	제주, 동해
70	6	EVE	96.7.14~19	NE	5.3	NE	7.0	1007.3	제주
71	12	KIRK	8.5~16	NW	16.5	NW	20.6	993.8	제주, 경남
72	9	ROSIE	97.7.26~27	NE	13.8	NE	21.0	1001.2	동남부

<계속>

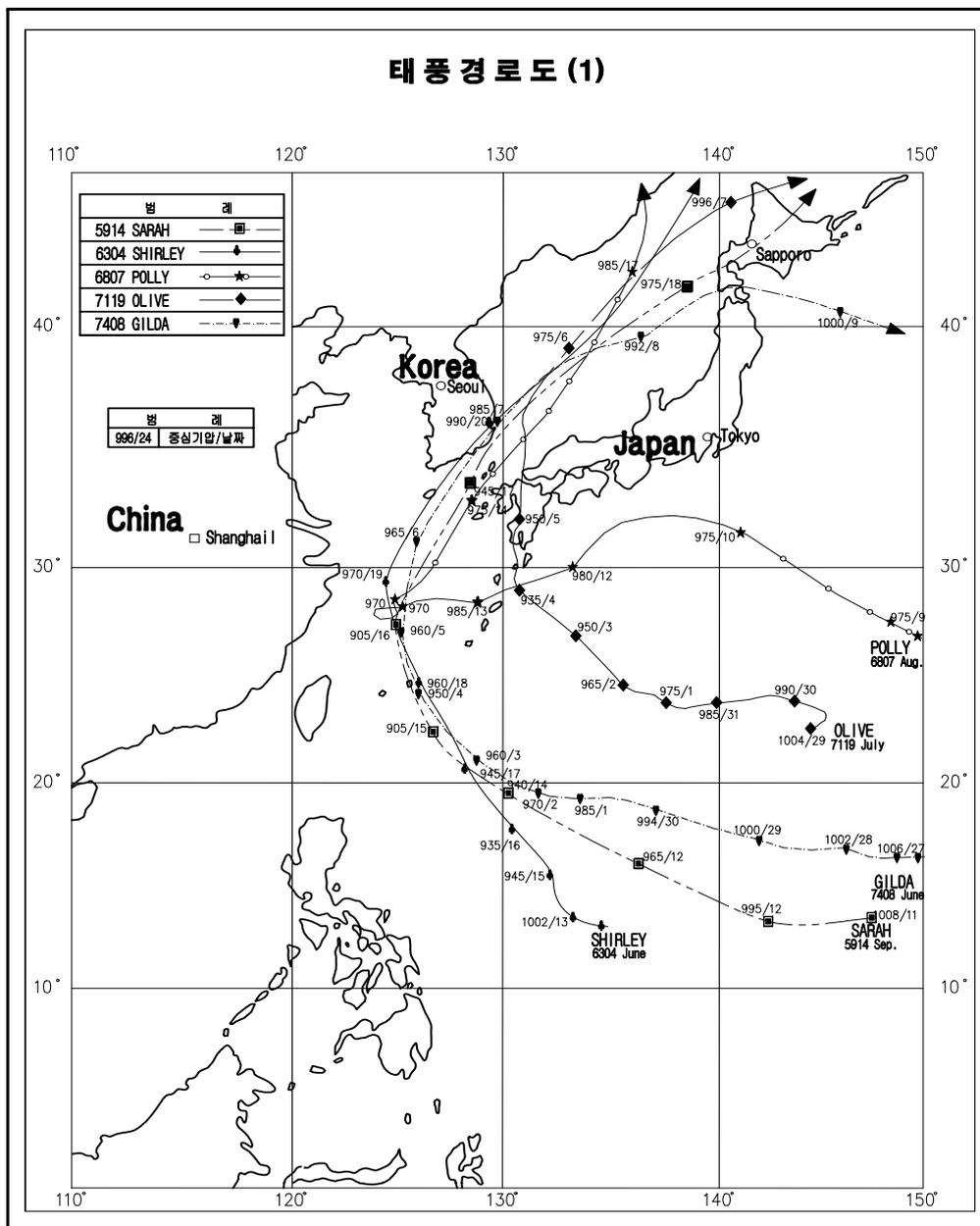
No.	호	태풍명	지속기간	최대		순간최대		기압 (hPa)	영향권
				풍향	풍속 (m/s)	풍향	풍속 (m/s)		
73	11	TINA	97.8.7~8.9	SE	20.0	SE	28.0	988.4	영호남·북 제주
74	19	OLIWA	9.14~9.17	NNE	21.8	ENE	29.8	1005.6	경상남·북, 호남, 제주
75	9	YANNI	98.9.28~30	NE	23.3	NE	29.2	997.5	수도권외 전국
76	10	ZEB	10.11~18	NNE	20.3	NNE	36.8	999.0	남해, 동해
77	5	NEIL	99.7.26~28	E	18.5	NE	26.8	994.1	전국
78	7	OLGA	8.2~8.4	S	30.7	S	40.0	992.9	전국
79	8	PAUL	8.7	NNE	13.0	NNE	16.5	995.4	제주
80	17	ANN	9.16~19	NE	15.2	NE	19.8	1006.4	호남, 제주
81	18	BART	9.23~24	N	16.7	N	33.9	1000.5	전국
82	4	Kai-Tak	00.7.10~11	S	19.2	S	26.3	1007.4	수도권외 전국
83	6	Bolaven	7.30~31	NNW	16.5	NNW	18.7	995.9	전국
84	12	Prapiroon	8.30~9.1	S	47.4	S	58.3	993.2	전국
85	14	Saomai	9.12~16	N	25.6	NNW	36.7	985.9	전국
86	11	Pabuk	01.8.14~22				39	955	남부해상에
87	5	Pamnasun	02.7.4~6	S	25.6	S	31.0	989.7	전국
88	8	NaKri	7.13	W	10.6	W	17.4	1002.1	제주
89	9	Fengshen	7.26~27	SE	20.6	SE	30.2	999.4	남부, 제주
90	15	RUSA	8.30~9.1	N	43.7	N	56.7	989.8	전국

주) 1. 풍속은 부산지방기상청의 관측치를 기준으로 하였음

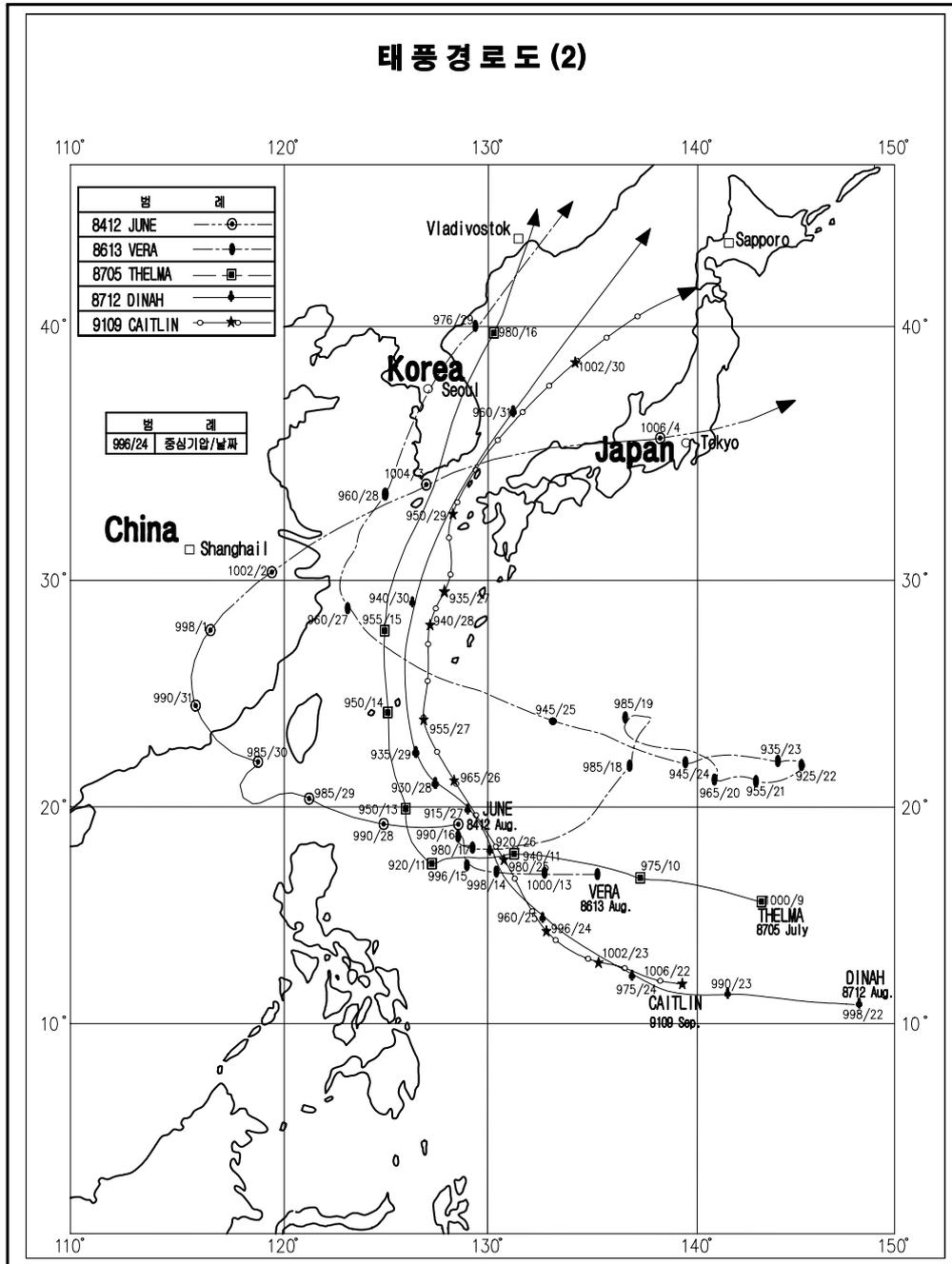
2. “영향권” 내의 ()는 관측지점임

자료) 1. 태풍백서(1904년~1983년), 기상청

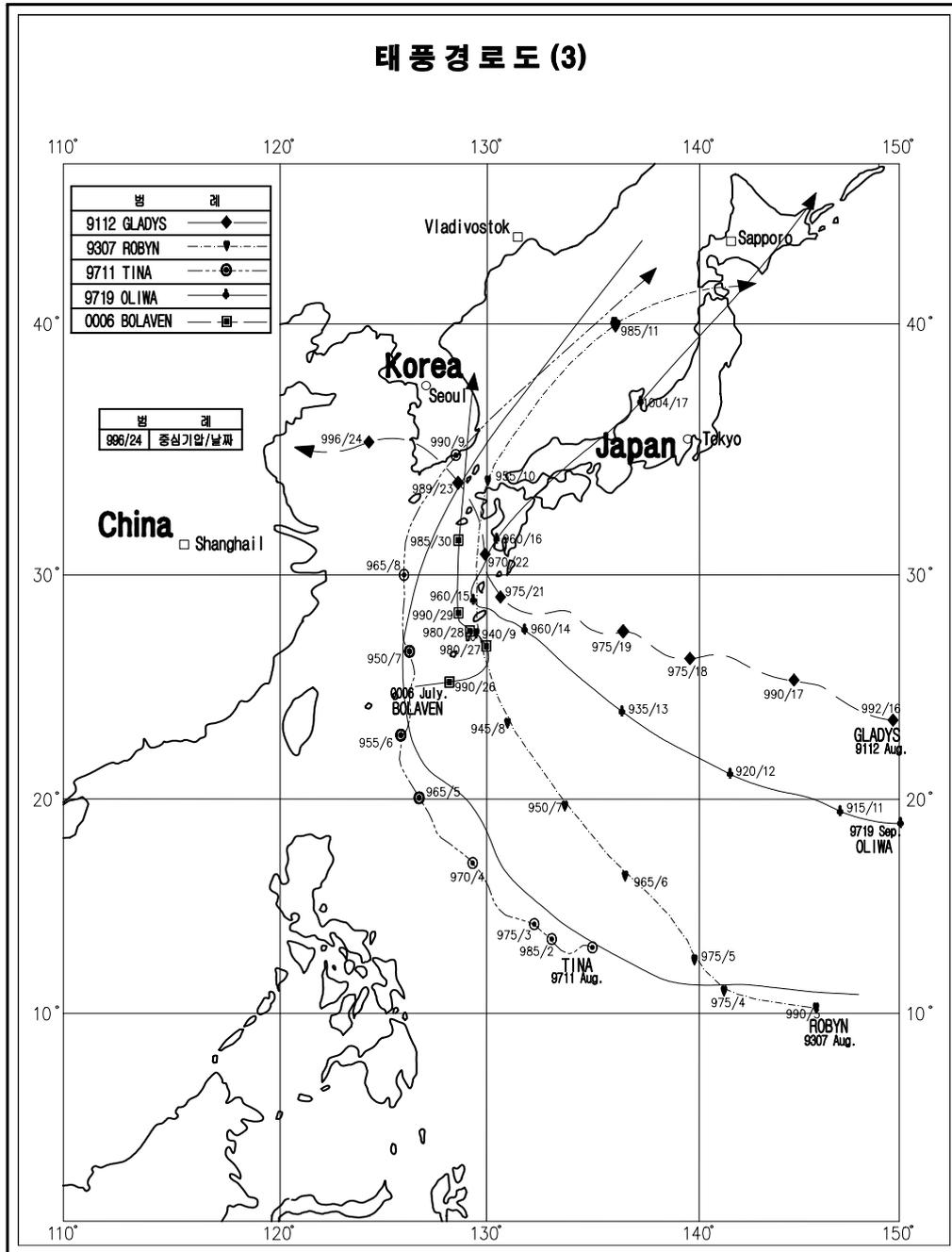
2. 기상연보(1984년~2002년), 기상청



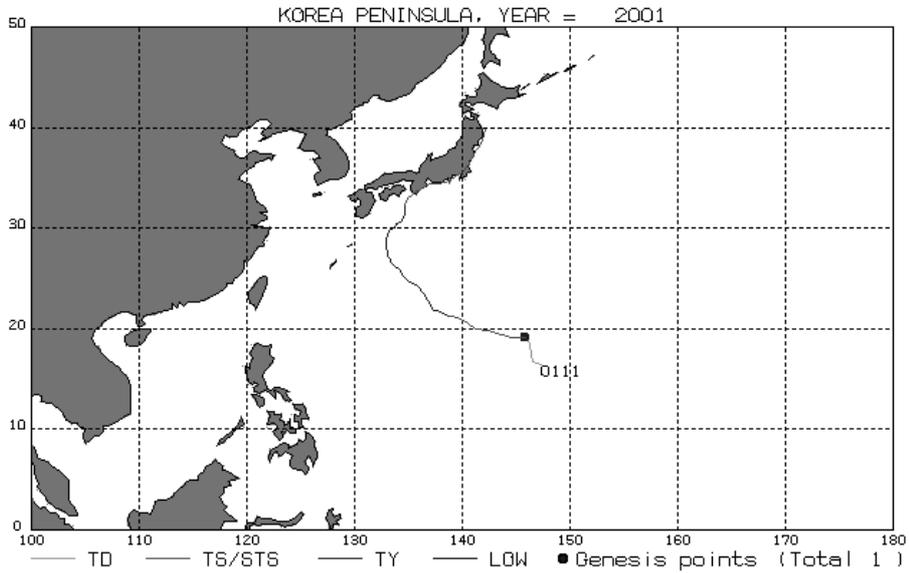
<그림 2-2> 태풍경로도(1)



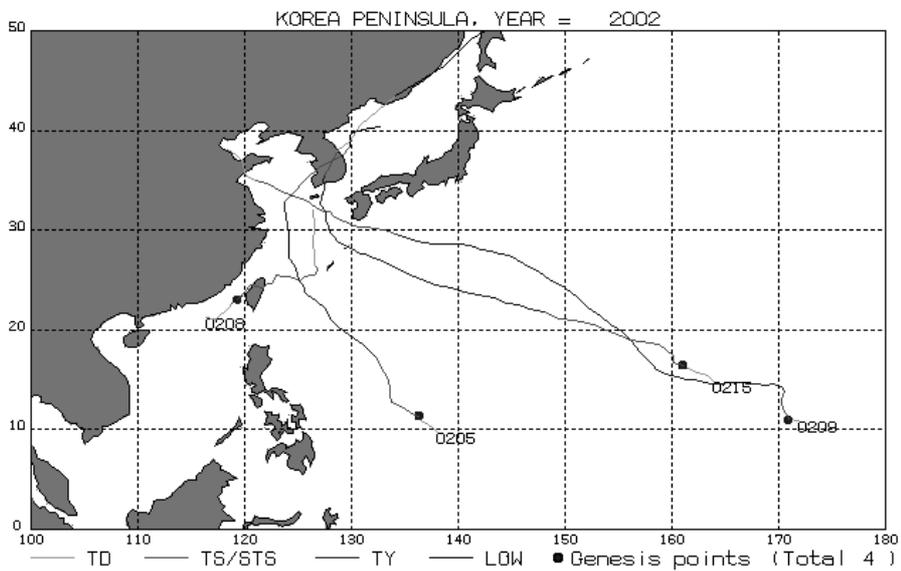
<그림 2-3> 태풍경로도(2)



<그림 2-4> 태풍경로도(3)



<그림 2-5> 태풍경로도(4)(2001년)



<그림 2-6> 태풍경로도(5)(2002년)

2.2.3 기상특성³⁾⁴⁾

2.2.1 및 2.2.2에서 바람 및 태풍에 관한 내용을 다루었으므로 이절에서는 바람을 제외한 기상요소에 대하여 분석·정리하였다.

1. 기상

대상해역의 여름철에는 내륙지방보다 기온이 비교적 낮으며 겨울철에는 기온이 비교적 높아서 연간 기온의 차이가 작다. 기상청의 기상관측 자료(1982년~2001년)를 정리·분석해 보면, 대상해역의 연평균 기온은 14.7℃이며, 1월의 평균기온은 3.1℃로 최저이고, 8월의 평균기온은 26.1℃로 연중 가장 높다.

연평균 강수량은 1,495.5mm이고, 전체 강수량의 62.2%가 6월에서 9월 사이에 집중되어 여름철의 우기(雨期)와 겨울철의 건기(乾期)가 명확히 구분되는 지역이다. 조사기간 중 강수량이 가장 많았던 해는 1985년으로 2,200.5mm이었으며, 가장 적은 해는 1988년으로 강수량이 901.5mm로 나타났다.

연간 평균천기일수는 맑음일수 110.3일, 흐림일수 107.3일, 강수일수(10.0mm 이상) 36.8일로 나타나고 있으며, 안개 발생일수는 연평균 16.6일로 주로 5월에서 7월 사이에 발생한다. 대상해역의 천기일수 및 기상개요를 <표 2-6>에 나타내었다.

<표 2-6> 천기일수 및 기상개요(단위 : 일)

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

2. 기온

20년간의 기상연보를 분석·정리해보면, 일최고기온은 36.7℃, 일최저기온은 -11.8℃ 그리고 연평균기온은 14.7℃이었다(<표 2-7> 참조).

<표 2-7> 월별 기온

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

자료) 기상연보(1982년~2001년)

3. 강수량

대상해역의 연평균 강수량은 1,495.5mm이고, 일최대강수량은 439.0mm

로 8월에 나타났다(<표 2-8> 참조). 10.0mm 이상의 강수일수는 35.9일에 이른다. 또, 기상연보에 의하면 연중 최대강수량은 1985년 2,200.5mm이고, 최소강수량은 1988년의 901.5mm이었다.

<표 2-8> 월별 평균강수량(단위 : mm)

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

주) 월별 강수량은 24시간 합계임

자료) 기상연보(1982년~2001년), 기상청

4. 해면기압

기상청의 20년간(1982년~2001년) 월별 평균해면기압은 1,014.0hPa이고, 최고기압은 1,039.9hPa(1994년 12월), 최저기압은 961.7hPa(1987년 8월)로 나타났다(<표 2-9> 참조).

<표 2-9> 월별 해면기압(단위 : hPa)

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	전년
평균	1022.3	1020.9	1019.0	1015.2	1011.8	1008.3	1007.6	1008.3	1013.0	1018.1	1021.6	1022.8	1015.7
최고	1037.2	1034.7	1036.1	1031.7	1027.4	1020.8	1017.9	1018.9	1024.8	1031.7	1036.5	1039.9	1039.9
최저	1002.9	998.6	988.2	994.6	991.5	988.1	974.8	961.7	984.6	988.5	1000.4	1002.3	961.7

자료) 기상연보(1982년~2001년)

2.3 파랑

2.3.1 해상 현황

진해만 지역의 평균고조 간격은 8시간 18분 정도이며, 가덕도의 대조 평균 고조위는 약 1.783m로 부산항보다는 약 0.5m 높다. 그러나, 서해안 및 남해안 서부에 비하면 조차가 작은 편이다. 또한, 일조부등은 현저하지 않으며, 1일 2회 규칙적인 승강을 하고 최고고조가 하계에는 야간에, 동계에는 주간에 나타난다. 그리고 진해만에 영향을 미치는 주진입파랑은 S 및 SW계열의 파랑이다.

1. 파랑

진해만은 우리나라 남해안과 동해안의 일반적인 특성인 동절기 계절풍과 하절기 태풍에 의한 파랑의 영향을 크게 받는다. <표 2-10>은 가덕수로에 있어서의 월별 파랑 현황(1979년~1998년의 20년 평균, 평균 유의파고)을 보인다. 표에서 알 수 있듯이, 가덕수로에서의 평균유의파고는 그다지 높지 않으며, 수로 내측에서 외측보다 낮다. 그리고 6~7월에 높은 분포를 보인다.

20년간의 방향별 최대 유의파고를 살펴보면, 가덕수로 입구에서는 SSE, 5.0m(8월), 병산열도 동측에서는 S, 3.9m(8월), 신항만 방파제 부근에서는 S, 2.6m(8월), 저도 북동측에서는 SSE, 2.6m(8월)의 분포를 보였다. 최대 유의파고가 주로 S~SSE방향, 8월에 나타나는 것은 그것의 발생 원인이 주로 여름철에 내습하는 열대저기압(태풍)에 있다는 것을 의미한다.⁵⁾

**<표 2-10> 가덕수로에서의 월별 평균 유의파고
(1979년~1998년 평균, 단위 : m)**

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

2.4 조석 및 조류

2.4.1 조석

1. 개요

진해만의 조위는 단기간의 관측 및 분석자료 보다 신뢰도가 높은 해양수산부 산하의 국립해양조사원(구 건교부 수로국)에서 연구 보고한 진해·마산항 조류관측 결과보고서의 장기간(1998. 3. 30~9. 18) 관측자료를 기준으로 하였다.

2. 조석의 주기성

이 해역의 조석은 조석형태수(Tide Factor)($F=(H'+H_0)/(H_m+H_s)$)⁶⁾ 0.123~0.148을 갖는 반일주조형의 조석으로서 매일 2회의 고조와 2회의 저조가 나타난다. 조고의 부등은 대조기 봄·가을 에는 적고, 여름(겨울) 에는 오전(오후)에 고고조에 이어 저고조가, 소조기 봄(가을)에는 오전(오후) 저고조에 이어 고고조, 여름(겨울)에는 오전(오후)에 저고조에 이어 고고조가 나타난다.

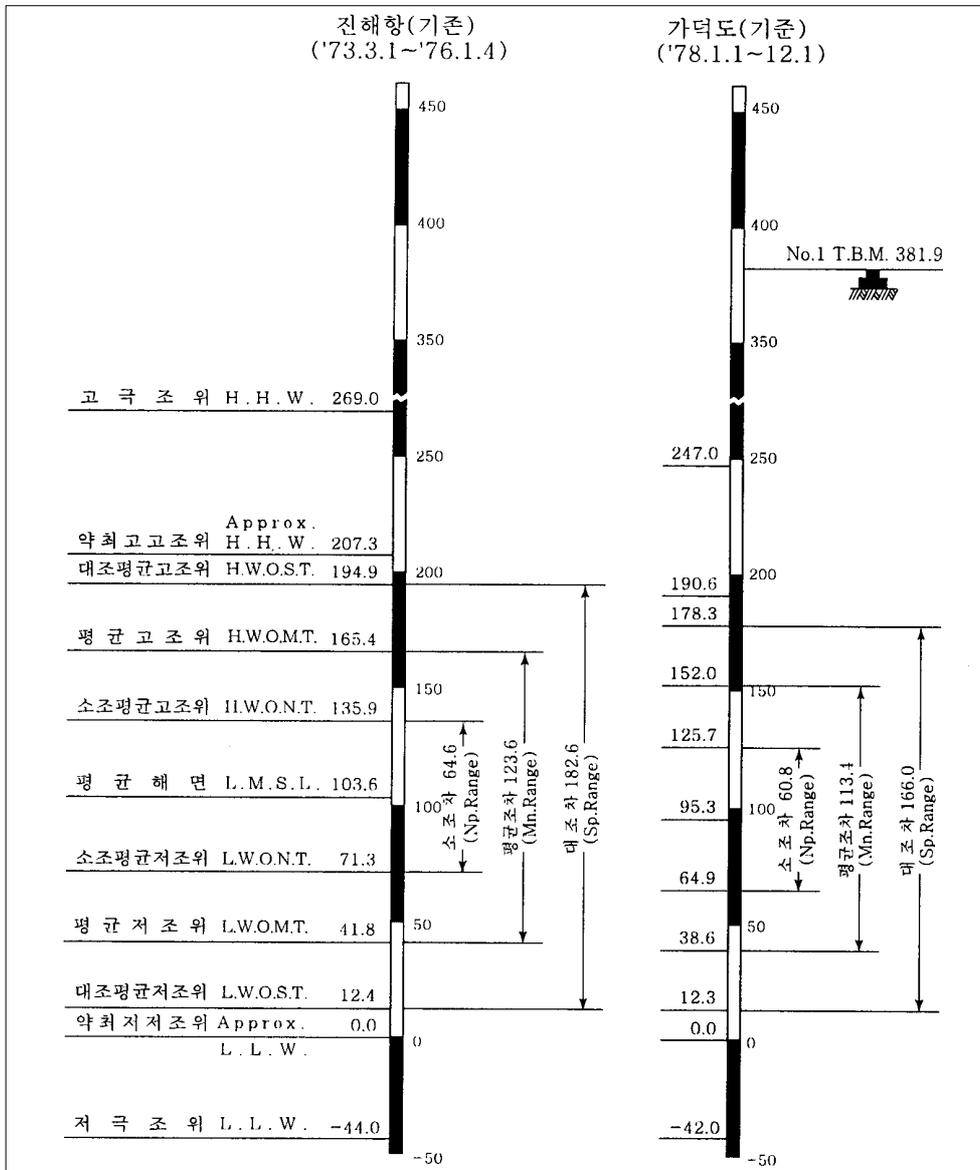
진해항의 평균 고조간격은 달의 자오선 경과 후 8시 21분으로서 동기간의 가덕도 8시 26분 보다는 5분이 빠르다.⁷⁾

3. 조위

진해항의 대조차 및 소조차는 각각 175.0, 65.0cm로서 동기간의 가덕도 157.8cm 및 65.0cm에 비해 대조차는 17.2cm가 크고 소조차는 같다.⁸⁾

진해항의 약최고고조위는 199.4cm로서 동기간 가덕도 181.6cm 보다 17.8cm가 높다.

가덕도의 대조차는 166.0cm, 평균조차는 113.4cm이고, 소조차는 60.8cm이다. 이 해역의 대조평균고조위는 178.3cm로, 부산항의 122.3cm보다 56cm 정도 높으나 우리나라의 서해안 및 남해 서부에 비해 조차가 작은 편이다. 진해항부근의 조위면도는 <그림 2-7>과 같다.



<그림 2-7> 진해항부근의 조위면도

4. 가덕도지역의 조위

가덕도 지역의 조화상수 및 비조화상수는 국립해양조사원에서 고시된 자료를 사용하였으며, 그 내용은 <표 2-11>와 같다. 대조차는 166.0cm이고 평균조차는 113.4cm, 소조차는 60.8cm이다.¹⁾ 대조평균 만조위는 178.3cm로 부산항보다 56cm 정도 높으나 우리나라 서해안 및 남해 서부에 비하여 조차가 작은 편이다.

<표 2-11> 가덕도지역의 조화상수 및 비조화상수

조화상수				약최고 만조위	대조평균 만조위	평균 만조위	소조평균 만조위
M ₂ (Hm)	S ₂ (Hs)	K ₁ (Ho)	O ₁ (Ho)	App.H.H.W	H.W.O.S.T	H.W.O.M.T	H.W.O.N.T
56.7	26.3	8.0	4.3	190.6cm	178.3cm	152.0cm	125.7cm
평균 해면 M.S.L	소조평균 간조면 L.W.O.N.T	평균 저조위 L.W.O.M.T	대조평균 저조위 L.W.O.S.T	대조차	평균조차	소조차	평균 만조간격
95.3cm	64.9cm	38.6cm	12.3cm	166.0cm	113.4cm	60.8cm	8.18cm

주) 관측지점 : N35°01' 00", E128°49' 00"

자료) 해양수산부 국립해양조사원 고시자료

2.4.2 조류

1. 조류의 특성

30주야 조류관측, 1주야 조류관측 성과로부터 진해·마산항 부근 해역의 조류의 특성을 요약하면 다음과 같다.

이해역의 창조류는 남서류~북류(238~358°), 낙조류는 북동류~남류

(53~178°)하며 반일주조의 형태로서 ($(V' + V_o) / (V_m + V_s) = 0.10$) 여기서 V' : K_1 분조의 유속, V_o : O_1 분조의 유속, V_m : M_2 분조의 유속, V_s : S_2 분조의 유속을 나타냄⁹⁾ 규칙적인 창·낙조류가 일어난다.

2. 전류시, 최강류시 및 최강유속

진해항 및 마산항부근해역의 창조류는 진해항 조석의 저조후 0.0~0.8시경에 남서류~북류하기 시작하여 저조후 2.2~4.8시경에 평균대조기 최강유속이 0.2~1.0 kn에 달하며, 낙조류는 진해항 조석의 고조후 0.3~1.1시경에 북동~남류하기 시작하여 고조후 2.4~3.4시경에 평균대조기 최강유속이 0.1~1.3 kn에 이른다.

3. 향류

진해항 및 마산항 부근 해역의 향류는 측점1(마산항내 돌섬북측에서 900m지점), 측점2(소모도서남끝단 서쪽에서 500m지점), 측점3(부도 동남끝단 남측에서 1700m지점)에서 299~23°(북서~북북동류)방향으로 0.1 kn로 흐르고, 측점4(부도 동남끝단 동측에서 1900m지점), 측점5(잠도 동쪽끝단 동남동쪽에서 1700m지점), 측점6(흑암 동남쪽에서 1000m지점), 측점7(대광이도 북측에서 3200m지점)에서 118~199°(동남동~남남서류)방향으로 0.1 kn 미만으로 흐른다.

4. 해수입자의 전이동거리

해수입자의 조석1/2주기 동안의 전이동거리는 대조기 창·낙조류시 각각 9.3, 8.9km이며, 최강유속은 각각 1.32, 1.26 kn 이고 유향은 각각 남서류 및 북동류이다. 그리고 소조기에는 창·낙조류시 각각 5.1, 5.3 km이며, 최강유속은 각각 0.72, 0.75 kn 이고, 유향은 대조기와 같다. ⁸⁾⁹⁾

국립해양조사원에서 발행한 조류도의 가덕도 주변 해역 창·낙조시의 최강유속은 0.1~1.1m/sec 정도이고, 부산(가덕)신항만 개발 기본계획 용역(해양수산부, 1996년 12월)시 현지의 3개소에서 연속 조류관측을 수행한 결과(1995년 7월~8월), 평균대조시에 0.2~0.74m/sec로 나타났다. <표 2-12> 참조

<표 2-12> 가덕도 부근의 조류 특성

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

2.5 수질

2.5.1 조사일시 및 지점

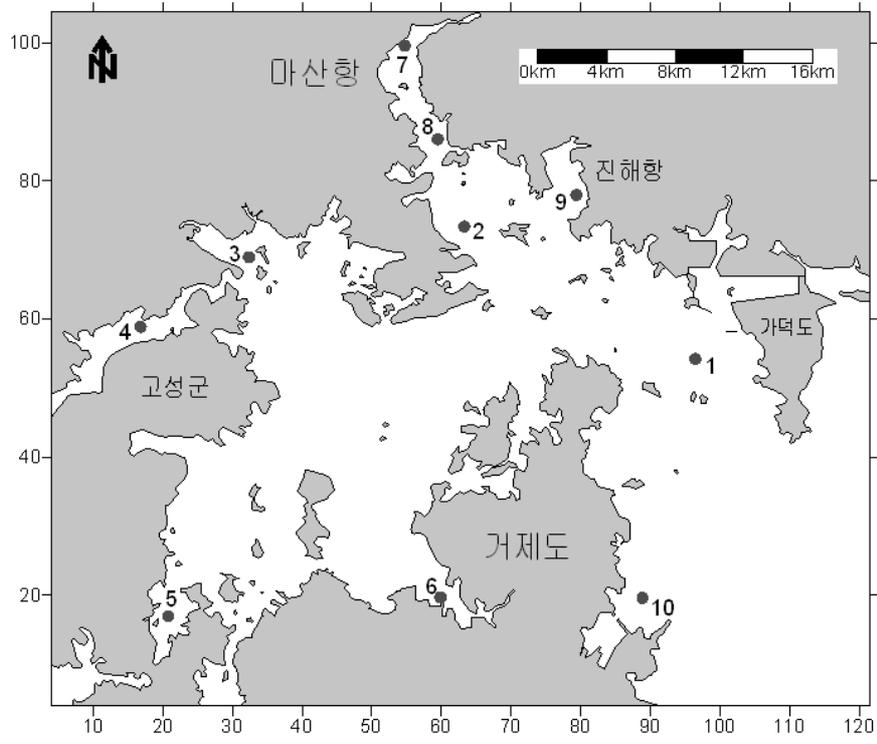
국립수산진흥원에서의 2002년 2월, 5월, 8월, 11월 4차례의 조사기간에 측정된 지역 중에서 대상해역에 해당한 10개 지점을 선정하였다. 구체적인 지점의 해역상 위도와 경도 및 해역 위치는 아래와 같다.¹⁰⁾ <표 2-13> 및 <그림 2-8>참조

<표 2-13> 진해만 해양환경조사정점위치

정점	북위	동경	개략위치
01	35° 02' 00"	128° 46' 00"	가덕도 서방
02	35° 06' 07"	128° 37' 15"	부도 서북방
03	35° 05' 10"	128° 29' 06"	송도 서방
04	35° 03' 00"	128° 25' 00"	당항포내
05	34° 54' 00"	128° 26' 03"	원문만내
06	34° 54' 35"	128° 36' 21"	고현성만내
07	35° 11' 45"	128° 35' 00"	저도 북방(마산만)
08	35° 08' 50"	128° 36' 15"	묘도 서방
09	35° 07' 06"	128° 41' 30"	진해화학 서방
10	34° 54' 34"	128° 44' 00"	옥포항 앞

2.5.2 조사항목 및 조사결과

조사항목으로는 해수온도, 염분, 수소이온농도(pH), 용존산소농도(DO), 화학적산소요구량(COD), 총질소(T-N), 총인(T-P), 부유물질(SS), 클로로필을 각각 측정하였다. 조사결과는 <표 2-14>~<표 2-23>에 나타나고 있다.



<그림 2-8> 해양환경조사위치

<표 2-14> 1번 정점에서의 조사결과 (개략위치 : 가덕도 서방)

년도	월	층	수온 (°C)	염분 (‰)	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)	클로로필 (µg/L)
2000	2	표층	10.3	33.69	7.80	8.84	2.03	-	-	2.9	0.49
		저층	9.8	33.92	8.00	8.72	2.35	-	-		0
		평균	10.05	33.81	7.90	8.78	2.19	-	-		-
	5	표층	15.4	33.63	8.28	7.85	1.35	-	-	2.6	3.65
		저층	13.9	33.96	8.25	8.74	1.57	-	-		0
		평균	14.65	33.80	8.27	8.29	1.46	-	-		-
	8	표층	25.2	23.90	8.25	7.55	3.01	-	-	3.4	14.93
		저층	20.8	31.34	8.38	4.97	2.20	-	-		0
		평균	23.00	27.62	8.31	6.26	2.61	-	-		-
	11	표층	16.7	32.02	8.02	8.01	3.00	-	-	11.1	1.26
		저층	16.4	32.38	7.91	4.78	2.30	-	-		0
		평균	16.55	32.20	7.96	6.39	2.65	-	-		-
2001	2	표층	6.2	32.25	8.12	6.88	2.38	-	-	7.4	0.31
		저층	6.1	32.63	8.20	6.85	2.42	-	-		0
		평균	6.15	32.44	8.16	6.87	2.40	-	-		-
	5	표층	15.1	33.23	7.85	8.17	1.35	-	-	4.6	2.61
		저층	14.4	33.46	8.00	8.28	1.18	-	-		0
		평균	14.75	33.34	7.92	8.22	1.26	-	-		-
	8	표층	24.4	30.91	7.78	6.99	2.42	-	-	5.6	17.60
		저층	17.4	32.63	7.74	7.77	1.76	-	-		0
		평균	20.90	31.77	7.76	7.38	2.09	-	-		-
	11	표층	18.1	32.94	8.06	6.83	1.17	-	-	1.9	2.09
		저층	18.0	33.49	8.03	5.68	1.17	-	-		0
		평균	18.05	33.22	8.04	6.25	1.17	-	-		-
2002	2	표층	9.5	33.52	8.06	10.26	1.29	0.411	0.035	2.2	0.21
		저층	9.2	33.53	8.09	10.44	1.70	0.412	0.050		0
		평균	9.35	33.52	8.07	10.35	1.50	0.411	0.043		-
	5	표층	15.4	31.51	8.02	3.74	1.10	0.172	0.045	6.5	3.45
		저층	15.0	32.95	8.00	3.80	0.92	0.115	0.022		0
		평균	15.20	32.23	8.01	3.77	1.01	0.144	0.034		-
	8	표층	25.8	31.11	8.02	11.42	1.80	0.169	0.032	3.4	10.27
		저층	17.9	33.40	8.02	10.70	1.87	0.342	0.044		0
		평균	21.85	32.26	8.02	11.06	1.84	0.256	0.038		-
	11	표층	14.1	32.59	8.05	8.42	1.03	0.599	0.059	2.7	3.40
		저층	14.3	32.82	8.06	8.35	1.04	0.572	0.050		0
		평균	14.2	32.70	8.05	8.38	1.03	0.586	0.055		-

<표 2-15> 2번 정점에서의 조사결과 (개략위치 : 부도 서북방)

년도	월	층	수온 (°C)	염분 (‰)	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)	클로필 (µg/L)
2000	2	표층	5.7	32.70	8.11	9.74	3.19	-	-	2.5	3.72
		저층	6.0	33.03	8.05	9.74	3.71	-	-		0
		평균	5.85	32.87	8.08	9.74	3.45	-	-		-
	5	표층	16.1	33.04	8.41	8.44	6.64	-	-	2.9	3.12
		저층	14.5	33.70	8.27	7.71	2.64	-	-		0
		평균	15.30	33.37	8.34	8.07	4.64	-	-		-
	8	표층	25.9	26.45	8.33	7.04	1.99	-	-	5.2	11.37
		저층	20.2	31.63	8.14	1.35	2.34	-	-		0
		평균	23.05	29.04	8.23	4.20	2.17	-	-		-
	11	표층	16.4	31.49	7.93	8.09	2.85	-	-	9.6	1.50
		저층	16.5	32.00	7.96	8.48	2.47	-	-		0
		평균	16.45	31.75	7.95	8.29	2.66	-	-		-
2001	2	표층	6.4	32.53	7.96	6.97	3.02	-	-	6.0	0.93
		저층	6.3	32.74	7.94	6.98	2.67	-	-		0
		평균	6.35	32.63	7.95	6.97	2.85	-	-		-
	5	표층	16.8	32.45	7.77	7.94	2.00	-	-	8.2	8.86
		저층	15.0	33.46	8.02	8.18	2.56	-	-		0
		평균	15.90	32.95	7.89	8.06	2.28	-	-		-
	8	표층	25.4	31.70	7.88	6.89	2.10	-	-	6.6	20.97
		저층	20.4	32.13	7.84	7.41	2.85	-	-		0
		평균	22.90	31.91	7.86	7.15	2.48	-	-		-
	11	표층	16.8	31.86	8.05	7.78	2.50	-	-	3.8	3.89
		저층	16.8	31.99	8.06	7.10	2.42	-	-		0
		평균	16.80	31.93	8.05	7.44	2.46	-	-		-
2002	2	표층	6.4	32.70	8.06	10.44	1.69	0.722	0.071	2.7	1.02
		저층	6.9	32.94	8.09	10.72	2.40	0.567	0.070		0
		평균	6.65	32.82	8.07	10.58	2.04	0.645	0.071		-
	5	표층	17.4	29.23	7.99	5.71	2.10	0.693	0.095	8.7	19.57
		저층	17.8	30.14	7.91	2.67	2.02	0.397	0.040		0
		평균	17.60	29.68	7.95	4.19	2.06	0.545	0.068		-
	8	표층	24.7	27.37	8.07	5.03	2.67	1.388	0.081	4.3	12.25
		저층	21.3	32.06	8.04	2.88	2.01	0.402	0.072		0
		평균	23.00	29.72	8.05	3.96	2.34	0.895	0.077		-
	11	표층	13.5	31.68	8.08	8.57	2.08	0.607	0.069	3.1	2.26
		저층	13.4	31.88	8.02	8.55	2.01	0.625	0.065		0
		평균	13.45	31.78	8.05	8.56	2.04	0.616	0.067		-

<표 2-16> 3번 정점에서의 조사결과 (개략위치 : 송도 서방)

년도	월	층	수온 (°C)	염분 (‰)	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)	클로로필 (µg/L)
2000	2	표층	5.7	33.46	7.80	8.16	3.15	-	-	3.1	2.38
		저층	5.5	33.19	7.94	9.59	2.83	-	-		0
		평균	5.60	33.33	7.87	8.88	2.99	-	-		-
	5	표층	16.8	33.17	8.22	7.64	2.72	-	-	7.5	2.49
		저층	14.1	33.51	8.10	6.56	1.03	-	-		0
		평균	15.45	33.34	8.16	7.10	1.88	-	-		-
	8	표층	27.1	27.07	8.45	6.00	3.26	-	-	14.0	29.48
		저층	22.4	34.76	8.41	4.26	2.16	-	-		0
		평균	24.75	30.91	8.43	5.13	2.71	-	-		-
	11	표층	16.6	31.52	7.94	8.71	1.55	-	-	10.4	13.7
		저층	17.4	32.10	7.89	5.73	1.86	-	-		0
		평균	17.00	31.81	7.92	7.22	1.71	-	-		-
2001	2	표층	5.8	32.23	8.07	7.07	2.07	-	-	3.6	0.68
		저층	5.1	32.74	8.04	7.17	2.34	-	-		0
		평균	5.45	32.48	8.05	7.12	2.21	-	-		-
	5	표층	16.5	32.39	7.94	8.00	2.47	-	-	8.8	3.14
		저층	14.3	33.29	7.88	8.30	1.90	-	-		0
		평균	15.40	32.84	7.91	8.15	2.19	-	-		-
	8	표층	26.1	26.68	7.96	6.88	2.76	-	-	5.2	22.28
		저층	21.1	32.27	7.97	7.22	2.42	-	-		0
		평균	23.60	29.48	7.96	7.05	2.59	-	-		-
	11	표층	17.4	31.60	7.92	6.42	2.31	-	-	2.0	3.03
		저층	16.8	31.52	7.88	6.27	1.91	-	-		0
		평균	17.10	31.56	7.90	6.34	2.11	-	-		-
2002	2	표층	6.3	32.87	8.04	10.53	1.40	0.337	0.030	1.8	0.57
		저층	6.4	32.90	8.05	10.21	2.48	0.307	0.026		0
		평균	6.35	32.88	8.04	10.37	1.94	0.322	0.028		-
	5	표층	17.7	29.28	8.02	4.92	1.63	0.307	0.041	4.1	7.88
		저층	15.6	30.30	7.99	4.75	1.60	0.248	0.038		0
		평균	16.65	29.79	8.01	4.84	1.62	0.278	0.040		-
	8	표층	22.7	16.60	7.88	6.18	1.87	0.712	0.073	32.1	8.58
		저층	20.7	32.05	7.88	1.07	2.29	0.416	0.086		0
		평균	21.70	24.32	7.88	3.63	2.08	0.564	0.080		-
	11	표층	13.2	31.44	8.02	8.64	1.78	0.657	0.066	3.4	1.00
		저층	13.1	31.62	8.08	8.62	1.73	0.393	0.070		0
		평균	13.15	31.53	8.05	8.63	1.75	0.525	0.068		-

<표 2-17> 4번 정점에서의 조사결과 (개략위치 : 당항포내)

년도	월	층	수온 (°C)	염분 (‰)	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)	클로로필 (µg/L)
2000	2	표층	4.8	32.05	7.85	8.32	3.11	-	-	2.4	3.33
		저층	5.3	32.65	7.96	10.16	2.91	-	-		0
		평균	5.05	32.35	7.91	9.24	3.01	-	-		-
	5	표층	16.8	32.97	8.10	6.60	1.67	-	-	4.1	46.81
		저층	16.2	33.22	8.11	7.17	1.75	-	-		0
		평균	16.50	33.09	8.11	6.88	1.71	-	-		-
	8	표층	28.0	16.79	8.49	7.57	5.15	-	-	6.0	42.92
		저층	23.1	30.15	8.26	2.54	2.24	-	-		0
		평균	25.55	23.47	8.38	5.05	3.69	-	-		-
	11	표층	16.6	30.55	7.98	7.96	1.92	-	-	10.4	1.71
		저층	16.8	30.67	7.93	7.76	1.83	-	-		0
		평균	16.70	30.61	7.96	7.86	1.88	-	-		-
2001	2	표층	5.9	31.91	8.07	7.08	3.44	-	-	6.4	0.60
		저층	5.4	32.38	8.02	7.15	2.67	-	-		0
		평균	5.65	32.15	8.04	7.12	3.06	-	-		-
	5	표층	16.4	32.75	7.74	7.99	1.78	-	-	5.8	3.05
		저층	15.9	32.79	7.84	8.06	1.82	-	-		0
		평균	16.15	32.77	7.79	8.03	1.80	-	-		-
	8	표층	27.7	32.37	7.98	7.01	2.92	-	-	10.2	28.02
		저층	22.3	31.69	7.92	7.21	2.42	-	-		0
		평균	25.00	32.03	7.95	7.11	2.67	-	-		-
	11	표층	16.5	30.92	7.80	6.31	1.68	-	-	3.9	1.53
		저층	16.5	31.01	7.84	6.13	1.63	-	-		0
		평균	16.50	30.97	7.82	6.22	1.66	-	-		-
2002	2	표층	6.2	30.33	8.06	10.49	1.90	0.446	0.035	2.9	1.05
		저층	6.3	32.41	8.10	9.93	2.65	0.218	0.028		0
		평균	6.25	31.37	8.08	10.21	2.27	0.332	0.032		-
	5	표층	17.6	30.81	7.79	5.56	1.63	0.717	0.057	5.3	12.01
		저층	16.4	31.18	7.76	4.30	1.65	0.710	0.042		0
		평균	17.00	31.00	7.78	4.93	1.64	0.714	0.050		-
	8	표층	23.6	25.09	7.86	7.12	2.43	1.336	0.105	26.7	13.69
		저층	22.5	32.59	7.89	2.89	2.40	0.446	0.098		0
		평균	23.05	28.84	7.88	5.00	2.42	0.891	0.102		-
	11	표층	12.2	30.88	8.05	8.86	1.49	0.594	0.068	6.3	3.77
		저층	12.0	31.02	8.11	8.87	1.61	0.614	0.077		0
		평균	12.10	30.95	8.08	8.87	1.55	0.604	0.073		-

<표 2-18> 5번 정점에서 의 조사결과 (개략위치 : 원문만내)

년도	월	층	수온 (°C)	염분 (‰)	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)	클로로필 (µg/L)
2000	2	표층	5.6	32.81	7.89	9.74	2.23	-	-	2.5	0.80
		저층	5.6	32.84	7.86	9.73	3.03	-	-		0
		평균	5.60	32.83	7.88	9.73	2.63	-	-		-
	5	표층	15.7	33.63	8.26	6.38	1.54	-	-	3.0	3.12
		저층	13.7	33.48	8.02	5.18	1.03	-	-		0
		평균	14.70	33.56	8.14	5.78	1.28	-	-		-
	8	표층	29.8	24.22	8.74	7.61	2.37	-	-	3.2	33.40
		저층	22.6	31.91	7.99	0.44	2.34	-	-		0
		평균	26.20	28.07	8.37	4.03	2.36	-	-		-
	11	표층	17.3	30.81	8.03	8.23	2.04	-	-	8.0	1.32
		저층	17.9	32.10	7.85	4.69	1.80	-	-		0
		평균	17.60	31.45	7.94	6.46	1.92	-	-		-
2001	2	표층	5.7	32.32	8.05	7.08	2.00	-	-	3.6	0.30
		저층	5.4	32.79	8.07	7.12	2.57	-	-		0
		평균	5.55	32.56	8.06	7.10	2.29	-	-		-
	5	표층	17.0	32.53	8.00	7.90	1.95	-	-	3.8	2.73
		저층	14.5	33.86	7.71	8.25	2.04	-	-		0
		평균	15.75	33.20	7.86	8.07	2.00	-	-		-
	8	표층	24.8	31.99	7.97	6.88	2.14	-	-	12.4	24.16
		저층	19.3	32.99	7.97	7.53	2.38	-	-		0
		평균	22.05	32.49	7.97	7.21	2.26	-	-		-
	11	표층	17.7	31.45	7.85	6.62	1.52	-	-	2.8	3.7
		저층	17.7	31.46	7.87	6.64	1.47	-	-		0
		평균	17.70	31.45	7.86	6.63	1.50	-	-		-
2002	2	표층	6.8	32.65	8.10	10.50	1.50	0.240	0.016	1.3	0.29
		저층	6.8	32.79	8.11	10.68	2.20	0.256	0.029		0
		평균	6.80	32.72	8.11	10.59	1.85	0.25	0.02		-
	5	표층	17.7	30.23	8.10	9.07	1.62	0.284	0.027	3.1	5.13
		저층	16.5	31.70	8.09	8.25	1.59	0.236	0.025		0
		평균	17.10	30.97	8.10	8.66	1.61	0.26	0.03		-
	8	표층	22.7	24.35	7.88	4.50	2.20	0.528	0.100	8.6	9.34
		저층	20.2	32.51	7.89	2.25	2.04	0.422	0.104		0
		평균	21.45	28.43	7.88	3.38	2.12	0.47	0.10		-
	11	표층	13.9	31.35	8.06	8.50	1.29	0.463	0.077	5.2	1.83
		저층	14.0	31.43	8.04	8.49	1.20	0.446	0.051		0
		평균	13.95	31.39	8.05	8.49	1.25	0.45	0.06		-

<표 2-19> 6번 정점에서의 조사결과 (개략위치 : 고헌성만내)

년도	월	층	수온 (°C)	염분 (‰)	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)	클로로필 (µg/L)
2000	2	표층	5.9	33.14	7.98	8.47	3.35	-	-	2.5	2.54
		저층	6.0	33.34	7.99	8.92	2.51	-	-		0
		평균	5.95	33.24	7.99	8.70	2.93	-	-		-
	5	표층	15.5	33.49	8.39	8.08	2.11	-	-	1.6	0.98
		저층	12.7	29.66	8.06	7.79	2.84	-	-		0
		평균	14.10	31.57	8.22	7.93	2.48	-	-		-
	8	표층	26.2	28.34	8.50	7.47	4.45	-	-	11.2	31.18
		저층	20.3	32.83	8.06	0.61	2.12	-	-		0
		평균	23.25	30.59	8.28	4.04	3.29	-	-		-
	11	표층	17.5	31.18	8.00	8.50	1.52	-	-	7.4	1.04
		저층	17.7	32.32	7.97	5.24	1.90	-	-		0
		평균	17.60	31.75	7.99	6.87	1.71	-	-		-
2001	2	표층	5.5	32.36	8.12	7.12	2.67	-	-	2.2	0.31
		저층	5.4	32.65	8.09	7.13	3.11	-	-		0
		평균	5.45	32.51	8.11	7.13	2.89	-	-		-
	5	표층	16.9	32.89	8.05	7.90	1.54	-	-	4.2	1.98
		저층	14.1	33.50	7.94	8.34	2.06	-	-		0
		평균	15.50	33.20	8.00	8.12	1.80	-	-		-
	8	표층	25.2	30.15	8.00	6.88	1.03	-	-	5.2	30.54
		저층	21.0	32.41	7.99	7.32	2.90	-	-		0
		평균	23.10	31.28	8.00	7.10	1.97	-	-		-
	11	표층	18.1	31.51	8.05	8.22	2.51	-	-	1.2	4.76
		저층	18.3	31.67	8.05	7.46	1.93	-	-		0
		평균	18.20	31.59	8.05	7.84	2.22	-	-		-
2002	2	표층	6.9	31.41	8.11	9.98	1.43	0.347	0.035	1.9	0.28
		저층	6.9	32.92	8.12	9.55	2.01	0.280	0.037		0
		평균	6.90	32.16	8.12	9.77	1.72	0.314	0.036		-
	5	표층	16.5	30.57	8.04	4.37	1.70	0.241	0.047	3.9	7.61
		저층	14.5	31.36	8.07	3.68	1.73	0.226	0.013		0
		평균	15.50	30.97	8.05	4.03	1.72	0.234	0.030		-
	8	표층	22.2	24.21	7.85	3.80	2.53	0.460	0.093	7.2	9.28
		저층	20.5	32.37	7.87	2.13	2.07	0.390	0.085		0
		평균	21.35	28.29	7.86	2.96	2.30	0.425	0.089		-
	11	표층	13.8	30.70	8.04	8.56	1.84	0.641	0.082	4.6	3.69
		저층	14.1	31.32	8.04	8.47	1.75	0.605	0.076		0
		평균	13.95	31.01	8.04	8.52	1.79	0.623	0.079		-

<표 2-20> 7번 정점에서의 조사결과 (개략위치 : 저도 북방)

년도	월	층	수온 (°C)	염분 (‰)	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)	클로필 (µg/L)
2000	2	표층	5.3	32.67	8.08	9.56	4.23	-	-	2.3	6.83
		저층	5.3	32.87	8.06	9.43	2.19	-	-		0
		평균	5.30	32.77	8.07	9.49	3.21	-	-		-
	5	표층	17.3	31.44	8.38	7.98	2.62	-	-	5.6	15.04
		저층	14.5	33.09	8.01	3.46	2.75	-	-		0
		평균	15.90	32.27	8.20	5.72	2.69	-	-		-
	8	표층	26.1	25.18	8.17	7.43	5.70	-	-	5.8	37.21
		저층	21.8	30.13	8.30	3.59	3.74	-	-		0
		평균	23.95	27.66	8.23	5.51	4.72	-	-		-
	11	표층	16.5	27.31	7.88	5.06	2.68	-	-	5.2	2.42
		저층	16.5	27.22	7.89	4.08	2.67	-	-		0
		평균	16.50	27.27	7.88	4.57	2.67	-	-		-
2001	2	표층	6.5	31.75	7.84	6.99	3.49	-	-	13.8	1.25
		저층	5.5	32.58	7.99	7.12	3.38	-	-		0
		평균	6.00	32.16	7.92	7.05	3.44	-	-		-
	5	표층	17.6	31.12	7.48	7.88	2.67	-	-	9.4	11.92
		저층	14.8	32.76	7.64	8.25	2.62	-	-		0
		평균	16.20	31.94	7.56	8.06	2.65	-	-		-
	8	표층	25.8	27.25	7.86	6.79	1.65	-	-	5.4	33.12
		저층	20.7	31.08	7.81	7.39	3.94	-	-		0
		평균	23.25	29.16	7.84	7.09	2.79	-	-		-
	11	표층	16.1	31.06	7.88	5.58	2.69	-	-	0.9	3.64
		저층	15.2	31.19	7.85	6.28	2.45	-	-		0
		평균	15.65	31.13	7.87	5.93	2.57	-	-		-
2002	2	표층	6.8	31.69	8.06	9.59	2.97	0.882	0.091	4.9	1.66
		저층	6.5	32.18	8.11	9.60	3.15	0.808	0.097		0
		평균	6.65	31.93	8.09	9.60	3.06	0.845	0.094		-
	5	표층	17.3	28.13	7.84	4.66	2.75	1.235	0.137	6.5	10.72
		저층	15.7	28.86	7.82	2.58	2.94	1.109	0.120		0
		평균	16.50	28.50	7.83	3.62	2.85	1.172	0.129		-
	8	표층	23.7	15.60	8.11	7.32	2.18	2.097	0.220	32.6	21.23
		저층	23.7	30.57	8.10	2.56	2.42	1.540	0.195		0
		평균	23.70	23.09	8.11	4.94	2.30	1.819	0.208		-
	11	표층	13.7	31.07	7.90	8.56	2.31	0.703	0.179	6.2	3.00
		저층	14.0	31.21	7.90	8.50	2.38	0.902	0.153		0
		평균	13.85	31.14	7.90	8.53	2.35	0.803	0.166		-

<표 2-21> 8번 정점에서의 조사결과 (개략위치 : 묘도 서방)

년도	월	층	수온 (°C)	염분 (‰)	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)	클로필 (µg/L)
2000	2	표층	5.3	32.68	8.09	9.47	2.43	-	-	3.0	4.73
		저층	5.3	32.87	8.06	9.43	2.27	-	-		0
		평균	5.30	32.77	8.07	9.45	2.35	-	-		-
	5	표층	14.6	34.09	8.34	7.74	3.08	-	-	4.2	12.37
		저층	14.3	32.84	8.10	4.36	1.40	-	-		0
		평균	14.45	33.47	8.22	6.05	2.24	-	-		-
	8	표층	25.4	27.70	8.05	6.13	2.40	-	-	6.0	13.58
		저층	19.8	31.78	8.07	0.27	2.82	-	-		0
		평균	22.60	29.74	8.06	3.20	2.61	-	-		-
	11	표층	16.4	31.42	7.91	7.36	2.50	-	-	6.0	2.26
		저층	16.5	31.85	7.90	7.59	2.58	-	-		0
		평균	16.45	31.64	7.91	7.47	2.54	-	-		-
2001	2	표층	5.6	32.86	8.10	7.06	3.02	-	-	5.8	0.17
		저층	5.8	32.89	7.90	7.06	2.92	-	-		0
		평균	5.70	32.88	8.00	7.06	2.97	-	-		-
	5	표층	16.9	32.09	7.65	7.95	3.30	-	-	9.8	12.88
		저층	14.6	33.50	7.85	8.25	2.73	-	-		0
		평균	15.75	32.80	7.75	8.10	3.02	-	-		-
	8	표층	26.9	27.66	7.87	6.86	2.74	-	-	5.6	20.01
		저층	19.6	32.32	7.82	7.49	2.53	-	-		0
		평균	23.25	29.99	7.84	7.17	2.63	-	-		-
	11	표층	16.5	31.53	7.96	6.45	2.20	-	-	0.6	4.16
		저층	16.8	31.75	8.01	6.51	2.21	-	-		0
		평균	16.65	31.64	7.99	6.48	2.21	-	-		-
2002	2	표층	6.5	32.03	8.07	10.07	2.49	0.748	0.075	3.2	1.61
		저층	6.8	32.66	8.13	10.83	2.22	0.544	0.072		0
		평균	6.65	32.34	8.10	10.45	2.36	0.646	0.074		-
	5	표층	17.3	27.66	7.94	5.94	2.27	1.024	0.122	8.1	16.59
		저층	14.5	32.26	7.93	1.63	2.56	0.626	0.135		0
		평균	15.90	29.96	7.93	3.79	2.42	0.825	0.129		-
	8	표층	24.9	19.32	8.09	6.09	2.96	1.798	0.187	9.2	15.18
		저층	20.2	32.16	7.85	0.67	2.54	0.308	0.155		0
		평균	22.55	25.74	7.97	3.38	2.75	1.053	0.171		-
	11	표층	13.4	31.58	7.99	8.59	2.01	1.339	0.111	4.3	3.35
		저층	13.6	31.63	8.02	8.54	2.07	1.398	0.101		0
		평균	13.50	31.61	8.01	8.56	2.04	1.369	0.106		-

<표 2-22> 9번 정점에서의 조사결과 (개략위치 : 진해화학 서방)

년도	월	층	수온 (°C)	염분 (‰)	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)	클로로필 (µg/L)
2000	2	표층	6.0	3.05	8.04	9.25	3.15	-	-	2.8	3.79
		저층	6.2	33.09	8.03	9.81	5.38	-	-		0
		평균	6.10	18.07	8.04	9.53	4.26	-	-		-
	5	표층	16.5	33.28	8.37	7.32	1.62	-	-	5.0	6.68
		저층	14.6	33.68	8.21	7.52	1.95	-	-		0
		평균	15.55	33.48	8.29	7.42	1.78	-	-		-
	8	표층	25.8	24.89	8.28	5.34	2.07	-	-	4.4	14.18
		저층	22.3	30.14	8.21	2.17	1.59	-	-		0
		평균	24.05	27.52	8.24	3.75	1.83	-	-		-
	11	표층	16.7	32.07	7.98	8.10	2.83	-	-	10.4	2.07
		저층	16.7	31.04	7.98	7.03	2.54	-	-		0
		평균	16.70	31.56	7.98	7.57	2.69	-	-		-
2001	2	표층	6.3	33.08	8.05	6.96	2.54	-	-	12.2	0.97
		저층	6.4	33.08	8.00	6.95	2.89	-	-		0
		평균	6.35	33.08	8.03	6.96	2.71	-	-		-
	5	표층	15.5	32.93	7.97	8.13	2.26	-	-	10.4	7.80
		저층	15.3	33.08	7.93	8.16	2.42	-	-		0
		평균	15.40	33.01	7.95	8.14	2.34	-	-		-
	8	표층	25.6	31.09	7.72	6.81	2.60	-	-	4.4	20.02
		저층	20.7	32.30	7.74	7.39	2.11	-	-		0
		평균	23.15	31.70	7.73	7.10	2.36	-	-		-
	11	표층	17.0	32.15	8.07	8.21	3.10	-	-	1.5	2.51
		저층	17.2	32.26	8.06	6.92	2.48	-	-		0
		평균	17.10	32.20	8.06	7.57	2.79	-	-		-
2002	2	표층	7.3	32.80	8.12	10.14	2.67	0.557	0.095	1.2	1.38
		저층	7.4	33.23	8.13	9.52	2.77	0.486	0.088		0
		평균	7.35	33.02	8.13	9.83	2.72	0.522	0.092		-
	5	표층	16.0	30.42	7.82	5.05	2.21	0.822	0.221	5.7	10.91
		저층	15.3	30.47	7.77	4.07	2.43	0.625	0.235		0
		평균	15.65	30.45	7.79	4.56	2.32	0.724	0.228		-
	8	표층	27.4	30.49	8.15	12.74	3.06	1.785	0.171	4.8	15.51
		저층	20.9	31.84	8.13	4.00	2.81	0.790	0.142		0
		평균	24.15	31.16	8.14	8.37	2.94	1.288	0.157		-
	11	표층	13.3	31.71	8.00	8.58	2.44	1.491	0.187	3.9	3.86
		저층	13.5	31.91	7.98	8.55	2.30	1.551	0.141		0
		평균	13.40	31.81	7.99	8.56	2.37	1.521	0.164		-

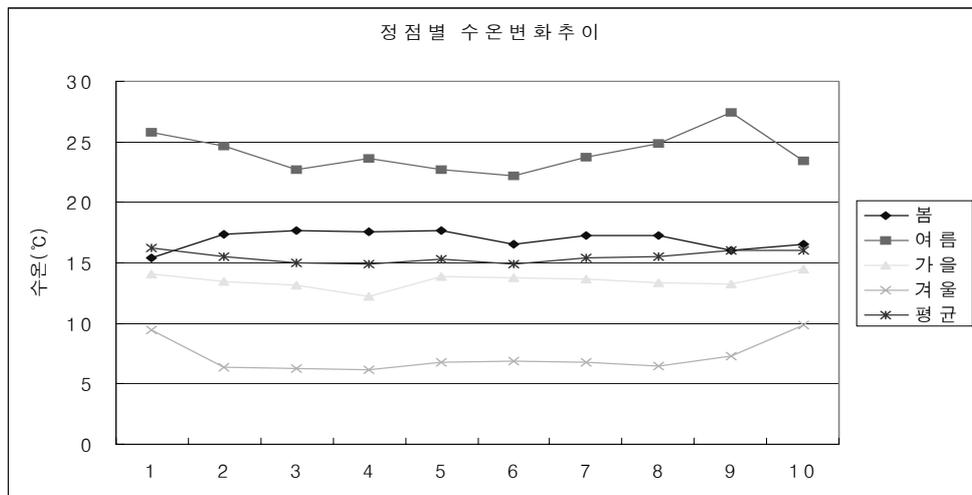
<표 2-23> 10번 정점에서의 조사결과 (개략위치 : 옥포항 앞)

년도	월	층	수온 (°C)	염분 (‰)	pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)	클로필 (µg/L)
2000	2	표층	11.7	33.52	7.95	6.51	1.59	-	-	3.0	0.74
		저층	11.2	34.15	7.99	8.24	1.04	-	-		0
		평균	11.45	33.84	7.97	7.38	1.31	-	-		-
	5	표층	14.6	34.09	8.34	7.74	0.41	-	-	2.5	2.49
		저층	13.3	34.07	8.24	8.08	2.78	-	-		0
		평균	13.95	34.08	8.29	7.91	1.60	-	-		-
	8	표층	26.0	21.80	8.46	8.06	5.25	-	-	5.4	35.23
		저층	29.4	32.06	8.23	2.84	1.54	-	-		0
		평균	27.70	26.93	8.35	5.45	3.40	-	-		-
	11	표층	17.1	31.63	8.03	8.55	1.97	-	-	11.2	1.17
		저층	17.1	32.81	7.92	5.51	1.25	-	-		0
		평균	17.10	32.22	7.97	7.03	1.61	-	-		-
2001	2	표층	11.8	33.98	8.12	6.12	0.85	-	-	4.8	0.20
		저층	11.0	33.86	8.18	6.23	0.95	-	-		0
		평균	11.40	33.92	8.15	6.17	0.90	-	-		-
	5	표층	16.4	32.71	7.83	7.99	1.10	-	-	8.0	4.46
		저층	14.3	33.80	8.11	8.27	1.54	-	-		0
		평균	15.35	33.26	7.97	8.13	1.32	-	-		-
	8	표층	23.7	30.31	8.05	7.09	2.76	-	-	4.6	20.54
		저층	19.5	32.88	8.04	7.50	2.01	-	-		0
		평균	21.60	31.59	8.04	7.29	2.38	-	-		-
	11	표층	17.9	32.65	8.09	7.79	1.09	-	-	1.2	1.93
		저층	18.0	32.17	8.08	5.58	0.98	-	-		0
		평균	17.95	32.41	8.09	6.68	1.03	-	-		-
2002	2	표층	9.9	33.80	8.10	10.21	1.37	0.327	0.031	2.6	0.27
		저층	10.3	33.88	8.13	10.07	1.57	0.391	0.030		0
		평균	10.10	33.84	8.12	10.14	1.47	0.359	0.031		-
	5	표층	16.5	30.39	7.93	7.84	0.79	0.443	0.016	3.1	2.66
		저층	14.4	33.41	7.98	7.73	0.63	0.287	0.020		0
		평균	15.45	31.90	7.96	7.79	0.71	0.365	0.018		-
	8	표층	23.4	31.43	8.08	12.38	1.19	0.193	0.041	5.0	5.01
		저층	20.5	32.79	8.05	8.92	1.19	0.132	0.021		0
		평균	21.95	32.11	8.06	10.65	1.19	0.163	0.031		-
	11	표층	14.5	32.45	8.01	8.38	1.30	0.561	0.029	2.8	1.55
		저층	14.5	32.59	8.10	8.33	0.93	0.467	0.039		0
		평균	14.50	32.52	8.05	8.36	1.12	0.514	0.034		-

2.5.3 조사분석 결과

1. 해수온도

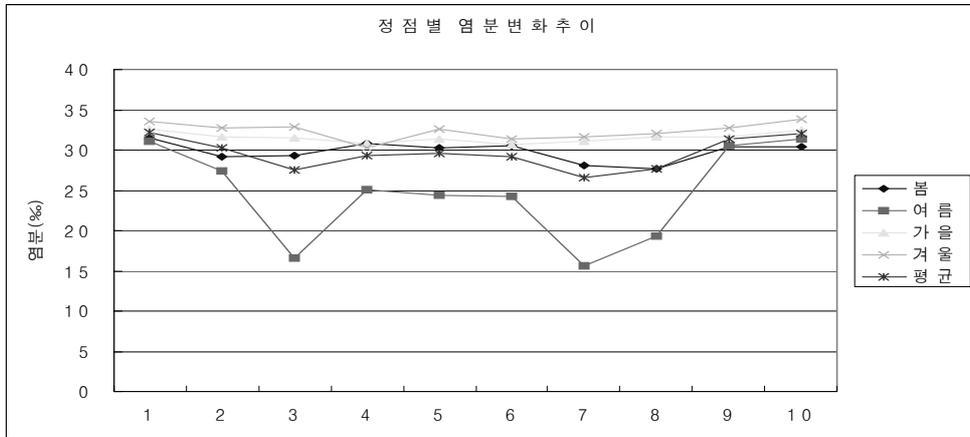
조사해역의 계절별로 4차의 조사결과를 분석해보면 여름철이 가장 높고 차례로 봄, 가을이며 겨울철에 낮은 수온을 나타내고 있다. (<그림 2-9>참조)



<그림 2-9> 정점별 수온변화추이

2. 염분도

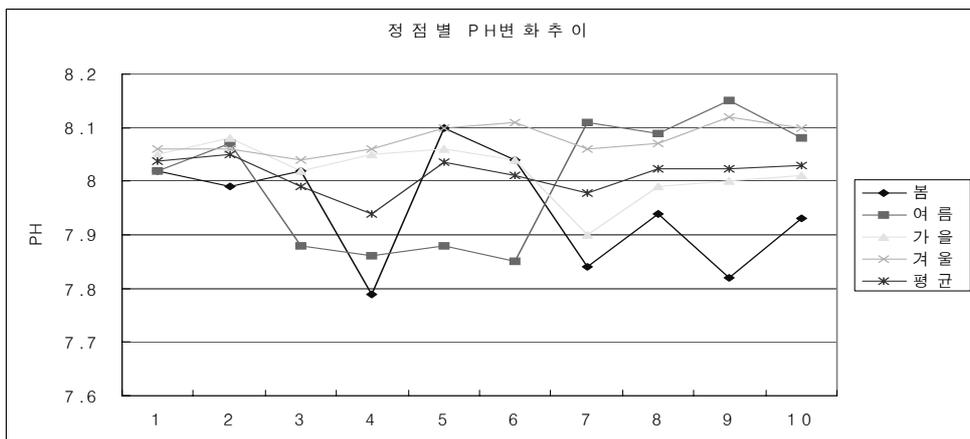
염분도(‰)는 겨울철에 높고 여름철에는 낮은 것으로 조사되었으며 그 원인을 분석해보면 여름철에 강우량의 증가로 해수중에 염분의 농도가 낮아진다는 것을 말해준다. (<그림 2-10>참조)



<그림 2-10> 정점별 염분변화추이

3. 수소이온농도(pH)

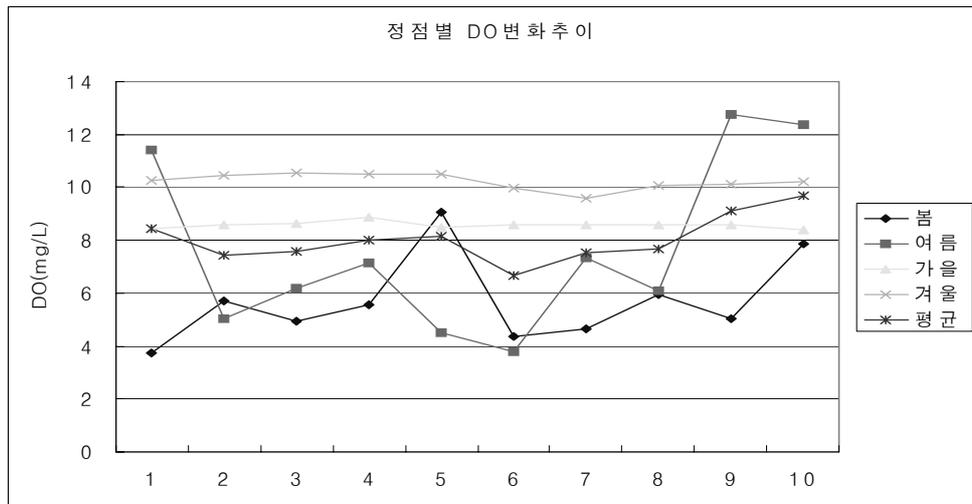
조사 지점의 수소이온농도(pH)의 정점별 범위는 7.79-8.15로 측정 되었으며, 그 변화는 마산항과 진해항내에는 여름철에 높게 나타났고, 봄에 낮게 나타났다. (<그림 2-11>참조)



<그림 2-11> 정점별 PH 변화추이

4. 용존산소(DO)

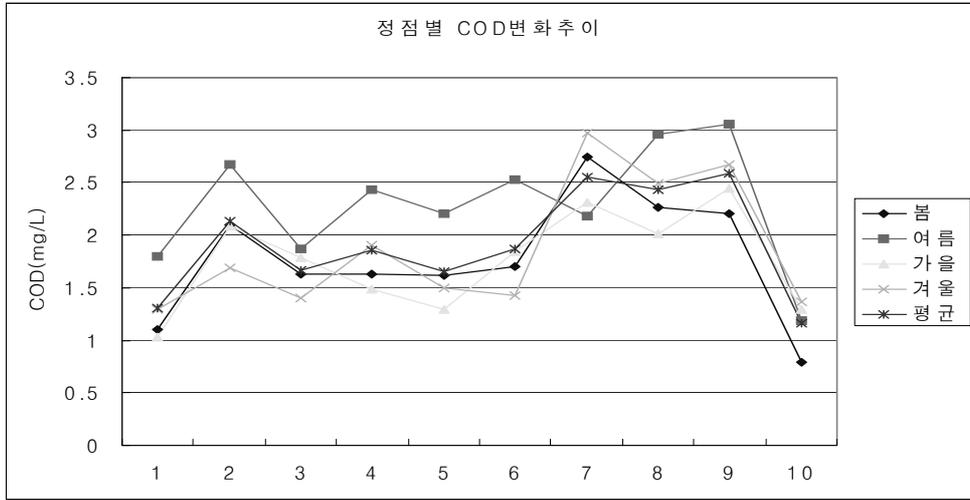
용존산소(DO)의 정점별 변화는 대체로 4~11로 나타났는데, 가을과 겨울에는 8 이상으로 나타났다. (<그림 2-12>참조)



<그림 2-12> 정점별 DO 변화추이

5. 화학적 산소요구량(COD)

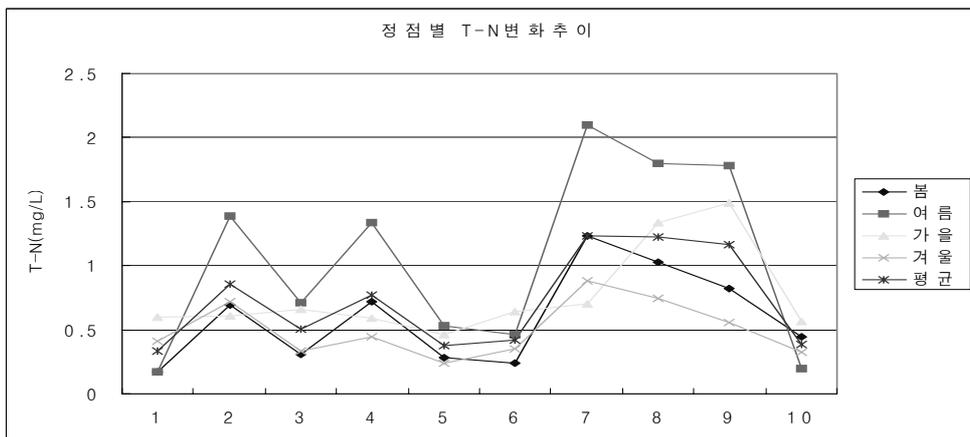
화학적 산소요구량(COD)의 정점별 변화는 여름에 조사한 경우가 가장 높은 경향을 보였는데 이는 오염 유수의 유입과 홍수와 폭풍우로 인한 해수중 COD의 유발물질의 증가에 기인하는 것으로 사료된다.(<그림 2-13>) 그리고 조사의 경우 조사정점별 COD의 편차가 큰 것으로 나타났는데 특히 1번과 10번 정점의 경우는 만구와 외해에 인접해있기 때문에 COD가 낮게 나타난 것으로 사료된다.



<그림 2-13> 정점별 COD 변화추이

6. 총질소(T-N)

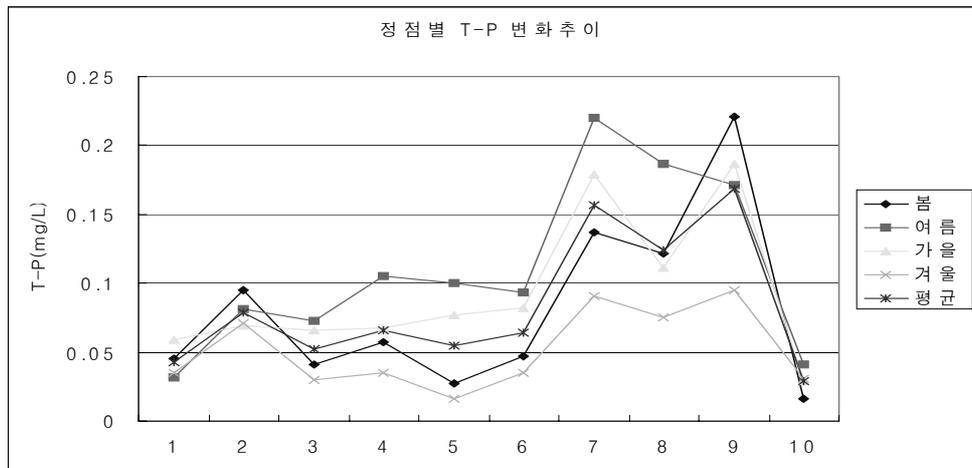
총질소의 정점별 변화는 여름철 조사의 경우 가장 높게 나타났으며 특히 진해항, 마산항내에서는 기타 계절에도 높게 나타나고 있다. (<그림 2-14>참조)



<그림 2-14> 정점별 T-N 변화추이

7. 총인(T-P)

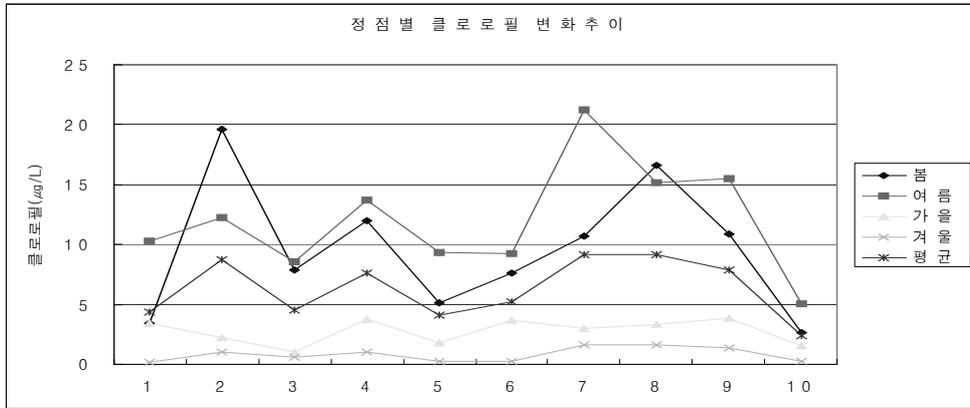
총인의 정점별 변화는 여름에는 높고 겨울에는 낮은 것으로 나타났으며 계절별 영향을 받는 것으로 관찰되었고 진해항, 마산항내에서는 기타 계절에도 높게 나타나고 있다. (<그림 2-15>참조)



<그림 2-15> 정점별 T-P 변화추이

8. 클로로필-a

클로로필-a(Chlorophyll-a)의 정점별 변화는 4회 조사 중 내만의 경우 비교적 높은 경향을 보였으며 4회의 조사 중 외해와 인접한 정점에서는 가장 낮은 경향을 보였다. (<그림 2-16>참조)



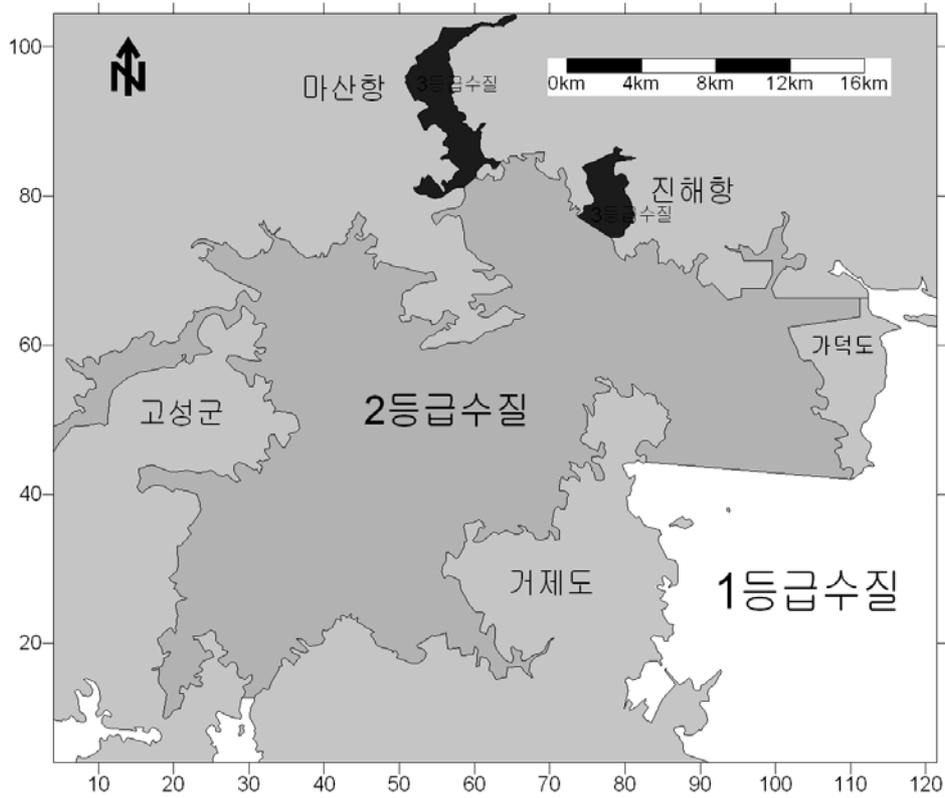
<그림 2-16> 정점별 클로로필 변화추이

2.5.4 해역별 수질등급

해역의 수질등급은 I, II, III등급으로 지정되어 있다. 분류 기준은 1998년 6월 9일자로 해양수산부고시 제1998-37호에 의하여 <표 2-24>에 표시한 바와 같다. 1) 대상해역의 수질등급은 <그림 2-17>에 나타내었다.

<표 2-24> 해역별 수질등급

등급	기준					
	수소이온농도 (pH)	화학적산소 요구량(COD) (mg/L)	용존산소량(DO) (mg/L)	용매추출유분 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)
I	7.8~8.3	1 이하	7.5 이상	0.01 이하	0.05 이하	0.007 이하
II	6.5~8.5	2 이하	5 이상	0.01 이하	0.1 이하	0.015 이하
III	6.5~8.5	4 이하	2 이상		0.2 이하	0.03 이하



해양수산부 고시(1998년 6월 9일)

<그림 2-17> 해역별 수질등급 기준

제3장 수질환경 및 해양생태계 조사

3.1 조사개요

진해만에서의 수질환경과 해양생태계에 대한 현장관측조사를 통하여 진해만 해역의 수질현황을 파악하였다. 조사는 수질관측 장비를 이용하여 매년 적조현상이 일어나고 있는 진해 행암만 주변의 10개 지점을 선정하여 행하였다. 조사항목으로서는 수온, 수소이온농도(pH), 염분농도, 용존산소(DO), 화학적 산소요구량(COD), 총질소(T-N), 총인(T-P), 식물성플랑크톤, 동물성플랑크톤 및 클로로필-a 등 10개항목이다. 현장관측 조사는 적조현상이 심한 여름철을 택하여 2002년 7월부터 약 1개월에 1회씩 행하여 총5회를 실시하였다.

3.2 조사일시

진해만 적조발생 예상지역(10개 지점)을 각각의 지점으로 선정하여 총 5회에 걸쳐 현장조사를 실시하였다. 구체적인 시간은 아래와 같다.

제1회 조사 : 2002년 07월 30일

제2회 조사 : 2002년 08월 29일

제3회 조사 : 2002년 10월 04일

제4회 조사 : 2002년 11월 05일

제5회 조사 : 2002년 11월 28일

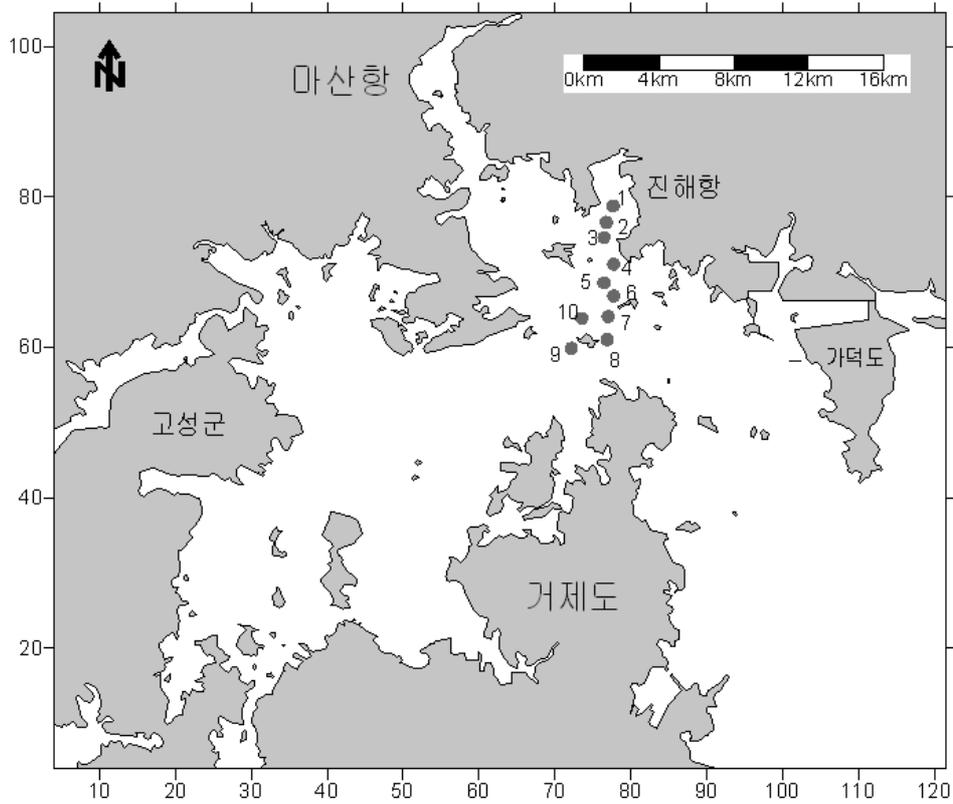
3.3 조사지점 조사항목 및 조사과정

3.3.1 조사 해역 선정

진해만 인근 연안해역 연도별 적조발생 지역의 자료조사를 통하여 수산피해가 예상되는 해역을 10개 지점으로 선정하여 조사 연구하였다. 조사 지점의 위도와 경도는 아래의 <표 3-1>과 같고 해도상 위치는 <그림 3-1>과 같다.

<표 3-1> 진해만 현장조사지점의 위도와 경도

조사정점	위 도	경 도	개략위치
1	35-07-281	128-41-045	진해항내
2	35-06-816	128-40-814	진해항내
3	35-06-381	128-40-731	마당서 부근
4	35-05-618	128-41-067	도투마리암 서방
5	35-05-082	128-40-727	도구라스암 서방
6	35-04-709	128-41-068	초리도 서방
7	35-04-121	128-40-871	초리도 서남방
8	35-03-464	128-40-836	잠도 동방
9	35-03-216	128-39-596	잠도 서남방
10	35-04-073	128-39-956	잠도 북방



<그림 3-1> 진해만 현장조사지점

3.3.2 조사 항목

조사 항목으로서는 수온, 수소이온농도(pH), 염분농도, 용존산소(DO), 화학적산소요구량(COD), 총질소(T-N), 총인(T-P), 식물플랑크톤, 동물플랑크톤 및 크로로필-a를 각각 측정하였다.

3.3.3 조사 방법

1. 수온, 수소이온농도(pH), 염분농도

전극측정법에 의한 pH meter 및 염분 meter를 이용하여 현장 선상에서 측정하였다.

2. 용존산소(DO)

용존산소(DO)는 전극측정법에 의한 DO meter를 이용하여 현장 선상에서 측정하였다.

3. 화학적 산소요구량(COD)

알칼리성 과망간산칼륨 측정방법에 의하여 시료를 알칼리성으로 하여 과망간산칼륨 일정과량을 넣고 일정시간 가열 반응시키고 소비된 과망간산칼륨의 양으로부터 화학적 산소요구량을 측정하였다.

4. 총 질소(Total N)

증류를 이용한 킬달측정법에 의한 암모니아와 유기질소의 TKN을 측정한 후, 흡광광도 측정법에 의한 아질산성 질소와 질산성 질소를 각각 측정하여 합한 수치를 사용하였다.

5. 총 인(Total P)

아스코르빈산 환원측정법에 의한 무기 및 유기상태의 인화합물에 과황산 칼륨을 가해 고압증기 멸균기에 가열 정인산염형태(ortho-p)에서 흡광도 측정기를 이용한 파장 880nm로 총인을 측정하였다.

6. 식물플랑크톤

식물플랑크톤의 시료는 Van Dorn채수기를 이용하여 Lugol's 용액으로 현장에서 고정하고 광에 의한 산화 방지를 위해 알루미늄 호일로 포장. 고정된 시료는 실험실에서 유리침전관을 이용하여 침전시킨 후 전체 부피가 10 ml가 되도록 농축. 종의 조성 및 현존량은 시료중에서 1 ml를 취하여 Sedgwick-Rafter 계수기에 넣고, Simonsen(1974)의 분류체계에 따라서 종수준까지 동정 및 계수 하였다.

7. 동물플랑크톤

동물플랑크톤의 시료는 NORPAC형 플랑크톤 네트를 이용하여 중성포

르말린의 농도가 전체농도의 5%가 되도록 넣어서 현장에서 고정한다. 운반된 시료는 Bowan and Abele(1982)의 분류체계에 따라 해부현미경 및 광학현미경을 이용해서 동정, 분류한다. 표본의 계수는 전체 표본을 표본의 양에 따라 분할기(Divider)로 2회 또는 4회 분할한 뒤, Bogorov 계수관을 이용하여 각 분류군별로 계수한 다음 단위체적당 개체수(개체수/m³)로 환산하였다.

8. 클로로필-a

현장에서 Van Dorn 채수기를 이용하여 각각 표층 및 수심 2m에서 해수 1000ml를 폴리에틸렌병에 채수하여 냉암소에 보관. 실험실로 운반한 후 유리섬유여지에 여과한 후 여지를 조직마쇄기에 넣고 아세톤(90%) 10ml를 넣어 정치한 후 1500g 원심력으로 10min 원심분리한 후 상등액량을 측정하고 그 일부를 취하여 10mm 흡수셀에 옮겨 663nm, 645nm, 750nm, 630nm로 흡광도를 측정한 후 다음 계산식에 따라 클로로필-a량을 계산하였다.

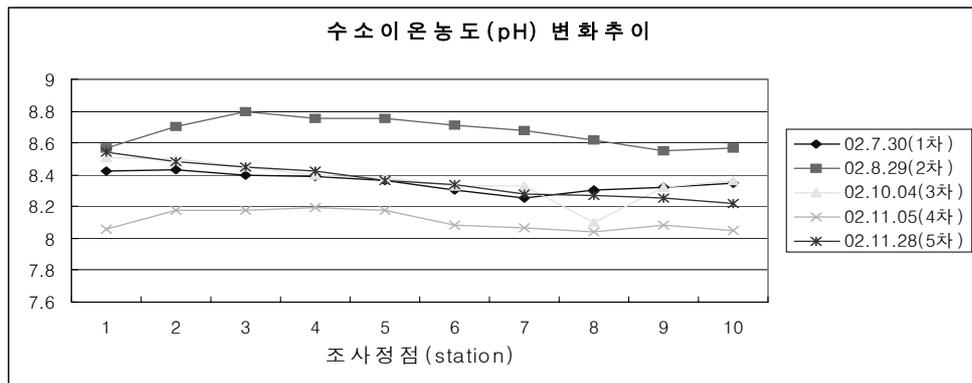
$$\text{클로로필-a(mg/m}^3\text{)} = Y \times \text{상등액의 양(ml)} / \text{여과시료의 양(ml)}$$

3.4 조사결과

3.4.1 해양환경 조사 결과

1. 수소이온농도(pH)

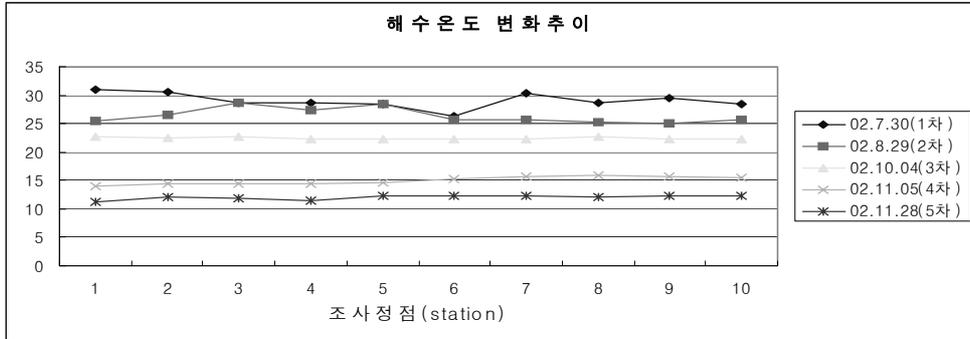
조사 지점의 수소이온농도(pH)의 정점별 범위는 8.1~8.8로 측정 되었 으며, 그 변화는 장마철 담수의 영향을 많이 받은 2차 조사시 가장 높게 나타났으며 저수온의 5차 조사시 가장 낮게 나타났다. <그림 3-2>참조



<그림 3-2> 진해만 조사정점별 수소이온농도(pH) 변화의 추이도

2. 해수온도

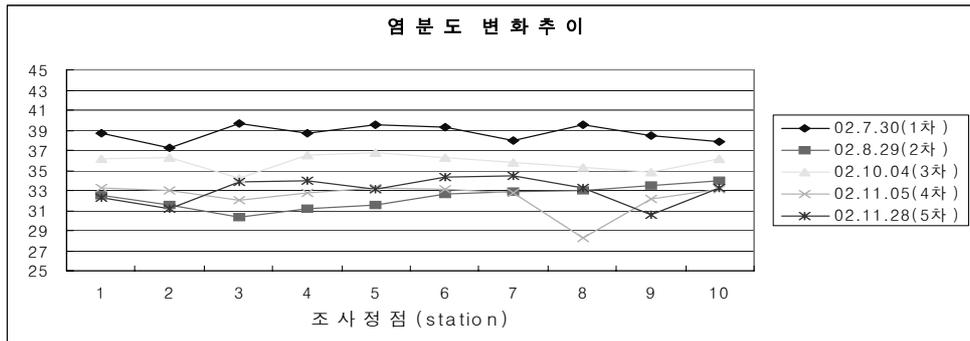
진해만 해역의 총 5회 조사를 통한 해수온도(°C)의 정점별 변화는 계절별 해수온도 변화에 따라 겨울철로 갈수록 수온이 감소하는 경향을 보였다. <그림 3-3>참조



<그림 3-3> 진해만 조사정점별 해수온도(℃)변화의 추이도

3. 염분도

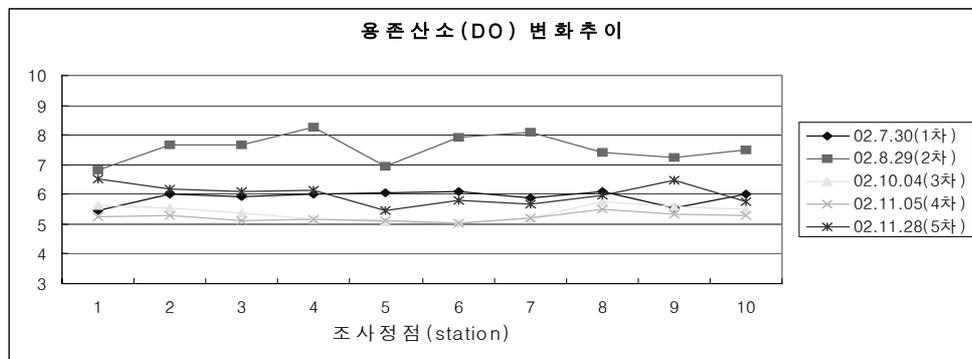
염분도(‰)의 정점별 변화는 일조량이 비교적 많은 1차 조사시 가장 높게 관찰되었으며, 여름철인 2차 및 3차 조사시 저염분의 일반적 현상이 관찰되었다. 여름철 저염분 현상은 지속적인 강우로 인한 담수의 유입으로 인한 바닷물의 희석에 기인하는 것으로 나타나는 현상이다. 본 조사에서는 특히 내해 쪽에서 이러한 경향이 관찰되었다. <그림 3-4> 참조



<그림 3-4> 진해만 조사정점별 염분도(‰)변화의 추이도

4. 용존산소(DO)

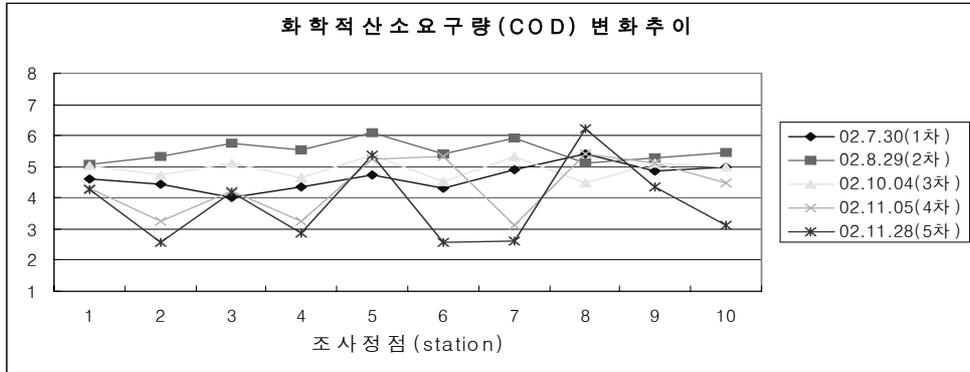
용존산소(DO)의 정점별 변화는 대체로 5-6으로 나타났는데, 2차 조사의 경우는 7 이상으로 나타났다. <그림 3-5>는 염분도의 하강에 영향을 미친 강우로 인한 해수의 희석과 육수로부터의 용존산소의 유입에 기인하는 것으로 보였다.



<그림 3-5> 진해만 조사정점별 용존산소(DO)변화의 추이도

5. 화학적 산소요구량(COD)

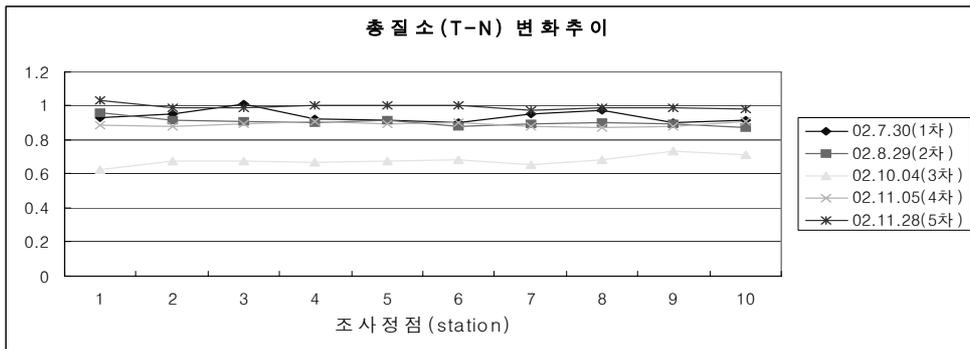
화학적 산소요구량(COD)의 정점별 변화는 2차 조사의 경우가 가장 높은 경향을 보였는데 이는 오염 유수의 유입과 홍수와 폭풍우로 인한 해수중 COD의 유발물질의 증가에 기인하는 것으로 사료된다. <그림 3-6> 그리고 4, 5차 조사의 경우 조사정점별 COD의 편차가 큰 것으로 나타났는데 이는 지역적으로 COD의 불규칙적 분포에 기인하는 것으로 사료된다.



<그림 3-6> 진해만 조사정점별 화학적 산소요구량(COD) 변화의 추이도

6. 총질소(T-N)

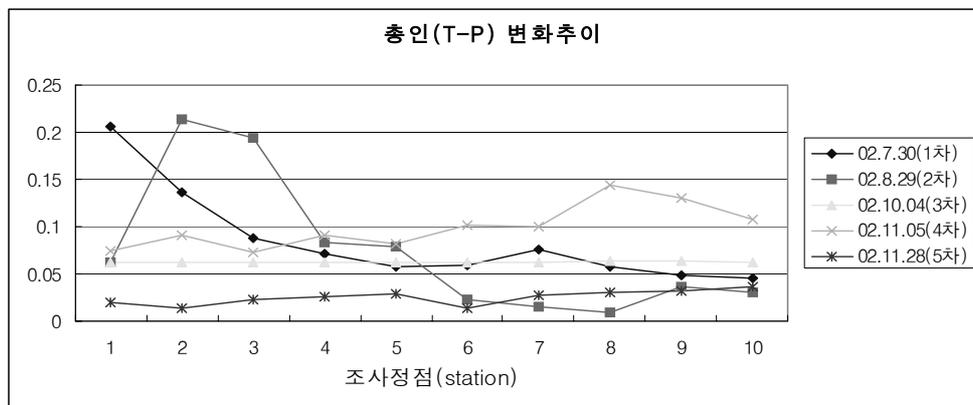
총질소의 정점별 변화는 3차 조사의 경우가 가장 낮게 나타났으며 그 외의 경우는 비슷한 경향이었으며 조사 정점간 차이는 크게 보이지 않았다. 이러한 현상은 조사지역 에서는 총질소는 어느 정도 포화되었다고 사료되어진다. <그림 3-7>참조



<그림 3-7> 진해만 조사정점별 총질소(T-N)변화의 추이도

7. 총인(T-P)

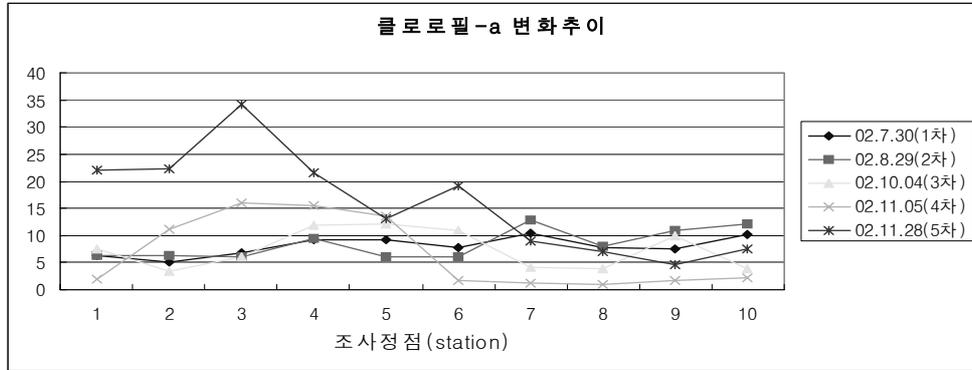
총인의 정점별 변화는 1, 2차 조사 측정시 내만의 경우가 대체로 높은 경향을 보였으며, 계절별 영향을 받는 것으로 관찰되었다. <그림 3-8> 참조



<그림 3-8> 진해만 조사정점별 총인(T-P)변화의 추이도

8. 클로로필-a

클로로필-a(Chlorophyll-a)의 정점별 변화는 5차조사시 내만의 경우 비교적 높은 경향을 보였으며 4차조사시 외해의 경우가 가장 낮은 경향을 보였다. 5차조사시 내만에서 관찰된 이유는 분명치 않으나 내만 정점별로 조류의 분포 변화가 심했던 것이 그 원인의 일부분인 것으로 사료된다.<그림 3-9>참조

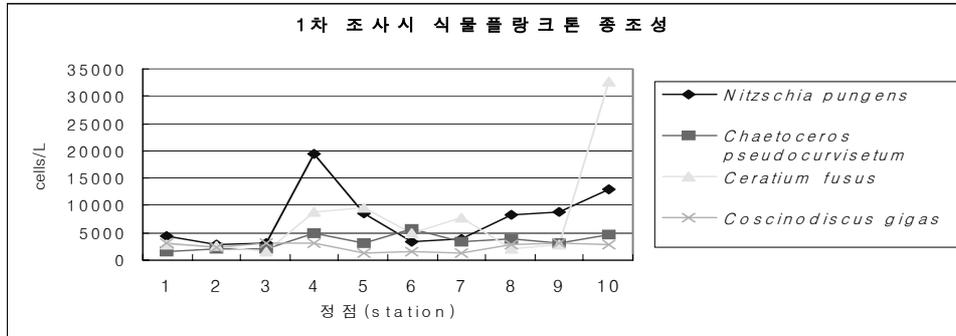


<그림 3-9> 진해만 조사정점별 클로로필-a 변화의 추이도

3.4.2 해양생태계 조사 결과

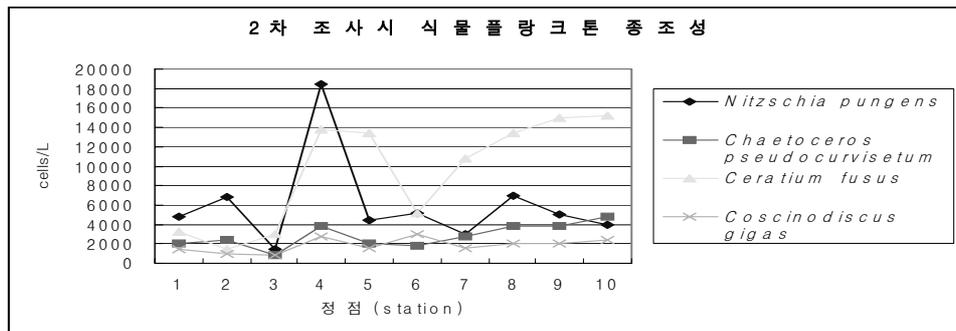
1. 식물플랑크톤

1차 조사시 식물플랑크톤의 우점종은 진해만 출현종으로서 규조류인 *Nitzschia pungens*와 남해안 연안 출현종 규조류인 *Chaetoceros pseudocurvisetum*이 관찰되었다. <그림 3-10>에서와 같이 2종 이상의 혼합적조 현상이 관찰되었다.



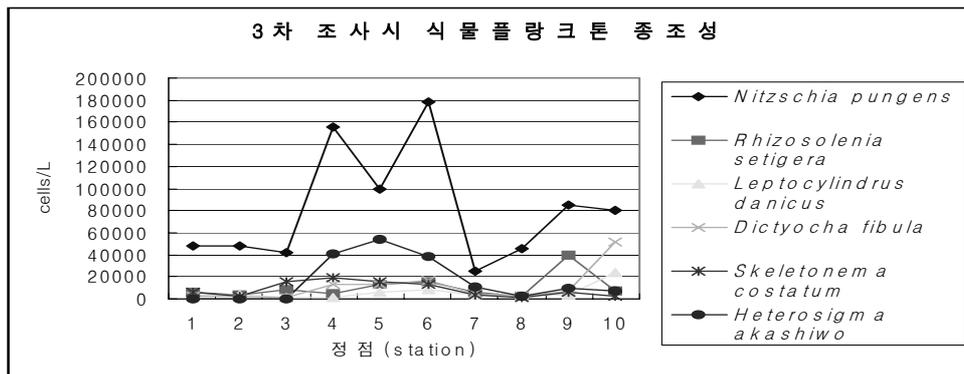
<그림 3-10> 진해만 1차 조사시 식물플랑크톤의 종조성 및 평균 출현량

2차 조사시 식물플랑크톤의 우점종은 1차 조사에서 우점한 진해만 출현종으로서 규조류인 *Nitzschia pungens*와 우리나라 전해역에서 관찰되는 와편모조류인 *Ceratium fusus*가 관찰되었다. <그림 3-11>에서와 같이 2종 이상의 혼합적조 현상이 관찰되었다.



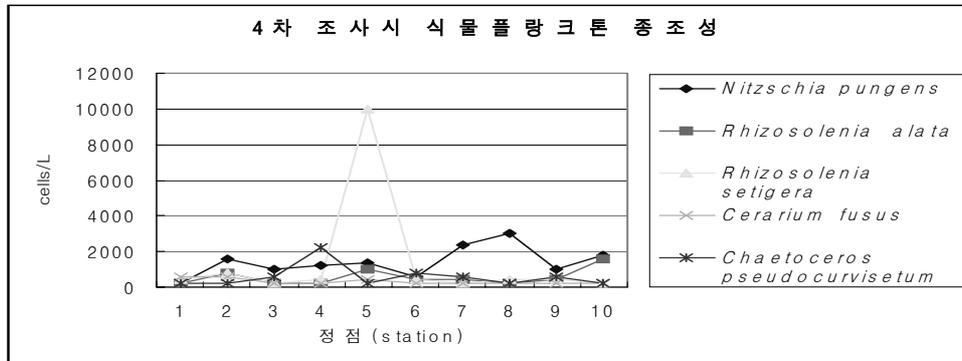
<그림 3-11> 진해만 2차 조사시 식물플랑크톤의 종조성 및 평균 출현량

3차 조사시 식물플랑크톤의 우점종은 진해만 출현종으로서 규조류인 *Nitzschia pungens*가 가장 많은 출현을 그리고 진해만에 자주 출현하는 라피도강인 *Heterosigma akashiwo*가 다음으로 관찰되었으며, <그림 3-12>에서와 같이 2종 이상의 혼합적조 현상이 관찰되었다. 타 조사와 비교 시 많은 출현량은 식물플랑크톤의 먹이원인 영양염류에 기인한 것으로서 2차 조사 시 총질소는 포화된 상태로써 별 영향을 미치지 않았지만, 총인은 비교적 높게 나타나 시간적 차이로 인한 bloom(폭발) 현상이 나타난 것으로 사료된다.



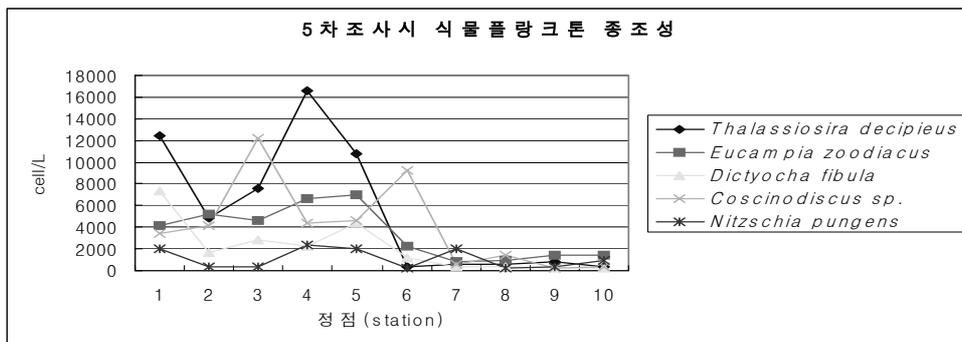
<그림 3-12> 진해만 3차 조사시 식물플랑크톤의 종 조성 및 평균 출현량

4차 조사시 식물플랑크톤의 우점종은 진해만 출현종으로서 규조류인 *Nitzschia pungens*가 가장 많은 출현을 그리고 태평양연안만에 자주 출현하는 규조류인 *Rhizosolenia setigera*가 다음으로 관찰되었다. <그림 3-13>에서와 같이 2종 이상의 혼합적조 현상이 관찰되었다.



<그림 3-13> 진해만 4차 조사시 식물플랑크톤의 종조성 및 평균 출현량

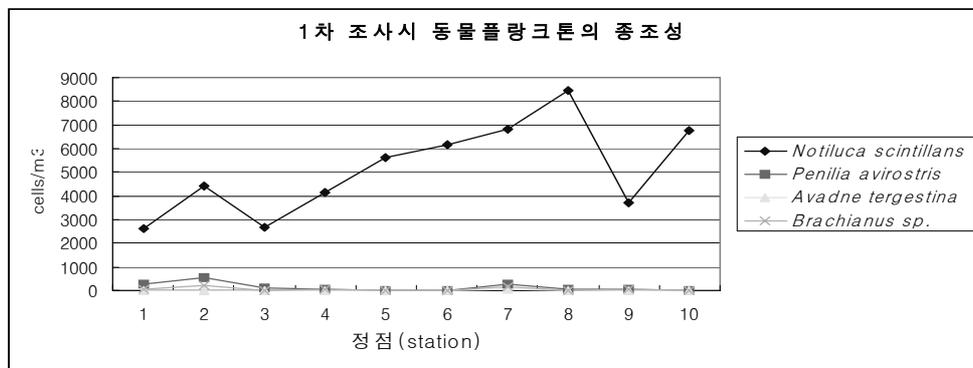
5차 조사시 식물플랑크톤의 우점종은 진해만 출현종으로서 냉수성, 연안성 규조류인 *Thalassiosira decipiens*가 가장 많은 출현을 그리고 남해 연안 출현종으로서 규조류인 *Coscinodiscus sp.*가 다음으로 많이 관찰되었다. <그림 3-14>에서와 같이 2종 이상의 혼합적조 현상이 관찰되었다.



<그림 3-14>. 진해만 5차 조사시 식물플랑크톤의 종조성 및 평균 출현량

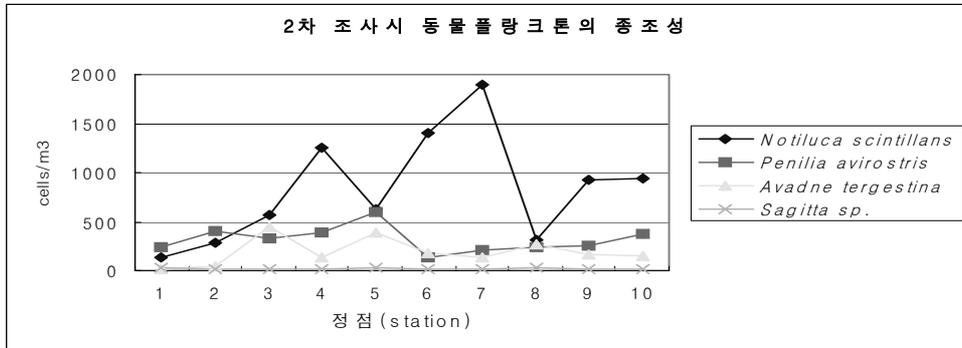
2. 동물플랑크톤

1차 조사시 동물플랑크톤의 우점종은 최근 유기오염 지표종으로서 많이 관찰되고 있는 적조종인 야광충 *Notiluca scintillans*가 우점종으로 관찰되었다. 외해측에서 비교적 많은 출현량이 관찰되었으며, 담수유입종으로 알려진 지각류도 다수 관찰되었다. <그림 3-15>



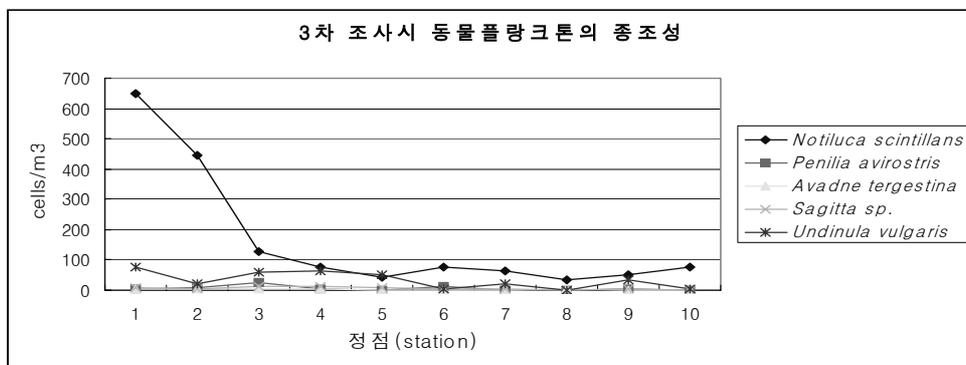
**<그림 3-15> 진해만 1차 조사시 동물플랑크톤의 종조성
및 평균 출현량**

2차 조사시 동물플랑크톤의 우점종은 1차 조사와 같이 최근 유기오염 지표종으로서 많이 관찰되고 있는 적조종인 야광충 *Notiluca scintillans*가 그리고 담수유입종으로 알려진 지각류인 *Penilia avirostris*가 우점종으로 관찰되었다. 지각류의 우점화 현상은 여름철 강우시 흔히 관찰되는 현상으로서 정점별 상관없이 고루 분포하는 것으로 관찰되었다.<그림 3-16>



<그림 3-16> 진해만 2차 조사시 동물플랑크톤의 종조성 및 평균 출현량

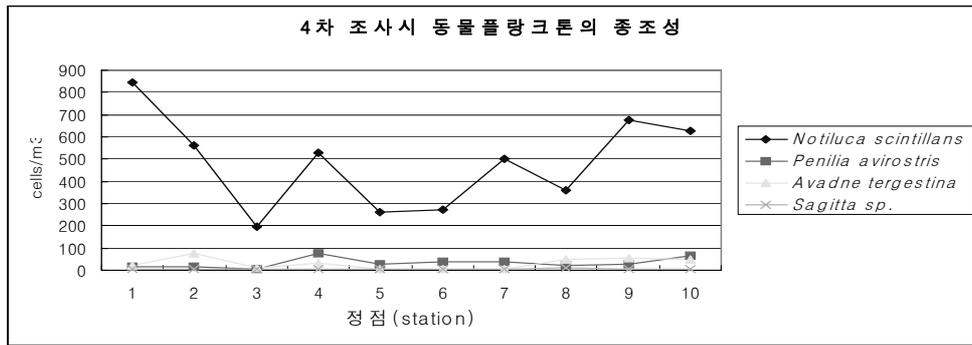
3차 조사시 동물플랑크톤의 우점종은 1차, 2차 조사와 같이 최근 유기 오염 지표종으로서 많이 관찰되고 있는 적조종인 야광충 *Notiluca scintillans*가 우점종으로 관찰되었다. 내해측에서 비교적 야광충이 다소 높게 출현한 것으로 관찰되었다.<그림 3-17>



<그림 3-17> 진해만 3차 조사시 동물플랑크톤의 종조성 및 평균 출현량

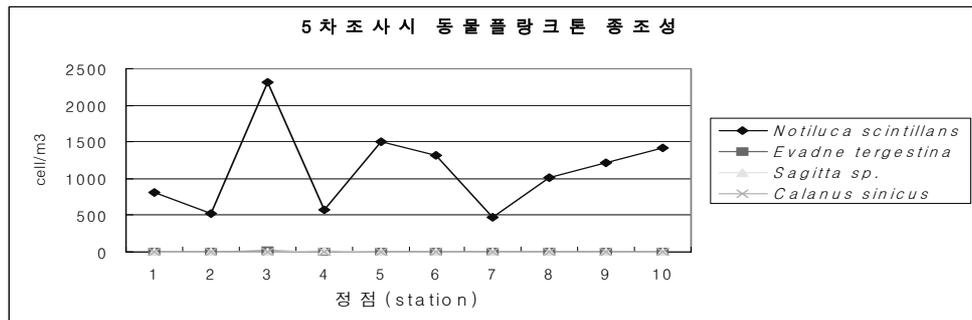
4차 조사시 동물플랑크톤의 우점종은 타 조사와 같이 최근 유기오염

지표종으로서 많이 관찰되고 있는 적조종인 야광충 *Notiluca scintillans*가 우점종으로 관찰되었으며, 비교적 내외해측 고루 분포하는 것으로 관찰되었다. <그림 3-18>



<그림 3-18> 진해만 4차 조사시 동물플랑크톤의 종조성 및 평균 출현량

5차 조사시 동물플랑크톤의 우점종은 타 조사와 같이 최근 유기오염 지표종으로서 많이 관찰되고 있는 적조종인 야광충 *Notiluca scintillans*가 우점종으로 관찰되었으며, 정점별 분포 변화가 많이 나타난 것으로 관찰되었다. <그림 3-19>



<그림 3-19> 진해만 5차 조사시 동물플랑크톤의 종조성 및 평균 출현량

제4장 해수유동 시물레이션

내만이나 연안에 있어서 상습적조피해를 방지하기 위하여 주변해역의 해수유동 및 오염물질의 확산에의 영향을 예측하는 것은, 수질 및 환경보전의 입장에서도 극히 중요하다고 하겠다. 이렇기 때문에 우선 수리특성을 충분히 파악하여 주변 환경에 미치는 영향을 비교, 분석할 필요성이 있다.

통상, 이러한 종류의 문제에 대처하기 위하여서는, 과거의 풍부한 신뢰성이 있는 실측자료는 계절적 변화, 및 수심별 변화 등 시간적, 공간적인 변동이 현저하며, 수질오탁 기구를 구성하는 물리적, 생물·화학적인 작용의 복잡성 등으로 그 실태는 아직 충분히 파악되어 있지 않으며, 또한 어떠한 지역에는 실측이 거의 이루어지지 않아서 경우에 따라서는 그러한 자료라도 구하기는 매우 어려운 것이 우리의 실정이다.

그래서 해수 유동 및 오탁수질의 확산을 규제하는 요인 중에서 지배적인 것을 들어서 모델화하여 각각의 현상을 분석하여 갈 수밖에 없다. 이를 위하여 수치 모델이 주로 이용되고 있다.

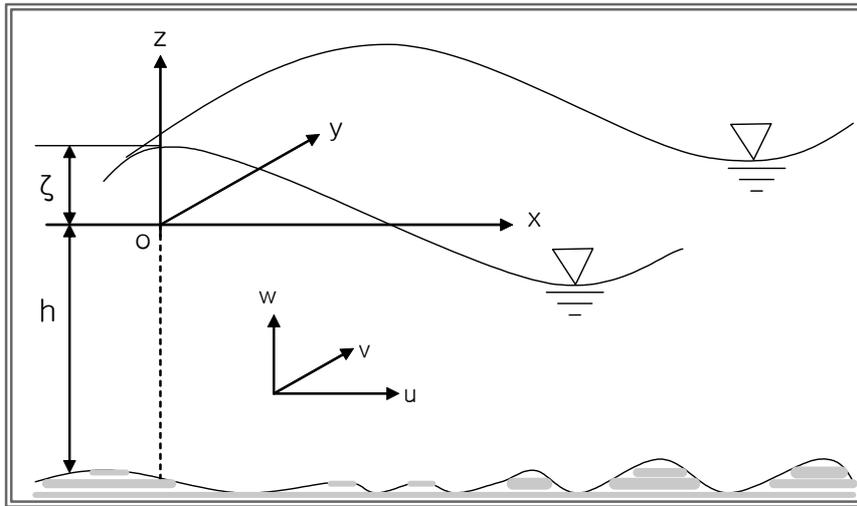
본 장에서는 폐쇄성 해역으로서 상습적조 피해지역인 진해만에 있어서의 해수유동 및 오염물 확산시물레이션을 통하여 현황을 파악하고 관측자료와 비교분석하여 이 해역의 수질특성을 파악하고자 하였다.

4.1 실험내용

해수유동의 실험은 해수유동수치모델에 의한 해역모형의 구축, 예측실험 및 평가의 과정으로 수행되었다. 수치모형의 현장 적용성에 대한 검증은 대상해역의 지형자료, 조석·조류관측자료를 이용한 수치모형에 의해 대·중조기 유동특성을 재현하고, 실측치와의 비교·검토하여 수행되

었다.

4.2. 수치모형의 구성



<그림 4-1> 좌표계 정의

연안해역의 유동은 <그림 4-1>과 같이 평균해면을 원점으로 하는 연직방향으로 z 축을 취하고, 수면 상에 x, y 축을 취한 좌표상에서의 비압축성 유체에 대한 운동방정식 및 연속방정식으로 나타낼 수 있다. 여기에 해면($z = \zeta$) 및 해저($z = -h$)의 조건을 도입하여 전체 해면하, 즉 ($-h \leq z \leq \zeta$)의 범위에 대해 적분함으로써, 다음과 같이 수심방향으로 평균화된 2차원 유동의 방정식으로 변화할 수 있다. 이를 2차원 단층유동모델의 기본방정식으로 사용하였다.¹²⁾

$$\frac{\delta \zeta}{\delta t} + \frac{\delta}{\delta x} [(\zeta + h)u] + \frac{\delta}{\delta y} [(\zeta + h)v] = 0 \quad \dots\dots\dots 4.1$$

$$\frac{\delta u}{\delta t} + u \frac{\delta u}{\delta x} + v \frac{\delta u}{\delta y} - fv + g \frac{\delta \zeta}{\delta x} - A_h \left(\frac{\delta^2 u}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 u}{\delta y^2} \right) + \frac{gu\sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + h) C^2} = 0 \dots\dots\dots 4.2$$

$$\frac{\delta v}{\delta t} + u \frac{\delta v}{\delta x} + v \frac{\delta v}{\delta y} + fu + g \frac{\delta \zeta}{\delta y} - A_h \left(\frac{\delta^2 v}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 v}{\delta y^2} \right) + \frac{gv\sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + h) C^2} = 0 \dots\dots\dots 4.3$$

여기서, u, v, A_h 는 $-h \leq z \leq \zeta$ 사이에서 평균화된 x, y 방향의 유속 성분과 수평와동점성계수를 각각 나타내며, C는 Chezy의 조도계수, f는 Coriolis계수, ρ 는 해수 밀도, g는 중력 가속도, t는 시간, h는 평균해면하의 수심이다. 식 1~3으로 나타내어지는 연속량을 차분법 또한 유한요소법에 의해 적당한 이산량으로 변환함으로써 수치해를 구할 수 있다. 이에 대한 많은 해법 중 해의 수렴성과 연산시간의 경제성 등이 탁월하여 조류 및 확산계산에 최근 널리 이용되고 있는 ADI(Alternating Direction Implicit Method)을 사용한다.¹³⁾

우선 대상 해역을 평면적으로 <그림 4-2>에서 나타내는 바와 같이 격자분할하여, 수위(ζ), 유속(u, v), 수심(h)등을 정의하고, 점(i, j), (i+1/2, j) 및 (i, j+1/2)에 대하여 식 (4.1)~(4.3)을 각각 차분화한다. ADI법에서는 시간step을 2등분하여, 전반시간 step (n+1/2)Δt에서는 식(1)의 좌변 제 1항의 ζ , 제 2항의 u , 그리고 식(2)의 좌변 제 2항의 u (미분항은 제외), 제 5항의 ζ 를 음형식으로 나타내고 나머지 항을 양형식의 이전 step값 또는 기지량으로 나타내는 다음 식과 같은 형태의 차분식을 도입하여, x방향의 i의 큰쪽에서 작은 쪽으로 ζ 와 u 를 순차적으로 구하고, 이들 값을 이용하여 식 (3.1)로부터 j의 작은 쪽에서 큰 쪽으로 양형식으로 v 를 구한다.

$$\zeta_{i,j}^{(n+(1/2))} = - P_{i,j} u_{i-(1/2),j}^{n+(1/2)} + Q_{i,j} \dots\dots\dots 4.4$$

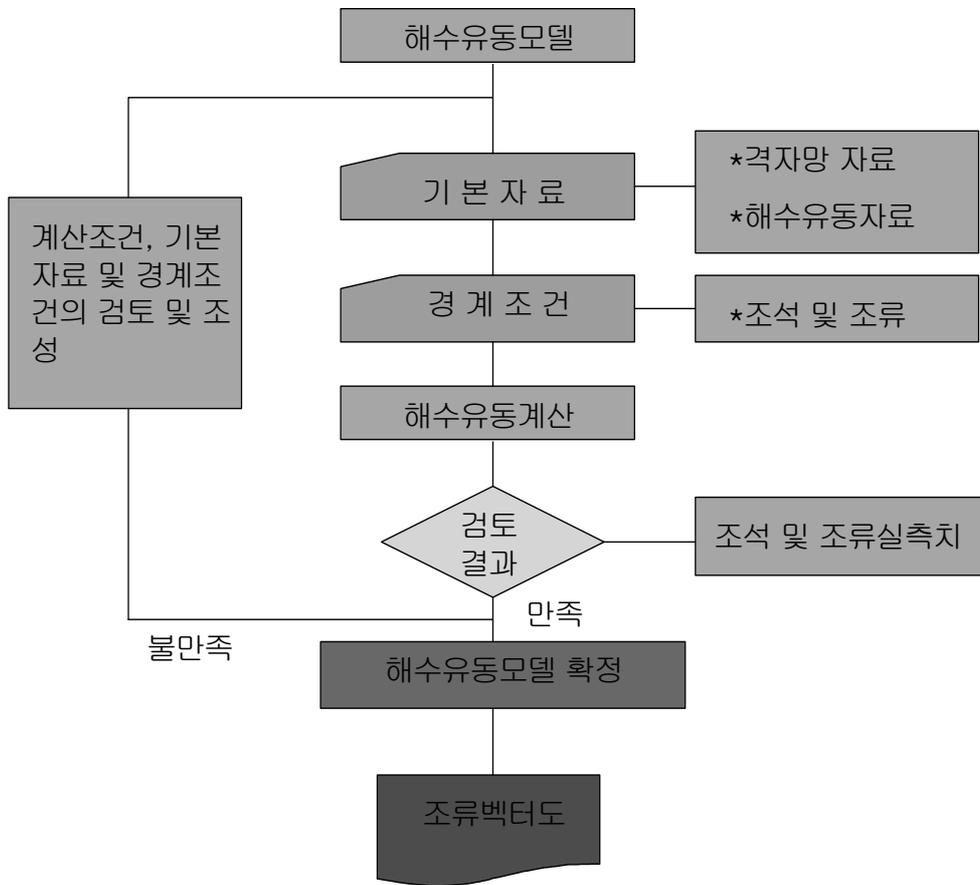
$$u_{i-(1/2),j}^{(n+(1/2))} = -R_{i-1,j} \zeta_{i,j}^{n+(1/2)} + S_{i,j} \dots\dots\dots 4.5$$

다음 후반의 시간 step인 $(n+1)\Delta t$ 에서는 식(4.1)의 좌변 1항의 ζ , 제3항의 v 및 식(4.3)의 제3항의 v (미분항은 제외) 및 제5항의 ζ 를 음형식으로 나타내어 다음식과 같은 형태의 차분식을 유도함으로써, ζ , v 를 y 방향에 따라 j 의 큰 쪽에서 작은 쪽으로 ζ 와 v 를 순차적으로 구하고, 이들 값을 사용하여 u 를 양형식으로 구한다.

$$\zeta_{i,j}^{(n+1)} = -P_{i,j} v_{i,j-(1/2)}^{(n+1)} + q_{i,j} \dots\dots\dots 4.6$$

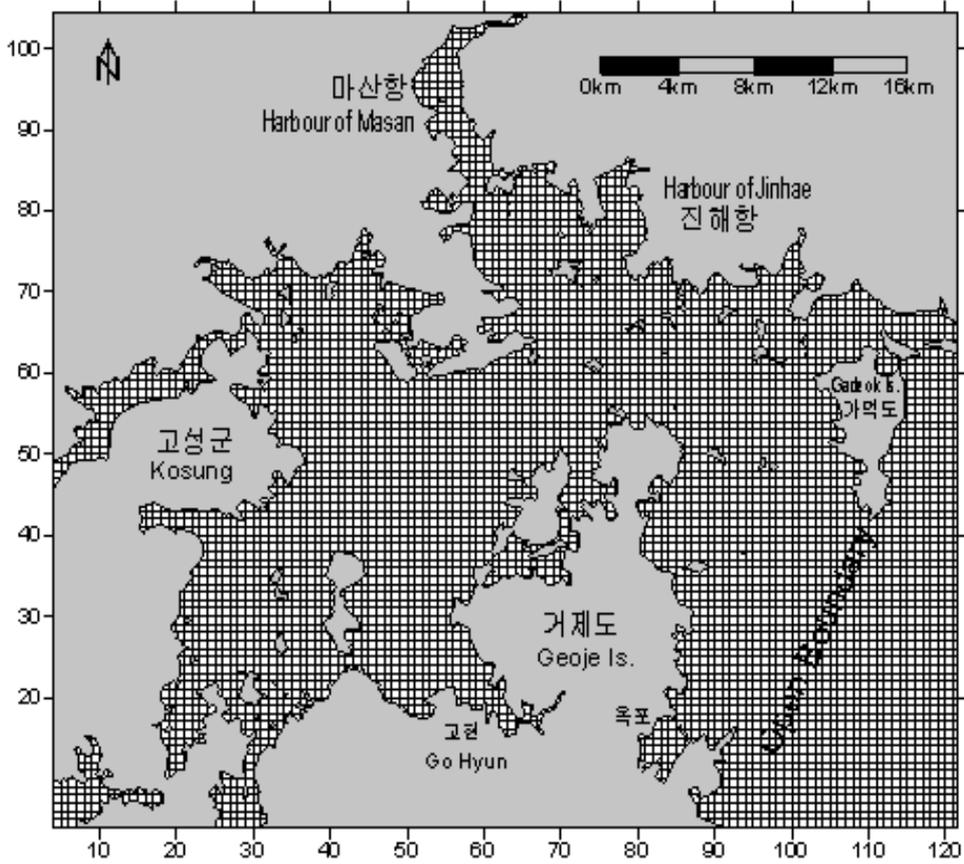
$$v_{i,j-(1/2)}^{(n+1)} = -\gamma_{i,j-1} \zeta_{i,j}^{(n+1)} + S_{i,j-1} \dots\dots\dots 4.7$$

여기서 $P_{i,j}$, $Q_{i,j}$, $R_{i-1,j}$, $S_{i,j}$, $q_{i,j}$, $\gamma_{i,j-1}$, $S_{i,j-1}$ 은 $(n+(1/2))\Delta t$ 또는 $(n+1)\Delta t$ 시간 step보다 앞 단계 시각에서 결정된 이미 알고 있는 값이다. 이러한 계산과정을 반복하여, 계산결과가 안정될 때까지 계산을 수행하면 대상해역 중앙 영역에서의 수위 및 유속을 구할 수 있다. 이상의 해법을 사용한 해수유동모형을 <그림 4-2>과 같은 흐름으로 구성하였다. 계산대상해역은 진해만을 대상으로 하고, 계산대상해역의 격자망은 <그림 4-3>와 같이 구성하였다. 수심자료는 이 해역에 대한 수로국간행 해도(No.206)로부터 취득하여 <그림 4-4>와 같이 입력하고 이 자료에 평균해면(M.S.L)값을 더하여 수심을 보정하였다. 계산시간간격(Δt)은 계산안정조건(CFL조건)을 만족하는 10sec로 하였으며, 경계조건은 개방경계에서 매시간 step마다 조화상수에 의한 정현파로부터 주어지는 수위를 입력하였다. 또한 초기조건은 전체 계산영역에서 수위 및 유속을 0으로 하였다. 계산시 입력되는 각종 입력조건을 요약하면 <표 4-1>과 같다.



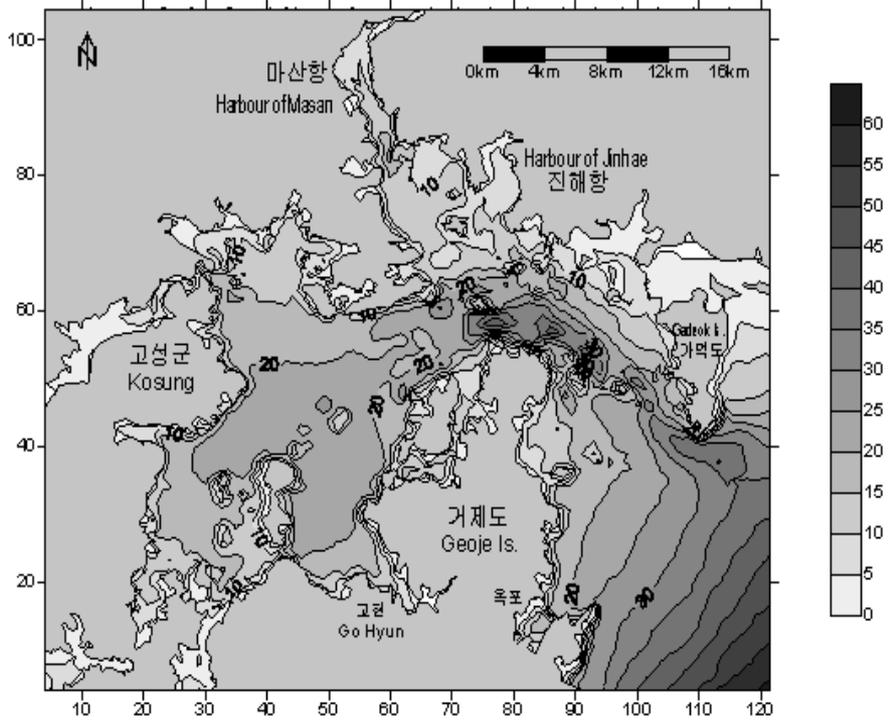
<그림 4-2> 유동계산의 흐름도

Jinhaebase.srf



<그림 4-3> 대상해역의 격자망

Jinhaedep.srf



<그림 4-4> 수심도

<표 4-1> 해수유동계산을 위한 입력조건

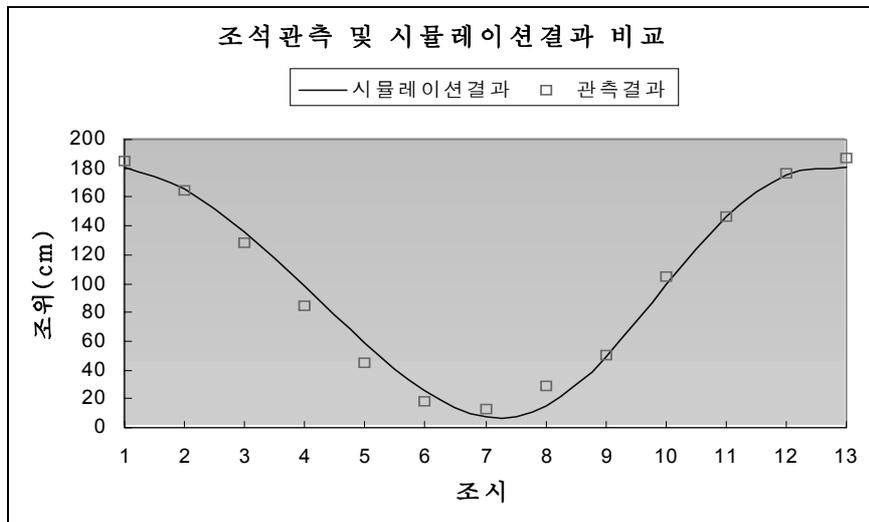
항 목	입 력 치
격자간격($\Delta x, \Delta y$)	400m, 400m
계산시간간격(Δt)	10sec(CFL 조건만족)
Coriolis 계수(f)	$f=2\omega\sin\Phi$, $\omega=2\pi/(24\times 60\times 60)$, $\Phi=35^{\circ}06' N$
조도계수(C)	$C=19.4 \ln$
경계조건	대조기 개방경계조건의 수위값을 결정
초기조건	전체 계산영역에서 수위 및 유속을 0.0으로 하여 계산시작

4.3 모델의 검증

수치모델의 재현성을 검증하기 위하여 국립해양조사원에서 관측한 조석자료와 해수유동 시뮬레이션 결과를 비교하여 검증하였다. <표 4-2>는 진해항에서의 저·고조위 관측치와 계산치를 비교한 결과이며, <그림 4-5>는 그 대비 곡선이다. 표와 그림에서 알 수 있듯이 관측치와 계산치는 크게 다르지 않고 거의 일치한다.

<표 4-2> 진해항 조석 검증결과

구 분	관 측 치(cm)			계 산 치(cm)		
	저조위	고조위	조차	저조위	고조위	조차
진해항	12.2	187.2	175.0	7.1	180.9	173.8



<그림 4-5> 조석관측 및 시뮬레이션결과 비교

4.4 수치실험 결과분석

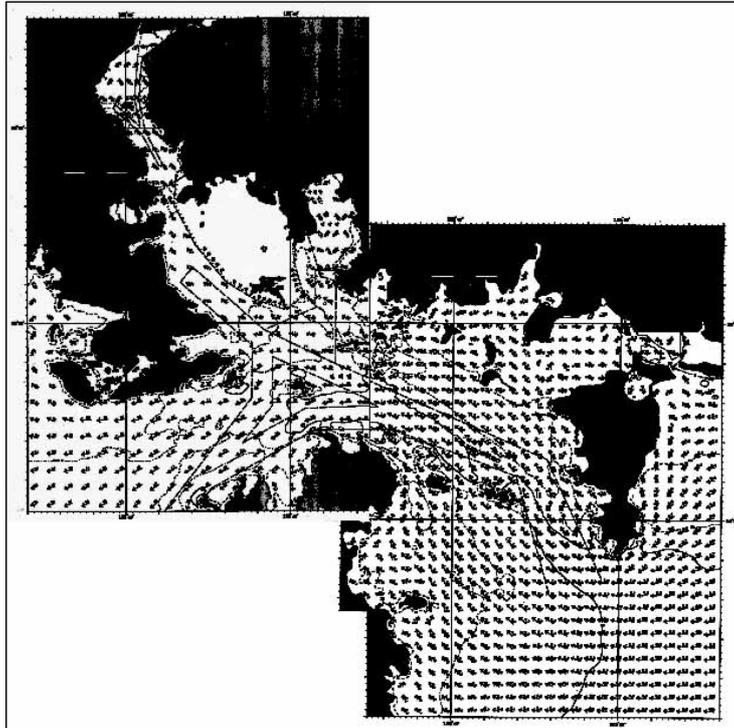
수치실험의 재현성을 검증하기 위해 해양조사원에서 관측한 최대창조류 및 최대낙조류의 유속과 비교하였다. <그림 4-6>과 <그림 4-7>은 각각 해양조사원에서 관측한 대조기의 최대창조류와 최대낙조류이고¹⁴⁾¹⁵⁾, <그림 4-8>과 <그림 4-9>는 대상해역에서 유동시물레이션 결과의 재고기에서의 최대창조류와 최대낙조류의 유동형태이다. 영역내의 유동형태가 거의 일치하고 있다는 것을 알 수 있다.

유동시물레이션의 결과 가덕수로 주변에서 창조류는 가덕수로 남동쪽에서 유입하여 북서측을 통하여 진해나 마산으로 흘러 들어가는 유향을 띤다. 즉, 가덕수로에서 진해만 입구까지는 창조류가 서북서 내지 북쪽으로 흐른다. 또한 저도 동서측 수로에서 창조류는 북북서 및 북쪽으로 흐른다. 그리고 거제도 북측수로로 진입하여 마산항으로 유입하는 북서류와 진해만 입구수로를 통하여 서 및 남서류로 분기하여 진행한다.

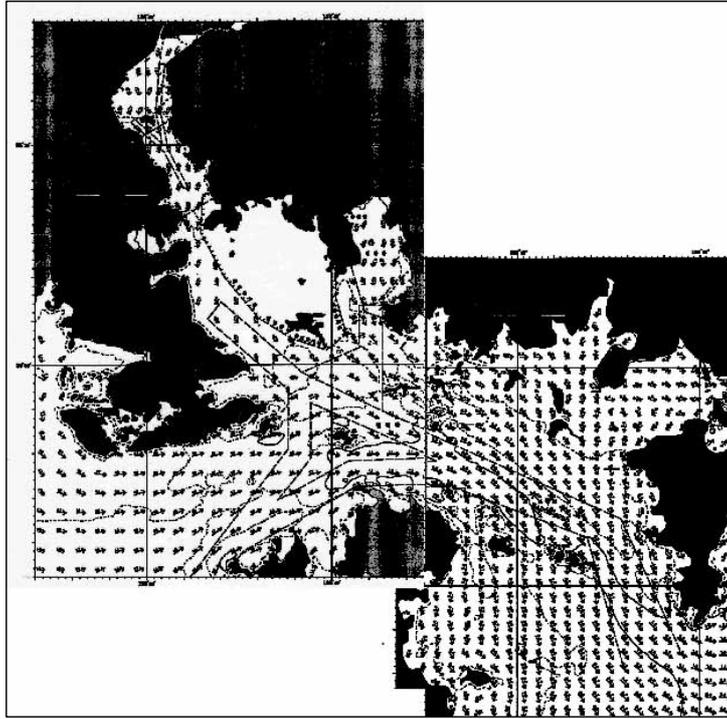
낙조류는 가덕수로 입구 부근에서 창조류와 반대 방향을 띤다. 가덕수도에서 진해만 입구까지는 동남동 및 남남동류한다. 저도 동서측 수도에서 낙조류는 남남동류하며, 마산항에서 남동향하여 거제도 서측에서 흐르는 조류와 합류하여 외해로 빠져나간다.

<그림 4-10>은 해수유동 시물레이션의 잔차류를 나타내고 있다.

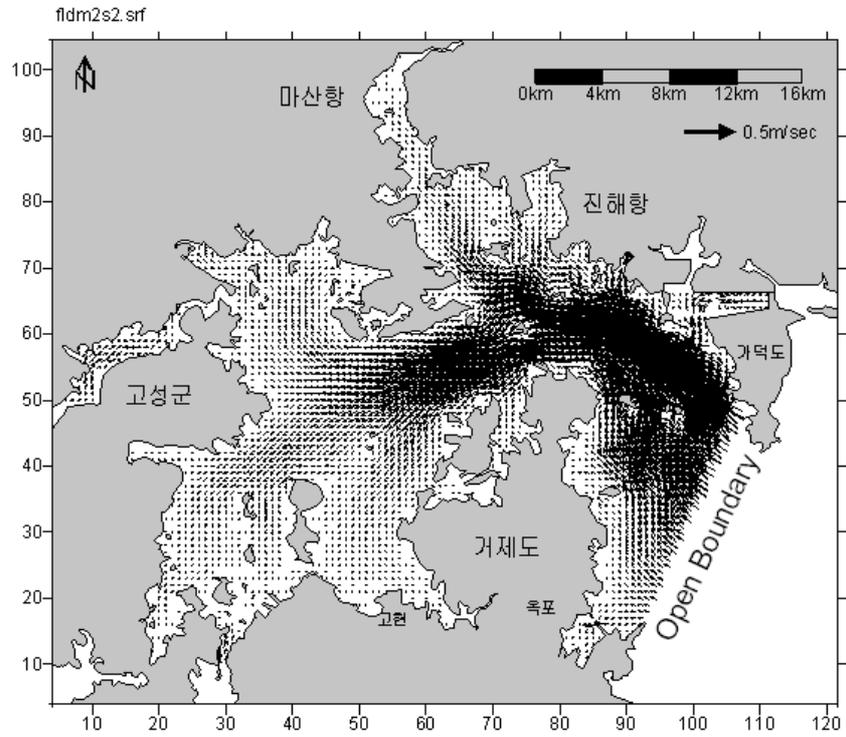
실측자료와의 비교분석하여 검증된 유동데이터를 이용하여 오염확산 시물레이션을 행하기 위하여 중조기의 1주석주기의 조류데이터를 저장하였다. 저장간격은 확산시물레이션의 Time Step 100 sec와 동일하게 설정하였다.



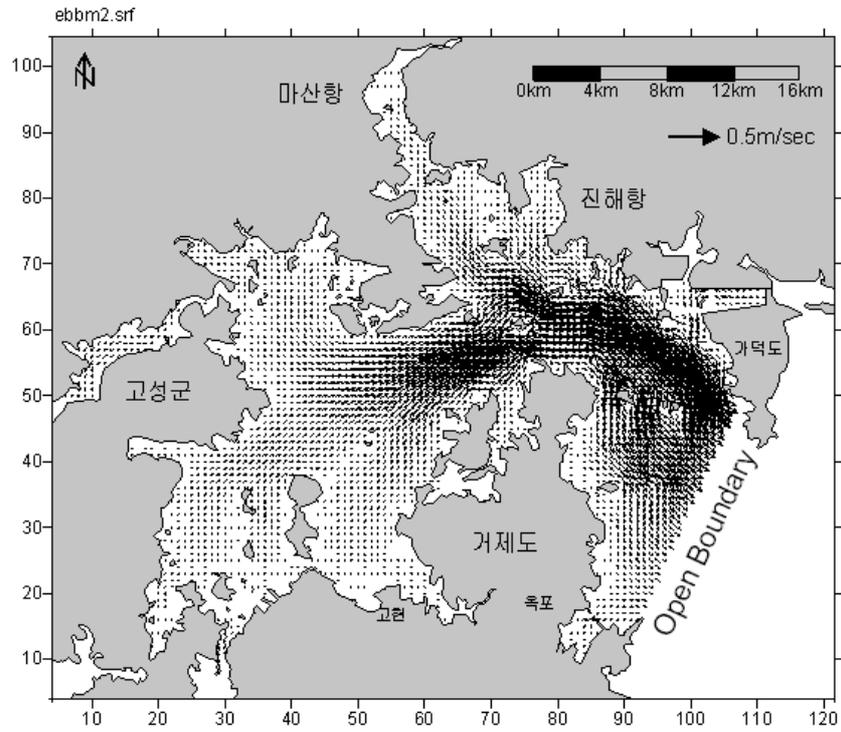
<그림 4-6> 대상해역의 최대창조류



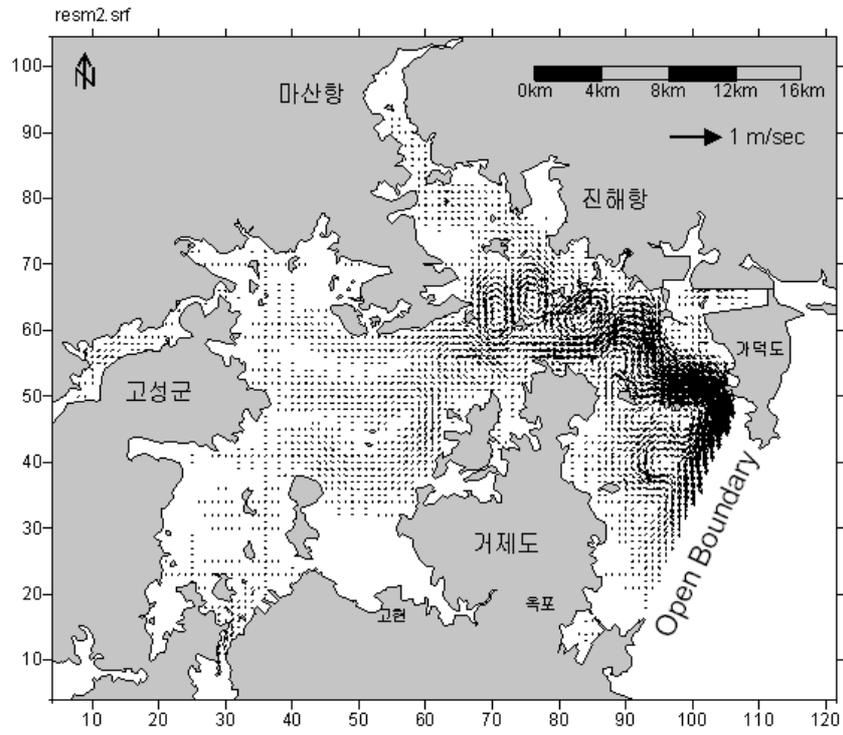
<그림 4-7> 대상해역의 최대낙조류



<그림 4-8> 시뮬레이션결과 최대창조류도



<그림 4-9> 시뮬레이션결과 최대낙조류도



<그림 4-10> 시뮬레이션결과 잔차류도

제5장 수질확산 시물레이션

5.1. 실험내용

5.1.1 오염물확산 지배방정식

2차원화된 물질확산의 방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial [(\zeta+h)C]}{\partial t} + \frac{\partial [(\zeta+h)UC]}{\partial x} + \frac{\partial [(\zeta+h)VC]}{\partial y} \\ &= \frac{\partial [(\zeta+h) D_x \frac{\partial C}{\partial x}]}{\partial x} + \frac{\partial [(\zeta+h) D_y \frac{\partial C}{\partial y}]}{\partial y} + q_m \dots\dots\dots(5.1) \end{aligned}$$

여기서,

C : 수심 평균 농도

D_x, D_y : x, y방향의 확산계수

q_m : 유입부하량

5.1.2 오염물 확산시물레이션

오염확산시물레이션은 제2장에서 언급한 국립수산진흥원에서 진해만내에서 관측하는 관측정점의 데이터를 초기 조건으로 입력하여 정상상태가 될 때까지 시물레이션을 행하여 오염 확산 형태를 파악하였다. 오염물 확산의 계산조건 및 경계조건은 다음과 같다.

- 수평격자간격 $\Delta x = \Delta y = 400\text{m}$
- 시간간격 $\Delta t = 100 \text{ sec}$

- 확산계수 $D_x, D_y : 1.0 \times 10^4 \text{ cm}^2/\text{sec}$
- 개방경계에 있어서 경계조건
 창조시 $C=0.0$
 낙조시 $\frac{\partial^2 C}{\partial y^2} = 0$

5.2 수치실험 및 분석

먼저 <그림 2-8>에 나타난 국립수산과학원의 2002년 관측지점 10곳의 데이터를 이용하여 춘하추동 및 각 층별 평균을 구하여 <표 5-1>에 나타냈다.

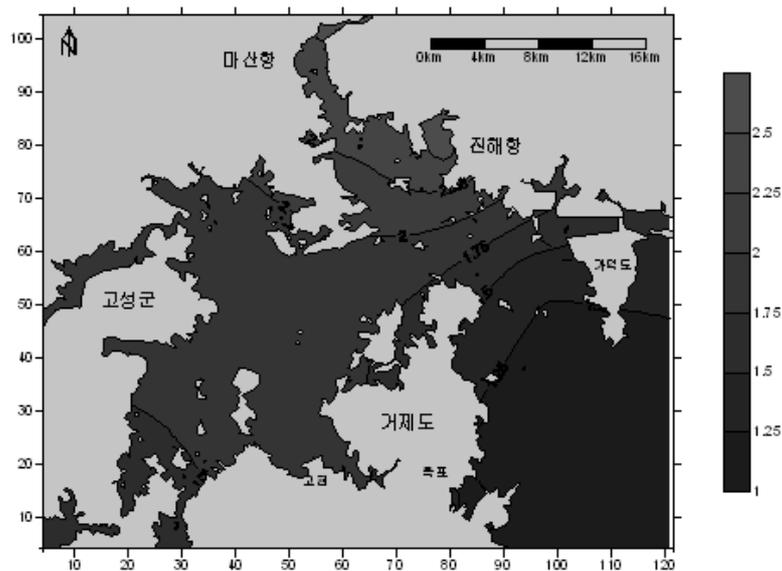
<표 5-1> 2002년 조사정점의 전층 COD조사결과

정점	춘	하	추	동	평균
1	1.01	1.84	1.03	1.5	1.29
2	2.06	2.34	2.04	2.04	2.15
3	1.62	2.08	1.75	1.94	1.82
4	1.64	2.42	1.55	2.27	1.87
5	1.61	2.12	1.25	1.85	1.66
6	1.72	2.3	1.79	1.72	1.94
7	2.85	2.3	2.35	3.06	2.50
8	2.42	2.75	2.04	2.36	2.40
9	2.32	2.94	2.37	2.72	2.54
10	0.71	1.19	1.12	1.47	1.01

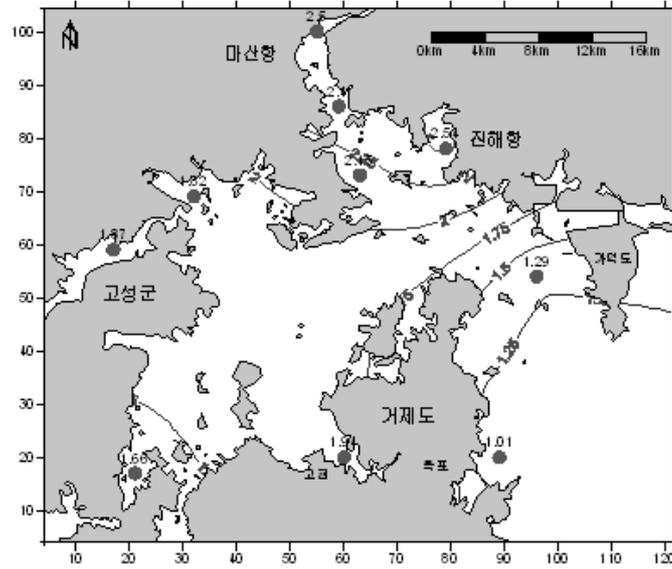
이 값을 이용하여 진해만 내의 초기값을 입력하고 시뮬레이션을 행하였다. 시뮬레이션은 정상상태에 이를 때까지 중조기(M2조)의 유동을 이용하여 실시하였다. 여기서 유동 데이터는 유동 시뮬레이션 시에 저장한 1조석 주기분의 데이터를 사용하였다.

<그림 5-1>에 오염확산시물레이션 결과를 나타낸다. 오염확산 시물레이션의 결과를 검증하기 위하여 관측결과의 비교를 행하였다. <그림 5-2>는 오염 확산시물레이션의 결과와 관측결과를 비교한 것으로 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 여기서 등치선은 계산결과이고 점은 관측결과이다.

계산 결과에 따르면 마산항 및 진해항의 수질은 3등급 정도를 유지하고 있으며 거제도 서측은 2등급 정도 가덕수로에서 외해는 1등급을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 이결과는 국립수산진흥원에서 조사한 결과를 이용하여 계산한 것이므로 제3장에서 관측한 자료와는 차이가 있는 것으로 나타났다.



<그림 5-1> 오염 확산시물레이션 결과



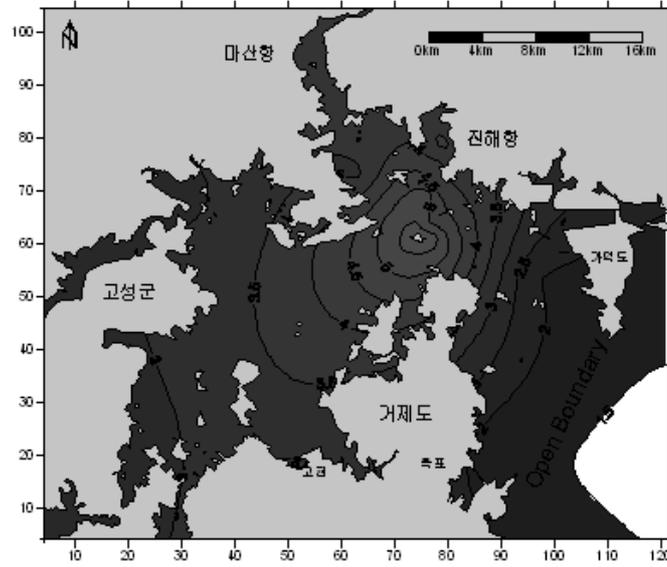
〈그림 5-2〉 오염 확산시물레이션과
관측결과의 비교

〈표 5-2〉에 2002년 7월부터 11월까지 행한 현장관측조사결과를 나타낸다. 각 지점별로 평균을 구하여 해당지점의 초기값으로 입력하여 오염 확산시물레이션을 실시하였다. 이 때는 진해만에서 적조가 한창 일어나고 있는 하절기로서 COD의 농도가 높게 나타나고 있다.

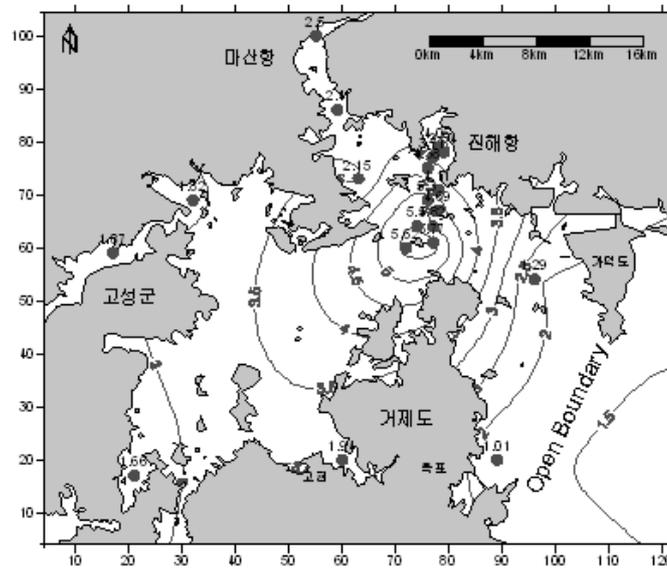
〈표 5-2〉 COD 현장관측조사결과

조사지점	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1차조사	4.62	4.44	4.00	4.36	4.74	4.32	4.92	5.42	4.88	5.00
2차조사	5.08	5.32	5.76	5.54	6.08	5.40	5.92	5.10	5.28	5.44
3차조사	5.02	4.72	5.12	4.64	5.36	4.52	5.34	4.46	5.12	4.98
4차조사	4.32	3.24	4.24	3.26	5.24	5.32	3.14	5.42	5.12	4.46
5차조사	4.28	2.56	4.18	2.86	5.38	2.56	2.62	6.22	4.34	3.10
평균	4.66	4.06	4.66	4.13	5.36	4.42	4.39	5.32	4.95	4.60

시뮬레이션의 결과를 <그림 5-3>에 나타내었다. 관측시기에는 적조가 활발하게 일어나고 있던 하절기로서 진해항 주변의 COD 농도가 높은 것으로 나타났다. 여기서는 관측결과의 부족으로 초기값을 입력함에 있어서 관측지점 이외의 곳은 수산진흥원의 자료를 이용하여서 정상상태가 될 때까지 계산을 행하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 현장관측 부근만이 높은 농도로 나타나고 있다. 좀더 관측지점을 추가하여 만 전반적인 자료를 이용하여 초기치를 입력하여야 정확한 분석이 가능할 것으로 판단된다. 또한 <그림 5-4>에 오염 확산시뮬레이션과 현장관측결과를 비교하였다. 진해항 주변이 다른 곳 보다 높기 때문에 여기를 중심으로 오염물이 확산되어 가고 있는 양상을 보이고 있으며, 이 영향으로 수산진흥원에서 관측하는 관측정점에서의 농도도 높게 나타나고 있다. 이것으로 미루어 보아 수산진흥원의 데이터가 약간 작은 수치를 나타내고 있음을 알 수 있으며 관측 포인트를 늘여서 관측한 데이터를 이용하여 오염 확산시뮬레이션을 행한다면 좀더 정확한 분석이 이루어 질 것으로 생각된다. 또한 진해항 및 마산항은 만의 안쪽에 위치하고 있어서 수질개선을 위한 방안¹⁶⁾들이 강구되어야 할 것이다.



<그림 5-3> 오염 확산시뮬레이션 결과



<그림 5-4> 오염 확산시뮬레이션과
관측결과의 비교

제6장 결론

해양환경자료에 나타난 바와 같이 진해만은 봄, 여름, 가을에는 북동풍이 우세이고, 겨울에는 북서계절풍의 영향으로 북서풍이 우세하게 나타난다. 연간으로 보면 북동풍이 우세한 것으로 관측되었다. 태풍의 경로는 남측 해상에서 발생하여 점차로 발달하면서 일본과 중국대륙해역을 북상하면서 ①우리나라 남해안을 거쳐 동해로 통과하는 경로, ②서해를 거쳐 중국으로 북상하는 경로, ③서해를 북상하는 도중 우리나라 중부지방을 횡단하여 동해로 통과하는 경로 등으로 분류되는데, 이들 태풍경로 중 남해를 거쳐 동해로 통과하는 태풍이 가장 위력적이고 큰 파랑을 유발케 하는 수가 많다. 대체적으로 8~10월에 빈번한 것으로 나타났다. 그리고 장마전선이 남해안의 해안선을 따라 걸쳐 있을 때 짧은 시간에 많이 내리는 호우로 수해를 입는다.

또한 국립수산진흥원의 관측정점 10개 곳의 자료를 분석하였으며, 또한 오염 확산시뮬레이션의 입력 자료로 사용하였다. 조사 분석 항목으로는 해수온도, 염분도, 수소이온농도(pH), 용존산소(DO), 화학적 산소요구량(COD), 총질소(T-N), 총인(T-P) 및 클로로필-a 등 8개였다.

그리고 진해만 적조발생지역의 10개 지점을 선정하여 2002년 7월부터 11월까지 총5회의 걸쳐 현장관측조사를 실시하였다. 관측항목으로서는 해수온도, 염분도, 수소이온농도(pH), 용존산소(DO), 화학적 산소요구량(COD), 총질소(T-N), 총인(T-P), 식물성 플랑크톤, 동물성 플랑크톤 및 클로로필-a 등 10개 항목이었다.

해수유동의 실험은 해수유동수치모델에 의한 대상해역모형의 구축, 예측실험 및 평가의 과정으로 수행되었다. 수치모형의 현장 적용성에 대한 검증은 대상해역의 지형자료, 조석·조류 관측 자료를 이용한 수치모형

에 의해 대조기 유동특성을 재현하고, 실측치와의 비교·검토에 의해 수행되었다. 수치모델을 구성하고, 주변해역의 해수유동을 계산·검증해본 결과 최대창조류일 때는 가덕수로에서 내만으로 조류가 흐르고 있으며, 최대낙조류일 때는 내만에서 가덕수로로 조류가 흐르고 있다. 특히 저도 부근에서는 입구가 좁고 수심도 가덕수로보다 낮은 지역이어서 조류의 속력이 빨라짐을 알 수 있다.

또한 계산된 유동 data를 이용하여 오염확산 시뮬레이션 모델을 구축하고 시뮬레이션을 행하여 그 수질환경특성을 파악하고자 하였다. 본 연구에서는 대상수역내의 국립수산진흥원 및 현장관측 조사를 통하여 관측한 데이터를 이용하여 COD농도 분포를 계산하여 진해만의 수질 특성을 파악하였다..

물론 해역의 수질오탁 기구는 매우 복잡한 양상을 띠고 있어서, 한 인자만으로 수질 특성을 전부 파악할 수 있는 것은 아니지만, 본 연구는 수질 오탁 기구를 파악해내기 위한 정량적인 시도로서 의의가 매우 클 것이다.

하지만, 오염현상은 오탁물질간의 상호작용에 의한 상승효과 등이 있기 때문에 각 인자간의 영향 등을 밝혀내는 것, 다른 인자의 영향 등이 향후의 연구 과제라 할 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) 水圏の環境--有田正光 編著 池田裕一, 中井正則, 中村由行, 道奥康治, 村上和男 著 東京電機大學出版局
- 2) 태풍연구홈페이지 <http://www.typhoon.or.kr/>
- 3) 기상연보--기상청
- 4) 기상연보--부산지방기상청
- 5) 부산신항개발기본계획용역보고서--기초자료집
- 6) 干拓工學--林迎春, 申東壽, 申文燮 共著. 圖書出版 京文社
- 7) 2001년 조석표(한국연안)--해양수산부 국립해양조사원
- 8) 1998 鎮海·馬山港 潮流觀測 結果 報告書--海洋水産部, 國立海洋調査院
- 9) 物理海洋學通論--李錫祐 圖書出版 集文堂
- 10) 국립수산진흥원 홈페이지 <http://www.nfrdi.re.kr>
- 11) 해양수산부홈페이지 <http://www.momaf.go.kr/main/main.asp>
- 12) 부산주변해역에서의 해수유동 및 수질환경 특성에 관한 연구--정봉훈
- 13) 金子安雄, 堀江毅, 村上和男, ADI法による潮流汚染擴散の數値計算, 港灣技術研究報告書 第14券 第1號 1975.
- 14) 조류도(마산·진해항)--1998년 9월 간행--국립해양조사원
- 15) 조류도(가덕수도)--1999년 8월 간행--국립해양조사원
- 16) 鞠承淇, 潮流殘差流の創造・制御による閉鎖性海域の水質改善に關する研究, 九州大學大學院 工學研究科(水工), 1998.