

## 제 2주제

# 충청남도 연구해 수산자원 및 환경관리 현황과 과제

임양재 박사

(국립수산과학원 서해수산연구소)





# 충청남도 연근해 수산자원 및 환경관리 현황과 과제

국립수산과학원 서해수산연구소

임 양 재

## 1. 서 론

황해는 태평양 서쪽 끝에 위치하고 한반도와 중국대륙에 둘러싸인 내만과 같은 모양을 하고 있으며, 남쪽의 경계는 진도 서남단과 제주도 서쪽 차귀도 서단 및 양쯔강 하구로 연결하는 선에 의하여 동해와 동중국해에 연하고 있다. 총 면적은 38만 km<sup>2</sup> 이고 평균수심은 약 45 m 이며 최대 수심은 100 이내로 조석에 의한 간만의 차가 심한 해역이다. 우리나라와 중국으로부터 담수의 유입이 많아 유기물의 함량이 높으며, 생산력인 높은 해역으로 동북아시아의 온대성 어류의 산란장으로 알려져 있다. 황해의 수괴는 저층냉수, 황해난류, 중국대륙 연안수, 한국남해 연안수로 이루어져 있다. 황해 저층냉수는 대륙붕의 대부분을 점하고 있는 고유 수괴이다. 황해난류는 큐로시오 난류의 일부가 제주도 남부에서 황해로 들어가는 해류로서 황해냉수의 움직임에 좌우되며, 보류로서 황해로 들어간다. 황해냉수가 남하 확장되는 동계에는 황해난류가 강해지며, 황해냉수가 북상하는 춘계에는 약해진다.

황해의 동쪽 중앙부에 위치한 충청남도는 북쪽으로 인천 및 경기도와 경계에 있는 아산만과 남쪽 전라북도와 경계에 있는 금강하구까지 큰 만과 하구가 곳곳에 산재해 있어 우리나라 서해에서도 수산자원이 풍부한 해역이었으나, 과거부터 진행된 간척사업, 특히 1970년대 후반부터 진행된 아산만 방조제, 삼교 방조제, 대호 방조제, 서산 A·B지구 방조제, 부사 방조제 등 대형 방조제의 축조로 인하여 해안선이 단조롭게 변화 되었으며, 이로 인하여 동북아시아의 최대 수산자원의 산란장으로서의 기능이 점차 약해지고 있다. 그럼에도 불구하고 가로림만, 천수만 등 크고 작은 만들과 하구가 잘 발달되어 많은 어류의 산란 및 성육장으로서 좋은 환경을 가진 수산자원학적인 측면에서 매우 중요한 지역이다.

우리나라의 해역별 환경관리 정책은 해양환경관리법, 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률, 해양수산발전 기본법, 무인도서의 보전 및 관리에 관한 법률, 연안 관리법, 습지 보전법, 어장 관리법, 해양과학 조사법에 규정하여 분야별로 체계화되어있고, 수산분야 관리 정책은 수산업법에 어업의 허가 관련사항을 규정하고 수산자원관리법에 대상 자원에 관한 사항을 규정하여 관리하고 있다. 해양환경 분야는 대체로 해양

환경관리법에 의하여 연근해의 해양환경상황 및 오염원에 대한 조사를 위하여 1998년부터 국가해양환경측정망을 운영하고 있으며, 해양환경상태가 비교적 양호하여 지속적으로 보전할 필요가 있는 해역을 환경보전해역으로 해역별 환경기준의 유지가 곤란한 해역을 특별관리해역으로 지정하여 해양생태계에 대한 모니터링을 실시하고 있다. 관리해역에 대한 관리기본계획은 해양환경관리법에 근거한 법정계획이자 해양수산발전기본계획 “해양한국(OCEAN KOREA)21” 추진을 위한 천계획, 해양환경보전종합계획의 세부실천계획의 성격을 띠며, 해양수산부장관이 중앙행정기관의 장 및 시·도지사와의 협의를 거쳐 수립하고, 관계 행정기관의 장이 관리기본계획에 대한 세부시행계획을 수립한다. 세부 내용은 해역별 환경기준, 행물 및 공간 자원 등을 토대로 육상기인 오염원의 유입예상량, 해역이용도, 해상경제활동을 토대로 작성되며, 환경(수질, 퇴적물) 관리 및 자원(생물, 공간)관리에 필요한 인적·물적·제도적 종합대책이 포함된다. 수산분야의 기본계획은 수산자원관리법에 의하여 수산자원관리 기본계획을 5년 단위로 수립 시행하도록 되어있으며, 2011년부터 2015년까지 제1차 기본계획에 의하여 ① 수산자원의 과학적 조사평가체계 구축을 구축, ② 수산자원 회복계획 정비 및 내실있는 자원조성사업 추진, ③ 총허용어획량 관리제도(TAC : Total Allowable Catch) 개선, ④ 수산자원보호구역 제도개선 등 수산자원 서식지 및 생태환경 관리 강화 및 ⑤ 자율관리어업 체질개선을 위한 정책을 추진하고 있다.

충청남도는 황해에 연접해있는 다른 시도에 비교하여 해양 및 수산과 관련한 유리한 입지적인 조건에도 불구하고 그 활용이 미흡한 수준으로 충청남도 연근해 수산자원 및 환경관리에 대하여 현재의 상황을 점검하고 앞으로 해결해야 할 과제들을 도출하고자 하였다.

## 2. 현황

### 가. 해양환경 분야

#### 1) 국내 해양환경모니터링 현황

바다는 규모가 매우 크기 때문에 육상이나 대기로부터 들어오는 모든 오염물질들을 정화시킬 수 있는 곳으로 알려져 왔다. 그러나, 자정능력의 한계를 벗어나면 해양의 생태계가 파괴되기 시작하며, 최종적으로는 인간도 피해를 입게 된다. 우리나라는 대도시와 공업단지들이 연안에 들어서면서 많은 오염물질들이 하천과 강을 통하여 바

다로 유입되어 왔다. 또한, 농업 및 공업용지 확보차원에서 무분별하고 무차별적으로 연안간척 및 매립사업을 추진해 왔으며, 1980년대 이후 양식산업이 성장하면서 자가오염이 심화되어 우리나라 연안 어장이 황폐화되는 실정이다. 최근, 국민의 생활이 변화되면서 해양을 이용한 레크레이션이 증가하고 있어 국민생활에 많은 부분이 해양과 밀접한 관계를 가지고 있다. 이에 따라 해양환경을 보호하고, 지속적으로 이용하기 위해서는 해양에서 일어나고 있는 각종 현상들을 보다 상세하게 알고 있어야만 그 대처방안을 모색할 수 있다. 해양환경을 보다 상세하게 이해하기 위해서는 지속적이고 종합적인 모니터링이 이루어져야 한다. 해양환경 모니터링의 목적은 해양환경에 대한 오염원을 찾는 것이며, 각종 오염물질의 기원 및 원인을 분석하고, 해양환경을 보전하기 위한 대책을 찾는 것이다. 해양환경 모니터링은 목적 및 주기, 조사항목, 조사대상에 따라 많은 종류가 있지만 여기에서는 해양환경을 보호하기 위하여 국내에서 운영하는 지속성 해양환경모니터링 제도에 대해서 살펴보았다. 현재 운영중인 국내 연안의 해양환경 모니터링은 해양환경관리공단에서 운영중인 해양환경측정망과 해양생태계기본조사사업단에서 운영하는 해양생태계기본조사, 국립수산물과학원의 어장환경모니터링과 유해적조모니터링 등이 있다.

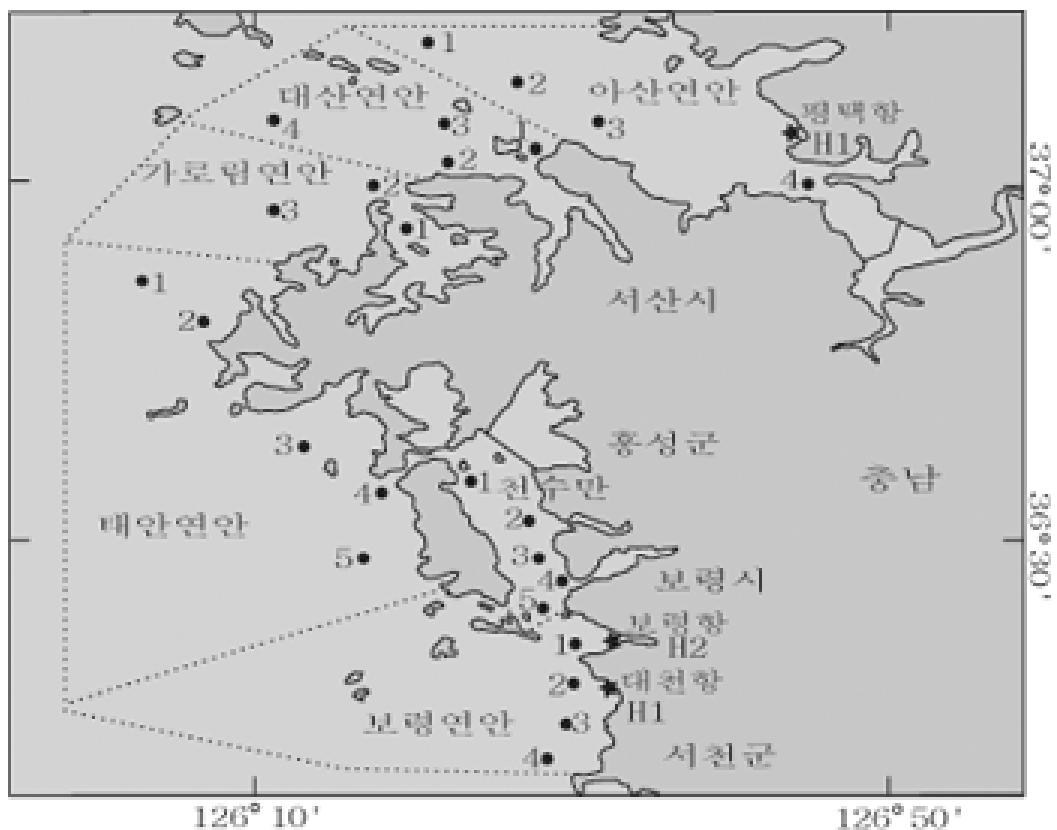


그림 1. 충남연안 해양환경측정망 정점도.

국내에서 운영하는 해양환경 모니터링 중 가장 대표적인 모니터링 제도가 해양환경측정망 운영이다. 해양환경측정망은 전국 연안 및 근해역에 대한 해양환경 상태와 오염원 조사를 정기적으로 수행하는 모니터링으로 크게 항만환경측정망과 연근해환경측정망, 환경관리해역환경측정망, 하구역환경측정망으로 구성된다. 해양환경측정망은 해양환경관리공단(KOEM)에서 수행하고 있으며, 전국의 연안과 근해역의 374개 정점에서 2월과 5월, 8월, 11월에 해양환경 현황을 조사하고 있으며, 충남 연안에서 수행되는 해양환경측정망 정점은 그림1과 같다.

## 2) 조사 결과

### 가) 아산연안

아산연안에 대한 해수 중 수온, 염분, 수소이온농도, 용존산소, 화학적산소요구량, 영양염류, 부유물질 및 클로로필 a의 연변화 특성을 파악하기 위하여 4개 정점을 선정하여 1997년부터 2010년까지의 자료를 항목별 계절별과 연도별로 정리하였으며, 각 성분에 대한 평균값의 연 변화와 계절별 변화 양상을 그림 2에서 5까지 나타내었다.

#### (1) 수온

수온은 평균 표층  $13.47 \pm 7.62^{\circ}\text{C}$ , 저층  $13.11 \pm 7.35^{\circ}\text{C}$ 로서 표층이 저층에 비해  $0.36^{\circ}\text{C}$  높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층 비슷한 상태로서 1998년에는 표층  $14.66 \pm 8.24^{\circ}\text{C}$ , 저층  $14.40 \pm 8.24^{\circ}\text{C}$  이후 2003년까지 표층  $12.65 \pm 7.11^{\circ}\text{C}$ , 저층  $12.19 \pm 6.94^{\circ}\text{C}$ 로 낮아지는 경향이었고, 2005년 표층  $14.05 \pm 8.17^{\circ}\text{C}$ , 저층  $13.76 \pm 7.94^{\circ}\text{C}$ 로 높아졌다가 그 후로는 불규칙한 연 변화를 나타내어 2010년에는 표층  $12.36 \pm 8.01^{\circ}\text{C}$ , 저층  $11.72 \pm 7.42^{\circ}\text{C}$ 으로 조사기간중 가장 낮은 수온을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $2.76 \pm 0.93^{\circ}\text{C}$ , 저층  $2.77 \pm 0.98^{\circ}\text{C}$ , 봄철인 5월은 표층  $12.39 \pm 1.50^{\circ}\text{C}$ , 저층  $11.80 \pm 1.67^{\circ}\text{C}$ , 여름철인 8월은 표층  $23.74 \pm 1.45^{\circ}\text{C}$ , 저층  $22.87 \pm 1.31^{\circ}\text{C}$ , 가을철인 11월은 표층  $14.99 \pm 1.55^{\circ}\text{C}$ , 저층  $14.98 \pm 1.57^{\circ}\text{C}$ 로 인천연안과 마찬가지로 겨울철이 변화폭이 상대적으로 가장 크고, 여름철이 낮은 상태를 나타내었다.

#### (2) 염분

염분은 평균 표층  $30.27 \pm 1.72$ , 저층  $30.56 \pm 1.24$ 로서 표층이 저층에 비해 0.29 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년에 표층  $31.59 \pm 1.68$ , 저층  $31.72 \pm 1.48$ 로 조사기간중 가장 높았으며 그후 낮아져 1999년에는 표층

29.57±1.99, 저층 30.08±1.16이었고 그 후 변곡선 형태로 높아졌다가 낮아져 2003년에는 표층 29.48±1.67, 저층 30.01±0.99로 낮은 염분을 나타낸 후 점차 증가 추세로 2009년에 표층 31.00±0.99, 저층 30.93±0.92이었으며 2010년에는 표층 30.35±1.44, 저층 30.72±1.00이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층 31.12±0.87, 저층 31.13±0.93, 봄철인 5월은 표층 30.90±1.22, 저층 31.14±0.77, 여름철인 8월은 표층 28.67±2.12, 저층 29.44±1.29, 가을철인 11월은 표층 30.39±1.21, 저층 30.54±1.10로 여름철이 다른 계절에 비해 표층 2.13, 저층 1.49정도 낮은 상태이었다.

### (3) 수소이온농도

수소이온농도는 평균 표층과 저층 공히 8.01±0.18로서 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 같은 경향으로 대체로 연간 표층 0.013, 저층 0.009정도씩 높아지는 추세로 2001년에 표층 7.82±0.15, 저층 7.82±0.16로 가장 낮았으나 그 후로 불규칙적으로 증감을 반복하면서 증가경향으로 2010년에는 표층 8.04±0.20, 저층 8.02±0.13을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층 8.04±0.20, 저층 8.04±0.19, 봄철인 5월은 표층 8.05±0.14, 저층 8.04±0.13, 여름철인 8월은 표층 7.97±0.24, 저층 7.94±0.24, 가을철인 11월은 표층 8.00±0.14, 저층 8.01±0.15로 2월과 5월이 다른 조사월에 비해 약간 높은 수소이온농도를 나타내었다.

### (4) 용존산소

용존산소는 평균 표층 8.73±2.11 mg/L, 저층 8.52±2.00 mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.22 mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년에 표층 6.80±3.23 mg/L, 저층 7.13±3.14 mg/L, 2000년에 표층 7.27±1.36 mg/L, 저층 7.15±1.20 mg/L로 상대적으로 낮은 용존산소량을 보였으나 대체로 표층은 연 0.149 mg/L, 저층은 연 0.113 mg/L 정도 증가경향으로 2010년에는 표층 10.04±1.25 mg/L, 저층 9.72±1.53 mg/L을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층 10.96±1.44 mg/L, 저층 10.74±1.28 mg/L, 봄철인 5월은 표층 9.21±1.22 mg/L, 저층 9.06±1.29 mg/L, 여름철인 8월은 표층 7.13±2.19 mg/L, 저층 6.68±1.71 mg/L, 가을철인 11월은 표층 7.63±0.75 mg/L, 저층 7.58±0.65 mg/L로 연안의 일반적인 특징인 저수온기인 겨울은 높았고 고수온기인 여름철은 낮은 용존산소를 나타내었다.

### (5) 화학적산소요구량

화학적산소요구량은 평균 표층 1.33±0.58 mg/L, 저층 1.25±0.56 mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.08 mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상

테로서 1998년 표층이  $1.01 \pm 0.36$  mg/L, 저층  $1.11 \pm 0.50$  mg/L이었다가 1999년에는 표층이  $1.59 \pm 0.74$  mg/L, 저층  $1.47 \pm 0.65$  mg/L로 높아졌으며 2002년 1.01 mg/L수준으로 낮아지다가 2003년에 표층이  $2.00 \pm 0.77$  mg/L, 저층  $1.87 \pm 0.89$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으며 그 후 2007년에 표층이  $1.00 \pm 0.22$  mg/L, 저층  $0.79 \pm 0.27$  mg/L로 감소하다가 다시 약간씩 증가경향으로 2010년에는 표층  $1.37 \pm 0.61$  mg/L, 저층  $1.35 \pm 0.43$  mg/L을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $1.45 \pm 0.55$  mg/L, 저층  $1.53 \pm 0.58$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $1.28 \pm 0.51$  mg/L, 저층  $1.11 \pm 0.51$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $1.54 \pm 0.68$  mg/L, 저층  $1.29 \pm 0.56$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $1.04 \pm 0.44$  mg/L, 저층  $1.06 \pm 0.46$  mg/L로 겨울철과 여름철이 다른 계절에 비해 약간 높은 화학적산소요구량을 나타내었다.

#### (6) 암모니아질소

암모니아질소는 평균 표층  $0.053 \pm 0.076$  mg/L, 저층  $0.044 \pm 0.063$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.009 mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 약간 다른 상태로서 표층의 경우 1997년  $0.099 \pm 0.136$  mg/L이었다가 2000년에  $0.032 \pm 0.038$  mg/L로 감소 후 2001년에는  $0.117 \pm 0.104$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으며 그후 변곡선 형태로 감소추세로 전반적으로 연 0.0065 mg/L 씩 낮아져 2010년에는  $0.021 \pm 0.024$  mg/L이었다. 저층의 경우 1997년  $0.099 \pm 0.161$  mg/L로 가장 높았으며, 2000년까지  $0.032 \pm 0.034$  mg/L로 감소 후 2002년에  $0.062 \pm 0.054$  mg/L로 증가 추세이후 변곡선 형태로 감소 경향으로 연 0.0048 mg/L 씩 낮아져 2010년에는  $0.018 \pm 0.020$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.044 \pm 0.042$  mg/L, 저층  $0.037 \pm 0.034$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.050 \pm 0.083$  mg/L, 저층  $0.030 \pm 0.038$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.086 \pm 0.099$  mg/L, 저층  $0.082 \pm 0.102$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.033 \pm 0.057$  mg/L, 저층  $0.027 \pm 0.035$  mg/L로 고수온기인 여름철이 상대적으로 높은 암모니아질소를 나타내었다.

#### (7) 아질산질소

아질산질소는 평균 표층  $0.013 \pm 0.013$  mg/L, 저층  $0.012 \pm 0.012$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.001 mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층과 저층 공히  $0.010 \pm 0.007$  mg/L이었다가 점차 증가하여 2001년에는 표층  $0.023 \pm 0.023$  mg/L, 저층  $0.022 \pm 0.023$  mg/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었고, 그후 변곡선 형태로 감소경향이었던가 2007년 표층과 저층 공히  $0.019 \pm 0.016$  mg/L로 높아진 후 다시 감소경향으로 2010년에는 표층과 저층 공히  $0.008 \pm 0.005$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.006 \pm 0.004$  mg/L, 저층  $0.006 \pm 0.003$  mg/L,

봄철인 5월은 표층  $0.007 \pm 0.006$  mg/L, 저층  $0.006 \pm 0.004$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.016 \pm 0.014$  mg/L, 저층  $0.014 \pm 0.011$  mg/L, 가을철인 11월은 표층과 저층 공히  $0.024 \pm 0.015$  mg/L로 인천연안과 마찬가지로 가을철인 11월 이 상대적으로 높은 아질산 질소를 나타내었다.

#### (8) 질산질소

질산질소는 평균 표층  $0.219 \pm 0.154$  mg/L, 저층  $0.196 \pm 0.119$  mg/L로서 표층이 저층에 비해  $0.023$  mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.128 \pm 0.059$  mg/L, 저층  $0.109 \pm 0.060$  mg/L로 조사기간중 가장 낮은 상태이었으나 그 후 약간의 변곡선 형태이나 대체로 증가 경향으로 2003년에는 표층  $0.374 \pm 0.223$  mg/L, 저층  $0.302 \pm 0.156$  mg/L로 2005년에는 표층  $0.366 \pm 0.210$  mg/L, 저층  $0.332 \pm 0.132$  mg/L로 높은 상태이었으나 그 후 감소하여 2010년에는 표층  $0.144 \pm 0.118$  mg/L, 저층  $0.144 \pm 0.101$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.261 \pm 0.142$  mg/L, 저층  $0.239 \pm 0.133$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.221 \pm 0.167$  mg/L, 저층  $0.196 \pm 0.109$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.192 \pm 0.180$  mg/L, 저층  $0.156 \pm 0.111$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.202 \pm 0.115$  mg/L, 저층  $0.194 \pm 0.111$  mg/L로 연중 비슷한 질산질소를 나타내었다.

#### (9) 용존무기질소

용존무기질소는 그 기여도에 있어 질산질소는 표층 76.57%와 저층 77.78%, 암모니아 질소는 표층 18.53%와 저층 17.46%, 아질산질소는 표층 4.55%와 저층 4.76%이었다. 용존무기질소의 평균 농도는 표층  $0.286 \pm 0.194$  mg/L, 저층  $0.252 \pm 0.143$  mg/L로서 표층이 저층에 비해  $0.034$  mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 질산질소와 같은 형태로 1997년에는 표층  $0.237 \pm 0.162$  mg/L, 저층  $0.218 \pm 0.187$  mg/L이었으나 대체로 증가 경향으로 2003년에는 표층  $0.458 \pm 0.307$  mg/L, 저층  $0.374 \pm 0.207$  mg/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었으나 그후 감소하여 2009년에는 표층  $0.156 \pm 0.097$  mg/L, 저층  $0.157 \pm 0.101$  mg/L로 가장 낮은 상태이었으며 2010년에는 표층  $0.173 \pm 0.139$  mg/L, 저층  $0.170 \pm 0.118$  mg/L로 약간 높아지는 상태이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.311 \pm 0.144$  mg/L, 저층  $0.282 \pm 0.132$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.278 \pm 0.230$  mg/L, 저층  $0.232 \pm 0.132$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.294 \pm 0.242$  mg/L, 저층  $0.252 \pm 0.170$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.259 \pm 0.138$  mg/L, 저층  $0.244 \pm 0.131$  mg/L로 연중 비슷한 용존무기질소를 나타내었다.

#### (10) 인산인

인산인은 평균 표층과 저층 공히  $0.020 \pm 0.012$  mg/L이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.009 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.010 \pm 0.008$  mg/L로 조사기간중 가장 낮은 수준이었고, 1998년부터 2003년까지는  $0.019 \sim 0.030$  mg/L로 비교적 높은 수준이었다. 2004년에는 표층  $0.014 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.016 \pm 0.005$  mg/L

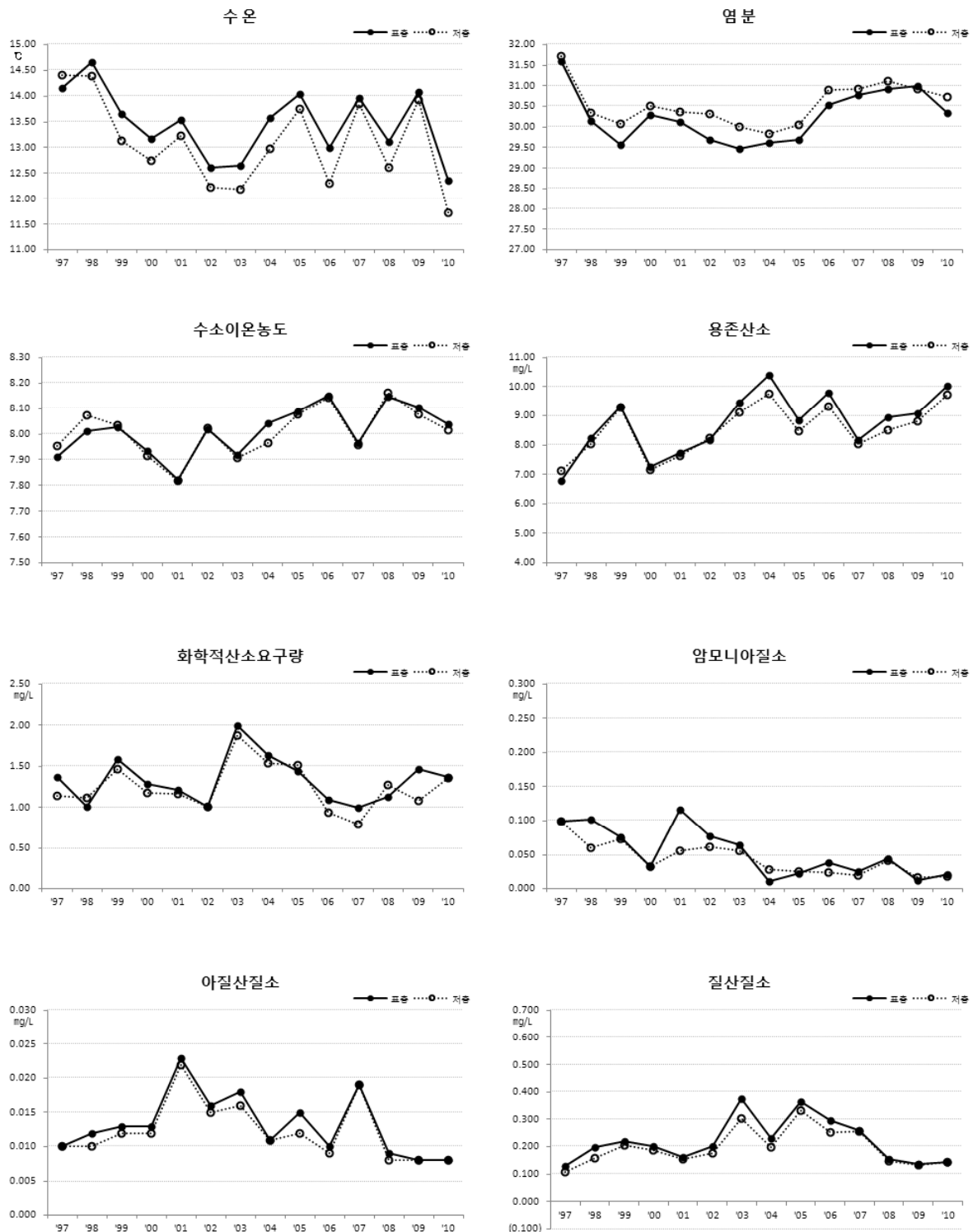


그림 2. 아산연안 표층수와 저층수 수온, 염분, pH, 용존산소, 화학적산소요구량, 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 연변화.



로 낮아진 다음 2007년까지 증가한 후 감소 경향으로 2010년에는 표층 0.016±0.011 mg/L, 저층 0.016±0.010 mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층 0.022±0.011 mg/L, 저층 0.022±0.012 mg/L, 봄철인 5월은 표층 0.014±0.007 mg/L, 저층 0.013±0.006 mg/L, 여름철인 8월은 표층 0.020±0.016 mg/L, 저층 0.018±0.013 mg/L, 가을철인 11월은 표층 0.027±0.009 mg/L, 저층 0.027±0.012 mg/L로 가을철인 11월이 상대적으로 높은 인산인을 나타내었다.

#### (11) DIN/DIP 비

DIN/DIP 비는 평균 표층 69.43±225.57, 저층 44.70±123.90로서 표층이 저층에 비해 24.73 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 형태로 1997년

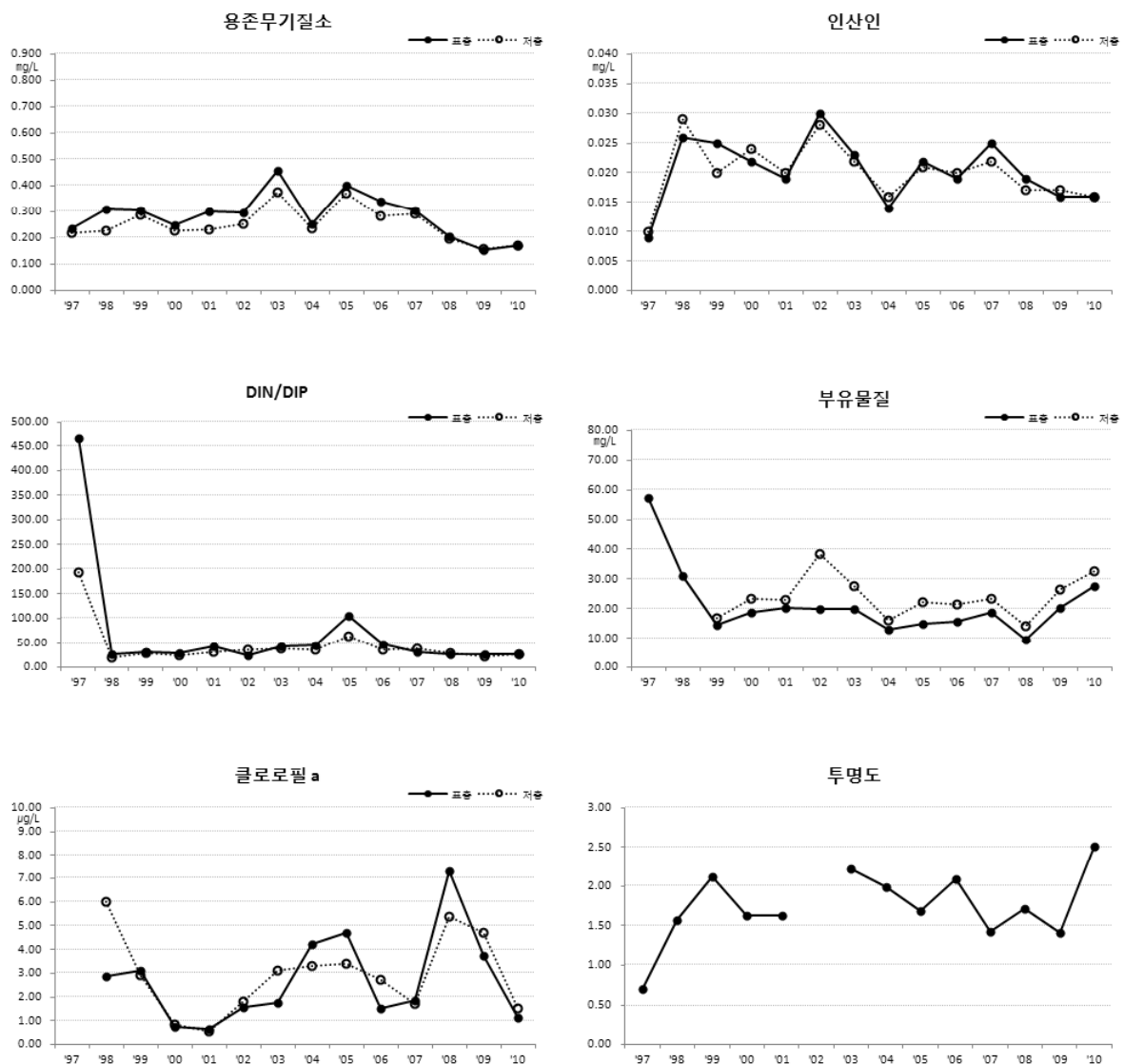


그림 3. 아산연안 표층수와 저층수 중 용존무기질소, 인산인, DIN/DIP, 부유물질, 클로로필-a 및 투명도의 연변화.

에는 표층  $466.48 \pm 722.83$ , 저층  $194.09 \pm 436.30$ 로 월등히 높은 상태이었다. 1998년 표층  $26.15 \pm 4.27$ , 저층  $20.22 \pm 5.67$ 로 낮아진 후 약간의 변곡선 형태로 평형 상태를 유지하였으며, 2005년에 표층  $105.47 \pm 197.11$ , 저층  $63.60 \pm 66.48$ 로 높았다가 이후 약간씩 낮아지는 추세로 2010년에는 표층  $26.52 \pm 23.72$ , 저층  $27.59 \pm 20.82$ 이었으나 전반적으로 연중 DIN/DIP 비가 16이상으로 인산인의 외부 유입시 적조 발생이 우려된다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $53.86 \pm 109.16$ , 저층  $37.89 \pm 37.87$ , 봄철인 5월은 표층  $83.55 \pm 212.33$ , 저층  $49.39 \pm 50.85$ , 여름철인 8월은 표층  $118.54 \pm 379.49$ , 저층  $71.16 \pm 238.26$ , 가을철인 11월은 표층  $21.76 \pm 8.19$ , 저층  $20.35 \pm 8.67$ 로 여름철인 8월이 상대적으로 높은 DIN/DIP 비를 나타내었다.

### (12) 부유물질

부유물질은 1997년~2010년중 1997년과 1998년에는 표층에서만 조사 하였으며, 평균은 표층  $21.5 \pm 18.99$  mg/L, 저층  $23.6 \pm 16.18$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 2.1 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층의 경우 1997년에  $57.5 \pm 32.77$  mg/L로 매우 높았었고 2년 동안 감소하여 1999년에는  $14.6 \pm 12.00$  mg/L이었으며 그 후 대체로 평형상태를 유지하면서 2008년에  $9.7 \pm 5.24$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았으며 그 후 증가 추세로 2010년에는  $27.6 \pm 22.66$  mg/L이었다. 저층의 경우 1999년에는  $16.9 \pm 16.01$  mg/L이었고, 2002년에는 증가하여  $38.3 \pm 11.34$  mg/L로 높았으며 그 후 2003년~2007년까지  $16.1 \sim 23.2$  mg/L 수준이었으나 2008년에는  $14.2 \pm 9.38$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았었고, 그후 증가하여 2010년에는  $32.8 \pm 26.44$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $34.0 \pm 25.08$  mg/L, 저층  $37.9 \pm 16.73$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $16.8 \pm 14.47$  mg/L, 저층  $20.5 \pm 13.45$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $12.7 \pm 10.34$  mg/L, 저층  $15.2 \pm 11.59$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $22.6 \pm 15.96$  mg/L, 저층  $23.9 \pm 14.90$  mg/L로 겨울철인 2월과 가을철인 11월이 상대적으로 높은 부유물질을 나타내었다.

### (13) 클로로필 a

1998년부터 2010년까지 13년 동안의 클로로필 a는 평균 표층  $2.70 \pm 4.26$   $\mu\text{g/L}$ , 저층  $2.74 \pm 3.15$   $\mu\text{g/L}$ 로서 표층이 저층에 비해 0.04  $\mu\text{g/L}$  낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 형태이며 1998년에는 표층  $2.86 \pm 2.22$   $\mu\text{g/L}$ , 저층 5.99  $\mu\text{g/L}$ 로 특히 저층에서 조사기간중 높은 상태이었으나 감소하여 2001년에는 표층  $0.68 \pm 0.90$   $\mu\text{g/L}$ , 저층  $0.55 \pm 0.50$   $\mu\text{g/L}$ 로 가장 낮게 나타내었다. 그후 2005년까지 표층  $4.68 \pm 5.84$   $\mu\text{g/L}$ , 저층  $3.38 \pm 2.31$   $\mu\text{g/L}$ 로 증가 경향이었으나 다시 감소와 증가의 변곡선

형태로 2008년에는 표층 7.32±10.25  $\mu\text{g/L}$ , 저층 5.40±5.83  $\mu\text{g/L}$ 로 표층에서 가장 높은 상태이었고 2010년에는 표층 1.12±1.22  $\mu\text{g/L}$ , 저층 1.52±1.22  $\mu\text{g/L}$ 로 낮은 생산력을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층 4.95±7.67  $\mu\text{g/L}$ , 저층 4.79±5.17  $\mu\text{g/L}$ , 봄철인 5월은 표층 2.30±1.95  $\mu\text{g/L}$ , 저층 2.65±2.11  $\mu\text{g/L}$ , 여름철인 8월은 표층

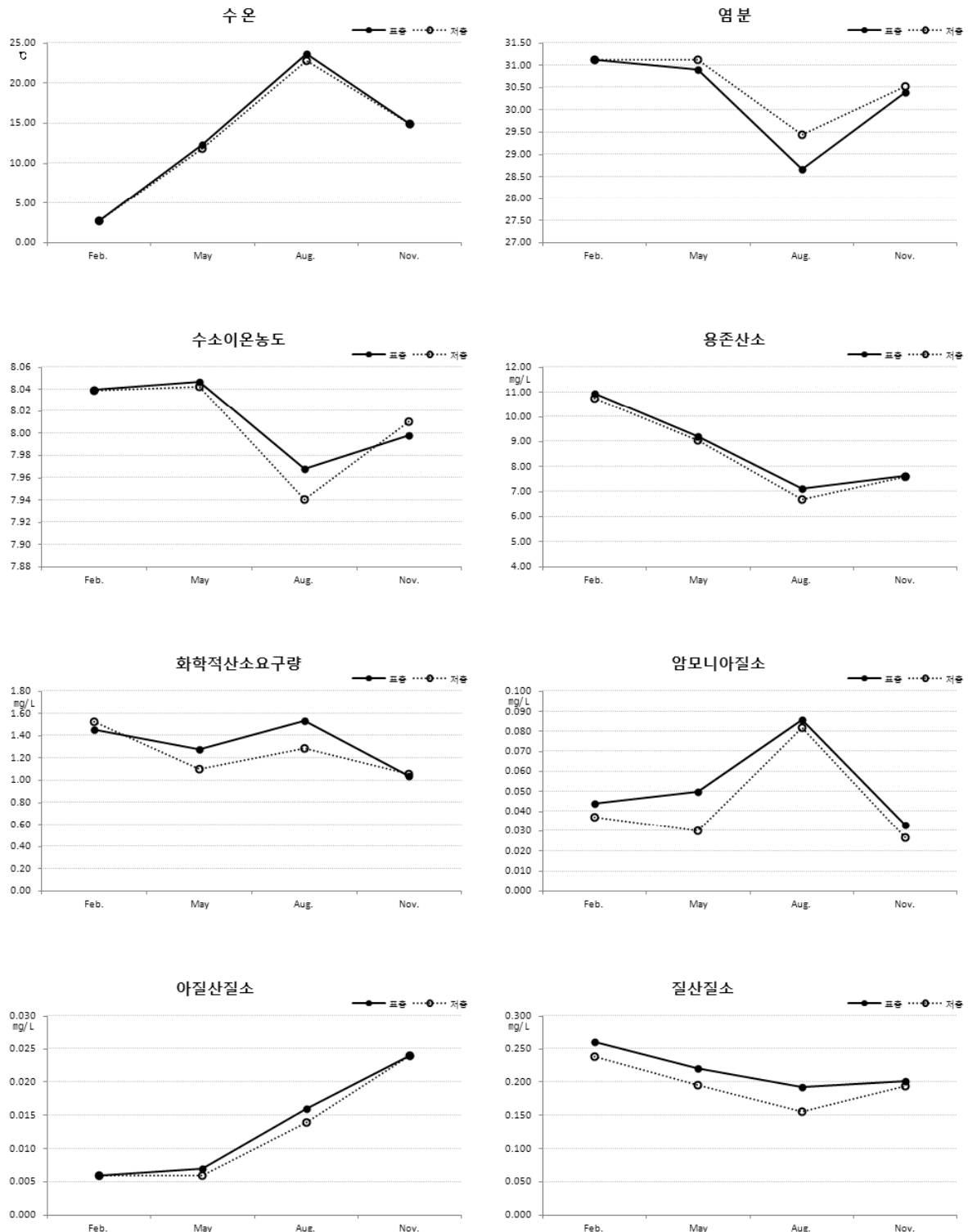


그림 4. 아산연안 표층수와 저층수 중 수온, 염분, pH, 용존산소, 화학적산소요구량, 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 계절변화.

2.30±1.68  $\mu\text{g/L}$ , 저층 2.38±1.94  $\mu\text{g/L}$ , 가을철인 11월은 표층 1.24±0.86  $\mu\text{g/L}$ , 저층 1.42±0.98  $\mu\text{g/L}$ 로 겨울철인 2월이 상대적으로 높은 클로로필 a를 나타내었다.

## 나) 대산연안

대산연안에 대한 해수 중 수온, 염분, 수소이온농도, 용존산소, 화학적산소요구량, 영양염류, 부유물질 및 클로로필 a의 연변화 특성을 파악하기 위하여 4개 정점을 선정하여 1997년부터 2010년까지의 자료를 항목별 계절별과 연도별로 정리하였으며, 각 성분에 대한 평균값의 연 변화와 계절별 변화 양상을 그림 6에서 9까지 나타내었다.

### (1) 수온

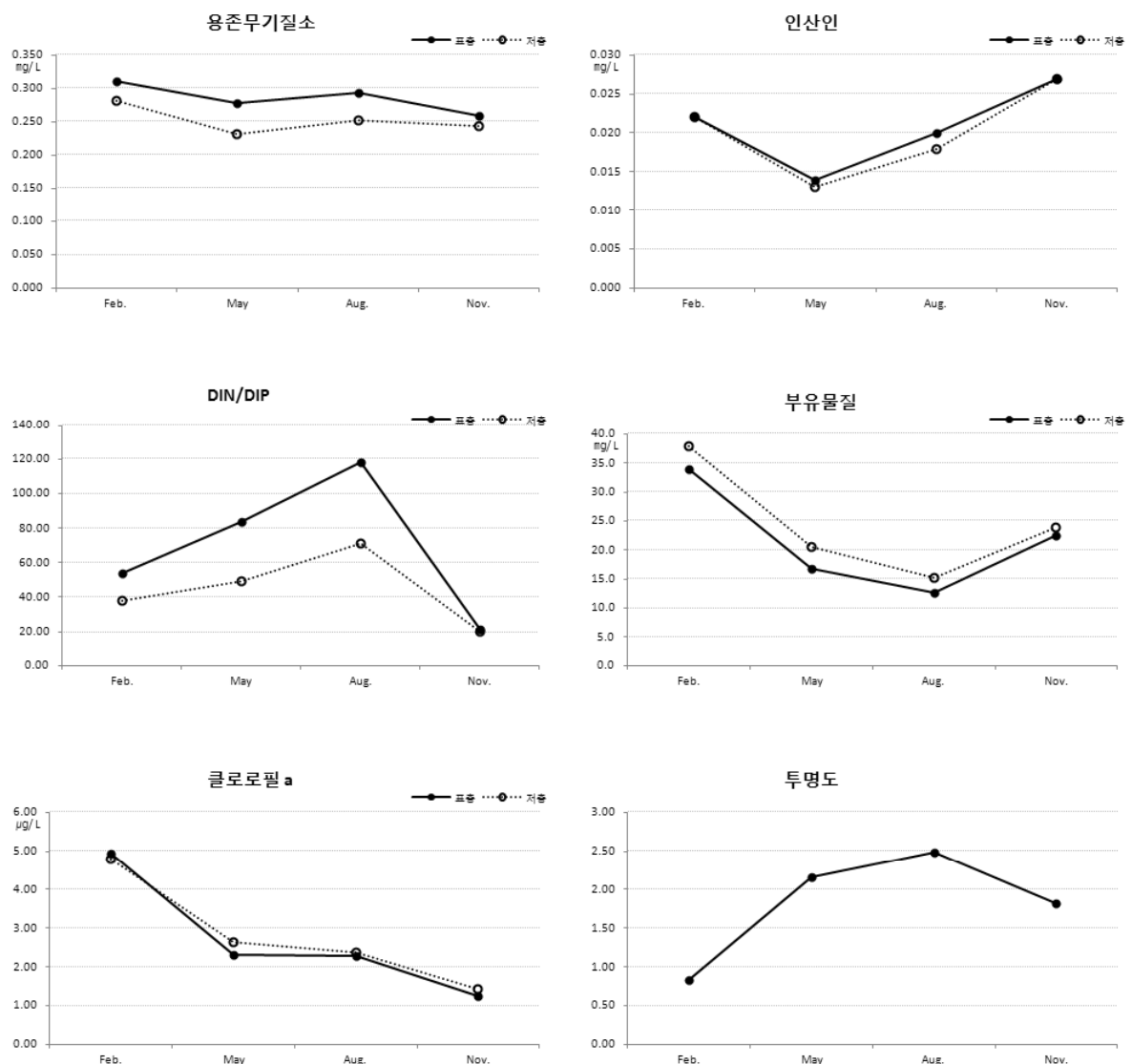


그림 5. 아산연안 표층수와 저층수 중 용존무기질소, 인산인, DIN/DIP, 부유물질, 클로로필-a 및 투명도의 계절변화.

수온은 평균 표층  $13.01 \pm 7.05^{\circ}\text{C}$ , 저층  $12.87 \pm 6.95^{\circ}\text{C}$ 로서 표층이 저층에 비해  $0.14^{\circ}\text{C}$  높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층 비슷한 상태로서 1998년에는 표층  $14.26 \pm 7.81^{\circ}\text{C}$ , 저층  $14.16 \pm 7.87^{\circ}\text{C}$  이후 2003년까지 표층  $12.20 \pm 6.68^{\circ}\text{C}$ , 저층  $11.98 \pm 6.59^{\circ}\text{C}$ 로 낮아지는 경향이었고, 2005년 표층  $13.72 \pm 7.54^{\circ}\text{C}$ , 저층  $13.58 \pm 7.43^{\circ}\text{C}$ 로 높아졌다가 그 후로는 불규칙한 연 변화를 나타내어 2010년에는 표층  $12.03 \pm 7.10^{\circ}\text{C}$ , 저층  $11.78 \pm 6.90^{\circ}\text{C}$ 으로 조사기간중 가장 낮은 수온을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $3.35 \pm 0.84^{\circ}\text{C}$ , 저층  $3.39 \pm 0.89^{\circ}\text{C}$ , 봄철인 5월은 표층  $10.64 \pm 1.19^{\circ}\text{C}$ , 저층  $10.41 \pm 1.28^{\circ}\text{C}$ , 여름철인 8월은 표층  $22.34 \pm 1.06^{\circ}\text{C}$ , 저층  $21.98 \pm 1.17^{\circ}\text{C}$ , 가을철인 11월은 표층과 저층 공히  $15.69 \pm 1.32^{\circ}\text{C}$ 로 인천, 아산연안과 마찬가지로 겨울철이 변화폭이 상대적으로 가장 크고, 여름철이 낮은 상태를 나타내었다.

## (2) 염분

염분은 평균 표층  $31.09 \pm 0.78$ , 저층  $31.16 \pm 0.76$ 로서 표층이 저층에 비해  $0.06$  낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년에 표층  $32.12 \pm 0.82$ , 저층  $32.13 \pm 1.10$ 로 조사기간중 가장 높았으며 그후 낮아져 2004년에는 표층  $30.23 \pm 0.55$ , 저층  $30.27 \pm 0.49$ 로 낮은 염분을 나타낸 후 점차 증가 추세로 2009년에 표층  $31.65 \pm 0.32$ , 저층  $31.67 \pm 0.33$ 이었으며 2010년에는 표층  $31.20 \pm 0.67$ , 저층  $31.23 \pm 0.64$ 이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $31.49 \pm 0.53$ , 저층  $31.52 \pm 0.52$ , 봄철인 5월은 표층  $31.45 \pm 0.48$ , 저층  $31.48 \pm 0.48$ , 여름철인 8월은 표층  $30.40 \pm 0.76$ , 저층  $30.52 \pm 0.77$ , 가을철인 11월은 표층  $31.03 \pm 0.78$ , 저층  $31.11 \pm 0.77$ 로 여름철이 다른 계절에 비해 약간 낮은 상태이었다.

## (3) 수소이온농도

수소이온농도는 평균 표층  $8.01 \pm 0.14$ , 저층  $8.00 \pm 0.15$ 로서 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 같은 경향으로 대체로 연간 표층  $0.0098$ , 저층  $0.0076$ 정도씩 높아지는 추세를 나타내었다. 그중 2001년에 표층과 저층 공히  $7.82 \pm 0.16$ 로 가장 낮았으나 그 후로 불규칙적으로 증감을 반복하면서 증가경향으로 2010년에는 표층  $8.06 \pm 0.11$ , 저층  $8.04 \pm 0.10$ 을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $8.03 \pm 0.16$ , 저층  $8.01 \pm 0.17$ , 봄철인 5월은 표층과 저층 공히  $8.02 \pm 0.12$ , 여름철인 8월은 표층  $7.96 \pm 0.16$ , 저층  $7.93 \pm 0.15$ , 가을철인 11월은 표층  $8.00 \pm 0.13$ , 저층  $8.02 \pm 0.13$ 로 8월이 다른 조사월에 비해 약간 낮은 수소이온농도를 나타내었다.

## (4) 용존산소

용존산소는 평균 표층  $8.73 \pm 1.69$  mg/L, 저층  $8.56 \pm 1.68$  mg/L로서 표층이 저층에 비해  $0.17$  mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년에 표층  $7.78 \pm 1.99$  mg/L, 저층  $7.90 \pm 1.76$  mg/L, 2000년에 표층  $7.54 \pm 1.63$  mg/L, 저층  $7.17 \pm 1.35$  mg/L로 상대적으로 낮은 용존산소량을 보였으나 대체로 표층은 연  $0.105$  mg/L, 저층은 연  $0.080$  mg/L 정도 증가경향으로 2010년에는 표층  $9.85 \pm 1.01$  mg/L, 저층  $9.57 \pm 1.17$  mg/L을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $10.45 \pm 1.06$  mg/L, 저층  $10.34 \pm 1.15$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $9.36 \pm 1.20$  mg/L, 저층  $9.21 \pm 1.19$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $7.62 \pm 1.40$  mg/L, 저층  $7.35 \pm 1.19$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $7.50 \pm 0.88$  mg/L, 저층  $7.35 \pm 0.77$  mg/L로 저수온기인 겨울은 높았고 여름철과 가을철에 상대적으로 낮은 용존산소를 나타내었다.

#### (5) 화학적산소요구량

화학적산소요구량은 평균 표층  $1.09 \pm 0.59$  mg/L, 저층  $1.19 \pm 0.59$  mg/L로서 표층이 저층에 비해  $0.10$  mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년 표층이  $1.25 \pm 0.88$  mg/L, 저층  $0.92 \pm 0.36$  mg/L이었다가 감소와 증가를 반복하면서 2003년에 표층이  $1.93 \pm 0.81$  mg/L, 저층  $2.06 \pm 0.99$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으며 그 후 점차 감소하여 2008년에 표층이  $0.65 \pm 0.21$  mg/L, 저층  $1.07 \pm 0.32$  mg/L로 감소하다가 다시 약간씩 증가경향으로 2010년에는 표층  $1.02 \pm 0.80$  mg/L, 저층  $1.35 \pm 0.54$  mg/L을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $1.20 \pm 0.74$  mg/L, 저층  $1.38 \pm 0.66$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.96 \pm 0.40$  mg/L, 저층  $1.12 \pm 0.52$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $1.29 \pm 0.70$  mg/L, 저층  $1.28 \pm 0.68$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.90 \pm 0.36$  mg/L, 저층  $0.98 \pm 0.38$  mg/L로 겨울철과 여름철이 다른 계절에 비해 약간 높은 화학적산소요구량을 나타내었다.

#### (6) 암모니아질소

암모니아질소는 평균 표층  $0.027 \pm 0.041$  mg/L, 저층  $0.027 \pm 0.037$  mg/L로서 표층과 저층이 같은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년 표층  $0.073 \pm 0.113$  mg/L, 저층  $0.055 \pm 0.092$  mg/L로 상대적으로 높았으나 그 후 2001년에 표층  $0.061 \pm 0.028$  mg/L, 저층  $0.070 \pm 0.042$  mg/L을 제외하고는 변곡선 형태로 증감을 반복하면서 전반적으로 표층은 연  $0.0039$  mg/L, 저층은 연  $0.0025$  mg/L 씩 낮아져 2009년에 표층이  $0.009 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.009 \pm 0.006$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았으며 2010년에는 표층  $0.011 \pm 0.013$  mg/L, 저층  $0.011 \pm 0.006$  mg/L로 약간 증가하였다. 계절별로는

겨울철인 2월은 평균 표층  $0.025 \pm 0.035$  mg/L, 저층  $0.024 \pm 0.035$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.021 \pm 0.023$  mg/L, 저층  $0.025 \pm 0.035$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.041 \pm 0.061$  mg/L, 저층  $0.036 \pm 0.048$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.021 \pm 0.033$  mg/L, 저층  $0.024 \pm 0.026$  mg/L로 고수온기인 여름철이 상대적으로 높은 암모니아질소를 나타내었다.

#### (7) 아질산질소

아질산질소는 평균 표층과 저층 공히  $0.009 \pm 0.009$  mg/L이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.007 \pm 0.004$  mg/L, 저층  $0.008 \pm 0.006$  mg/L이었다가 점차 증가하여 2003년에는 표층과 저층 공히  $0.015 \pm 0.015$  mg/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었고, 그후 변곡선 형태로 감소경향이었던가 2007년 표층  $0.014 \pm 0.013$  mg/L, 저층  $0.014 \pm 0.012$  mg/L로 높아진 후 다시 감소경향으로 2010년에는 표층과 저층 공히  $0.006 \pm 0.005$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층과 저층 공히  $0.004 \pm 0.003$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.005 \pm 0.002$  mg/L, 저층  $0.005 \pm 0.003$  mg/L, 여름철인 8월은 표층과 저층 공히  $0.010 \pm 0.008$  mg/L, 가을철인 11월은 표층과 저층 공히  $0.016 \pm 0.012$  mg/L로 인천~아산연안과 마찬가지로 가을철인 11월 이 상대적으로 높은 아질산질소를 나타내었다.

#### (8) 질산질소

질산질소는 평균 표층  $0.165 \pm 0.099$  mg/L, 저층  $0.162 \pm 0.094$  mg/L로서 표층이 저층에 비해  $0.003$  mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.085 \pm 0.054$  mg/L, 저층  $0.082 \pm 0.059$  mg/L로 조사기간중 가장 낮은 상태이었으나 그 후 약간의 변곡선 형태이나 대체로 증가 경향으로 2005년에는 표층  $0.250 \pm 0.086$  mg/L, 저층  $0.234 \pm 0.089$  mg/L로 높은 상태이었으나 그 후 감소하여 2010년에는 표층  $0.107 \pm 0.071$  mg/L, 저층  $0.119 \pm 0.075$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.232 \pm 0.124$  mg/L, 저층  $0.228 \pm 0.111$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.187 \pm 0.072$  mg/L, 저층  $0.196 \pm 0.074$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.096 \pm 0.062$  mg/L, 저층  $0.086 \pm 0.051$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.144 \pm 0.072$  mg/L, 저층  $0.137 \pm 0.059$  mg/L로 여름철이 상대적으로 낮은 질산질소를 나타내었다.

#### (9) 용존무기질소

용존무기질소는 그 기여도에 있어 질산질소는 표층 82.09%와 저층 82.23%, 암모니아질소는 표층 13.43%와 저층 13.71%, 아질산질소는 표층 4.48%와 저층 4.57%이었다. 용존무기질소의 평균 농도는 표층  $0.201 \pm 0.104$  mg/L, 저층  $0.197 \pm 0.098$  mg/L로서 표층이 저층

에 비해 0.004 mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 질산질소와 같은 형태로 1997년에는 표층 0.165±0.121 mg/L, 저층 0.145±0.099 mg/L이었으나 대체로 증가 경향으로 2003년에는 표층 0.261±0.081 mg/L, 저층 0.284±0.074 mg/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었으나 그후 감소하여 2009년에는 표층 0.117±0.068 mg/L, 저층 0.122±0.065 mg/L로 가장 낮은 상태이었으며 2010년에는 표층 0.124±0.076 mg/L, 저층 0.122±0.065 mg/L

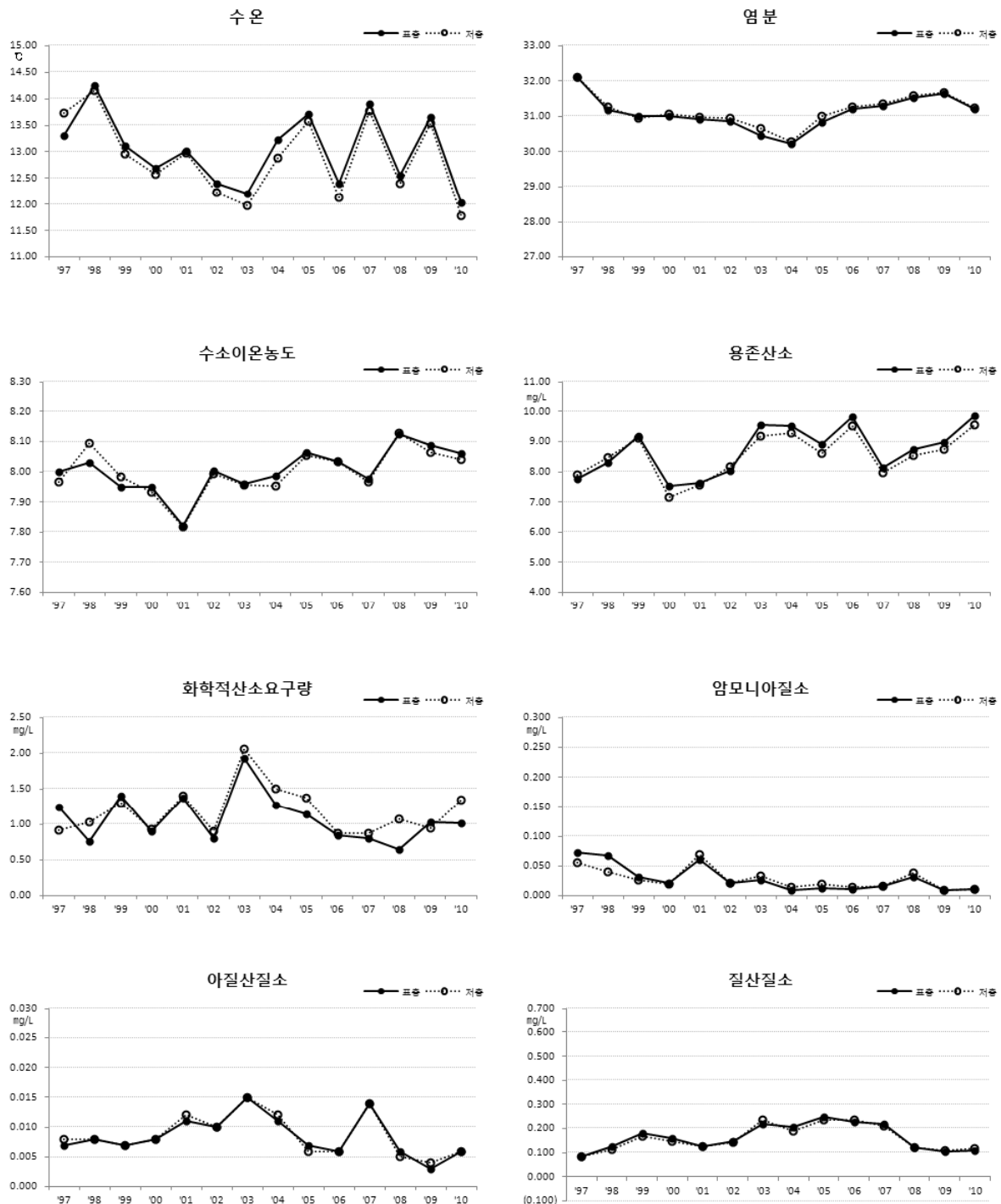


그림 6. 대산연안 표층수와 저층수 중 수온, 염분, pH, 용존산소, 화학적산소요구량, 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 연변화.



로 약간 높아지는 상태이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.261 \pm 0.123$  mg/L, 저층  $0.256 \pm 0.107$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.212 \pm 0.079$  mg/L, 저층  $0.225 \pm 0.086$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.148 \pm 0.095$  mg/L, 저층  $0.132 \pm 0.074$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.181 \pm 0.082$  mg/L, 저층  $0.176 \pm 0.072$  mg/L로 2월과 5월이 상대적으로 약간 높은 용존무기질소를 나타내었다.

#### (10) 인산인

인산인은 평균 표층  $0.019 \pm 0.010$  mg/L, 저층  $0.019 \pm 0.009$  mg/L이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.010 \pm 0.009$  mg/L, 저층  $0.010 \pm 0.010$  mg/L로 조사기간중 가장 낮은 수준이었고, 그후 증가와 감소를 반복하여 2002년에는 표층  $0.028 \pm 0.016$  mg/L, 저층  $0.026 \pm 0.016$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으나 다시 감소하여 2004년에는 표층  $0.016 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.017 \pm 0.006$  mg/L로 낮아진 다음 2007년까지 증가한 후 감소 경향으로 2010년에는 표층과 저층 공히  $0.016 \pm 0.008$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.025 \pm 0.011$  mg/L, 저층  $0.026 \pm 0.010$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.017 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.016 \pm 0.006$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.012 \pm 0.006$  mg/L, 저층  $0.013 \pm 0.008$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.023 \pm 0.009$  mg/L, 저층  $0.022 \pm 0.008$  mg/L로 겨울철인 2월과 가을철인 11월이 상대적으로 높은 인산인을 나타내었다.

#### (11) DIN/DIP 비

DIN/DIP 비는 평균 표층  $41.64 \pm 140.40$ , 저층  $38.64 \pm 114.35$ 로서 표층이 저층에 비해 3.00 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 형태로 1997년에는 표층  $331.63 \pm 527.62$ , 저층  $268.12 \pm 431.42$ 로 월등히 높은 상태이었다. 1998년 표층  $19.91 \pm 7.69$ , 저층  $19.34 \pm 6.55$ 로 낮아진 후 약간의 변곡선 형태로 평형 상태를 유지하였으며, 2005년에 표층  $37.81 \pm 15.54$ , 저층  $39.77 \pm 22.92$ 로 약간 높았다가 이후 약간씩 낮아지는 추세로 2010년에는 표층  $16.44 \pm 6.31$ , 저층  $20.18 \pm 11.17$ 이었으나 전반적으로 연중 DIN/DIP 비가 16이상으로 인산인의 외부 유입시 적조 발생이 우려된다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $24.94 \pm 12.67$ , 저층  $23.55 \pm 10.11$ , 봄철인 5월은 표층  $34.59 \pm 28.80$ , 저층  $35.91 \pm 31.48$ , 여름철인 8월은 표층  $89.20 \pm 275.22$ , 저층  $76.49 \pm 223.18$ , 가을철인 11월은 표층  $17.82 \pm 5.48$ , 저층  $18.61 \pm 7.14$ 로 여름철인 8월이 상대적으로 높은 DIN/DIP 비를 나타내었다.

#### (12) 부유물질

부유물질은 1997년~2010년중 1997년과 1998년에는 표층에서만 조사 하였으며, 평균은 표층  $21.8 \pm 18.18$  mg/L, 저층  $22.9 \pm 17.95$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 1.1 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층의 경우 1997년에  $55.7 \pm 27.56$  mg/L로 조사기간중 가장 높았었고 그후 2년 동안 감소하여 1999년에는  $22.0 \pm 18.19$  mg/L이었으며 그후 대체로 평형상태를 유지하면서 점차 약간씩 감소하여 2005년에  $11.9 \pm 4.26$  mg/L이었다가 2007년까지 증가한후 2008년에는  $9.3 \pm 6.05$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았으며 그후 증가 추세로 2010년에는  $28.3 \pm 19.56$  mg/L이었다. 저층의 경우 1999년에는  $11.0 \pm 7.38$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았었고, 그후 증가하여 2003년에는  $28.8 \pm 35.28$  mg/L로 높았으며 그후 감소와 증가를 반복하여 2010년에는  $28.8 \pm 21.36$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $35.8 \pm 22.97$  mg/L, 저층  $40.3 \pm 24.20$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $17.5 \pm 11.93$  mg/L, 저층  $18.5 \pm 9.26$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $13.3 \pm 10.66$  mg/L, 저층  $14.9 \pm 11.44$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $20.5 \pm 16.22$  mg/L, 저층  $21.2 \pm 14.44$  mg/L로 겨울

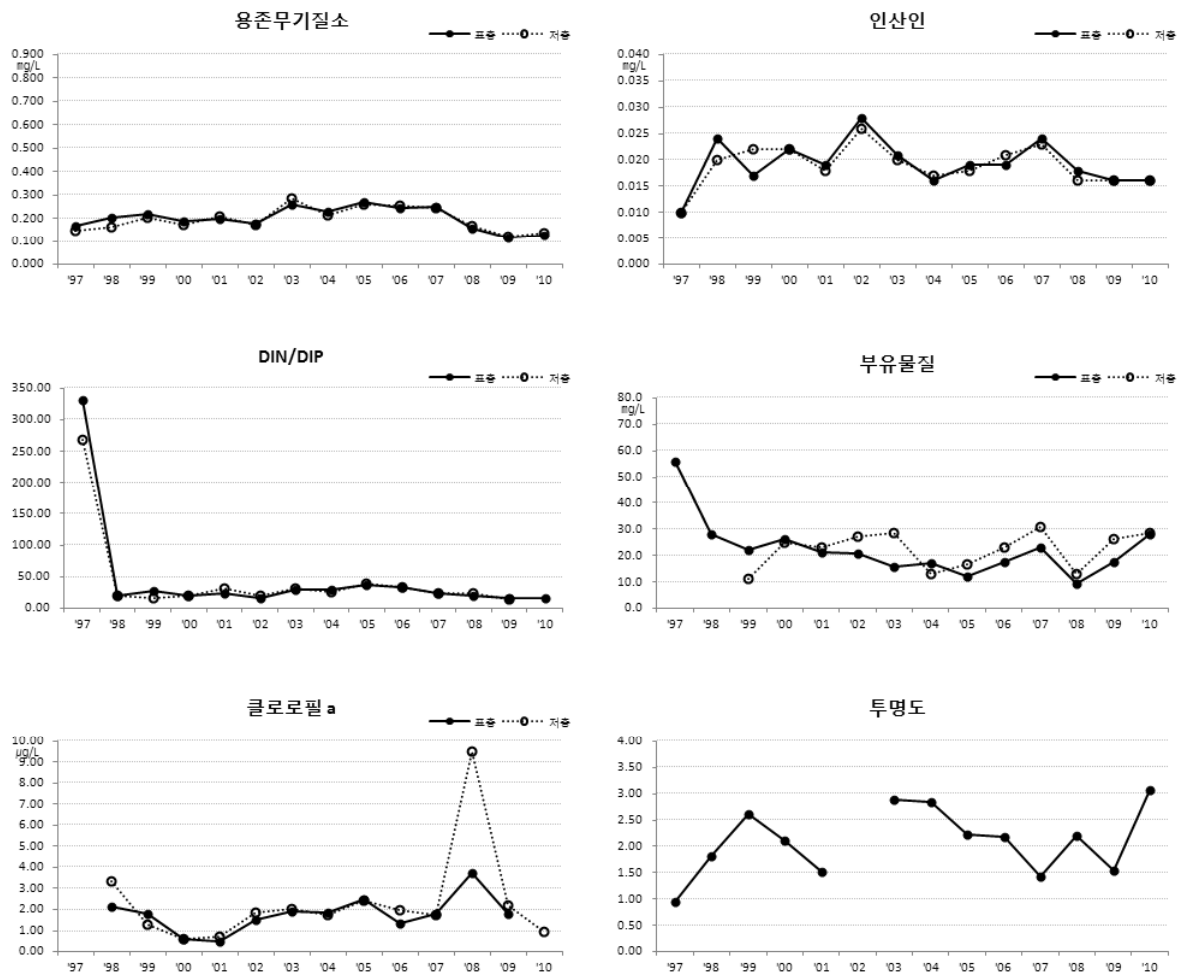


그림 7. 대산연안 표층수와 저층수 중 용존무기질소, 인산인, DIN/DIP, 부유물질, 클로로필-a 및 투명도의 연변화.

철인 2월이 상대적으로 높은 부유물질을 나타내었다.

### (13) 클로로필 a

1998년부터 2010년까지 13년 동안의 클로로필 a는 평균 표층  $1.72 \pm 1.75 \mu\text{g/L}$ ,

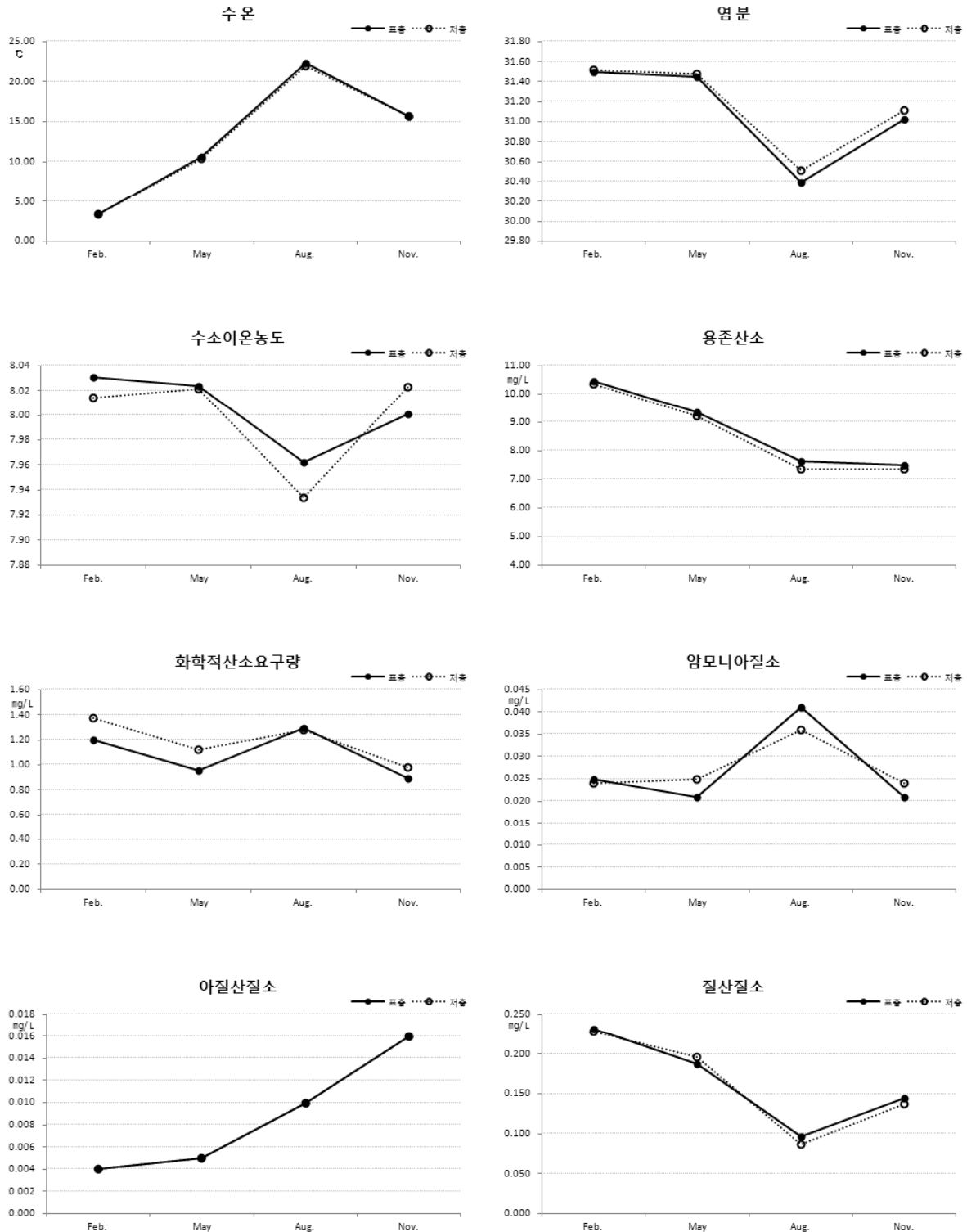


그림 8. 대산연안 표층수와 저층수 중 수온, 염분, pH, 용존산소, 화학적산소요구량, 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 계절변화.

저층  $2.38 \pm 5.00 \mu\text{g/L}$ 로서 표층이 저층에 비해  $0.66 \mu\text{g/L}$  낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 형태이며 1998년에는 표층  $2.12 \pm 0.95 \mu\text{g/L}$ , 저층  $3.35 \mu\text{g/L}$ 이었으며 그후 감소하여 2001년에는 표층  $0.50 \pm 0.59 \mu\text{g/L}$ , 저층  $0.70 \pm 0.86 \mu\text{g/L}$ 로 낮게 나타내었다. 그후 약간씩 증가하여 2005년에는 표층  $2.47 \pm 1.74 \mu\text{g/L}$ , 저층  $2.41 \pm 1.57 \mu\text{g/L}$ 이었으나 다시 감소와 증가의 변곡선 형태로 2008년에는 표층  $3.76 \pm 3.72 \mu\text{g/L}$ , 저층  $9.49 \pm 14.08 \mu\text{g/L}$ 로 조사기간중 가장 높은 상태이었고 2010년에는 표층  $1.05 \pm 0.92 \mu\text{g/L}$ , 저층  $0.97 \pm 0.48 \mu\text{g/L}$ 로 낮은 생산력을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $1.96 \pm 2.60 \mu\text{g/L}$ , 저층  $4.50 \pm 9.84 \mu\text{g/L}$ , 봄철인 5월은 표층  $2.08 \pm 1.64 \mu\text{g/L}$ , 저층  $2.01 \pm 1.46 \mu\text{g/L}$ , 여름철인 8월은 표층  $1.86 \pm 1.37 \mu\text{g/L}$ , 저층  $2.07 \pm 1.43 \mu\text{g/L}$ , 가을철인 11월은 표층  $0.95 \pm 0.50 \mu\text{g/L}$ , 저층  $1.19 \pm 0.68 \mu\text{g/L}$ 로 저층의 경우 겨울철인 2월이 상대적

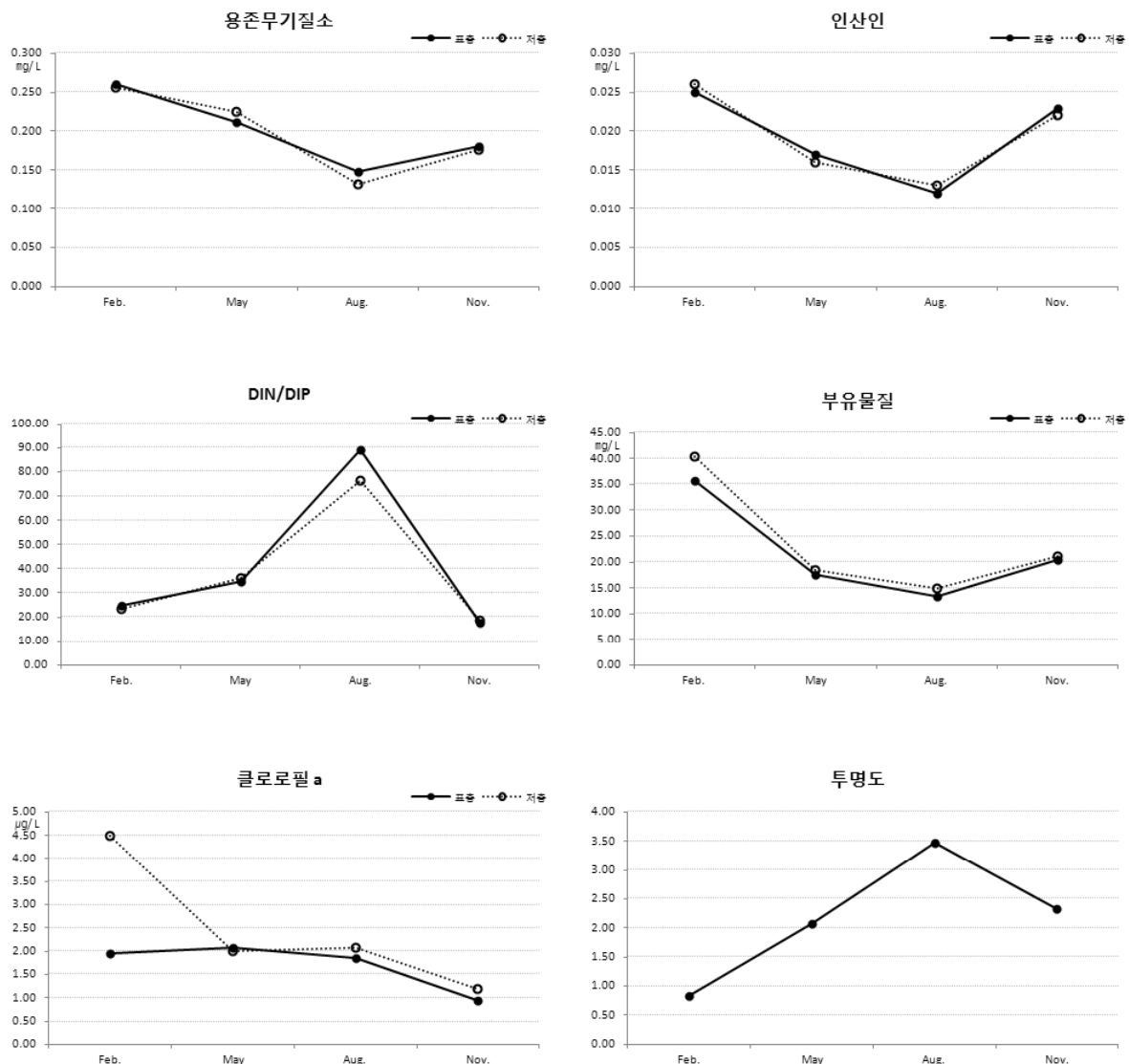


그림 9. 대산연안 표층수와 저층수 중 용존무기질소, 인산인, DIN/DIP, 부유물질, 클로로필-a 및 투명도의 계절변화.

으로 높은 클로로필 a를 나타내었다.

## 다) 가로림연안

가로림연안에 대한 해수 중 수온, 염분, 수소이온농도, 용존산소, 화학적산소요구량, 영양염류, 부유물질 및 클로로필 a의 연변화 특성을 파악하기 위하여 3개 정점을 선정하여 1997년부터 2010년까지의 자료를 항목별 계절별과 연도별로 정리하였으며, 각 성분에 대한 평균값의 연 변화와 계절별 변화 양상을 그림 10에서 13까지 나타내었다.

### (1) 수온

수온은 평균 표층  $13.01 \pm 6.92^{\circ}\text{C}$ , 저층  $12.82 \pm 6.77^{\circ}\text{C}$ 로서 표층이 저층에 비해  $0.19^{\circ}\text{C}$  높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층 비슷한 상태로서 1998년에는 표층  $14.20 \pm 7.65^{\circ}\text{C}$ , 저층  $14.10 \pm 7.68^{\circ}\text{C}$  이후 2003년까지 표층  $12.13 \pm 6.26^{\circ}\text{C}$ , 저층  $11.85 \pm 6.23^{\circ}\text{C}$ 로 낮아지는 경향이었고, 2005년 표층  $13.65 \pm 7.36^{\circ}\text{C}$ , 저층  $13.32 \pm 7.20^{\circ}\text{C}$ 로 높아졌다가 그 후로는 불규칙한 연 변화를 나타내어 2010년에는 표층  $12.08 \pm 7.16^{\circ}\text{C}$ , 저층  $11.93 \pm 7.01^{\circ}\text{C}$ 으로 조사기간중 가장 낮은 수온을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $3.94 \pm 0.89^{\circ}\text{C}$ , 저층  $4.00 \pm 0.86^{\circ}\text{C}$ , 봄철인 5월은 표층  $10.15 \pm 1.48^{\circ}\text{C}$ , 저층  $9.85 \pm 1.28^{\circ}\text{C}$ , 여름철인 8월은 표층  $22.25 \pm 1.43^{\circ}\text{C}$ , 저층  $21.84 \pm 1.30^{\circ}\text{C}$ , 가을철인 11월은 표층  $15.69 \pm 1.52^{\circ}\text{C}$ , 저층  $15.58 \pm 1.61^{\circ}\text{C}$ 로 주변연안과 마찬가지로 겨울철이 변화폭이 상대적으로 가장 크고, 여름철이 낮은 상태를 나타내었다.

### (2) 염분

염분은 평균 표층  $31.50 \pm 0.62$ , 저층  $31.52 \pm 0.63$ 로서 표층이 저층에 비해 0.02 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년에 표층  $32.17 \pm 0.50$ , 저층  $32.12 \pm 0.61$ 로 조사기간중 가장 높았으며 그후 낮아져 2004년에는 표층  $30.59 \pm 0.47$ , 저층  $30.62 \pm 0.47$ 로 가장 낮은 염분을 나타낸 후 점차 증가 추세로 2009년에 표층  $32.06 \pm 0.40$ , 저층  $31.97 \pm 0.10$ 이었으며 2010년에는 표층  $31.52 \pm 0.59$ , 저층  $31.52 \pm 0.52$ 이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $31.71 \pm 0.46$ , 저층  $31.74 \pm 0.42$ , 봄철인 5월은 표층  $31.73 \pm 0.50$ , 저층  $31.63 \pm 0.72$ , 여름철인 8월은 표층  $31.07 \pm 0.64$ , 저층  $31.13 \pm 0.56$ , 가을철인 11월은 표층  $31.49 \pm 0.62$ , 저층  $31.58 \pm 0.64$ 로 여름철이 다른 계절에 비해 약간 낮은 상태이었다.

### (3) 수소이온농도

수소이온농도는 평균 표층  $8.00 \pm 0.14$ , 저층  $8.00 \pm 0.15$ 이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 같은 경향으로 대체로 연간 표층 0.0091, 저층 0.0082정도씩 높아지는 추세로 2001년에 표층  $7.83 \pm 0.14$ , 저층  $7.83 \pm 0.15$ 로 가장 낮았으나 그 후로 불규칙적으로 증감을 반복하면서 증가경향으로 2010년에는 표층  $8.03 \pm 0.10$ , 저층  $8.02 \pm 0.08$ 을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $8.01 \pm 0.15$ , 저층  $8.00 \pm 0.16$ , 봄철인 5월은 표층과 저층 공히  $7.99 \pm 0.09$ , 여름철인 8월은 표층  $8.00 \pm 0.17$ , 저층  $7.97 \pm 0.16$ , 가을철인 11월은 표층  $8.01 \pm 0.13$ , 저층  $8.03 \pm 0.14$ 로 저층의 경우 8월이 다른 조사월에 비해 약간 낮은 수소이온농도를 나타내었다.

### (4) 용존산소

용존산소는 평균 표층  $8.69 \pm 1.67$  mg/L, 저층  $8.56 \pm 1.58$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.12 mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년에 표층  $7.99 \pm 1.65$  mg/L, 저층  $8.05 \pm 1.76$  mg/L이었다가 2000년에 표층  $7.18 \pm 1.34$  mg/L, 저층  $7.23 \pm 1.06$  mg/L로 조사기간중 가장 낮은 용존산소량을 보였으나 대체로 표층은 연 0.1080 mg/L, 저층은 연 0.0745 mg/L 정도 증가경향으로 2010년에는 표층  $9.53 \pm 1.36$  mg/L, 저층  $9.31 \pm 1.25$  mg/L을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $10.51 \pm 1.12$  mg/L, 저층  $10.26 \pm 0.99$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $9.32 \pm 1.18$  mg/L, 저층  $9.30 \pm 1.11$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $7.40 \pm 1.11$  mg/L, 저층  $7.25 \pm 0.92$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $7.52 \pm 0.75$  mg/L, 저층  $7.45 \pm 0.70$  mg/L로 저수온기인 겨울은 높았고 여름철과 가을철에 상대적으로 낮은 용존산소를 나타내었다.

### (5) 화학적산소요구량

화학적산소요구량은 평균 표층  $1.01 \pm 0.46$  mg/L, 저층  $1.13 \pm 0.56$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.12 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년 표층이  $0.88 \pm 0.59$  mg/L, 저층  $1.21 \pm 0.56$  mg/L이었다가 감소와 증가를 반복하면서 2003년에 표층이  $1.71 \pm 0.59$  mg/L, 저층  $2.11 \pm 0.91$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으며 그 후 점차 감소하여 표층의 경우 2008년에  $0.65 \pm 0.24$  mg/L, 저층의 경우 2006년에  $0.76 \pm 0.21$  mg/L로 감소하다가 다시 약간씩 증가경향으로 2010년에는 표층  $0.99 \pm 0.53$  mg/L, 저층  $1.18 \pm 0.42$  mg/L을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $1.14 \pm 0.49$  mg/L, 저층  $1.34 \pm 0.60$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.94 \pm 0.39$  mg/L, 저층  $1.09 \pm 0.52$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $1.04 \pm 0.51$  mg/L, 저층  $1.19 \pm 0.62$  mg/L, 가을철인 11

월은 표층  $0.93 \pm 0.43$  mg/L, 저층  $0.88 \pm 0.40$  mg/L로 연중 비슷한 화학적산소요구량을 나타내었다.

#### (6) 암모니아질소

암모니아질소는 평균 표층  $0.025 \pm 0.048$  mg/L, 저층  $0.027 \pm 0.083$  mg/L로서 표층이 저층에 비해  $0.002$  mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년 표층  $0.080 \pm 0.132$  mg/L, 저층  $0.133 \pm 0.289$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으나 그 후 2001년에 표층  $0.055 \pm 0.036$  mg/L, 저층  $0.067 \pm 0.047$  mg/L을 제외하고는 변곡선 형태로 증감을 반복하면서 전반적으로 표층은 연  $0.0030$  mg/L, 저층은 연  $0.0048$  mg/L 씩 낮아져 2009년에 표층이  $0.007 \pm 0.008$  mg/L, 저층  $0.007 \pm 0.007$  mg/L로 낮았으며 2010년에는 표층  $0.011 \pm 0.012$  mg/L, 저층  $0.014 \pm 0.011$  mg/L로 약간 증가하였다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.021 \pm 0.039$  mg/L, 저층  $0.011 \pm 0.014$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.019 \pm 0.021$  mg/L, 저층  $0.016 \pm 0.014$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.038 \pm 0.075$  mg/L, 저층  $0.051 \pm 0.159$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.023 \pm 0.036$  mg/L, 저층  $0.029 \pm 0.040$  mg/L로 고수온기인 여름철이 상대적으로 높은 암모니아질소를 나타내었다.

#### (7) 아질산질소

아질산질소는 평균 표층  $0.006 \pm 0.005$  mg/L, 저층  $0.006 \pm 0.006$  mg/L이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.008 \pm 0.004$  mg/L, 저층  $0.010 \pm 0.007$  mg/L이었다가 점차 약간씩 감소경향이었으나 2003년에는 표층과 저층 공히  $0.010 \pm 0.010$  mg/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었고, 그후 변곡선 형태로 감소경향으로 2009년 표층과 저층 공히  $0.003 \pm 0.002$  mg/L로 가장 낮았으며, 2010년에는 표층  $0.006 \pm 0.005$  mg/L, 저층  $0.006 \pm 0.004$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층과 저층 공히  $0.003 \pm 0.002$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.004 \pm 0.002$  mg/L, 저층  $0.004 \pm 0.003$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.008 \pm 0.005$  mg/L, 저층  $0.009 \pm 0.009$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.009 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.009 \pm 0.006$  mg/L로 여름철인 8월과 가을철인 11월이 상대적으로 높은 아질산질소를 나타내었다.

#### (8) 질산질소

질산질소는 평균 표층  $0.135 \pm 0.096$  mg/L, 저층  $0.134 \pm 0.095$  mg/L로서 표층이 저층에 비해  $0.001$  mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.070 \pm 0.049$  mg/L, 저층  $0.071 \pm 0.053$  mg/L로 조사기간중 가장 낮은 상태이었으나 그 후 약간의 변곡선 형태이나 대체로 증가 경향으로 표층의 경우

2004년  $0.205 \pm 0.182$  mg/L, 저층의 경우 2006년  $0.209 \pm 0.141$  mg/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었으나 그 후 감소하여 2010년에는 표층  $0.113 \pm 0.073$  mg/L, 저층  $0.109 \pm 0.064$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.210 \pm 0.115$  mg/L, 저층  $0.210 \pm 0.105$

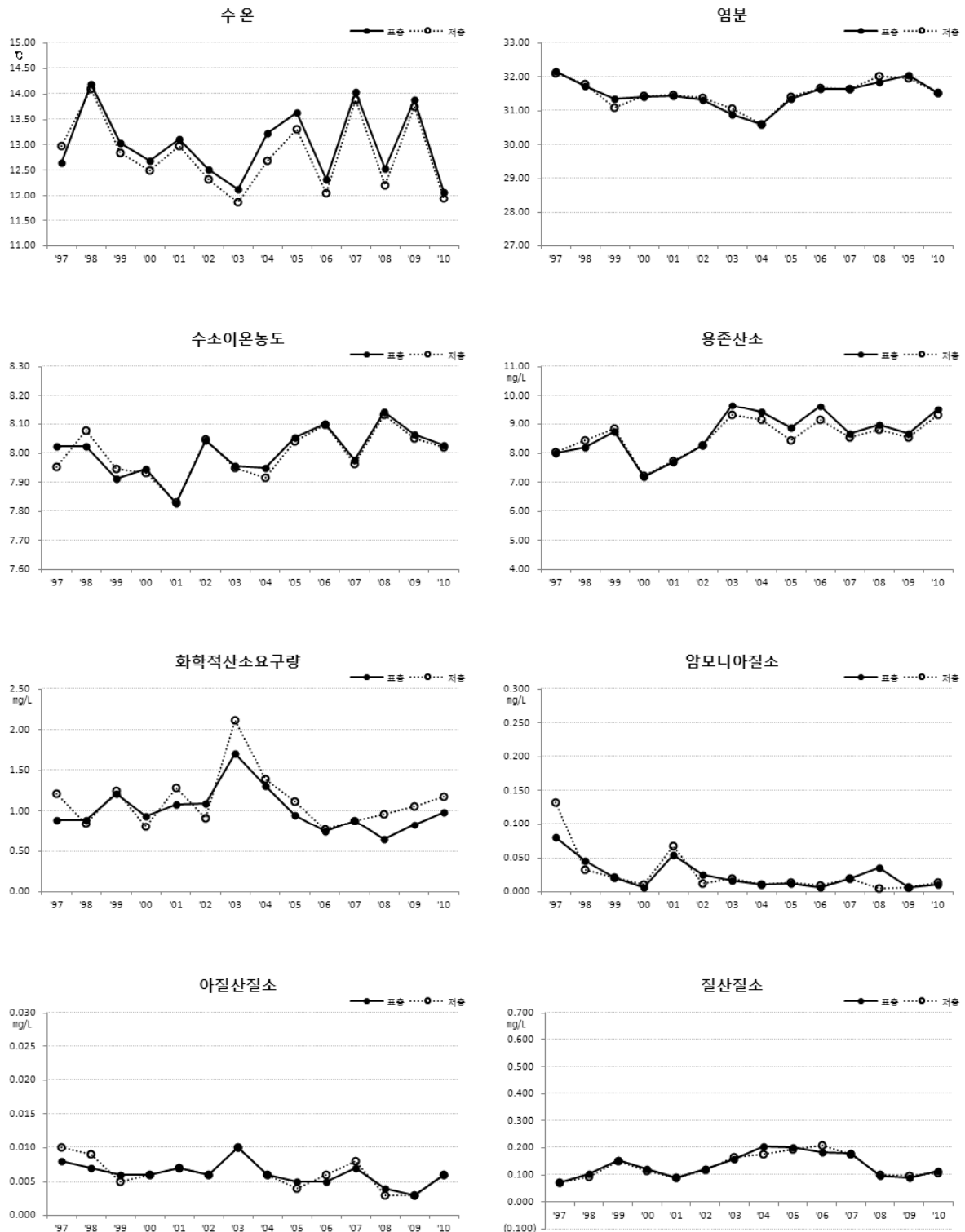


그림 10. 가로림연안 표층수와 저층수 중 수온, 염분, pH, 용존산소, 화학적산소요구량, 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 연변화.



mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.182 \pm 0.062$  mg/L, 저층  $0.187 \pm 0.064$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.047 \pm 0.037$  mg/L, 저층  $0.041 \pm 0.028$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.102 \pm 0.046$  mg/L, 저층  $0.097 \pm 0.039$  mg/L로 여름철이 상대적으로 낮은 질산질소를 나타내었다.

#### (9) 용존무기질소

용존무기질소는 그 기여도에 있어 질산질소는 표층 81.33%와 저층 81.21%, 암모니아 질소는 표층 15.06%와 저층 16.36%, 아질산질소는 표층 3.61%와 저층 3.64%이었다. 용존무기질소의 평균 농도는 표층  $0.166 \pm 0.100$  mg/L, 저층  $0.165 \pm 0.116$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.001 mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 1997년에는 표층  $0.157 \pm 0.124$  mg/L, 저층  $0.213 \pm 0.279$  mg/L이었으나 그후 약간의 변곡선 형태를 유지하다가 2003년부터 2007년까지는 표층  $0.185 \pm 0.076$  mg/L~ $0.222 \pm 0.184$  mg/L, 저층  $0.195 \pm 0.148$  mg/L~ $0.224 \pm 0.139$  mg/L로 조사기간중 높은 상태이었으나 그후 감소하여 2009년에는 표층  $0.099 \pm 0.063$  mg/L, 저층  $0.108 \pm 0.066$  mg/L로 낮은 상태이었으며 2010년에는 표층  $0.129 \pm 0.066$  mg/L, 저층  $0.130 \pm 0.058$  mg/L로 약간 높아진 상태이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.234 \pm 0.113$  mg/L, 저층  $0.220 \pm 0.103$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.205 \pm 0.069$  mg/L, 저층  $0.207 \pm 0.069$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.093 \pm 0.086$  mg/L, 저층  $0.099 \pm 0.163$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.134 \pm 0.056$  mg/L, 저층  $0.136 \pm 0.050$  mg/L로 2월과 5월이 상대적으로 약간 높은 용존무기질소를 나타내었다.

#### (10) 인산인

인산인은 평균 표층  $0.017 \pm 0.009$  mg/L, 저층  $0.018 \pm 0.009$  mg/L로 표층이 저층에 비해 0.001 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.009 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.011 \pm 0.009$  mg/L로 조사기간중 가장 낮은 수준이었고, 그 후 변곡선 형태로 증가와 감소를 반복하며 2002년에는 표층  $0.028 \pm 0.018$  mg/L, 저층  $0.026 \pm 0.015$  mg/L로 조사기간중 가장 높았었으나 다시 감소하여 2003년부터 2006년까지 평행상태를 유지하다가 2007년에는 표층  $0.022 \pm 0.006$  mg/L, 저층  $0.021 \pm 0.007$  mg/L로 증가한 후 감소 경향으로 2010년에는 표층  $0.017 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.019 \pm 0.008$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.025 \pm 0.011$  mg/L, 저층  $0.026 \pm 0.010$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.017 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.018 \pm 0.007$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.010 \pm 0.005$  mg/L, 저층  $0.010 \pm 0.006$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.017 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.017 \pm 0.006$  mg/L로 여름철인 8월이 상대적으로 낮은 인산인을 나타내었다.

### (11) DIN/DIP 비

DIN/DIP 비는 평균 표층  $33.35 \pm 124.67$ , 저층  $49.39 \pm 302.57$ 로서 표층이 저층에 비해 16.04 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 형태로 1997년에는 표층  $189.72 \pm 453.11$ , 저층  $426.89 \pm 1104.65$ 로 월등히 높은 상태이었다. 1998년 표층  $20.47 \pm 5.75$ , 저층  $18.98 \pm 8.07$ 로 낮아진 후 약간의 변곡선 형태로 평형 상태를 유지하였으며, 2005년에 표층  $32.24 \pm 21.95$ , 저층  $26.37 \pm 13.94$ 로 약간 높았다가 이후 약간씩 낮아지는 추세로 2009년에는 표층  $15.25 \pm 10.00$ , 저층  $14.35 \pm 7.41$ 이었던가 2010년에는 표층  $19.02 \pm 13.64$ , 저층  $22.41 \pm 27.47$ 로 전반적으로 연중 DIN/DIP 비가 16이상으로 인산인의 외부 유입시 적조 발생이 우려된다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $22.70 \pm 10.76$ , 저

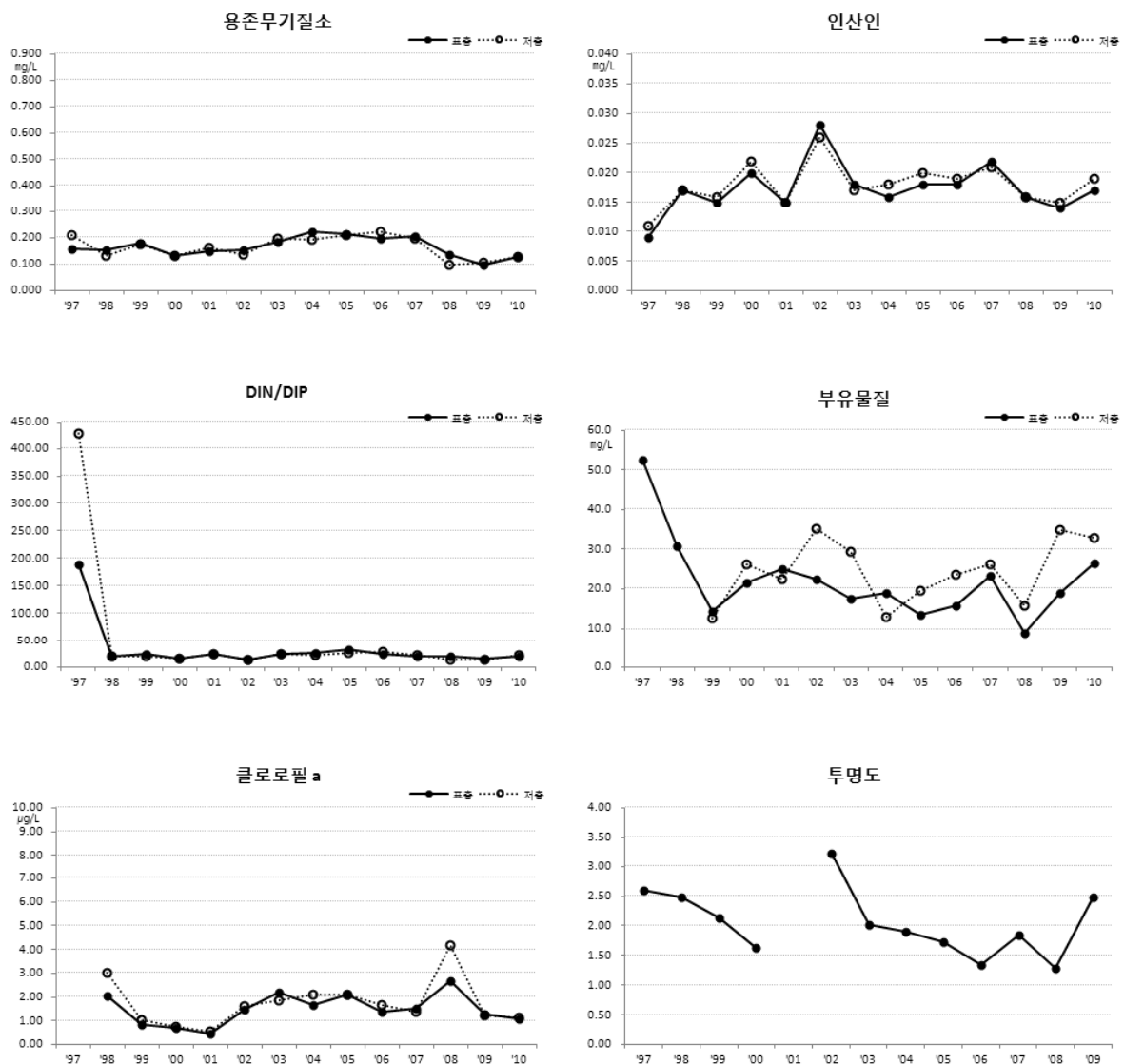


그림 11. 가로림연안 표층수와 저층수 중 용존무기질소, 인산인, DIN/DIP, 부유 물질, 클로로필-a 및 투명도의 연변화.

층  $20.24 \pm 9.68$ , 봄철인 5월은 표층  $32.55 \pm 29.20$ , 저층  $26.92 \pm 19.05$ , 여름철인 8월은 표층  $59.69 \pm 247.47$ , 저층  $131.70 \pm 602.58$ , 가을철인 11월은 표층  $18.45 \pm 6.88$ , 저층  $18.68 \pm 6.77$ 로 여름철인 8월이 상대적으로 높은 DIN/DIP 비를 나타내었다.

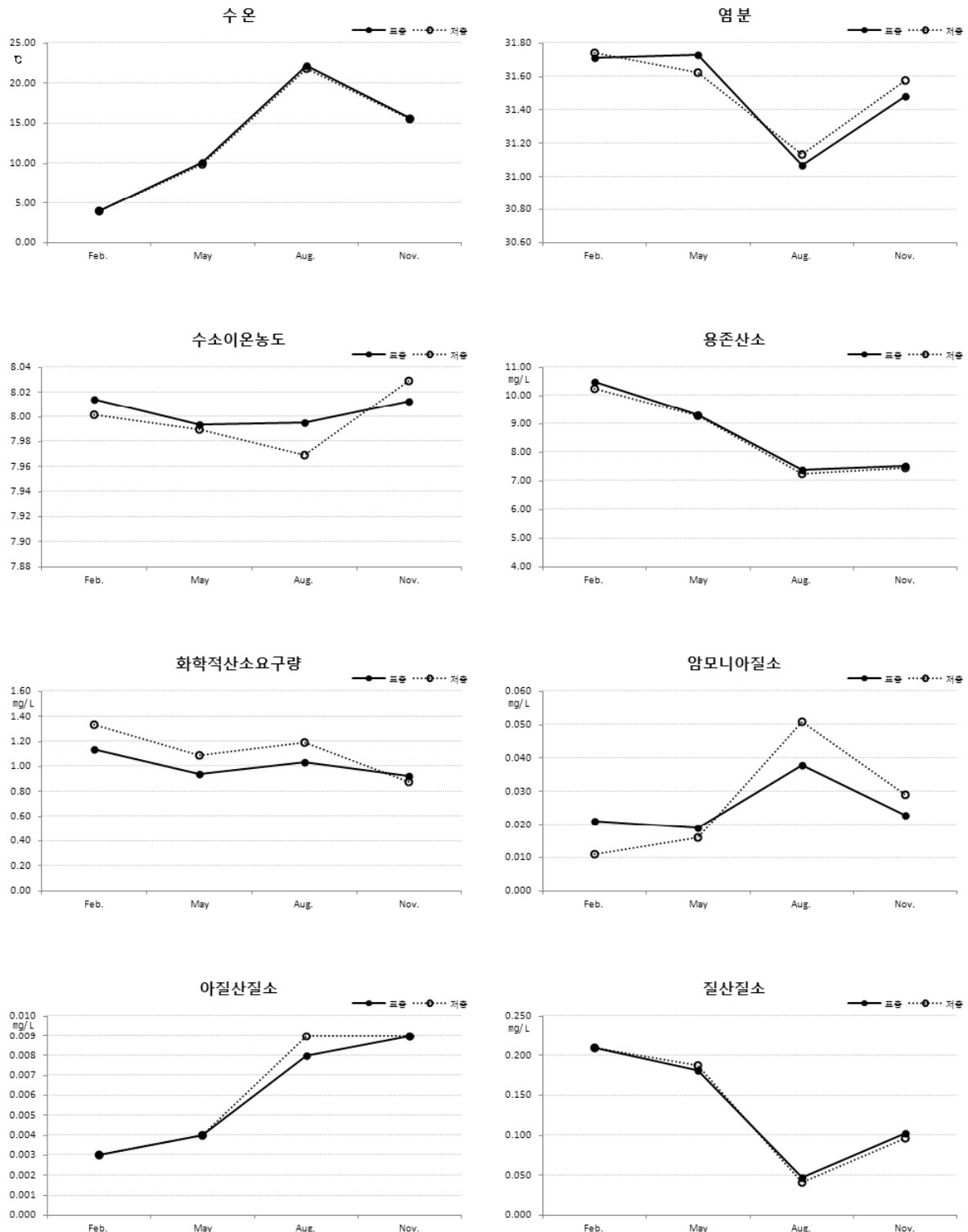


그림 12. 가로림연안 표층수와 저층수 중 수온, 염분, pH, 용존산소, 화학적산소요구량, 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 계절변화.

## (12) 부유물질

부유물질은 1997년과 1998년에는 표층에서만 조사 하였으며, 평균은 표층  $22.2 \pm 17.49$  mg/L, 저층  $24.7 \pm 16.32$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 2.5 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층의 경우 1997년에  $52.7 \pm 28.45$  mg/L로 조사기간중 가장 높았었고 그 후 2년 동안 감소하여 1999년에는  $14.4 \pm 10.52$  mg/L이었으며 그 후 대체로 평형상태를 유지하면서 점차 약간씩 감소하여 2005년에  $13.5 \pm 6.58$  mg/L이었다가 2007년까지 증가한 후 2008년에는  $8.9 \pm 7.43$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았으며 그 후 증가 추세로 2010년에는  $26.5 \pm 19.52$  mg/L이었다. 저층의 경우 1999년에는  $12.6 \pm 8.29$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았었고, 그 후 증기하여 2002년에는  $35.3 \pm 13.23$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으며 그후 감소와 증가를 반복하여 2010년에는  $33.0 \pm 22.54$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $36.9 \pm 22.10$  mg/L, 저층  $40.3 \pm 16.22$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $18.2 \pm 10.33$  mg/L, 저층  $22.7 \pm 8.12$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $15.9 \pm 13.50$  mg/L, 저층  $19.6 \pm 17.08$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $17.7 \pm 13.05$  mg/L, 저층  $19.8 \pm 13.95$  mg/L로 겨울철인 2월이 상대적으로 높은 부유물질을 나타내었다.

## (13) 클로로필 a

1998년부터 2010년까지 13년 동안의 클로로필 a는 평균 표층  $1.49 \pm 1.15$   $\mu$ g/L, 저층  $1.67 \pm 1.51$   $\mu$ g/L로서 표층이 저층에 비해 0.17  $\mu$ g/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 형태이며 1998년에는 표층  $2.03 \pm 0.87$   $\mu$ g/L, 저층  $3.01$   $\mu$ g/L이었으며 그 후 감소하여 2001년에는 표층  $0.48 \pm 0.55$   $\mu$ g/L, 저층  $0.56 \pm 0.51$   $\mu$ g/L로 조사기간중 가장 낮게 나타내었다. 그 후 증가와 감소의 변곡선 형태로 2008년에는 표층  $2.67 \pm 1.73$   $\mu$ g/L, 저층  $4.17 \pm 2.99$   $\mu$ g/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었고 2010년에는 표층  $1.06 \pm 0.85$   $\mu$ g/L, 저층  $1.15 \pm 0.71$   $\mu$ g/L로 낮은 생산력을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $1.15 \pm 0.91$   $\mu$ g/L, 저층  $1.49 \pm 2.11$   $\mu$ g/L, 봄철인 5월은 표층  $1.98 \pm 1.32$   $\mu$ g/L, 저층  $1.89 \pm 1.12$   $\mu$ g/L, 여름철인 8월은 표층  $1.96 \pm 1.27$   $\mu$ g/L, 저층  $2.33 \pm 1.61$   $\mu$ g/L, 가을철인 11월은 표층  $0.87 \pm 0.47$   $\mu$ g/L, 저층  $1.04 \pm 0.55$   $\mu$ g/L로 봄철인 5월과 여름철인 8월이 상대적으로 약간 높은 클로로필 a를 나타내었다.

## 라) 태안연안

태안연안에 대한 해수 중 수온, 염분, 수소이온농도, 용존산소, 화학적산소요구량, 영양염류, 부유물질 및 클로로필 a의 연변화 특성을 파악하기 위하여 5개 정점을 선정하여 1997년부터 2010년까지의 자료를 항목별 계절별과 연도별로 정리하였으며,

각 성분에 대한 평균값의 연 변화 와 계절별 변화 양상을 그림 14에서 17까지 나타내었다.

### (1) 수온

수온은 평균 표층  $13.59\pm7.32^{\circ}\text{C}$ , 저층  $13.30\pm7.13^{\circ}\text{C}$ 로서 표층이 저층에 비해  $0.29^{\circ}\text{C}$  높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층 비슷한 상태로서 1998년에는 표층  $14.84\pm7.71^{\circ}\text{C}$ , 저층  $14.57\pm7.73^{\circ}\text{C}$  이후 2003년까지 표층  $12.86\pm6.88^{\circ}\text{C}$ , 저층  $12.46\pm6.58^{\circ}\text{C}$ 로 낮아지는 경향이었고, 2005년 표층  $14.28\pm7.60^{\circ}\text{C}$ , 저층  $13.93\pm7.24^{\circ}\text{C}$ 로 높아졌다가 그 후로는 불규칙한 연 변화를 나타내어 2010년에는 표층  $12.89\pm7.82^{\circ}\text{C}$ , 저층  $12.56\pm7.66^{\circ}\text{C}$ 으로 낮은 수온을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층

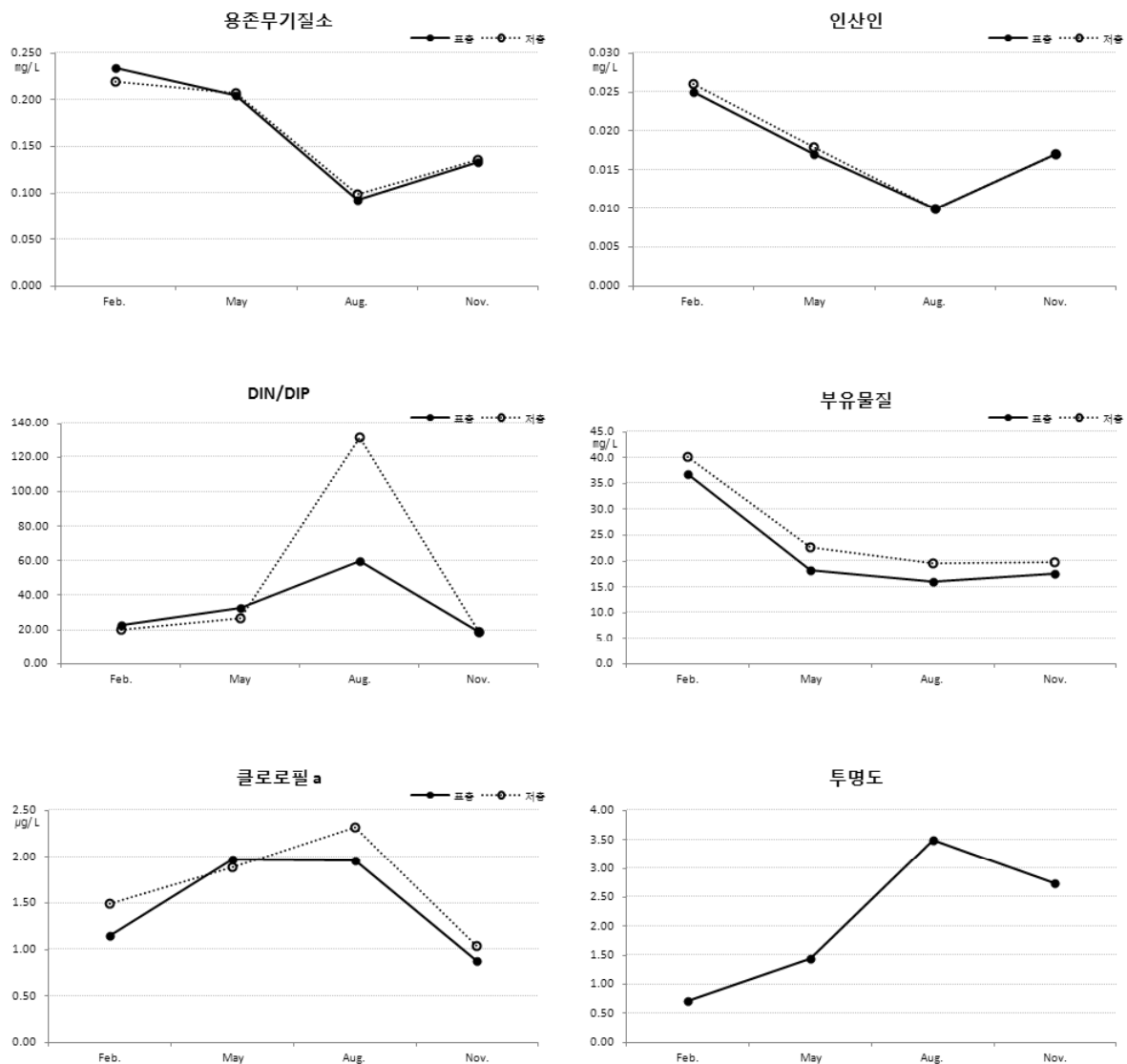


그림 13. 가로림연안 표층수와 저층수 중 용존무기질소, 인산인, DIN/DIP, 부유물질, 클로로필 a 및 투명도의 계절변화.

4.05±0.81℃, 저층 3.99±0.82℃, 봄철인 5월은 표층 11.31±2.26℃, 저층 10.93±2.22℃, 여름철인 8월은 표층 23.66±2.22℃, 저층 23.00±2.13℃, 가을철인 11월은 표층 15.34±1.54℃, 저층 15.28±1.57℃로 겨울철과 봄철의 변화폭이 상대적으로 가장 크고, 여름철이 낮은 상태를 나타내었다.

## (2) 염분

염분은 평균 표층 31.52±0.83, 저층 31.62±0.70로서 표층이 저층에 비해 0.10 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년에 표층 32.12±0.85, 저층 32.23±0.79로 조사기간중 가장 높았으며 그 후 낮아져 2004년에는 표층 30.71±0.78, 저층 30.78±0.66로 가장 낮은 염분을 나타낸 후 점차 증가 추세로 2009년에 표층 32.08±0.36, 저층 32.06±0.24이었으며 2010년에는 표층 31.82±0.44, 저층 31.87±0.45이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층 31.80±0.54, 저층 31.88±0.49, 봄철인 5월은 표층 31.75±0.47, 저층 31.76±0.47, 여름철인 8월은 표층 30.68±1.02, 저층 30.93±0.77, 가을철인 11월은 표층 31.84±0.54, 저층 31.92±0.50로 여름철이 다른 계절에 비해 약간 낮은 상태이었다.

## (3) 수소이온농도

수소이온농도는 평균 표층 8.05±0.19, 저층 8.03±0.21이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 같은 경향으로 대체로 연간 표층 0.0134, 저층 0.0133정도씩 높아지는 추세이었으나 2000년에 표층 7.88±0.16, 저층 7.86±0.15, 2004년에 표층 7.91±0.21, 저층 7.83±0.34로 낮았으며, 그 후로 불규칙적으로 증감을 반복하면서 증가경향으로 2010년에는 표층과 저층 공히 8.11±0.14를 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층 7.99±0.17, 저층 7.99±0.18, 봄철인 5월은 표층 8.10±0.15, 저층 8.09±0.15, 여름철인 8월은 표층 8.08±0.24, 저층 8.03±0.30, 가을철인 11월은 표층 8.00±0.15, 저층 8.02±0.17로 겨울철인 2월이 다른 조사월에 비해 약간 낮은 수소이온농도를 나타내었다.

## (4) 용존산소

용존산소는 평균 표층 8.81±1.65 mg/L, 저층 8.67±1.81 mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.14 mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년에 표층 7.81±1.96 mg/L, 저층 7.88±2.01 mg/L이었다가 2000년에 표층 7.54±1.12 mg/L, 저층 6.82±1.29 mg/L로 조사기간중 가장 낮은 용존산소량을 보였으나 대체로 표층은 연 0.1164 mg/L, 저층은 연 0.1085 mg/L 정도 증가경향으로 2010년에는 표층 9.83±1.03 mg/L, 저층 9.71±1.02 mg/L로 조사기간 중 가장 높은 상태를 나타내었다. 계

절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $10.29 \pm 0.87$  mg/L, 저층  $10.16 \pm 1.18$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $9.78 \pm 1.22$  mg/L, 저층  $9.83 \pm 1.44$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $7.50 \pm 1.28$  mg/L, 저층  $7.16 \pm 1.36$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $7.69 \pm 0.92$  mg/L, 저층  $7.55 \pm 0.88$  mg/L로 저수온기인 겨울철과 봄철이 상대적으로 높았고 여름철과 가을철에 낮은 용존산소를 나타내었다.

#### (5) 화학적산소요구량

화학적산소요구량은 평균 표층  $1.13 \pm 0.63$  mg/L, 저층  $1.24 \pm 0.71$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.11 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년 표층이  $0.96 \pm 0.60$  mg/L, 저층  $1.59 \pm 1.57$  mg/L이었다가 감소와 증가를 반복하면서 2003년에 표층이  $1.88 \pm 0.96$  mg/L, 저층  $2.06 \pm 0.77$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으며 그 후 점차 감소하여 표층의 경우 2008년에  $0.74 \pm 0.25$  mg/L, 저층의 경우 2006년에  $0.93 \pm 0.31$  mg/L로 감소하다가 다시 약간씩 증가경향으로 2010년에는 표층  $1.39 \pm 0.85$  mg/L, 저층  $1.49 \pm 0.68$  mg/L을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $1.01 \pm 0.50$  mg/L, 저층  $1.29 \pm 0.66$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $1.10 \pm 0.43$  mg/L, 저층  $1.26 \pm 0.89$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $1.46 \pm 0.87$  mg/L, 저층  $1.40 \pm 0.67$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.95 \pm 0.52$  mg/L, 저층  $1.00 \pm 0.50$  mg/L로 연중 비슷한 화학적산소요구량을 나타내었다.

#### (6) 암모니아질소

암모니아질소는 평균 표층  $0.034 \pm 0.082$  mg/L, 저층  $0.031 \pm 0.072$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.003 mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년 표층  $0.147 \pm 0.243$  mg/L, 저층  $0.133 \pm 0.217$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으나 그 후 2001년에 표층  $0.085 \pm 0.100$  mg/L, 저층  $0.062 \pm 0.087$  mg/L을 제외하고는 변곡선 형태로 증감을 반복하면서 전반적으로 표층은 연 0.0059 mg/L, 저층은 연 0.0052 mg/L 씩 낮아져 2009년에 표층이  $0.005 \pm 0.005$  mg/L, 저층  $0.008 \pm 0.010$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았으며 2010년에는 표층  $0.013 \pm 0.010$  mg/L, 저층  $0.013 \pm 0.007$  mg/L로 약간 증가하였다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.022 \pm 0.034$  mg/L, 저층  $0.017 \pm 0.021$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.018 \pm 0.021$  mg/L, 저층  $0.023 \pm 0.053$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.057 \pm 0.141$  mg/L, 저층  $0.057 \pm 0.125$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.040 \pm 0.067$  mg/L, 저층  $0.026 \pm 0.030$  mg/L로 고수온기인 여름철이 상대적으로 높은 암모니아질소를 나타내었다.

### (7) 아질산질소

아질산질소는 평균 표층  $0.005 \pm 0.006$  mg/L, 저층  $0.005 \pm 0.004$  mg/L이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.010 \pm 0.015$  mg/L, 저층  $0.006 \pm 0.004$  mg/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었으며 그 후 변곡선 형태로 감소경향으로 2004년 표층  $0.002 \pm 0.003$  mg/L, 저층  $0.003 \pm 0.003$  mg/L로 가장 낮았었고, 그 후 증가와 감소 상태로 2010년에는 표층과 저층 공히  $0.003 \pm 0.002$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층과 저층 공히  $0.003 \pm 0.003$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.003 \pm 0.008$  mg/L, 저층  $0.003 \pm 0.003$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.005 \pm 0.006$  mg/L, 저층  $0.004 \pm 0.004$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.007 \pm 0.004$  mg/L, 저층  $0.008 \pm 0.005$  mg/L로 가을철인 11월이 상대적으로 높은 아질산질소를 나타내었다.

### (8) 질산질소

질산질소는 평균 표층  $0.092 \pm 0.094$  mg/L, 저층  $0.093 \pm 0.096$  mg/L로서 표층이 저층에 비해  $0.001$  mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1998년에는 표층  $0.050 \pm 0.042$  mg/L, 저층  $0.040 \pm 0.032$  mg/L로 조사기간중 가장 낮은 상태이었으나 그 후 약간의 변곡선 형태이나 대체로 증가 경향으로 2006년 표층  $0.184 \pm 0.139$  mg/L, 저층  $0.184 \pm 0.143$  mg/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었으나 그 후 감소하여 2010년에는 표층  $0.066 \pm 0.074$  mg/L, 저층  $0.066 \pm 0.071$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.178 \pm 0.114$  mg/L, 저층  $0.180 \pm 0.119$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.096 \pm 0.090$  mg/L, 저층  $0.096 \pm 0.090$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.021 \pm 0.019$  mg/L, 저층  $0.025 \pm 0.027$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.073 \pm 0.039$  mg/L, 저층  $0.070 \pm 0.039$  mg/L로 겨울철인 2월이 상대적으로 높았고 여름철인 8월이 낮은 질산질소를 나타내었다.

### (9) 용존무기질소

용존무기질소는 그 기여도에 있어 질산질소는 표층 70.23%와 저층 72.66%, 암모니아 질소는 표층 25.95%와 저층 24.22%, 아질산질소는 표층 3.82%와 저층 3.91%이었다. 용존무기질소의 평균 농도는 표층  $0.131 \pm 0.117$  mg/L, 저층  $0.128 \pm 0.112$  mg/L로서 표층이 저층에 비해  $0.003$  mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 1997년에는 표층  $0.223 \pm 0.226$  mg/L, 저층  $0.209 \pm 0.211$  mg/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었으나 1998년에 표층  $0.102 \pm 0.068$  mg/L, 저층  $0.083 \pm 0.055$  mg/L로 낮아진 후 변곡선 형태로 약간씩 증가하여 2006년에는 표층  $0.195 \pm 0.139$  mg/L, 저층  $0.199 \pm 0.142$  mg/L로 높아진 후 감소하여 2010년에는 표층  $0.083 \pm 0.073$  mg/L, 저층  $0.082 \pm 0.071$  mg/L로 가장 낮아진 상태이었다. 계절



별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.204 \pm 0.113$  mg/L, 저층  $0.200 \pm 0.113$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.118 \pm 0.092$  mg/L, 저층  $0.122 \pm 0.103$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.082 \pm 0.146$  mg/L, 저층  $0.086 \pm 0.133$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.121 \pm 0.072$  mg/L, 저층  $0.103 \pm 0.044$

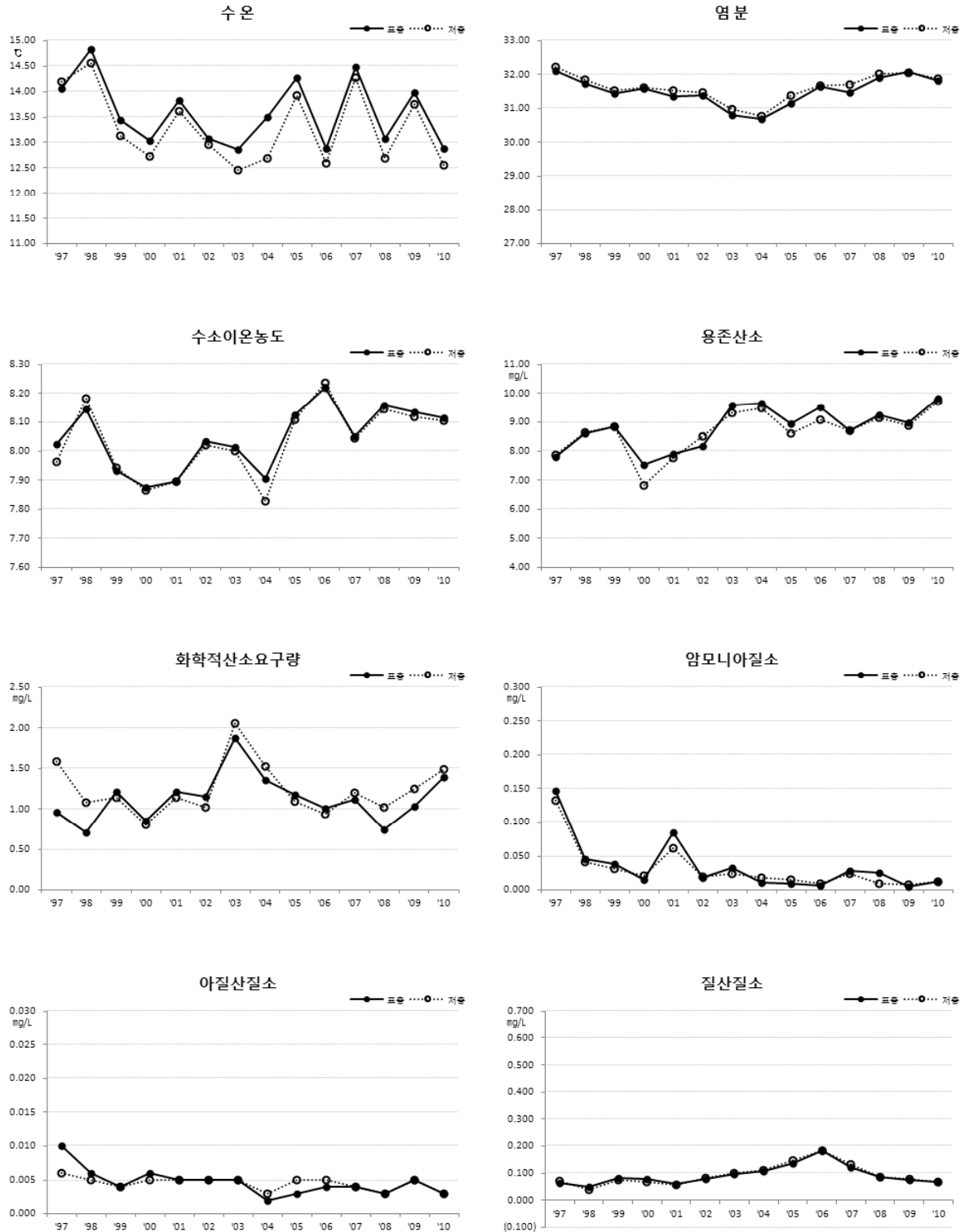


그림 14. 태안연안 표층수와 저층수 중 수온, 염분, pH, 용존산소, 화학적산소 요구량, 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 연변화.

mg/L로 겨울철인 2월이 상대적으로 높은 용존무기질소를 나타내었다.

#### (10) 인산인

인산인은 평균 표층 0.016±0.015 mg/L, 저층 0.016±0.010 mg/L이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층과 저층 공히 0.010±0.007 mg/L로 조사기간중 가장 낮은 수준이었고, 그 후 변곡선 형태로 증가와 감소를 반복하며 2002년에는 표층 0.022±0.015 mg/L, 저층 0.021±0.015 mg/L로 높았었으나 다시 감소와 증가로 2007년에는 표층 0.018±0.008 mg/L, 저층 0.021±0.015 mg/L로 증가한 후 감소 경향으로 2010년에는 표층 0.013±0.008 mg/L, 저층 0.012±0.010 mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층 0.023±0.010 mg/L, 저층 0.024±0.011 mg/L, 봄철인 5월은 표

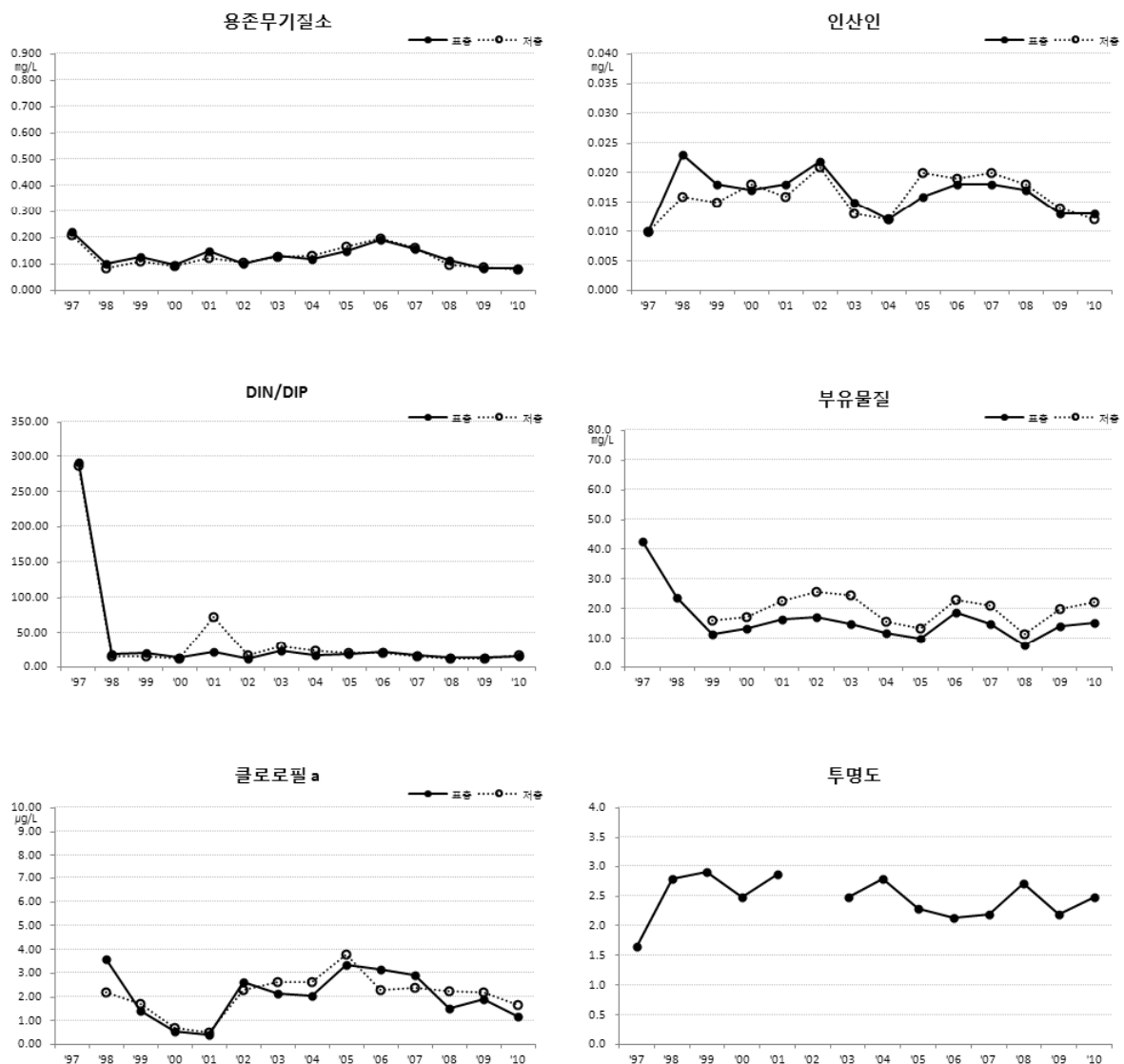


그림 15. 태안연안 표층수와 저층수 중 용존무기질소, 인산인, DIN/DIP, 부유물질, 클로로필-a 및 투명도의 연변화.

층  $0.014 \pm 0.009$  mg/L, 저층  $0.013 \pm 0.009$  mg/L, 여름철인 8월은 표층과 저층 공히  $0.010 \pm 0.008$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.018 \pm 0.023$  mg/L, 저층  $0.016 \pm 0.007$  mg/L로 겨울철인 2월이 상대적으로 높은 인산인을 나타내었다.

#### (11) DIN/DIP 비

DIN/DIP 비는 평균 표층  $37.23 \pm 203.50$ , 저층  $40.82 \pm 219.17$ 로서 표층이 저층에 비해 3.59 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 형태로 1997년에는 표층  $291.49 \pm 729.89$ , 저층  $286.67 \pm 758.80$ 로 월등히 높은 상태이었다. 1998년 표층  $19.51 \pm 22.56$ , 저층  $15.08 \pm 13.32$ 로 낮아진 후 약간의 변곡선 형태로 평형 상태를 유지하였으며, 2001년에 표층  $21.23 \pm 15.45$ , 저층  $72.98 \pm 236.24$ 로 저층이 월등히 높았다가 이후 약간씩 낮아지는 추세로 2010년에는 표층  $15.17 \pm 12.20$ , 저층  $17.33 \pm 8.16$ 이었다. 1997년 및 2001년 저층을 제외하고는 대체로 DIN/DIP 비가 16내외를 유지하고 있었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $21.98 \pm 15.34$ , 저층  $34.18 \pm 126.36$ , 봄철인 5월은 표층  $20.72 \pm 13.54$ , 저층  $23.13 \pm 21.17$ , 여름철인 8월은 표층  $87.50 \pm 404.36$ , 저층  $90.24 \pm 417.48$ , 가을철인 11월은 표층  $18.72 \pm 10.17$ , 저층  $15.72 \pm 6.90$ 로 여름철인 8월이 상대적으로 높은 DIN/DIP 비를 나타내었다.

#### (12) 부유물질

부유물질은 1997년과 1998년에는 표층에서만 조사 하였으며, 평균은 표층  $16.6 \pm 13.33$  mg/L, 저층  $19.4 \pm 15.83$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 2.8 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층의 경우 1997년에  $42.6 \pm 10.79$  mg/L로 조사기간중 가장 높았었고 그 후 2년 동안 감소하여 1999년에는  $11.4 \pm 8.56$  mg/L이었으며 그 후 대체로 평형상태를 유지하면서 점차 약간씩 증가하여 2002년에  $17.3 \pm 9.15$  mg/L이었다가 감소한 후 2006년에  $18.8 \pm 10.62$  mg/L로 높아진후 감소하여 2008년에는  $7.7 \pm 5.70$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았으며 그 후 증가 추세로 2010년에는  $15.3 \pm 14.42$  mg/L이었다. 저층의 경우 1999년에는  $15.9 \pm 14.32$  mg/L이었고, 그 후 증기하여 2002년에는  $25.5 \pm 10.48$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으며 그 후 감소와 증가를 반복하여 2010년에는  $22.3 \pm 18.94$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $25.4 \pm 15.62$  mg/L, 저층  $33.0 \pm 20.97$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $15.2 \pm 11.35$  mg/L, 저층  $17.4 \pm 12.04$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $10.9 \pm 9.53$  mg/L, 저층  $13.0 \pm 10.42$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $14.8 \pm 11.73$  mg/L, 저층  $17.1 \pm 12.65$  mg/L로 겨울철인 2월이 상대적으로 높은 부유물질을 나타내었다.

#### (13) 클로로필 a

1998년부터 2010년까지 13년 동안의 클로로필 a는 평균 표층  $2.07 \pm 2.78 \mu\text{g/L}$ , 저층  $2.11 \pm 1.92 \mu\text{g/L}$ 로서 표층이 저층에 비해  $0.04 \mu\text{g/L}$  낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 형태이며 1998년에는 표층  $3.59 \pm 3.57 \mu\text{g/L}$ , 저층  $2.20 \mu\text{g/L}$ 이었으며 그 후 감소하여 2001년에는 표층  $0.41 \pm 0.47 \mu\text{g/L}$ , 저층  $0.53 \pm 0.72 \mu\text{g/L}$ 로 조

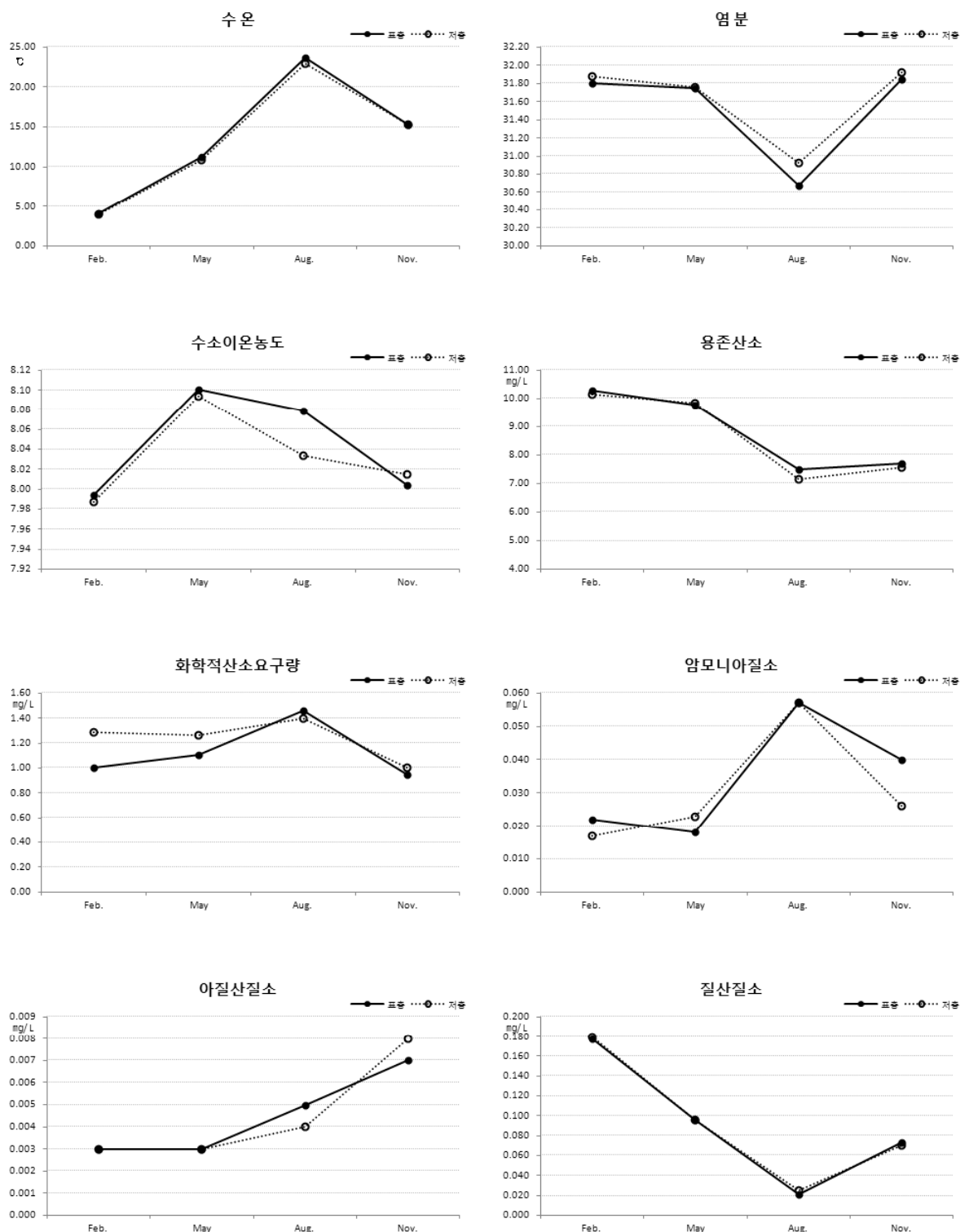


그림 16. 태안연안 표층수와 저층수 중 수온, 염분, pH, 용존산소, 화학적산소 요구량, 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 계절변화.

사기간중 가장 낮게 나타내었다. 그 후 증가와 감소의 변곡선 형태로 2005년에는 표층  $3.34 \pm 4.17 \mu\text{g/L}$ , 저층  $3.79 \pm 3.03 \mu\text{g/L}$ 로 높은 상태이었고, 그후 감소경향으로 2010년에는 표층  $1.21 \pm 0.97 \mu\text{g/L}$ , 저층  $1.67 \pm 1.09 \mu\text{g/L}$ 로 낮은 생산력을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $1.23 \pm 1.36 \mu\text{g/L}$ , 저층  $1.38 \pm 1.34 \mu\text{g/L}$ , 봄철인 5월은 표층  $1.80 \pm 1.61 \mu\text{g/L}$ , 저층  $2.21 \pm 1.71 \mu\text{g/L}$ , 여름철인 8월은 표층  $4.05 \pm 4.54 \mu\text{g/L}$ , 저층  $3.49 \pm 2.56 \mu\text{g/L}$ , 가을철인 11월은 표층  $1.19 \pm 0.74 \mu\text{g/L}$ , 저층  $1.36 \pm 0.81 \mu\text{g/L}$ 로 여름철인 8월이 상대적으로 높은 클로로필 a를 나타내었다.

### 마) 천수만

천수만에 대한 해수 중 수온, 염분, 수소이온농도, 용존산소, 화학적산소요구량, 영양염류, 부유물질 및 클로로필 a의 연변화 특성을 파악하기 위하여 5개 정점을 선정하여

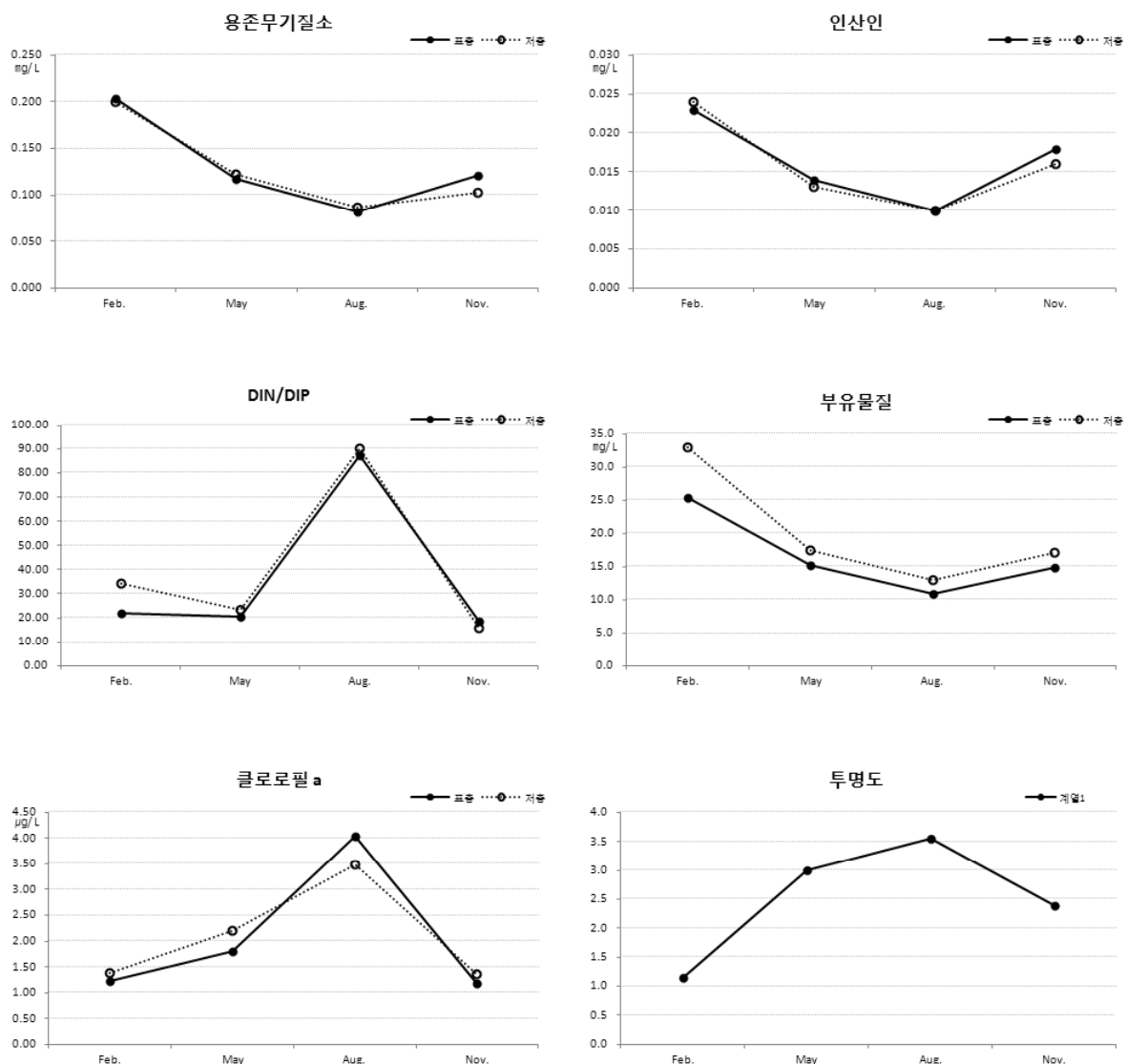


그림 17. 태안연안 표층수와 저층수 중 용존무기질소, 인산인, DIN/DIP, 부유물질, 클로로필-a 및 투명도의 계절변화.

1997년부터 2010년까지의 자료를 항목별 계절별과 연도별로 정리하였으며, 각 성분에 대한 평균값의 연 변화와 계절별 변화 양상을 그림 18에서 21까지 나타내었다.

### (1) 수온

수온은 평균 표층  $15.07 \pm 8.18^{\circ}\text{C}$ , 저층  $14.60 \pm 7.97^{\circ}\text{C}$ 로서 표층이 저층에 비해  $0.47^{\circ}\text{C}$  높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층 비슷한 상태로서 1998년에는 표층  $15.32 \pm 8.96^{\circ}\text{C}$ , 저층  $15.62 \pm 8.52^{\circ}\text{C}$  이후 2002년까지 표층  $14.24 \pm 8.06^{\circ}\text{C}$ , 저층  $13.85 \pm 8.02^{\circ}\text{C}$ 로 낮아지는 경향이었고, 2005년 표층  $16.38 \pm 8.73^{\circ}\text{C}$ , 저층  $15.59 \pm 8.39^{\circ}\text{C}$ 로 높아졌다가 그 후로는 불규칙한 연 변화를 나타내어 2010년에는 표층  $14.86 \pm 9.20^{\circ}\text{C}$ , 저층  $13.89 \pm 8.80^{\circ}\text{C}$ 으로 낮은 수온을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $4.07 \pm 1.13^{\circ}\text{C}$ , 저층  $3.86 \pm 0.92^{\circ}\text{C}$ , 봄철인 5월은 표층  $14.23 \pm 1.68^{\circ}\text{C}$ , 저층  $13.51 \pm 1.60^{\circ}\text{C}$ , 여름철인 8월은 표층  $26.75 \pm 1.25^{\circ}\text{C}$ , 저층  $25.96 \pm 1.13^{\circ}\text{C}$ , 가을철인 11월은 표층  $15.23 \pm 1.67^{\circ}\text{C}$ , 저층  $15.05 \pm 1.66^{\circ}\text{C}$ 로 겨울철의 변화폭이 상대적으로 가장 크고, 여름철이 낮은 상태를 나타내었다.

### (2) 염분

염분은 평균 표층  $30.88 \pm 1.75$ , 저층  $31.15 \pm 1.31$ 로서 표층이 저층에 비해 0.27 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년에 표층  $31.59 \pm 1.47$ , 저층  $31.82 \pm 1.35$ 로 조사기간중 비교적 높았으며 그 후 낮아져 2003년에는 표층  $29.90 \pm 1.77$ , 저층  $30.11 \pm 1.75$ 로 가장 낮은 염분을 나타내었다. 그 후 점차 증가 추세로 2008년에 표층  $31.73 \pm 0.90$ , 저층  $31.89 \pm 0.82$ 로 가장 높아진 후 낮아져 2010년에는 표층  $31.35 \pm 0.85$ , 저층  $31.55 \pm 0.86$ 이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $31.84 \pm 0.63$ , 저층  $31.96 \pm 0.52$ , 봄철인 5월은 표층  $31.57 \pm 0.57$ , 저층  $31.60 \pm 0.60$ , 여름철인 8월은 표층  $28.60 \pm 2.00$ , 저층  $29.40 \pm 1.26$ , 가을철인 11월은 표층  $31.51 \pm 0.71$ , 저층  $31.66 \pm 0.66$ 로 여름철이 다른 계절에 비해 평균  $2.34(\text{저층}) \sim 3.04(\text{표층})$  낮은 상태이었다.

### (3) 수소이온농도

수소이온농도는 평균 표층  $8.09 \pm 0.20$ , 저층  $8.06 \pm 0.20$ 이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 같은 경향으로 대체로 연간 표층 0.0142, 저층 0.0118정도씩 높아지는 추세이었다. 즉 1998년에 표층  $8.28 \pm 0.19$ , 저층  $8.27 \pm 0.14$ 로 조사기간중 가장 높았으며 그후 낮아져 2000년에는 표층  $7.87 \pm 0.16$ , 저층  $7.85 \pm 0.15$ 로 가장 낮은 상태이었다가 불규칙적으로 증감을 반복하면서 2008년에 표층  $8.25 \pm 0.17$ , 저층  $8.21 \pm 0.15$ 로 높아진 후

2010년에는 표층  $8.13 \pm 0.13$ , 저층  $8.11 \pm 0.15$ 를 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $8.08 \pm 0.24$ , 저층  $8.09 \pm 0.24$ , 봄철인 5월은 표층  $8.13 \pm 0.11$ , 저층  $8.12 \pm 0.12$ , 여름철인 8월은 표층  $8.13 \pm 0.24$ , 저층  $8.03 \pm 0.23$ , 가을철인 11월은 표층  $8.00 \pm 0.16$ , 저층  $8.00 \pm 0.17$ 로 가을철인 11월이 다른 조사월에 비해 약간 낮은 수소이온농도를 나타내었다.

#### (4) 용존산소

용존산소는 평균 표층  $8.70 \pm 2.10$  mg/L, 저층  $8.24 \pm 2.19$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.47 mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년에 표층  $7.09 \pm 3.07$  mg/L, 저층  $7.08 \pm 3.16$  mg/L, 2000년에 표층  $7.16 \pm 1.37$  mg/L, 저층  $7.05 \pm 1.59$  mg/L로 조사기간중 낮은 용존산소량을 보였으나 대체로 표층은 연 0.1127 mg/L, 저층은 연 0.0612 mg/L 정도 증가경향으로 2004년에는 표층  $10.01 \pm 1.74$  mg/L, 저층  $9.03 \pm 1.89$  mg/L로 조사기간 중 상대적으로 높은 상태를 나타내었다가 다시 변곡선 형태로 감소하여 2010년에는 표층  $9.06 \pm 1.71$  mg/L, 저층  $8.74 \pm 2.17$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $10.79 \pm 1.35$  mg/L, 저층  $10.75 \pm 1.20$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $9.09 \pm 1.19$  mg/L, 저층  $8.89 \pm 1.18$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $7.42 \pm 2.47$  mg/L, 저층  $5.95 \pm 1.68$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $7.50 \pm 0.93$  mg/L, 저층  $7.35 \pm 0.93$  mg/L로 저수온기인 겨울철이 상대적으로 높았고 여름철인 8월 저층수에서 낮은 용존산소를 나타내었다.

#### (5) 화학적산소요구량

화학적산소요구량은 평균 표층  $1.41 \pm 0.83$  mg/L, 저층  $1.42 \pm 0.76$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.01 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년 표층이  $1.18 \pm 0.72$  mg/L, 저층  $1.39 \pm 0.90$  mg/L이었다가 증가와 감소를 반복하면서 2003년에 표층이  $2.18 \pm 1.19$  mg/L, 저층  $2.33 \pm 0.95$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으며 그 후 점차 감소하여 2007년에 표층  $1.06 \pm 0.33$  mg/L, 저층  $0.89 \pm 0.27$  mg/L로 감소하다가 다시 약간씩 증가경향으로 2010년에는 표층  $1.42 \pm 0.54$  mg/L, 저층  $1.54 \pm 0.48$  mg/L을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $1.28 \pm 0.61$  mg/L, 저층  $1.60 \pm 0.73$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $1.22 \pm 0.43$  mg/L, 저층  $1.21 \pm 0.52$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $2.11 \pm 1.15$  mg/L, 저층  $1.77 \pm 0.98$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $1.04 \pm 0.50$  mg/L, 저층  $1.09 \pm 0.51$  mg/L로 연중 하절기인 8월이 상대적으로 높은 화학적산소요구량을 나타내었다.

#### (6) 암모니아질소

암모니아질소는 평균 표층  $0.048 \pm 0.103$  mg/L, 저층  $0.052 \pm 0.091$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.004 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년 표층  $0.171 \pm 0.327$  mg/L, 저층  $0.145 \pm 0.277$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으나 그 후 변곡선 형태로 증감을 반복하면서 전반적으로 표층은 연 0.0077 mg/L, 저층은 연 0.0053 mg/L 씩 낮아져 2009년에 표층이  $0.007 \pm 0.006$  mg/L, 저층  $0.013 \pm 0.013$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았으며 2010년에는 표층  $0.022 \pm 0.018$  mg/L, 저층  $0.033 \pm 0.034$  mg/L로 약간 증가하였다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.023 \pm 0.026$  mg/L, 저층  $0.025 \pm 0.031$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.024 \pm 0.027$  mg/L, 저층  $0.024 \pm 0.032$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.094 \pm 0.189$  mg/L, 저층  $0.112 \pm 0.159$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.053 \pm 0.052$  mg/L, 저층  $0.048 \pm 0.032$  mg/L로 고수온기인 여름철이 상대적으로 높은 암모니아질소를 나타내었다.

#### (7) 아질산질소

아질산질소는 평균 표층과 저층 공히  $0.006 \pm 0.007$  mg/L이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.007 \pm 0.003$  mg/L, 저층  $0.007 \pm 0.004$  mg/L로 조사기간중 비교적 높은 상태이었으며 그 후 감소와 증가 형태로 2001년 표층  $0.010 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.008 \pm 0.008$  mg/L로 증가한 후 감소와 증가의 변곡선 형태로 2009년에 표층  $0.012 \pm 0.017$  mg/L, 저층  $0.014 \pm 0.020$  mg/L로 조사기간중 가장 높았었고, 2010년에는 표층과 저층 공히  $0.003 \pm 0.001$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.003 \pm 0.003$  mg/L, 저층  $0.003 \pm 0.002$  mg/L, 봄철인 5월은 표층과 저층 공히  $0.002 \pm 0.002$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.005 \pm 0.005$  mg/L, 저층  $0.004 \pm 0.003$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.013 \pm 0.009$  mg/L, 저층  $0.013 \pm 0.011$  mg/L로 가을철인 11월이 상대적으로 높은 아질산질소를 나타내었다.

#### (8) 질산질소

질산질소는 평균 표층  $0.054 \pm 0.056$  mg/L, 저층  $0.058 \pm 0.061$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.004 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1998년에는 표층  $0.024 \pm 0.018$  mg/L, 저층  $0.023 \pm 0.021$  mg/L로 조사기간중 가장 낮은 상태이었으나 그 후 약간의 변곡선 형태이나 대체로 증가 경향으로 2003년 표층  $0.108 \pm 0.061$  mg/L, 저층  $0.115 \pm 0.044$  mg/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었으나 그 후 감소하여 2010년에는 표층  $0.027 \pm 0.038$  mg/L, 저층  $0.034 \pm 0.042$  mg/L이었다. 계절별로는



겨울철인 2월은 평균 표층  $0.078 \pm 0.076$  mg/L, 저층  $0.092 \pm 0.093$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.034 \pm 0.036$  mg/L, 저층  $0.038 \pm 0.044$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.050 \pm 0.061$  mg/L, 저층  $0.045 \pm 0.047$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.055 \pm 0.028$  mg/L, 저층  $0.055 \pm 0.026$  mg/L로 겨

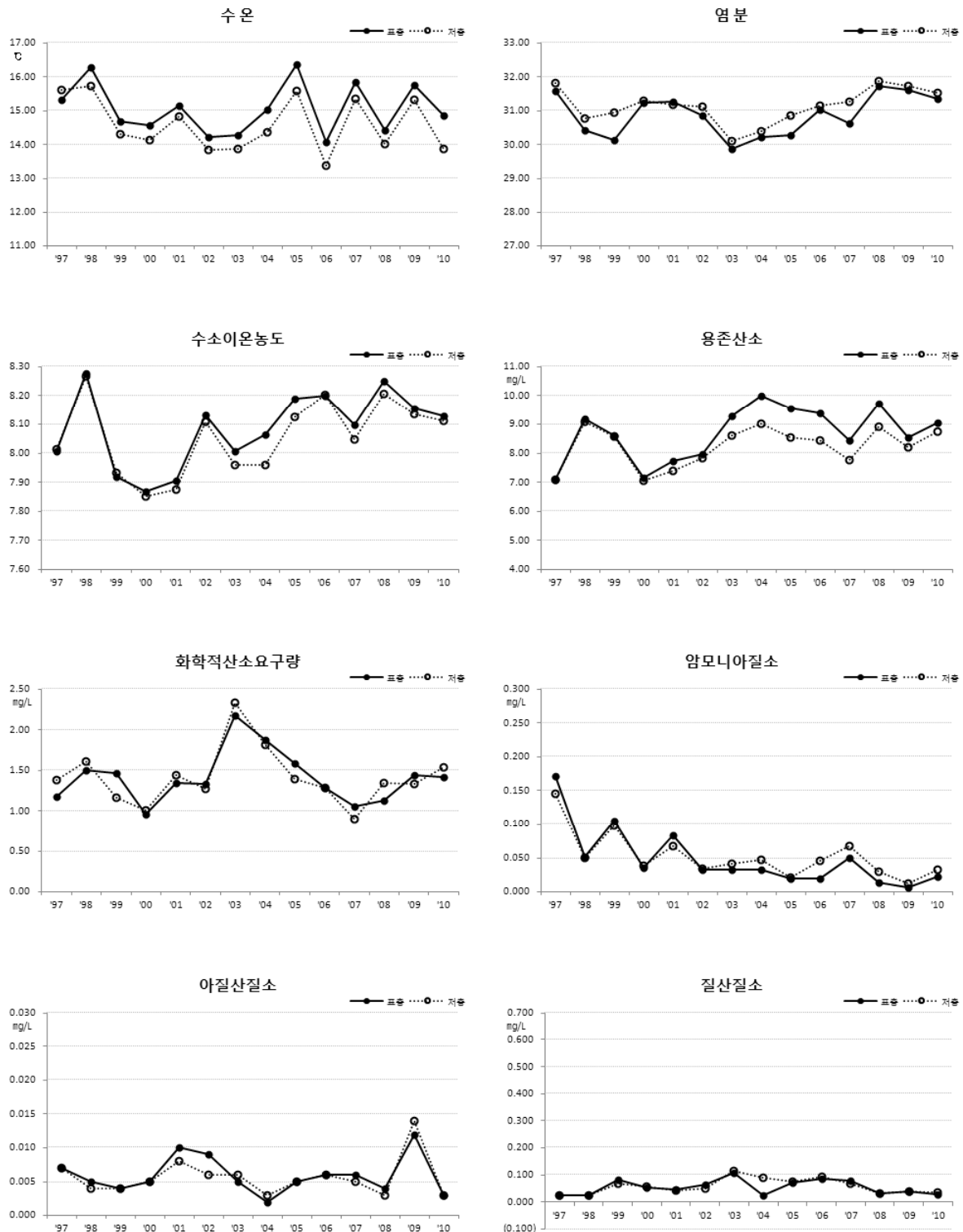


그림 18. 천수만 표층수와 저층수 중 수온, 염분, pH, 용존산소, 화학적산소요구량, 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 연변화.

울철인 2월이 상대적으로 높은 질산질소를 나타내었다.

#### (9) 용존무기질소

용존무기질소는 그 기여도에 있어 질산질소는 표층 49.54%와 저층 50.43%, 암모니아 질소는 표층 44.04%와 저층 45.22%, 아질산질소는 표층 5.22%와 저층 5.50%이었다. 용존무기질소의 평균 농도는 표층  $0.109 \pm 0.119$  mg/L, 저층  $0.115 \pm 0.109$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.006 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 전반적으로 표층 연  $0.0076$  mg/L, 저층  $0.0045$  mg/L 낮아지는 형태이다. 즉 1997년에는 표층  $0.202 \pm 0.318$  mg/L, 저층  $0.177 \pm 0.273$  mg/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었으나 그 후 변곡선 형태로 점차 약간씩 감소하여 2007년에는 표층  $0.134 \pm 0.094$  mg/L, 저층  $0.138 \pm 0.100$  mg/L이었다가 감소폭이 커져서 2010년에는 표층  $0.052 \pm 0.042$  mg/L, 저층  $0.071 \pm 0.055$  mg/L로 가장 낮아진 상태이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.104 \pm 0.077$  mg/L, 저층  $0.120 \pm 0.096$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.061 \pm 0.050$  mg/L, 저층  $0.064 \pm 0.061$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.148 \pm 0.203$  mg/L, 저층  $0.162 \pm 0.170$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.121 \pm 0.062$  mg/L, 저층  $0.116 \pm 0.041$  mg/L로 여름철인 8월이 상대적으로 높은 용존무기질소를 나타내었다.

#### (10) 인산인

인산인은 평균 표층  $0.015 \pm 0.011$  mg/L, 저층  $0.017 \pm 0.011$  mg/L이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.011 \pm 0.014$  mg/L, 저층  $0.010 \pm 0.008$  mg/L로 조사기간중 낮은 수준이었고, 그 후 변곡선 형태로 증가와 감소를 반복하며 2002년에는 표층  $0.022 \pm 0.011$  mg/L, 저층  $0.024 \pm 0.010$  mg/L로 높았었으나 다시 감소와 증가로 2007년에는 표층  $0.017 \pm 0.011$  mg/L, 저층  $0.019 \pm 0.015$  mg/L로 증가한 후 감소 경향으로 2010년에는 표층  $0.011 \pm 0.008$  mg/L, 저층  $0.016 \pm 0.005$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.014 \pm 0.010$  mg/L, 저층  $0.015 \pm 0.010$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.009 \pm 0.006$  mg/L, 저층  $0.010 \pm 0.006$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.017 \pm 0.015$  mg/L, 저층  $0.021 \pm 0.015$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.020 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.021 \pm 0.008$  mg/L로 봄철인 5월이 상대적으로 낮은 인산인을 나타내었다.

#### (11) DIN/DIP 비

DIN/DIP 비는 평균 표층  $41.03 \pm 265.92$ , 저층  $36.58 \pm 167.65$ 로서 표층이 저층에 비해 4.45 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 형태로 1997년에는 표층  $340.34 \pm 986.86$ , 저층  $226.35 \pm 562.04$ 로 월등히 높은 상태이었다. 1998년 표층

21.34±18.81, 저층 67.14±210.15로 낮아진 후 약간의 변곡선 형태로 점차 약간씩 낮아져 2008년에 표층 8.32±5.52, 저층 8.17±7.88로 낮아진 후 2010년에는 표층 14.18±11.24, 저층 13.17±8.29이었다. 2008년 이후 DIN/DIP 비가 16 이내로 질소성분이 식물플랑크톤의 제한인자로 작용하고 있었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층 27.20±40.85, 저층 31.96±51.13, 봄철인 5월은 표층 17.89±18.72, 저층 14.62±14.54, 여름철인 8월은 표층 103.58±524.76, 저층 87.18±327.29, 가을철인 11월은 표층 14.84±11.73, 저층 12.55±3.52로 여름철인 8월이 상대적으로 높은 DIN/DIP 비를 나타내었다.

## (12) 부유물질

부유물질은 1997년과 1998년에는 표층에서만 조사 하였으며, 평균은 표층

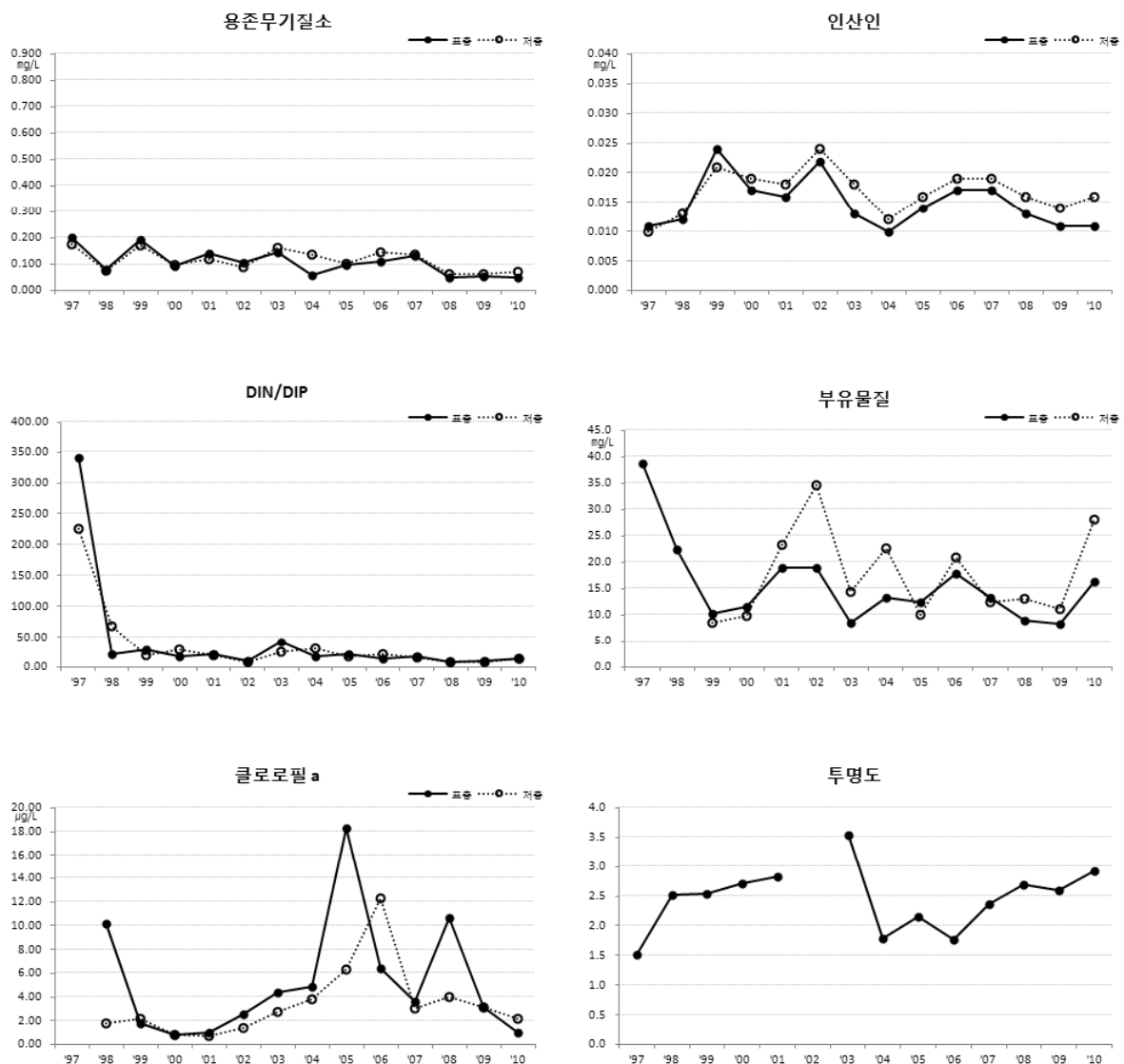


그림 19. 천수만 표층수와 저층수 중 용존무기질소, 인산인, DIN/DIP, 부유물질, 클로로필-a 및 투명도의 연변화.

15.8±13.00 mg/L, 저층 16.7±13.80 mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.9 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층의 경우 1997년에 38.7±7.64 mg/L로 조사기간중 가장 높았었고 그 후 감소하여 1999년에는 10.4±10.72 mg/L이었으며 그 후 대체로 평형상태를 유지하면서 점차 약간씩 증가하여 2001년에 19.1±12.24 mg/L이었다가 감소하여 2009년

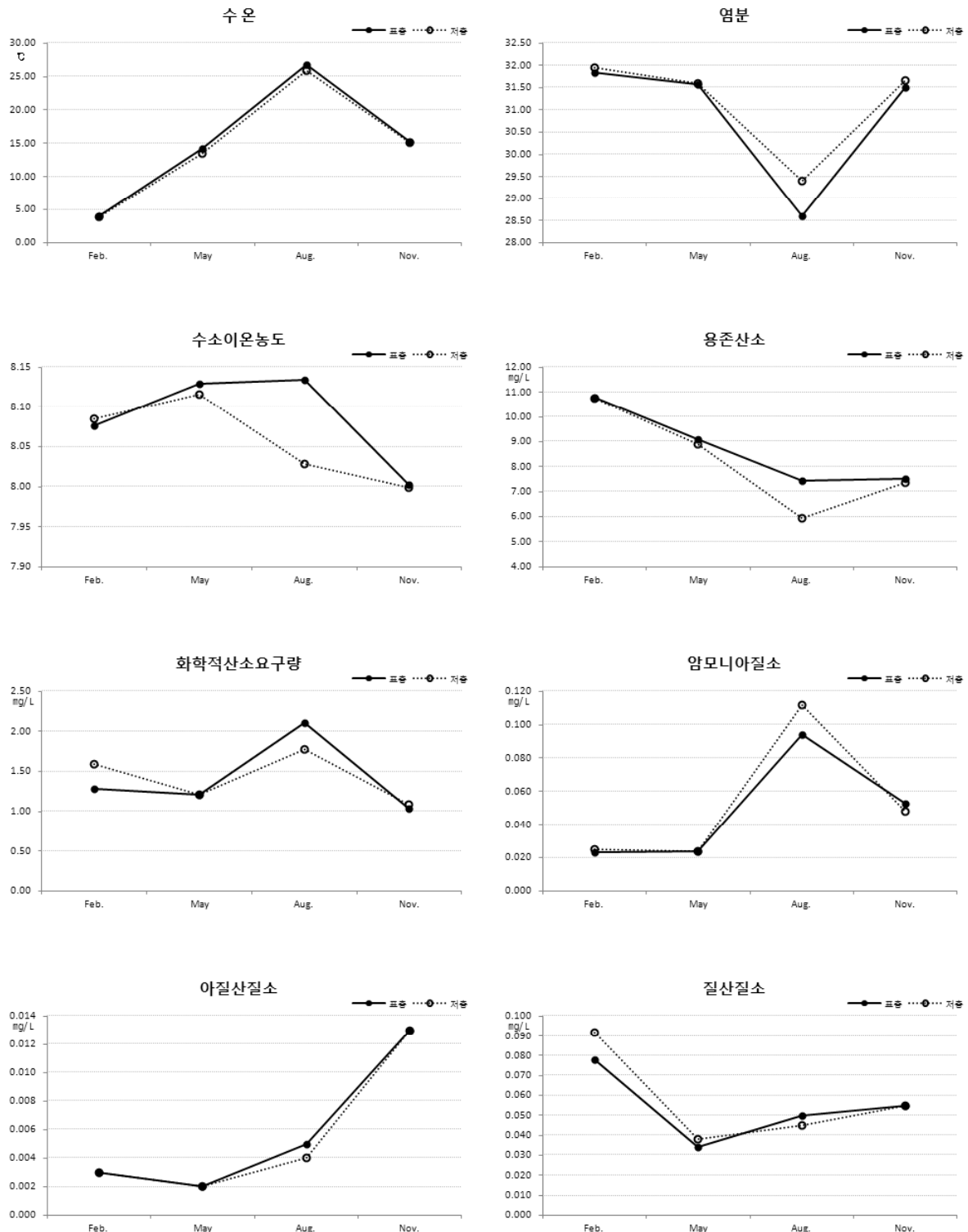


그림 20. 천수만 표층수와 저층수 중 수온, 염분, pH, 용존산소, 화학적산소요구량, 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 계절변화.

에는  $8.4 \pm 4.74$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았으며 그 후 증가 추세로 2010년에는  $16.3 \pm 12.92$  mg/L이었다. 저층의 경우 1999년에는  $8.7 \pm 4.45$  mg/L이었고, 그 후 증기하여 2002년에는  $34.7 \pm 18.89$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으며 그 후 감소와 증가를 반복하여 2010년에는  $28.1 \pm 20.16$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $19.2 \pm 13.99$  mg/L, 저층  $18.4 \pm 12.09$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $12.9 \pm 11.33$  mg/L, 저층  $11.2 \pm 7.01$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $16.8 \pm 14.86$  mg/L, 저층  $20.5 \pm 16.42$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $14.1 \pm 10.70$  mg/L, 저층  $16.1 \pm 15.15$  mg/L로 봄철인 5월이 상대적으로 약간 낮은 부유물질을 나타내었다.

### (13) 클로로필 a

1998년부터 2010년까지 13년 동안의 클로로필 a는 평균 표층  $5.30 \pm 13.72$   $\mu$ g/L,

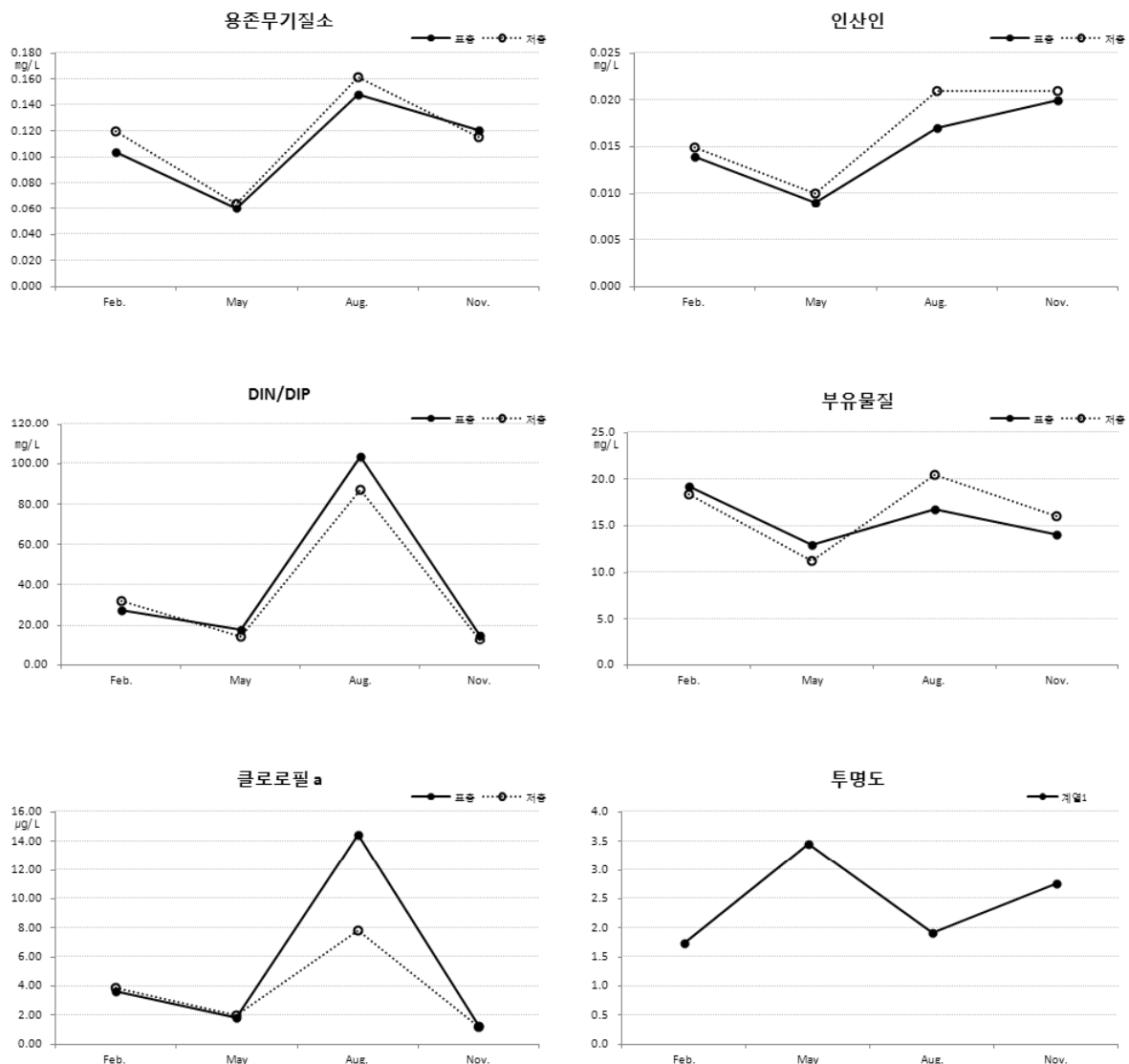


그림 21. 천수만 표층수와 저층수 중 용존무기질소, 인산인, DIN/DIP, 부유물질, 클로로필-a 및 투명도의 계절변화.

저층  $3.73 \pm 12.95 \mu\text{g/L}$ 로서 표층이 저층에 비해  $1.57 \mu\text{g/L}$  높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 형태이며 1998년에는 표층  $10.21 \pm 14.65 \mu\text{g/L}$ , 저층  $1.75 \mu\text{g/L}$ 이었으며 그 후 감소하여 2000년에는 표층  $0.84 \pm 0.51 \mu\text{g/L}$ , 저층  $0.79 \pm 0.52 \mu\text{g/L}$ 로 조사기간중 낮은 상태이었다. 그 후 증가와 감소의 변곡선 형태로 표층의 경우 2005년에는  $18.28 \pm 38.16 \mu\text{g/L}$ , 저층의 경우 2006년  $12.32 \pm 40.15 \mu\text{g/L}$ 로 높은 상태이었고, 그 후 감소경향으로 2010년에는 표층  $0.98 \pm 0.81 \mu\text{g/L}$ , 저층  $2.14 \pm 2.49 \mu\text{g/L}$ 로 표층에서 낮은 생산력을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $3.65 \pm 3.64 \mu\text{g/L}$ , 저층  $3.89 \pm 3.49 \mu\text{g/L}$ , 봄철인 5월은 표층  $1.84 \pm 1.99 \mu\text{g/L}$ , 저층  $1.98 \pm 1.65 \mu\text{g/L}$ , 여름철인 8월은 표층  $14.42 \pm 25.05 \mu\text{g/L}$ , 저층  $7.89 \pm 24.74 \mu\text{g/L}$ , 가을철인 11월은 표층  $1.28 \pm 0.85 \mu\text{g/L}$ , 저층  $1.22 \pm 0.80 \mu\text{g/L}$ 로 여름철인 8월이 상대적으로 월등히 높은 클로로필 a를 나타내었다.

## **바) 보령연안**

보령연안에 대한 해수 중 수온, 염분, 수소이온농도, 용존산소, 화학적산소요구량, 영양염류, 부유물질 및 클로로필 a의 연변화 특성을 파악하기 위하여 4개 정점을 선정하여 1997년부터 2010년까지의 자료를 항목별 계절별과 연도별로 정리하였으며, 각 성분에 대한 평균값의 연 변화와 계절별 변화 양상을 그림 22에서 25까지 나타내었다.

### **(1) 수온**

수온은 평균 표층  $14.74 \pm 7.95^\circ\text{C}$ , 저층  $14.50 \pm 7.77^\circ\text{C}$ 로서 표층이 저층에 비해  $0.24^\circ\text{C}$  높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층 비슷한 상태로서 1998년에는 표층  $15.86 \pm 8.09^\circ\text{C}$ , 저층  $15.66 \pm 8.08^\circ\text{C}$  이후 표층의 경우 2002년에  $14.03 \pm 8.03^\circ\text{C}$ , 저층의 경우 2003년에  $13.85 \pm 8.02^\circ\text{C}$ 로 낮아지는 경향이었고, 2005년 표층  $15.78 \pm 8.90^\circ\text{C}$ , 저층  $15.43 \pm 8.63^\circ\text{C}$ 로 높아졌다가 2006년에는 표층  $13.50 \pm 8.08^\circ\text{C}$ , 저층  $13.24 \pm 7.96^\circ\text{C}$ 으로 조사기간중 가장 저온이었다. 그 후로는 불규칙한 연 변화를 나타내어 2010년에는 표층  $14.24 \pm 8.69^\circ\text{C}$ , 저층  $13.99 \pm 8.68^\circ\text{C}$ 이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $4.27 \pm 0.74^\circ\text{C}$ , 저층  $4.17 \pm 0.75^\circ\text{C}$ , 봄철인 5월은 표층  $13.48 \pm 1.39^\circ\text{C}$ , 저층  $13.37 \pm 1.78^\circ\text{C}$ , 여름철인 8월은 표층  $26.13 \pm 1.11^\circ\text{C}$ , 저층  $25.45 \pm 1.36^\circ\text{C}$ , 가을철인 11월은 표층  $15.05 \pm 1.56^\circ\text{C}$ , 저층  $14.98 \pm 1.57^\circ\text{C}$ 로 겨울철의 변화폭이 상대적으로 크고, 여름철이 낮은 상태를 나타내었다.

## (2) 염분

염분은 평균 표층  $31.06 \pm 1.39$ , 저층  $31.20 \pm 1.30$ 로서 표층이 저층에 비해 0.15 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년에 표층  $29.95 \pm 2.93$ , 저층  $29.88 \pm 3.04$ 로 조사기간중 가장 낮은 상태이었으며 그 후 점차 증가로 1999년부터 2002년까지 평형상태를 유지하다가 낮아져 2003년에는 표층  $29.91 \pm 1.84$ , 저층  $30.36 \pm 1.46$ 을 나타내었다. 그 후 점차 증가 추세로 2008년에 표층  $31.88 \pm 0.72$ , 저층  $31.98 \pm 0.70$ 로 가장 높아진 후 낮아져 2010년에는 표층  $31.53 \pm 0.58$ , 저층  $31.65 \pm 0.61$ 이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $31.90 \pm 0.51$ , 저층  $31.97 \pm 0.50$ , 봄철인 5월은 표층  $31.23 \pm 1.35$ , 저층  $31.30 \pm 1.30$ , 여름철인 8월은 표층  $29.44 \pm 1.26$ , 저층  $29.71 \pm 1.15$ , 가을철인 11월은 표층  $31.69 \pm 0.61$ , 저층  $31.86 \pm 0.49$ 로 여름철이 다른 계절에 비해 평균 2.00(저층)~2.16(표층) 낮은 상태이었다.

## (3) 수소이온농도

수소이온농도는 평균 표층  $8.09 \pm 0.19$ , 저층  $8.07 \pm 0.18$ 이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 같은 경향으로 대체로 연간 표층 0.0099, 저층 0.0092정도씩 높아지는 추세이었다. 즉 1998년에 표층  $8.27 \pm 0.18$ , 저층  $8.30 \pm 0.15$ 로 조사기간중 가장 높았으며 그 후 낮아져 2000년에는 표층  $7.89 \pm 0.16$ , 저층  $7.89 \pm 0.15$ 로 가장 낮은 상태이었다가 불규칙적으로 증감을 반복하면서 2006년에 표층  $8.24 \pm 0.19$ , 저층  $8.24 \pm 0.21$ 로 높아진 후 2010년에는 표층과 저층 공히  $8.11 \pm 0.15$ 를 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층과 저층 공히  $8.03 \pm 0.17$ , 봄철인 5월은 표층  $8.13 \pm 0.12$ , 저층  $8.14 \pm 0.12$ , 여름철인 8월은 표층  $8.21 \pm 0.23$ , 저층  $8.13 \pm 0.23$ , 가을철인 11월은 표층  $7.99 \pm 0.15$ , 저층  $8.00 \pm 0.15$ 로 여름철인 8월 표층에서 다른 조사월에 비해 높은 수소이온농도를 나타내었다.

## (4) 용존산소

용존산소는 평균 표층  $8.58 \pm 1.75$  mg/L, 저층  $8.40 \pm 1.79$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.18 mg/L 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 전반적으로 표층과 저층이 비슷한 상태로서 표층은 연 0.1158 mg/L, 저층은 연 0.0726 mg/L 정도 증가추세이었다. 1997년에 표층  $6.65 \pm 3.13$  mg/L, 저층  $7.04 \pm 2.81$  mg/L로 조사기간중 낮은 용존산소량을 보였으나 그후 증가와 감소경향으로 2000년에 표층  $7.14 \pm 0.97$  mg/L, 저층  $7.08 \pm 1.27$  mg/L 이었다가 점차 증가 경향으로 2004년에는 표층  $9.47 \pm 1.53$  mg/L, 저층  $9.08 \pm 1.81$  mg/L로 조사기간 중 상대적으로 높은 상태를 나타내었다가 다시 변곡선 형태로 감소하여 2010년에는 표층  $9.09 \pm 1.49$  mg/L, 저층  $9.05 \pm 1.51$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은

평균 표층  $10.12 \pm 1.17$  mg/L, 저층  $10.21 \pm 0.88$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $9.03 \pm 1.05$  mg/L, 저층  $9.08 \pm 1.25$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $7.42 \pm 1.99$  mg/L, 저층  $6.63 \pm 1.42$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $7.75 \pm 1.06$  mg/L, 저층  $7.69 \pm 0.98$  mg/L로 저수온기인 겨울철과 봄철인 5월이 상대적으로 높았고 여름철인 8월 저층수에서 약간 낮은 용존산소를 나타내었다.

#### (5) 화학적산소요구량

화학적산소요구량은 평균 표층  $1.32 \pm 0.69$  mg/L, 저층  $1.34 \pm 0.65$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.02 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년 표층  $1.25 \pm 0.75$  mg/L, 저층  $1.55 \pm 0.98$  mg/L이었다가 증가와 감소로 2000년에는 표층이  $0.82 \pm 0.25$  mg/L, 저층  $0.87 \pm 0.40$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았으며, 그 후 증가하여 2003년에 표층이  $2.12 \pm 0.80$  mg/L, 저층  $2.15 \pm 1.03$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으며 그 후 점차 감소하여 2007년에 표층  $0.98 \pm 0.40$  mg/L, 저층  $0.89 \pm 0.30$  mg/L로 감소하다가 다시 약간씩 증가경향으로 2010년에는 표층  $1.52 \pm 0.43$  mg/L, 저층  $1.63 \pm 0.48$  mg/L을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $1.20 \pm 0.59$  mg/L, 저층  $1.34 \pm 0.64$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $1.18 \pm 0.53$  mg/L, 저층  $1.18 \pm 0.48$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $1.84 \pm 0.83$  mg/L, 저층  $1.68 \pm 0.79$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $1.03 \pm 0.44$  mg/L, 저층  $1.13 \pm 0.50$  mg/L로 연중 하절기인 8월이 상대적으로 높은 화학적산소요구량을 나타내었다.

#### (6) 암모니아질소

암모니아질소는 평균 표층  $0.033 \pm 0.050$  mg/L, 저층  $0.039 \pm 0.066$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.006 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 상태로서 1997년 표층  $0.088 \pm 0.137$  mg/L, 저층  $0.077 \pm 0.124$  mg/L로 조사기간중 상대적으로 높았으나 그 후 변곡선 형태로 증감을 반복하면서 전반적으로 표층은 연  $0.0042$  mg/L, 저층은 연  $0.0035$  mg/L 씩 낮아져 2006년에 표층이  $0.005 \pm 0.004$  mg/L, 저층  $0.006 \pm 0.004$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았으며 증가와 감소추세로 2010년에는 표층  $0.016 \pm 0.011$  mg/L, 저층  $0.018 \pm 0.009$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.031 \pm 0.045$  mg/L, 저층  $0.025 \pm 0.040$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.022 \pm 0.025$  mg/L, 저층  $0.019 \pm 0.018$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.046 \pm 0.078$  mg/L, 저층  $0.074 \pm 0.109$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.032 \pm 0.031$  mg/L, 저층  $0.038 \pm 0.040$  mg/L로 고수온기인 여름철이 상대적으로 높은 암모니아질소를 나타내었다.

#### (7) 아질산질소



아질산질소는 평균 표층  $0.006 \pm 0.006$  mg/L, 저층  $0.006 \pm 0.008$  mg/L이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.008 \pm 0.005$  mg/L, 저층  $0.007 \pm 0.004$  mg/L로 조사기간중 비교적 높은 상태이었으며 그 후 감소와 증가 형태로 2001년 표층  $0.008 \pm 0.008$  mg/L, 저층  $0.008 \pm 0.009$  mg/L로 증가한 후 감소와 증가의 변곡선 형태로 2009년에 표층  $0.012 \pm 0.013$  mg/L, 저층  $0.012 \pm 0.015$  mg/L로 높았었고, 2010년에는 표층  $0.003 \pm 0.001$  mg/L, 저층  $0.003 \pm 0.002$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.004 \pm 0.003$  mg/L, 저층  $0.003 \pm 0.003$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.003 \pm 0.003$  mg/L, 저층  $0.002 \pm 0.002$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.003 \pm 0.003$  mg/L, 저층  $0.006 \pm 0.009$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.014 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.014 \pm 0.009$  mg/L로 가을철인 11월이 상대적으로 높은 아질산질소를 나타내었다.

#### (8) 질산질소

질산질소는 평균 표층  $0.069 \pm 0.073$  mg/L, 저층  $0.087 \pm 0.128$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.018 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층  $0.027 \pm 0.020$  mg/L, 저층  $0.029 \pm 0.023$  mg/L로 조사기간중 가장 낮은 상태이었으나 그 후 약간의 변곡선 형태이나 대체로 증가 경향으로 표층의 경우 2003년에  $0.137 \pm 0.080$  mg/L, 저층의 경우 2005년에  $0.282 \pm 0.331$  mg/L로 조사기간중 가장 높은 상태이었으나 그 후 감소하여 2010년에는 표층  $0.037 \pm 0.043$  mg/L, 저층  $0.046 \pm 0.051$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.140 \pm 0.086$  mg/L, 저층  $0.162 \pm 0.115$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.049 \pm 0.069$  mg/L, 저층  $0.046 \pm 0.063$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.026 \pm 0.035$  mg/L, 저층  $0.077 \pm 0.200$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $0.061 \pm 0.029$  mg/L, 저층  $0.062 \pm 0.029$  mg/L로 겨울철인 2월이 상대적으로 높은 질산질소를 나타내었다.

#### (9) 용존무기질소

용존무기질소는 그 기여도에 있어 질산질소는 표층 64.49%와 저층 65.41%, 암모니아질소는 표층 30.84%와 저층 29.32%, 아질산질소는 표층 5.61%와 저층 4.51%이었다. 용존무기질소의 평균 농도는 표층  $0.107 \pm 0.086$  mg/L, 저층  $0.133 \pm 0.156$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 0.026 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 1997년에는 표층  $0.122 \pm 0.128$  mg/L, 저층  $0.112 \pm 0.121$  mg/L이었다가 감소와 증가의 변곡선 형태로 2003년에는 표층  $0.178 \pm 0.083$  mg/L, 저층  $0.112 \pm 0.121$  mg/L로 표층의 경우 조사기간중 가장 높은 상태이었으나 저층의 경우는 계속 증가하여 2005년에  $0.388 \pm 0.423$  mg/L로 월등히 높았다가 감

소하여 2010년에는 표층 0.056±0.052 mg/L, 저층 0.067±0.052 mg/L로 가장 낮아진 상태 이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층 0.173±0.084 mg/L, 저층 0.190±0.113 mg /L, 봄철인 5월은 표층 0.072±0.079 mg/L, 저층 0.067±0.070 mg/L, 여름철인 8월은 표층

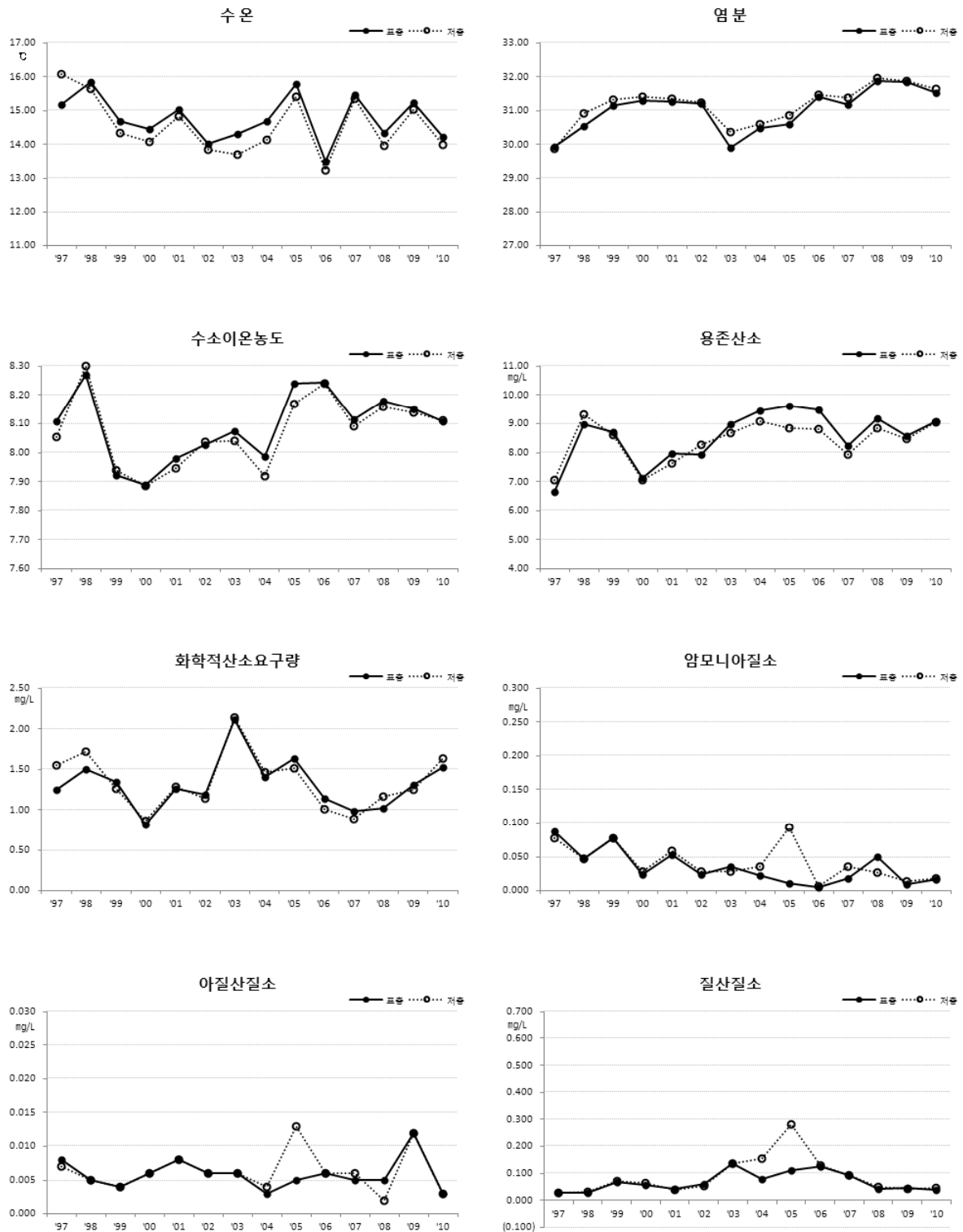


그림 22. 보령연안 표층수와 저층수 중 수온, 염분, pH, 용존산소, 화학적산소 요구량, 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 연변화.

0.075±0.088 mg/L, 저층 0.156±0.261 mg/L, 가을철인 11월은 표층 0.107±0.043 mg/L, 저층 0.114±0.053 mg/L로 겨울철인 2월과 여름철인 8월 저층에서 상대적으로 높은 용존무기 질소를 나타내었다.

#### (10) 인산인

인산인은 평균 표층과 저층 공히 0.015±0.010 mg/L이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 경향으로 1997년에는 표층과 저층 공히 0.009±0.007 mg/L로 조사 기간중 낮은 수준이었고, 그 후 변곡선 형태로 증가와 감소를 반복하며 2002년에는 표층 0.023±0.016 mg/L, 저층 0.022±0.008 mg/L로 높았었으나 다시 감소와 증가로 2005년에는 표층 0.015±0.010 mg/L, 저층 0.022±0.012 mg/L로 저층에서 증가한 후 감소 경향으

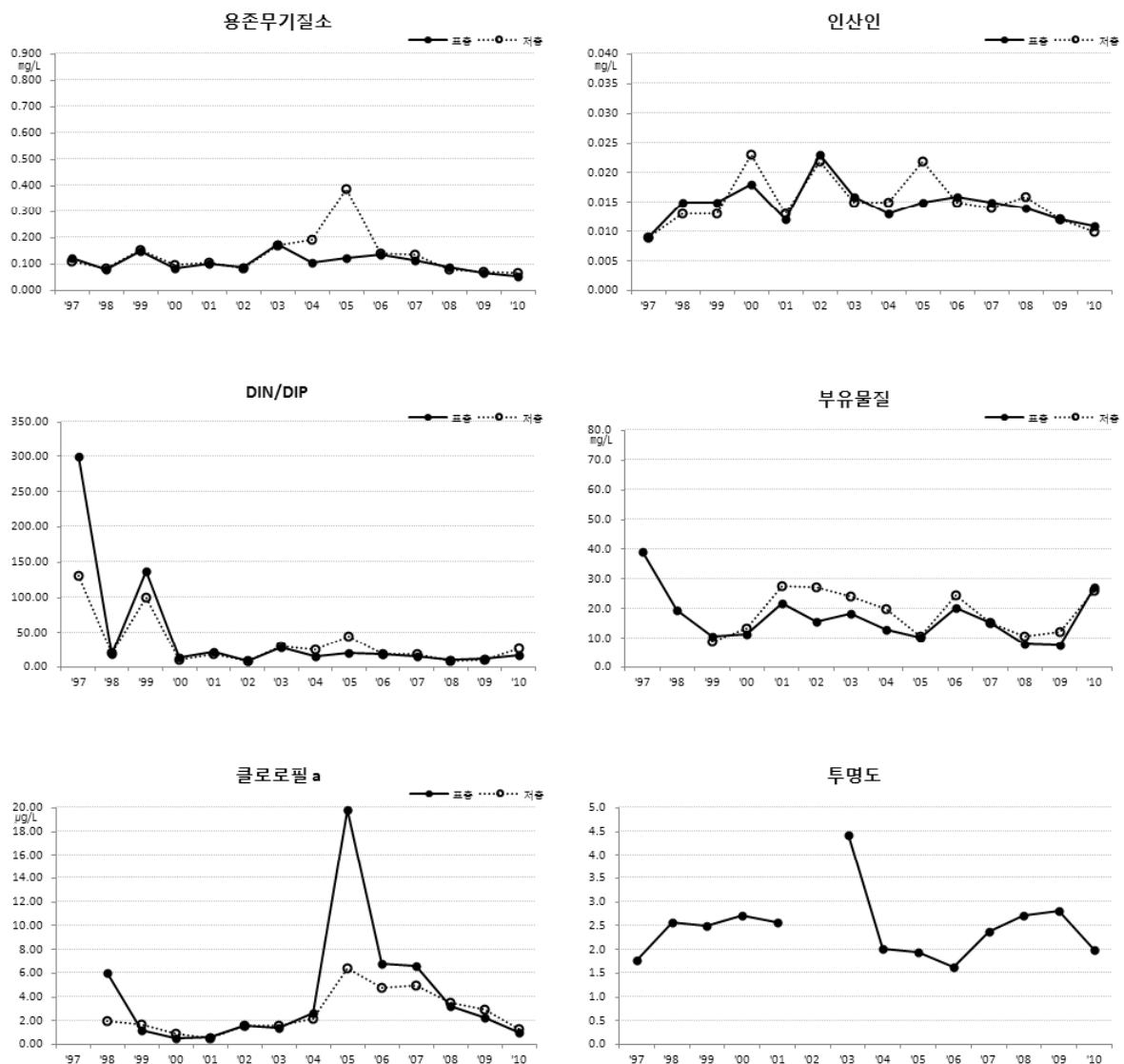


그림 23. 보령연안 표층수와 저층수 중 용존무기질소, 인산인, DIN/DIP, 부유물질, 클로로필-a 및 투명도의 연변화.

로 2010년에는 표층  $0.011 \pm 0.008$  mg/L, 저층  $0.010 \pm 0.008$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $0.023 \pm 0.011$  mg/L, 저층  $0.022 \pm 0.011$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $0.009 \pm 0.006$  mg/L, 저층  $0.010 \pm 0.005$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $0.009 \pm 0.007$  mg/L, 저층  $0.012 \pm 0.010$  mg/L, 가을철인 11월은 표층과 저층 공히  $0.017 \pm 0.007$  mg/L로 겨울철인 2월이 상대적으로 높은 인산인을 나타내었다.

#### (11) DIN/DIP 비

DIN/DIP 비는 평균 표층  $40.17 \pm 150.35$ , 저층  $31.12 \pm 76.76$ 로서 표층이 저층에 비해 9.04 높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 형태로 1997년에는 표층  $300.55 \pm 534.50$ , 저층  $131.28 \pm 249.54$ 로 월등히 높은 상태이었다. 1998년 표층  $19.41 \pm 24.78$ , 저층  $19.62 \pm 18.88$ 로 낮아진 후 약간의 변곡선 형태로 점차 약간씩 낮아져 2002년에 표층  $9.50 \pm 4.91$ , 저층  $8.62 \pm 3.39$ 로 조사기간 중 가장 낮은 상태이었다. 그 후 다시 높아진 후 낮아져 2008년에는 표층  $11.24 \pm 11.02$ , 저층  $9.33 \pm 8.31$ 이었으며, 2010년에는 표층  $16.90 \pm 19.40$ , 저층  $27.70 \pm 24.90$ 이었고, 대부분의 조사기간동안 2008년 이후 DIN/DIP 비가 16 이상으로 인성분이 식물플랑크톤의 제한인자로 작용하고 있었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $29.45 \pm 9.28$ , 저층  $22.42 \pm 14.60$ , 봄철인 5월은 표층  $19.16 \pm 17.72$ , 저층  $16.07 \pm 13.57$ , 여름철인 8월은 표층  $79.32 \pm 274.28$ , 저층  $52.27 \pm 127.76$ , 가을철인 11월은 표층  $42.01 \pm 111.42$ , 저층  $33.25 \pm 78.96$ 로 여름철인 8월이 상대적으로 높은 DIN/DIP 비를 나타내었다.

#### (12) 부유물질

부유물질은 1997년과 1998년에는 표층에서만 조사 하였으며, 평균은 표층  $16.8 \pm 13.38$  mg/L, 저층  $18.3 \pm 15.34$  mg/L로서 표층이 저층에 비해 1.5 mg/L 낮은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층의 경우 1997년에  $39.2 \pm 9.97$  mg/L로 조사기간중 가장 높았었고 그 후 감소하여 1999년에는  $10.7 \pm 7.42$  mg/L이었으며 2001년에  $21.9 \pm 14.65$  mg/L로 증가하였다가 감소하여 2009년에는  $7.6 \pm 2.02$  mg/L로 조사기간중 가장 낮았으며 2010년에는  $27.2 \pm 18.48$  mg/L로 증가하였다. 저층의 경우 1999년에는  $8.8 \pm 4.04$  mg/L이었고, 그 후 증기하여 2001년에는  $27.8 \pm 23.14$  mg/L로 조사기간중 가장 높았으며 그 후 감소와 증가를 반복하여 2010년에는  $25.9 \pm 22.60$  mg/L이었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $22.8 \pm 13.43$  mg/L, 저층  $29.7 \pm 23.34$  mg/L, 봄철인 5월은 표층  $13.7 \pm 11.73$  mg/L, 저층  $14.0 \pm 9.85$  mg/L, 여름철인 8월은 표층  $13.2 \pm 11.43$  mg/L, 저층  $16.0 \pm 11.05$  mg/L, 가을철인 11월은 표층  $17.4 \pm 14.73$  mg/L, 저층  $15.2 \pm 10.14$  mg/L로 겨울철인 2월이 상대적으로 높은

부유물질을 나타내었다.

### (13) 클로로필 a

1998년부터 2010년까지 13년 동안의 클로로필 a는 평균 표층  $4.02 \pm 10.66 \mu\text{g/L}$ ,

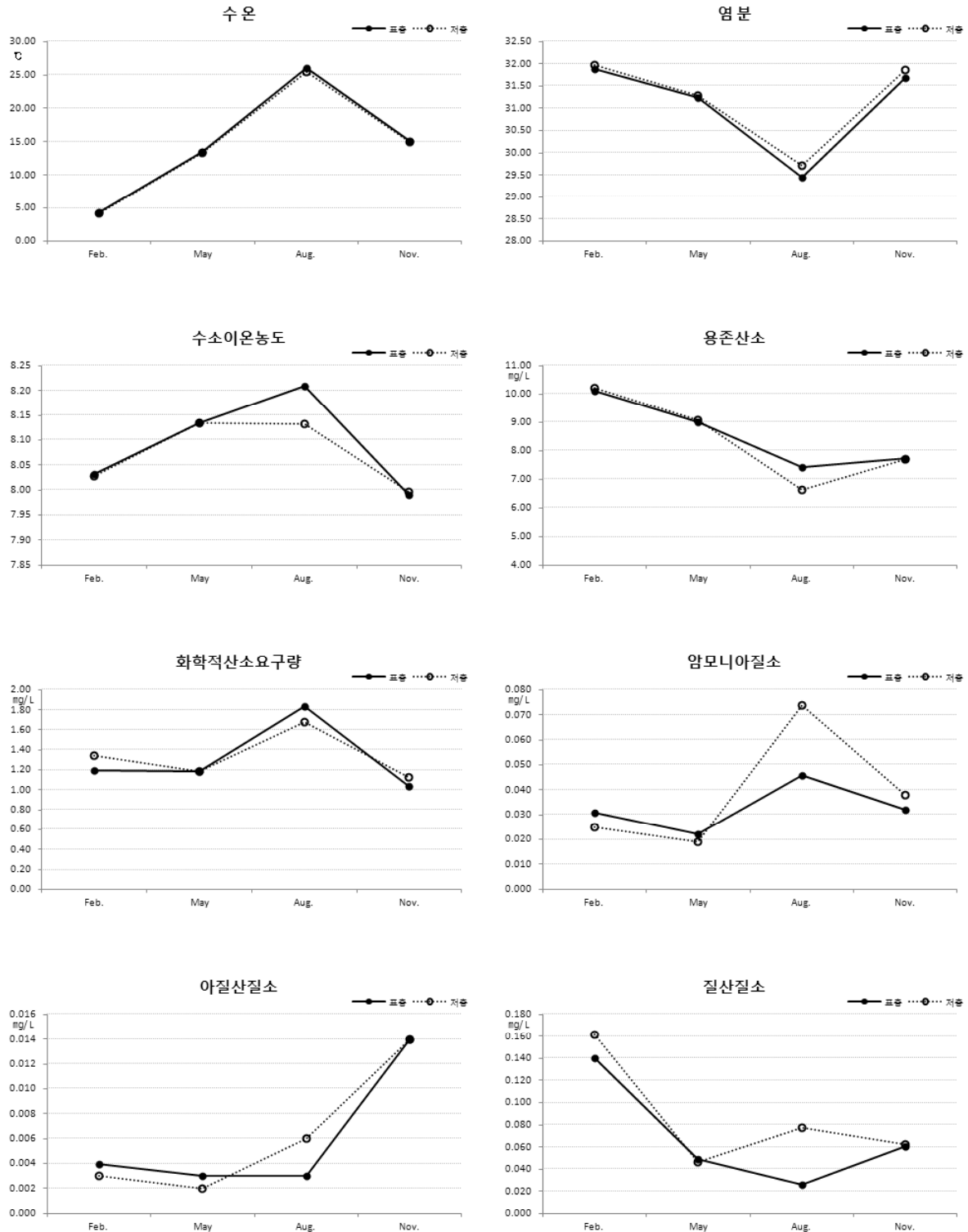


그림 24. 보령연안 표층수와 저층수 중 수온, 염분, pH, 용존산소, 화학적산소 요구량, 암모니아질소, 아질산질소 및 질산질소의 계절변화.

저층  $2.83 \pm 4.31 \mu\text{g/L}$ 로서 표층이 저층에 비해  $1.19 \mu\text{g/L}$  높은 상태이었다. 연도별 변동 경향은 표층과 저층이 비슷한 형태이며 1998년에는 표층  $6.06 \pm 7.10 \mu\text{g/L}$ , 저층  $1.95 \mu\text{g/L}$ 이었으며 그 후 감소하여 표층의 경우 2000년에  $0.54 \pm 0.31 \mu\text{g/L}$ , 저층의 경우 2001년에  $0.51 \pm 0.29 \mu\text{g/L}$ 로 조사기간중 낮은 상태이었다. 그 후 증가와 감소의 변곡선 형태로 2005년에는 표층  $19.83 \pm 31.53 \mu\text{g/L}$ , 저층  $6.47 \pm 8.64 \mu\text{g/L}$ 로 조사기간중 가장 높은 상태이었고, 그 후 감소경향으로 2010년에는 표층  $1.07 \pm 0.84 \mu\text{g/L}$ , 저층  $1.26 \pm 0.42 \mu\text{g/L}$ 로 낮은 생산력을 나타내었다. 계절별로는 겨울철인 2월은 평균 표층  $1.69 \pm 1.29 \mu\text{g/L}$ , 저층  $2.03 \pm 2.03 \mu\text{g/L}$ , 봄철인 5월은 표층  $1.34 \pm 1.92 \mu\text{g/L}$ , 저층  $1.73 \pm 2.32 \mu\text{g/L}$ , 여름철인 8월은 표층  $11.59 \pm 19.17 \mu\text{g/L}$ , 저층  $6.11 \pm 6.90 \mu\text{g/L}$ , 가을철인 11월은 표층  $1.23 \pm 0.92 \mu\text{g/L}$ , 저층  $1.25 \pm 0.63 \mu\text{g/L}$ 로 여름철인 8월이 상대적으로 월등히 높은 클로로필 a를 나타내었

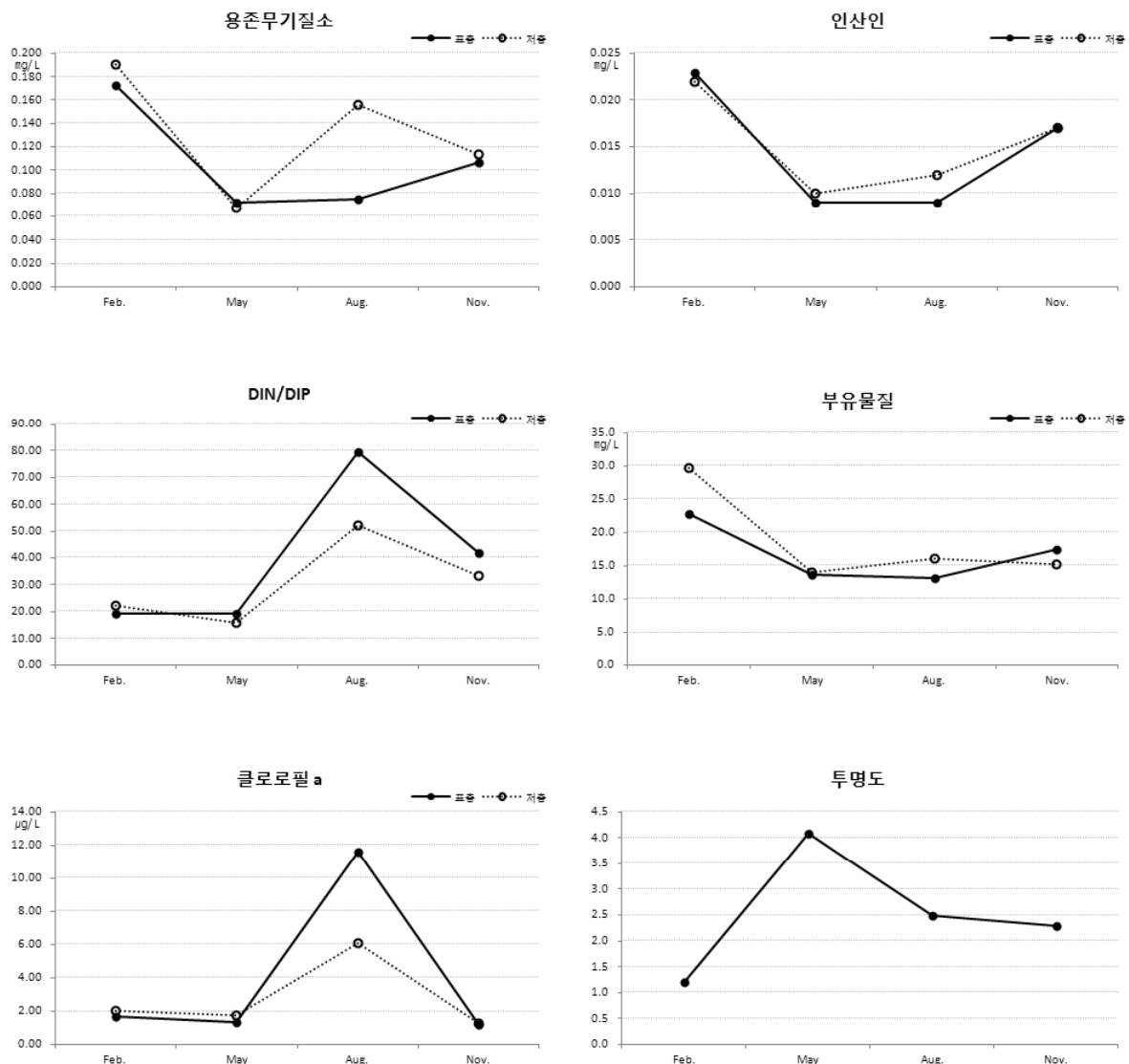


그림 25. 보령연안 표층수와 저층수 중 용존무기질소, 인산인, DIN/DIP, 부유물질, 클로로필-a 및 투명도의 계절변화.

다.

## 나. 수산관련 분야

### 1) 연구 조사 실태

우리나라의 수산자원에 관한 모니터링은 국립수산과학원에서 수행하고 있는 배타적경제수역(EEZ) 수산자원모니터링이 유일하며 국지적으로 목적에 맞는 수산자원조사를 수행하고 있다. 연근해 어업생산에 관한 정보는 통계청에서 수행하고 있는 어업생산동향조사에 의하여 시도별 업종별 어종별 생산량에 대한 정보를 매월 제공하고 있으며, 대체로 어업자원에 대한 분석은 어업생산동향조사 자료를 분석하는 수준에 그치고 있다.

### 2) 조사 결과

#### 가) 충청남도 일반해면어업 생산량

2003년 이후 충청남도 일반해면어업의 생산량은 약 7만톤 내외에서 증감을 반복하며 변화하고 있으며, 2005년에 57,062톤으로 가장 낮았으며 2006년 69,434톤과 2007년 68,193톤으로 다소 증가하였다가 2008년 58,352톤으로 감소 후 증가하여 2009년 80,612톤, 2010년 92,253톤으로 2000년대 이후 최고값을 보였다가 2012년 69,832톤으로 감소하고 있다. 충청남도 지방의 계통판매량 비율은 전국의 비율보다 낮은 수준이었으나, 2000년대 중반 이후 점차 증가하는 추세이며, 계통판매량의 비율은 2003년 35%에서 2012년 64%로 증가하였다(그림 26).

통계청에서 조사된 어업생산동향 조사에 의하면 충청남도 일반해면 어업의 허

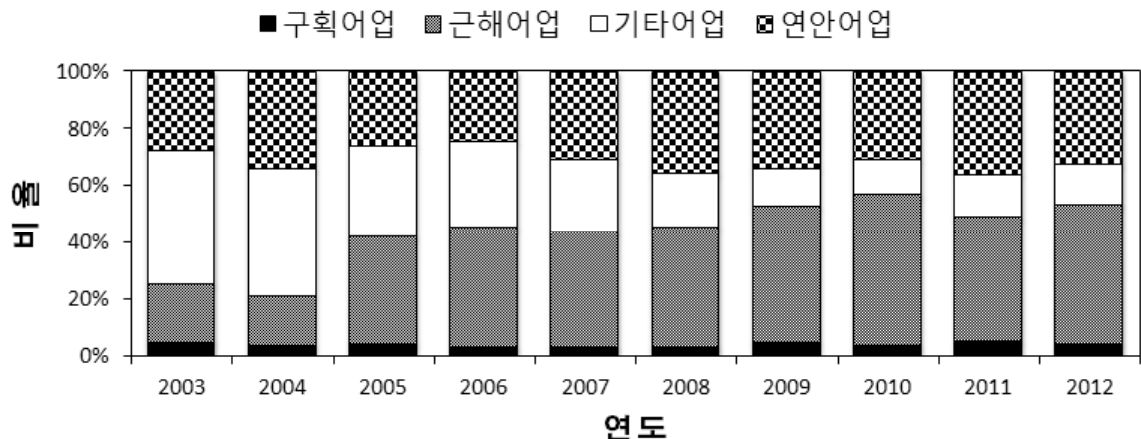


그림 26. 충청남도 어업생산동향 자료의 허가업종별 비율.

가업종별 생산량은 근해어업, 연안어업, 기타어업 및 구획어업의 순이었다. 근해어업의 어획량 비율은 2003년 약 20%에서 최근 약 50% 정도로 점차 증가하며, 연안어업의 어획량 비율은 2003년부터 2012년까지 약 25~36% 범위에서 변동하고 기타어업의 어획량 비율은 2003년 약 45%에서 최근 약 15% 정도로 점차 감소 추세에 있으며, 구획어업의 어획량 비율은 2003년부터 2012년까지 약 3~5% 범위에서 변동하고 있다(그림 26).

어업별 생산량은 2003년부터 2012년까지 충청지역에서 근해어업 업종별 어획량은 근해안강망이 109,755톤을 어획하여 가장 많았으며, 다음으로 근해자망 43,867톤, 근해채낚기 34,996톤, 잠수기 32,496톤, 근해형망 22,197톤, 소형선망 15,187톤, 근해연승 12,412톤, 근해통발 9,452톤, 대형선망 5,380톤, 대형트롤 1,268톤 등의 순이었다(그림 27)

2003년부터 2012년까지 충청지역에서 가장 어획량이 많았던 근해안강망 어업은 2003년 7,468톤에서 2004년 2,165톤으로 감소한 후 지속적으로 증가하여 2010년 22,784톤으로 최고를 기록한 후 2011년 감소하여 15,015톤, 2012년 18,848톤을 어획하였다. 근해자망 어업은 2003년 724톤에서 2004년 1,220톤, 2005년 2,266톤, 2006년 3,997톤으로 지속적인 증가를 보이다가 2007년 2,204톤, 2008년 2,374톤으로 감소 후 급격히 증가하여 2009년 이후 7~8천톤 범위의 어획을 보였다. 근해채낚기 어업은 2003년 2,470톤에서 2004년 4,196톤, 2005년 7,390톤, 2006년 5,953톤, 2007년 7,424톤으로 증가추세를 보이다

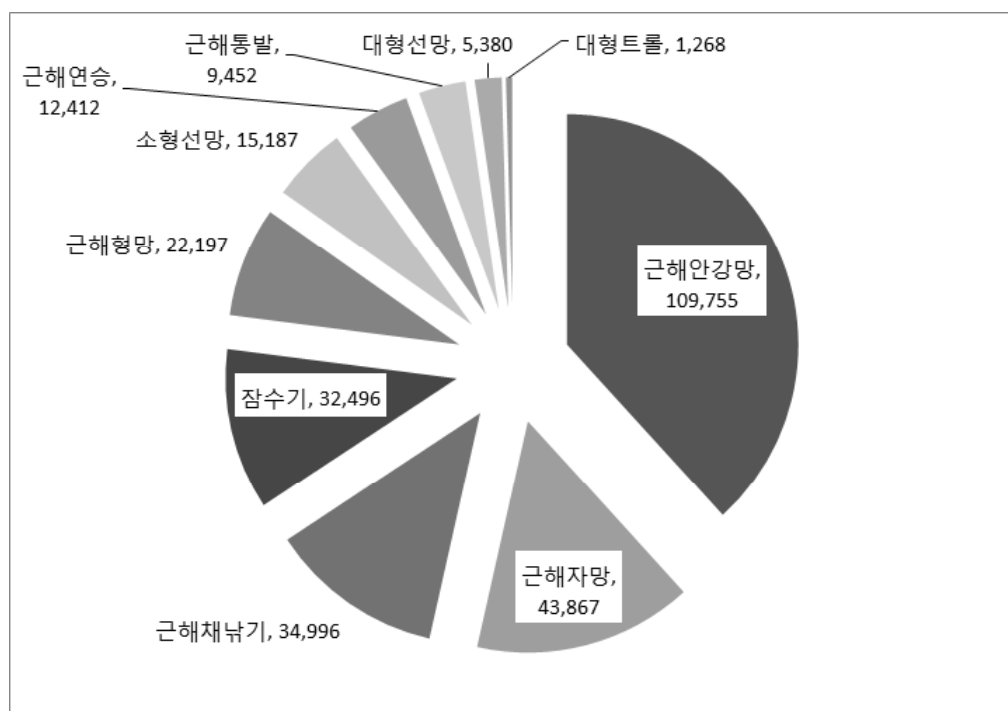


그림 27. 2003~2012년 충청남도 근해어업 업종별 생산량.



급격히 감소하여 2008년 1,784톤, 2009년 2,309톤, 2010년 639톤, 2011년 2,170톤, 2012년 661톤을 어획하였다. 잠수기 어업은 2003년 1,700톤에서 2004년 1,920톤, 2005년 2,708톤, 2006년 3,395톤, 2007년 2,860톤, 2008년 3,765톤, 2009년 4,647톤, 2010년 4,285톤으로 점차 증가한 후 감소하여 2011년 3,892톤, 2012년 3,324톤을 어획하였다. 근해형망 어업은 2003년 40톤에서 2004년 13톤, 2005년 5톤, 2006년 51톤, 2007년 109톤, 2008년 972톤, 2009년 7,118톤, 2010년 9,065톤으로 급격히 증가한 후 감소하여 2011년 4,017톤, 2012년 807톤을 어획하였다. 소형선망 어업은 2003년 339톤에서 2004년 587톤, 2005년 1,802톤, 2006년 1,916톤으로 증가추세를 보이다 감소하여 2007년 1,197톤, 2008년 1,508톤, 2009년 1,065톤을 어획한 후 급격히 증가하여 2010년 3,157톤, 2011년 1,779톤, 2012년 1,837톤을 어획하였다. 근해연승 어업은 2003년 23톤에서 2004년 19톤, 2005년 422톤, 2006년 4,265톤, 2007년 2,203톤으로 증가추세를 보이다 급격히 감소하여 2008년 894톤, 2009년 2,006톤, 2010년 472톤, 2011년 946톤, 2012년 1,162톤을 어획하였다. 충남지역에서 근해통발 어업은 2003년 1,388톤에서 2004년 1,446톤, 2005년 1,016톤, 2006년 915톤, 2007년 1,760톤으로 증가추세를 보이다 급격히 감소하여 2008년 798톤, 2009년 963톤, 2010년 376톤, 2011년 318톤, 2012년 472톤을 어획하였다. 대형선망 어업은 2003년 어획이 없었으나 2004년 484톤, 2005년 26톤, 2006년 460톤, 2007년 2,844톤으로 증가추세를 보이다 급격히 감소하여 2008년 1,316톤, 2009년 70톤, 2010년 180톤을 어획하였으며, 2011년과 2012년에는 어획량이 없었다. 대형트롤 어업은 2003년 11톤, 2006년 313톤, 2008년 68톤, 2009년 682톤, 2010년 182톤, 2011년 12톤을 어획하였다(표 1).

2003년부터 2012년까지 충남지역에서 연안어업 업종별 어획량은 연안개량안강망이 59,415톤을 어획하여 가장 많았으며, 다음으로 연안자망 47,791톤, 연안선망 47,416톤, 연안통발 46,670톤, 연안복합 23,947톤, 연안조망 199톤 등의 순이었다(그림 28).

충남지역 연안어업 중에서 가장 어획량이 많았던 연안개량안강망 어업은 2003년 7,550톤, 2004년 7,560톤에서 감소하여 2005년 4,024톤, 2006년 4,333톤, 2007년 3,836톤을 어획하다 2008년 6,907톤, 2009년 7,170톤으로 증가하였다가 2010년 5,678톤, 2011년 7,591톤으로 최고를 기록한 후 2012년 4,766톤으로 감소하였다. 연안자망 어업은 2003년 3,987톤에서 2004년 4,637톤, 2005년 3,475톤, 2006년 4,644톤, 2007년 5,105톤으로 증감을 반복하다 2008년 3,383톤으로 감소 후 급격히 증가하여 2009년 7,301톤으로

표 1. 충남지역 근해어업 업종별 생산량 변화

구 분	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
근해안강망	7,468	2,165	5,481	7,780	7,202	10,983	12,029	22,784	15,015	18,848
근해자망	724	1,220	2,266	3,997	2,204	2,374	7,826	8,000	8,067	7,189
근해채낚기	2,470	4,196	7,390	5,953	7,424	1,784	2,309	639	2,170	661
잠수기	1,700	1,920	2,708	3,395	2,860	3,765	4,647	4,285	3,892	3,324
근해형망	40	13	5	51	109	972	7,118	9,065	4,017	807
소형선망	339	587	1,802	1,916	1,197	1,508	1,065	3,157	1,779	1,837
근해연승	23	19	422	4,265	2,203	894	2,006	472	946	1,162
근해통발	1,388	1,446	1,016	915	1,760	798	963	376	318	472
대형선망		484	26	460	2,844	1,316	70	180		
대형트롤	11			313		68	682	182	12	
(쌍)대형저인망	5		3	154			5		1	
(쌍)중형저인망	10		376	103			21	22	14	
근해장어통발	8	2	10	15	24	64	1		10	14
기선권현망			20		48					
(외)중형저인망	4			20						
(외)대형저인망				10						

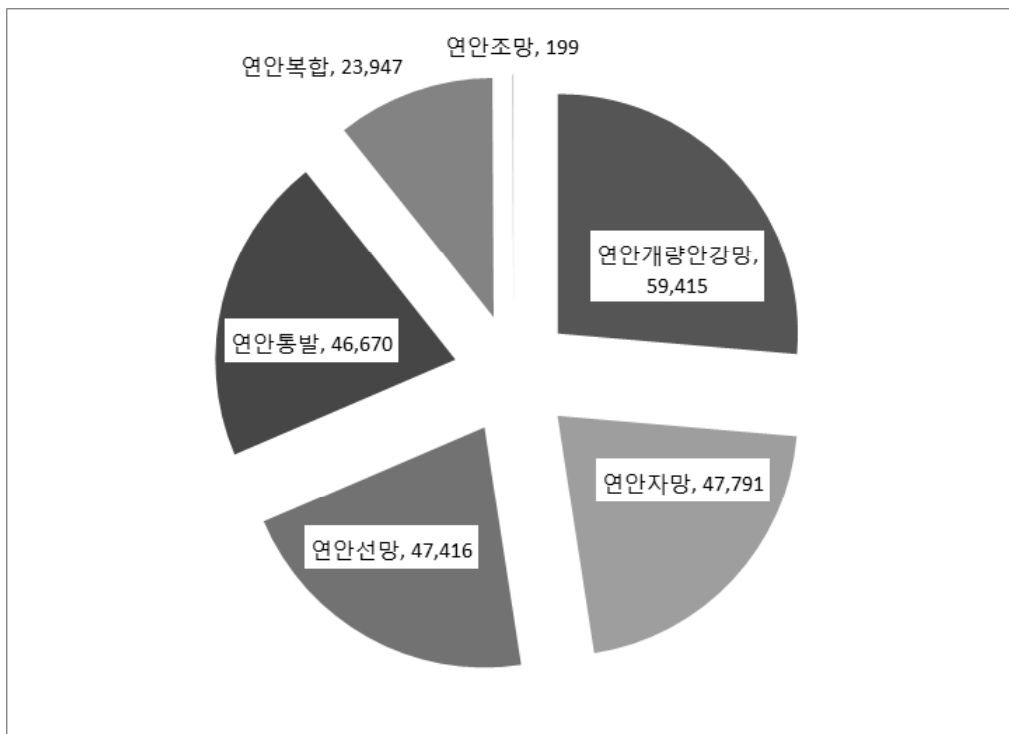


그림 28. 2003~2012년 충청남도 연안어업 업종별 생산량.

최고를 기록한 후 감소하여 2010년 6,053톤, 2011년 5,718톤 2012년 3,488톤을 어획을 보였다. 연안선망 어업은 2003년 1,181톤에서 2004년 6,013톤, 2005년 1,727톤, 2006년 2,293톤, 2007년 4,151톤으로 증가추세를 보이다 급격히 감소하여 2008년 7,029톤, 2009년 6,752톤, 2010년 7,230톤, 2011년 7,232톤, 2012년 3,808톤을 어획하였다. 연안통발 어업은 2003년 3,739톤에서 2004년 2,645톤, 2005년 2,804톤, 2006년 3,622톤, 2007년 4,788톤, 2008년 2,141톤, 2009년 4,409톤으로 증감을 반복한 후 증가하여 2010년 7,527톤, 2011년 6,942톤, 2012년 8,053톤으로 최고 어획량을 기록하였다. 연안복합 어업의 어획량은 2003년 2,540톤에서 2004년 3,073톤, 2005년 2,792톤, 2006년 2,226톤, 2007년 3,361톤으로 증가하다 감소하여 2008년 1,419톤, 2009년 1,684톤, 2010년 2,091톤, 2011년 2,190톤, 2012년 2,571톤으로 점차 증가하였다. 연안조망 어업은 2003년 1톤에서 2004년 0톤, 2005년 74톤, 2006년 8톤, 2007년 18톤, 2008년 1톤, 2009년 57톤, 2010년 36톤, 2011년 4톤, 2012년 0톤을 어획하였다(표 2).

2003년부터 2012년까지 충남지역에서 구획어업 업종별 어획량은 낭장망이 8,418톤을 어획하여 가장 많았으며, 다음으로 각망 6,750톤, 주목망 5,065톤, 기타구획, 폐류형망 및 새우조망실뽕장어안강망의 순이었다(그림 29).

충남지역 구획어업 중에서 가장 어획량이 많았던 낭장망 어업은 2003년 836톤, 2004년 677톤, 2005년 953톤, 2006년 927톤, 2007년 782톤, 2008년 1,100톤, 2009년 1,484톤으로 증가하였다가 2010년 589톤, 2011년 568톤, 2012년 502톤으로 감소하였다. 각망 어업은 2003년 42톤에서 2004년 1,485톤, 2005년 926톤, 2006년 686톤, 2007년 399톤으로 증감을 반복하다 2008년 49톤으로 급격히 감소 후 증가하여 2009년 390톤, 2010년 1,450톤, 2011년 503톤 2012년 820톤을 어획하였다. 주목망 어업은 2003년 314톤에서 2004년 57톤, 2005년 368톤, 2006년 203톤, 2007년 321톤, 2008년 299톤으로 증감을 반

표 2. 충남지역 연안어업 업종별 생산량 변화

구 분	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
개량안강망	7,550	7,560	4,024	4,333	3,836	6,907	7,170	5,678	7,591	4,766
연안자망	3,987	4,637	3,475	4,644	5,105	3,383	7,301	6,053	5,718	3,488
연안선망	1,181	6,013	1,727	2,293	4,151	7,029	6,752	7,230	7,232	3,808
연안통발	3,739	2,645	2,804	3,622	4,788	2,141	4,409	7,527	6,942	8,053
연안복합	2,540	3,073	2,792	2,226	3,361	1,419	1,684	2,091	2,190	2,571
연안조망	1		74	8	18	1	57	36	4	0

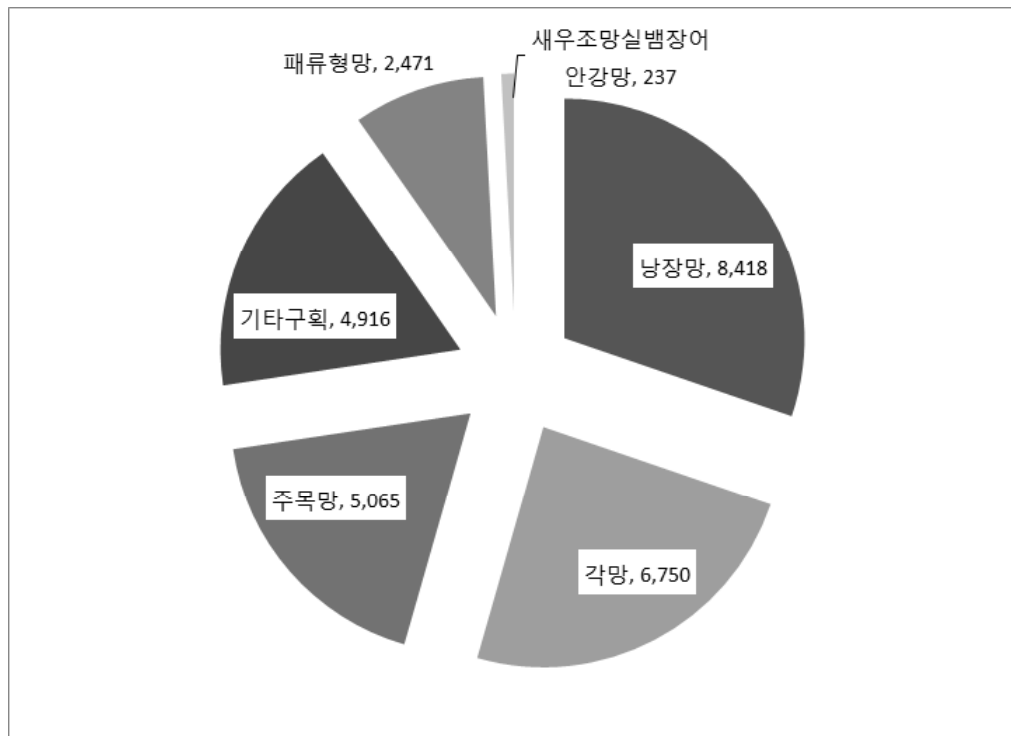


그림 29. 2003~2012년 충청남도 구획어업 업종별 생산량.

북하다 2009년 1,454톤, 2010년 213톤, 2011년 1,617톤, 2012년 219톤을 어획하여 어획량의 변동폭이 크게 증가하였다. 기타구획 어업의 어획량은 2003년 406톤에서 2004년 44톤, 2005년 75톤, 2006년 153톤, 2007년 317톤, 2008년 297톤, 2009년 420톤으로 증감을 반복한 후 증가하여 2010년 797톤, 2011년 1,165톤, 2012년 1,242톤으로 점차 증가하였다. 패류형망 어업의 어획량은 2003년 1,576톤에서 2004년 230톤, 2005년 101톤, 2006년 0톤으로 급격히 감소한 후 2007년 45톤, 2008년 51톤, 2009년 37톤, 2010년 126톤, 2011년 104톤, 2012년 201톤으로 점차 증가하였다. 새우조망·실뱀장어안강망 어업은 2003년 11톤에서 2004년 5톤, 2005년 16톤, 2006년 35톤, 2007년 20톤, 2008년 8톤, 2009년 8톤, 2010년 19톤, 2011년 104톤, 2012년 11톤을 어획하였다(표 3).

표 3. 충남지역 구획어업 업종별 생산량 변화

구 분	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
남장망	836	677	953	927	782	1,100	1,484	589	568	502
각망	42	1,485	926	686	399	49	390	1,450	503	820
주목망	314	57	368	203	321	299	1,454	213	1,617	219
기타구획	406	44	75	153	317	297	420	797	1,165	1,242
패류형망	1,576	230	101		45	51	37	126	104	201
새우조망	11	5	16	35	20	8	8	19	104	11

## 나) 일반해면어업 주요 어종별 생산량

2003년부터 2012년까지 충남 일반해면 어종별 생산량은 연체동물이 309,121톤으로 가장 많았으며, 다음으로 어류 306,912톤, 갑각류 94,318톤, 기타수산동물 5,277톤 및 해조류 1,151톤 이었다. 연체동물의 어획량은 2003년부터 점차 감소추세에 있으며, 어류와 갑각류의 어획량이 점차 증가하고 있다.(그림 30).

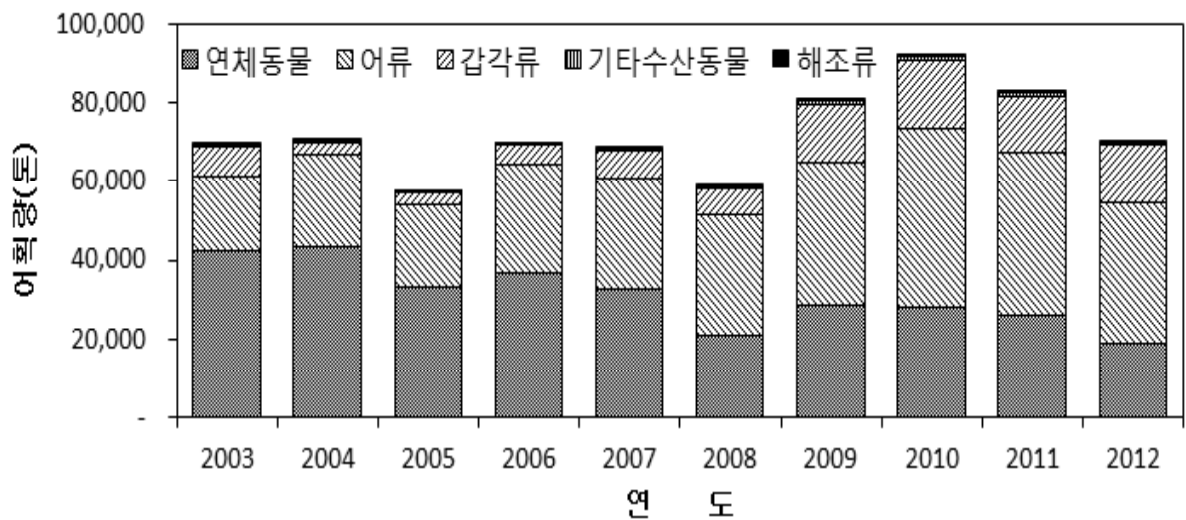


그림 30. 2003~2012년 충남지역 분류군별 어획량 변화.

연체동물 중에서 굴류가 70,515톤으로 가장 많았으며, 다음으로 오징어류 38,791톤, 키조개 36,839톤, 바지락 36,241톤, 동죽 33,724톤, 고동류 21,247톤, 주꾸미 18,493톤, 피조개 15,745톤, 맛류 10,060톤, 낙지 7,544톤, 갑오징어류 4,643톤, 꼴뚜기 3,764톤 등의 순이었다(그림 31, 표 4). 어류 중에서 멸치가 141,810톤으로 가장 많았으며, 다음으로 대구 22,879톤, 까나리 22,413톤, 가자미류 16,092톤, 가오리류 14,652톤, 넙치류 13,167톤, 아귀 11,146톤, 노래미류 8,774톤, 고등어류 5,188톤, 조피볼락 5,077톤 등의 순이었다(그림32, 표 5). 갑각류 중에서는 꽃게가 60,823톤으로 가장 많았으며, 다음으로 민꽃게 6,238톤, 꽃새우 6,067톤, 기타게류 5,382톤, 젓새우 5,342톤, 기타새우 4,286톤, 대하 2,548톤 등의 순이었다(그림33, 표 6).

표 4. 충남지역 연체동물 어종별 생산량 변화

구 분	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
굴류	7,337	10,987	8,411	10,650	6,954	5,263	4,467	4,902	6,762	4,782
오징어류	2,457	4,232	7,814	8,156	7,486	1,848	3,047	867	2,192	692
키조개	1,706	1,863	2,650	3,391	2,903	3,720	5,492	7,169	4,370	3,575
바지락	4,528	6,248	3,272	3,219	4,342	2,590	3,375	3,000	2,977	2,690
동죽	15,026	8,396	3,223	4,550	1,916	517	62	13	8	13
고등류	3,523	3,112	2,396	2,081	1,762	1,335	1,934	1,716	1,667	1,721
주꾸미	1,895	2,219	1,778	1,790	2,798	1,233	1,238	1,419	1,707	2,416
피조개	58	37	14	21	7	965	5,607	5,672	3,181	183
맛류	2,413	2,794	1,236	478	1,302	1,053	306	340	119	19
낙지	997	1,741	999	758	1,134	357	349	447	411	351
갑오징어류	73	69	124	324	326	540	691	981	755	760
꿀뚜기	197	269	256	318	424	617	373	440	398	472
홍합류	69	64	116	143	8	428	526	627	630	588
기타	1,826	986	482	636	1,221	436	984	405	719	621

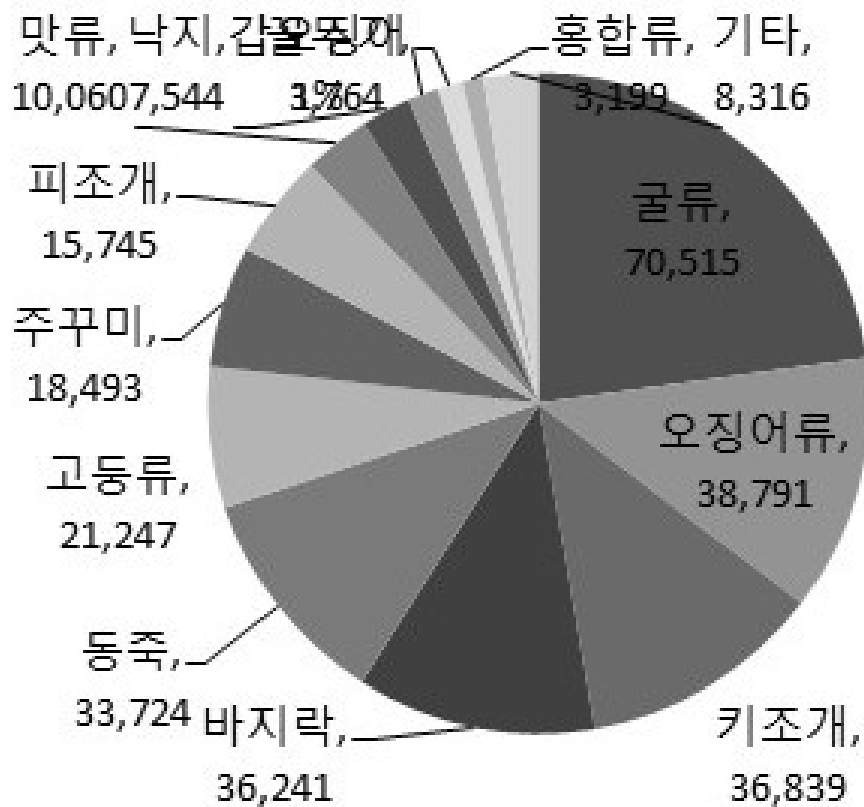


그림 31. 2003~2012년 충남지역 연체동물 품종별 생산량.

표 5. 충남지역 어류 어종별 생산량 변화

구 분	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
멸치	4,741	12,586	10,422	11,474	11,588	14,939	18,805	19,372	19,671	18,212
대구	747	1,178	2,128	3,726	3,056	1,043	2,809	1,044	3,317	3,831
까나리	1,320	0	0	0	5	3,303	1,535	10,166	4,255	1,829
가자미류	518	1,312	1,780	3,417	1,984	1,408	1,753	1,573	1,378	969
가오리류	762	709	704	1,220	1,631	455	2,425	3,179	2,272	1,295
넙치류	387	518	538	619	781	1,183	2,231	3,041	2,059	1,810
아귀	1,355	818	760	625	779	1,233	1,468	1,050	1,727	1,331
노래미류	355	985	1,000	1,305	928	790	848	696	743	1,124
고등어류	0	485	23	582	2,730	1,076	73	179	9	31
조피볼락	667	761	509	549	845	430	378	262	271	405
뱅어류	3,021	1,678	316		16					
꼼치			19	77	163	590	704	1,383	1,023	603
붕장어	298	317	288	340	417	511	431	392	300	471
기타어류	4,694	2,442	2,736	3,658	2,769	3,215	2,489	2,638	4,055	3,660

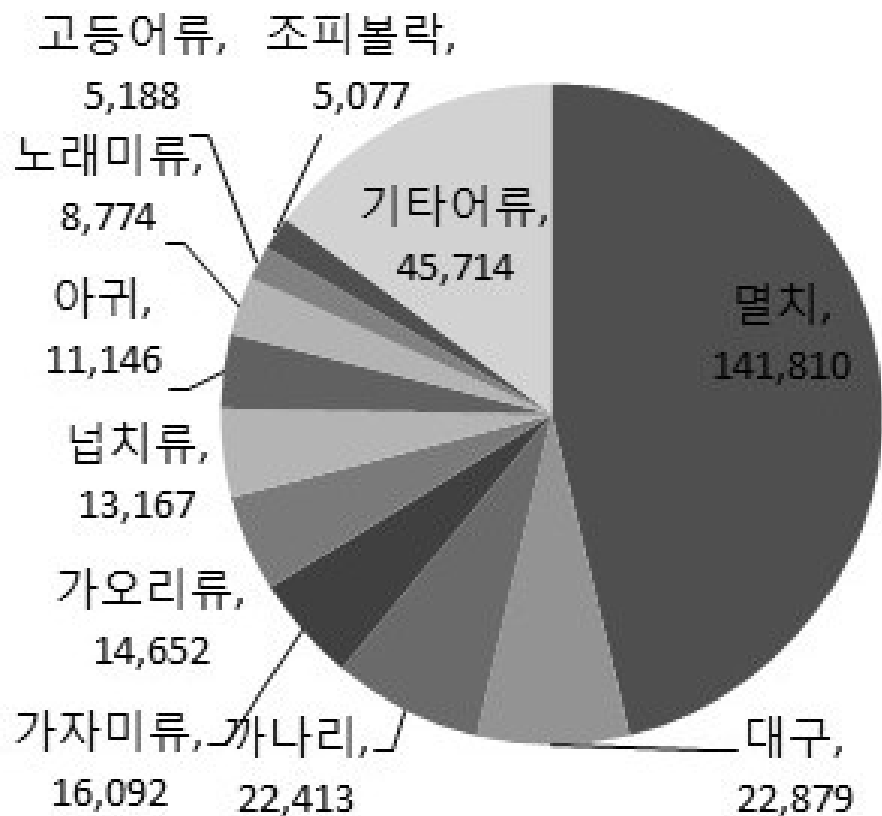


그림 32. 2003~2012년 충남지역 어류 어종별 생산량.

표 5. 충남지역 갑각류 어종별 생산량 변화

구 분	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
멸치	4,741	12,586	10,422	11,474	11,588	14,939	18,805	19,372	19,671	18,212
대구	747	1,178	2,128	3,726	3,056	1,043	2,809	1,044	3,317	3,831
까나리	1,320	0	0	0	5	3,303	1,535	10,166	4,255	1,829
가자미류	518	1,312	1,780	3,417	1,984	1,408	1,753	1,573	1,378	969
가오리류	762	709	704	1,220	1,631	455	2,425	3,179	2,272	1,295
넙치류	387	518	538	619	781	1,183	2,231	3,041	2,059	1,810
아귀	1,355	818	760	625	779	1,233	1,468	1,050	1,727	1,331
노래미류	355	985	1,000	1,305	928	790	848	696	743	1,124
고등어류	0	485	23	582	2,730	1,076	73	179	9	31
조피볼락	667	761	509	549	845	430	378	262	271	405
뱅어류	3,021	1,678	316		16					
꼼치			19	77	163	590	704	1,383	1,023	603
붕장어	298	317	288	340	417	511	431	392	300	471
기타어류	4,694	2,442	2,736	3,658	2,769	3,215	2,489	2,638	4,055	3,660

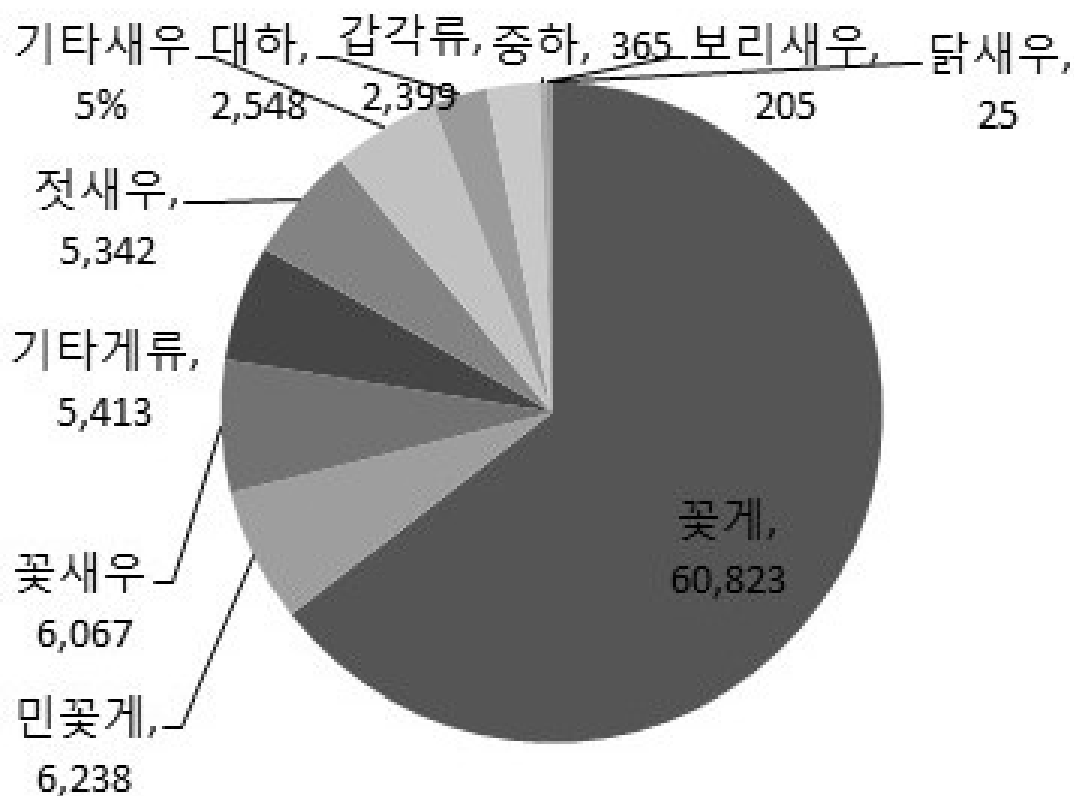


그림 33. 2003~2012년 충남지역 갑각류 어종별 생산량.



### 3. 향후과제 및 대책

충남 연안에서 수행되고 있는 해양환경 조사결과 및 어획량변동 조사에 대하여 알아본 결과에 의하면 연안역의 환경조사는 계절별 또는 격월로 장기간에 걸쳐 모니터링이 수행되고 있었다. 충남 연안의 하구 또는 만에서 진행되는 모니터링은 전체 해역을 대표하는 일부 정점에 대하여 실시되고 있다. 우리나라는 온대해역에 속하는 기후 특성상 계절의 변화가 뚜렷하게 나타나고 있으나, 연안 환경은 일부 항목을 제외하고 계절에 따라 큰 차이를 보이지 않고 있으나 2007년 12월 발생한 허베이스피리트호 유류오염 사고와 관련하여 체계적인 관리가 이루어지지 않아 많은 혼선이 발생하기도 하였다. 연안 환경에 대하여 중앙정부에서 수행하는 정보는 오염원에 대한 관리와 전반적인 수준의 장기 변화 파악을 목적으로 계획이 수립되고 시행되므로 인하여 국부적인 문제가 발생하면 새로운 조사가 불가피한 실정이다. 따라서 지방 정부는 중앙정부에서 수립 시행하는 조사와 별도로 연근해, 하구 및 만에 대하여 종합적인 생태계에 대한 모니터링이 필요할 것으로 판단된다. 이러한 모니터링을 실시하기 위하여 우선적으로 지방정부 자체의 조사 수행이 가능한 인프라가 필요하지만, 현재 충남지역에서 이러한 모니터링을 별도로 수행하기 위한 인프라는 충분하지 않은 실정이다. 현재 충청남도 산하에 수산연구소가 있으며 기능상 해양 수산자원 조사 및 보존 연구를 수행하게 되어 있으나 실제 이러한 조사 연구가 수행되는 것은 아주 미미한 수준이며, 해양환경에 관한 조사 연구는 그 기능조차 마련되어 있지 못하고 있다. 이와 별도로 수산관리소가 있으며, 보령, 서산 및 태안에 사무소를 운영하고 있으나 대부분 수산업경영인과 관련한 업무가 주를 이루고 있어 해양환경 및 수산자원의 관리와는 거리가 있다. 충남지역의 수산 자원에 대한 연구는 해양환경 모니터링에 비하면 더욱더 미흡한 실정이다. 수산자원에 대한 연구는 국지적으로 이루어지고 있으며, 대부분 종조성이나 일부 어종의 어업과 생태에 관한 연구가 간헐적으로 수행되고 있는 실정이다. 어업 현장에서 어업인은 더 많은 생산을 올리기 위하여 어구를 변형하여 사용하고 있으며, 법규에 정해진 어구보다 많은 어구를 부설하여 수산자원에 대한 남획을 도모하여 갈수록 이들 수산자원에 대한 위협을 가중시키고 있다. 수산자원은 자율갱신성 자원으로 일정한 수준을 유지하기 위하여 각 어종마다 치열한 생존전략을 펼치고 있으나 인간의 어획 압력이 가중됨에 따라 점차 자원이 고갈될 위협에 처해있다. 중앙 정부에서는 점차 감소하는 수산자원을 보존 관리하기 위하여 수산자원회복 프로그램을 개발 시행하고 있으며, 몇몇 어종에 대하여 총허용어획량(TAC) 제도를 시행하고 있으나 어업인의 참여도가 낮

아 그 실효성은 높지 않은 실정이다.

중앙정부가 보유하고 있는 수산자원관련 인프라도 충분하지 못한 실정이다. 현재 국립수산물과학원이 유일한 수산자원관련 모니터링을 수행하고 있으나 서해 전체를 조사하는 서해수산연구소의 경우 수산자원관련 전문인력이 4명으로 관할구역인 6개 광역지방자치단체를 지원하기에는 매우 부족한 실정이다. 우리나라 각 광역 지방자치단체별로 수산관련 연구소를 보유하고 있으나 대부분 연안의 수산자원을 증식시키기 위한 종묘생산 및 방류와 관련한 사업들이 대부분으로 이들 연구소에 대한 해양환경 및 수산자원에 관한 연구 수행을 위한 인원의 보강이 시급하다 하겠다. 이러한 인프라의 확충을 통해서 충남지역의 권역별로 중점모니터링이 필요한 대상지역을 선정하고 현재 대부분의 생태계 모니터링 사업이 저차생물까지로 한정되어 궁극적으로 인간이 이용할 수 있는 자원에 까지 미치지 못하는 한계를 극복하여야만 한다. 이를 위하여 연구조사 대상해역을 충남 연근해 전체보다 일부 하구 또는 만 등으로 축소하더라도 가능한 많은 분야의 연구자들이 협력하여 종합적인 생태지도를 완성할 필요가 있다.

현재 이루어지는 대부분의 해양생태계 관련 조사·연구는 참여 연구원들의 제한에 따라 본인들의 연구범위에 국한하여 조사 계획을 수립하고 그 결과를 보고하는 것이 통상적이다. 따라서 중앙정부와 지방정부를 망라하여 차후 추진하고자 하는 과제는 충분한 검토와 토의를 통하여 대상 지역의 종합생태지도의 완성을 목적으로 필요한 분야를 선정하고 분야별 목표에 대하여 명확한 분석을 통하여 우선순위를 정하여 과제를 수행하고 그 결과를 종합하여 최종적인 목표에 도달하도록 노력하여야만 한다.