

천수만권역 종합발전전략 수 립 연 구

수질개선방안



충청남도
Chungcheongnam-do

제 출 문

충청남도지사 귀하

본 보고서를 「천수만권역 종합발전전략 수립연구」 용역과제의
최종보고서로 제출합니다.

2019년 02월

충남연구원장 윤 황

PART
01

제1장 유역현황 및 여건분석	9
1. 천수만유역 현황	11
1.1 표고	11
1.2 경사	12
1.3 토양	13
1.4 토지이용	16
1.5 수계현황	18
1.6 유역구분	21

PART
02

제2장 유역현황 진단 및 평가	23
1 천수만유역 호소 및 하천현황	25
1.1 호소(담수호) 현황	25
1.2 하천 현황	26
2. 천수만 유역현황 조사 및 분석	28
2.1 호소 수질조사 및 분석	28
2.2 호소 하부 퇴적물 오염도 조사	44
2.3 하천 수질조사 및 분석	51

PART
03

제3장 오염원 및 배출특성 분석	57
1. 오염원	59
1.1 조사항목	59
1.2 오염원 구분	59
1.3 조사방법	59
2. 오염원 조사결과	61
2.1 인구현황	61
2.2 축산현황	64

2.3 산업현황	68
2.4 토지이용 현황	71
2.5 양식시설 현황	74
2.6 매립시설 현황	76
2.7 환경기초시설 현황	77
3. 오염부하량 산정	81
3.1 생활계 발생 및 배출부하량	81
3.2 축산계 발생 및 배출부하량	86
3.3 산업계 발생 및 배출부하량	91
3.4 토지계 발생 및 배출부하량	96
3.5 양식계 발생 및 배출부하량	101
3.6 매립계 발생 및 배출부하량	106
3.7 총 발생 및 배출부하량	111
4. 오염부하밀도	123
4.1 총 부하밀도	123

PART 04

제4장 천수만유역 수질개선방안	141
1. 중점관리 유역 도출	143
1.1 유역 및 오염원 그룹별 오염원인 분석 및 진단	143
1.2 오염원 그룹별 중점관리 유역	145
2. 수질개선 기본방향	147
2.1 하구담수호의 수질개선 필요성	147
2.2 하구담수호의 수질개선의 한계 및 문제점	147
2.3 하구담수호의 수질개선 기본방향	147
3. 수질환경기준(목표수질) 및 관리수질 설정	148
4. 수질개선방안	149
4.1 유역 대책	149
4.2 호내 대책	154

표 목차

<표 1> 표고분석	11
<표 2> 경사분석	12
<표 3> 토성분석	13
<표 4> 토양 배수등급	13
<표 5> 토지이용현황	16
<표 6> 간월호 및 부남호 현황	18
<표 7> 간월호 및 부남호 제원	19
<표 8> 천수만유역 호소(담수호) 현황	25
<표 9> 천수만유역 주요 하천 현황	26
<표 10> 호소 수질측정망 및 조사지점 현황	28
<표 11> 부남호 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)	30
<표 12> 홍성호 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)	30
<표 13> 간월호 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)	31
<표 14> 보령호 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)	31
<표 15> 부남호 수질 분석결과	32
<표 16> 간월호 수질 분석결과	33
<표 17> 홍성호 수질 분석결과	34
<표 18> 보령호 수질 분석결과	35
<표 19> 부남호 퇴적물 오염도 분석결과	46
<표 20> 간월호 퇴적물 오염도 분석결과	47
<표 21> 홍성호 퇴적물 오염도 분석결과	48
<표 22> 보령호 퇴적물 오염도 분석결과	49
<표 23> 하천 수질측정망 및 조사지점 현황	51
<표 24> 부남호 유입 지류하천 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)	53
<표 25> 간월호 유입 지류하천 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)	54
<표 26> 홍성호 유입 지류하천 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)	55
<표 27> 보령호 유입 지류하천 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)	55
<표 28> 자치단체 및 소유역별 인구현황	61
<표 29> 자치단체 및 소유역별 축산현황	64
<표 30> 자치단체 및 소유역별 산업현황	68
<표 31> 자치단체 및 소유역별 토지이용면적 현황	71
<표 32> 자치단체 및 소유역별 양식시설 현황	74
<표 33> 매립시설 현황	76

<표 34> 공공하수처리시설 현황	77
<표 35> 소규모 공공하수처리시설 현황	78
<표 36> 자치단체 및 소유역별 생활계 발생 및 배출부하량	81
<표 37> 자치단체 및 소유역별 축산계 발생 및 배출부하량	86
<표 38> 자치단체 및 소유역별 산업계 발생 및 배출부하량	91
<표 39> 자치단체 및 소유역별 토지계 발생 및 배출부하량	96
<표 40> 자치단체 및 소유역별 양식계 발생 및 배출부하량	101
<표 41> 자치단체 및 소유역별 매립계 발생 및 배출부하량	106
<표 42> 자치단체 및 소유역별 총 발생 및 배출부하량	111
<표 43> 오염원 그룹별 총 발생부하량	114
<표 44> 오염원 그룹별 총 배출부하량	114
<표 45> 소유역 및 오염원 그룹별 총 BOD 배출부하량	115
<표 46> 소유역 및 오염원 그룹별 총 T-N 배출부하량	117
<표 47> 소유역 및 오염원 그룹별 총 T-P 배출부하량	119
<표 48> 자치단체 및 소유역별 총 BOD부하밀도	123
<표 49> 자치단체 및 소유역별 총 T-N부하밀도	126
<표 50> 자치단체 및 소유역별 총 T-P부하밀도	129
<표 51> 소유역별 총 BOD 점 및 비점 배출부하밀도	132
<표 52> 소유역별 총 T-N 점 및 비점 배출부하밀도	134
<표 53> 소유역별 총 T-P 점 및 비점 배출부하밀도	136
<표 54> 천수만유역 4개 호소의 목표수질 및 주요하천 관리수질	148
<표 55> 수질개선대책	149
<표 56> 수질모델의 종류	155
<표 57> 국내 호소에 대한 수질 모델 적용사례	155
<표 58> 환경부 수질측정망 수질분율	168
<표 59> 부남호 및 천수만 월 유입 수온 및 염분	169
<표 60> 부남호 및 천수만 월 유입 수질	169
<표 61> 수질 보정에 적용한 매개변수	173
<표 62> 장래 수질 예측 시나리오	176
<표 63> 해수 유통 시나리오 결과	177
<표 64> 유역 부하량 삭감 시나리오 결과	182
<표 65> 비점오염원 유입시 수질영향 검토 결과	185

그림 목차

(그림 1) 천수만유역 표고분석도	11
(그림 2) 천수만유역 경사분석도	12
(그림 3) 천수만유역 토성분포도	14
(그림 4) 천수만유역 토양 배수등급도	15
(그림 5) 천수만유역 토지이용현황도	17
(그림 6) 천수만유역 수계도	20
(그림 7) 천수만 소유역도	21
(그림 8) 천수만유역 호소 현황	25
(그림 9) 천수만유역 하천현황	27
(그림 10) 호소 수질조사지점	29
(그림 11) 부남호 TOC 농도 변화	36
(그림 12) 부남호 COD 농도 변화	37
(그림 13) 간월호 TOC 농도 변화	37
(그림 14) 간월호 COD 농도 변화	38
(그림 15) 홍성호 TOC 및 COD 농도 변화	39
(그림 16) 보령호 TOC 및 COD 농도 변화	39
(그림 17) 호소 지점별 저층 용존산소 분포	40
(그림 18) 호소 지점별 표층 및 저층의 TOC 농도 분포	41
(그림 19) 호소 지점별 표층 및 저층의 T-N 농도 분포	42
(그림 20) 호소 지점별 표층 및 저층의 T-P 농도 분포	43
(그림 21) 호소 퇴적물 오염도 조사지점	44
(그림 22) 호소 퇴적물 시료채취 현장사진	45
(그림 23) 호소 지점별 퇴적물 강열감량 농도분포	50
(그림 24) 호소 지점별 퇴적물 총인(T-P) 농도분포	50
(그림 25) 하천 수질 조사지점	52
(그림 26) 천수만 유역 및 소유역 구분	60
(그림 27) 인구 및 하수처리율 현황	63
(그림 28) 축종별 분포현황	67
(그림 29) 산업폐수 발생량 및 배출량 현황	70
(그림 30) 대지 및 농경지 현황	73
(그림 31) 천수만유역 환경기초시설 현황	80
(그림 32) 생활계 발생부하량	84
(그림 33) 생활계 배출부하량	85
(그림 34) 축산계 발생부하량	89
(그림 35) 축산계 배출부하량	90
(그림 36) 산업계 발생부하량	94

(그림 37) 산업계 배출부하량	95
(그림 38) 토지계 발생부하량	99
(그림 39) 토지계 배출부하량	100
(그림 40) 양식계 발생부하량	104
(그림 41) 양식계 배출부하량	105
(그림 42) 매립계 발생부하량	109
(그림 43) 매립계 배출부하량	110
(그림 44) 총 발생부하량	121
(그림 45) 총 배출부하량	122
(그림 46) 총 발생부하밀도	138
(그림 47) 총 배출부하밀도	139
(그림 48) 생활계 중점관리 구역	145
(그림 49) 축산계 중점관리 구역	146
(그림 50) 인공습지 종류별 개념도	151
(그림 51) 천수만 구역 4개 담수호 인공습지 설치위치도	152
(그림 52) 간월호 및 보령호 저류지 설치위치도	153
(그림 53) 논 저류지의 수질저감 효과	154
(그림 54) 수직 좌표 변환	158
(그림 55) EFDC 모델의 구조	160
(그림 56) HEM3D 모델의 구조	160
(그림 57) EFDC 모델의 격자 구성	161
(그림 58) 부남호 및 천수만 구역 유입량	162
(그림 59) 기상대 위치도	165
(그림 60) 서산 기상대 시간별 기상자료	166
(그림 61) 보령 기상대 시간별 기상자료	167
(그림 62) 수질측정 위치도	168
(그림 63) 수리 모델 보정	172
(그림 64) 부남호 1지점 수질 보정	175
(그림 65) 모의 결과 추출지점	176
(그림 66) 해수 유통 시나리오 결과	180
(그림 67) 구역 부하량 삭감 시나리오 결과	184
(그림 68) 비점오염물질 시간별 농도	186
(그림 69) 비점오염물질 영향 범위 - 시나리오1	187
(그림 70) 비점오염물질 영향 범위 - 시나리오2	188
(그림 71) 비점오염물질 영향 범위 - 시나리오3	189
(그림 72) 비점오염물질 영향 범위 - 시나리오4	190

PART
01

제1장.
**유역현황 및
여건분석**

1. 천수만유역 현황

PART
01

제1장 | 유역현황 및 여건분석

1. 천수만유역 현황

1.1 표고

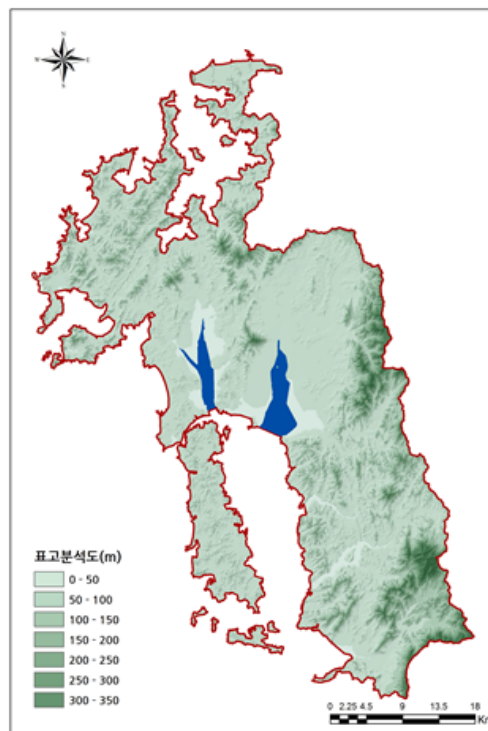
- 천수만유역의 고도분포를 살펴보면, 약 89.4%에 해당하는 1,490.5km²가 100m 이하의 하성 및 해성 평탄지의 형태를 보이며, 10.6%에 해당하는 176.6km²는 구릉지에 해당하는 100~350m 사이에 분포하고 있음

<표 1> 표고분석

(단위 : km², %)

구 분	계	50m미만	50~100m	100~150m	150~200m	200~300m	300m이상
면 적	1,667.1	1,246.1	244.4	86.0	42.5	39.5	8.6
구성비	100.0	74.7	14.7	5.2	2.5	2.4	0.5

그림 1 천수만유역 표고분석도



1.2 경사

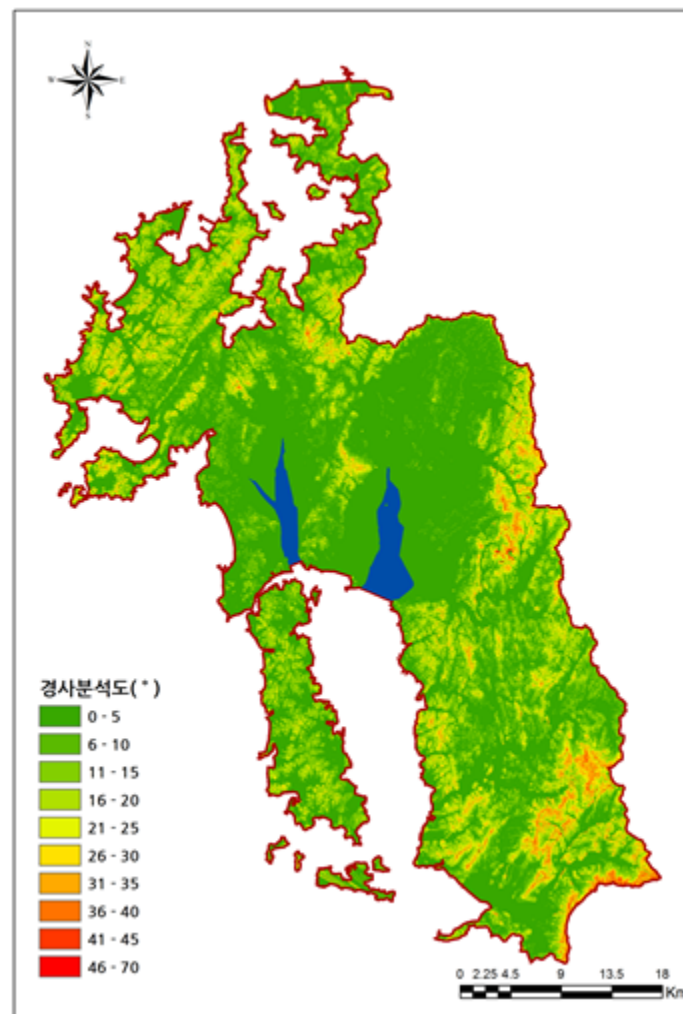
- 천수만유역의 경사분포는 전체 면적의 약 50% 이상이 5° 미만인 평지 형태를 보임
 - 총 유역면적의 약 56.0%인 933.1km²가 5° 미만인 평지형태를 보이고 있으며, 약 31.8%인 530.9km²가 20° 미만 의 완만한 경사 형태를 보이고, 나머지 12.2%인 203.2km²가 급경사 형태를 보임

<표 2> 경사분석

(단위 : km², %)

구 분	계	0~5°	5~10°	10~15°	15~20°	20~30°	30° 이상
면 적	1,667.1	933.1	198.9	178.5	153.5	158.6	44.6
구성비	100.0	56.0	11.9	10.7	9.2	9.5	2.7

그림 2 천수만유역 경사분석도



1.3 토양

- 천수만유역의 토성분포는 사양질이 산지 및 구릉지에 따라 가장 많은 분포를 보임
 - 총 유역면적의 54.2%인 750.1km²가 사양질의 형태를 보이고 있으며, 하성평탄지 및 곡간지를 따라 식양질이 29.1%인 402.0km²의 면적으로 분포하고, 그 외 과거 조간대 및 보령방조제 구간에서 미사사양질 및 미사식양질이 소규모로 분포함

<표 3> 토성분석

(단위 : km², %)

구 분	계	사질	사양질	미사사양질	미사식양질	식양질	암석노출지
면 적	1,383.2	14.9	750.1	20.2	176.3	402.0	19.7
구성비	100.0	1.1	54.2	1.5	12.7	29.1	1.4

주) 데이터가 미구축된 지역이 있어 실제 유역면적과 차이를 보임

- 천수만유역의 토양 배수등급은 수역을 제외하고 약 70.9% 이상이 양호한 것으로 조사되었으며, 불량하거나 매우 불량한 지역은 주로 하천변에 발달한 것으로 나타남

<표 4> 토양 배수등급

(단위 : km², %)

구 분	계	매우양호	매우양호 내지 양호	양호	약간 양호	불량	매우 불량	수역
면 적	1,383.2	240.7	130.6	565.1	44.6	297.4	85.1	19.7
구성비	100.0	17.4	9.4	40.9	3.2	21.5	6.2	1.4

주) 데이터가 미구축된 지역이 있어 실제 유역면적과 차이를 보임

그림 3 천수만유역 토성분포도

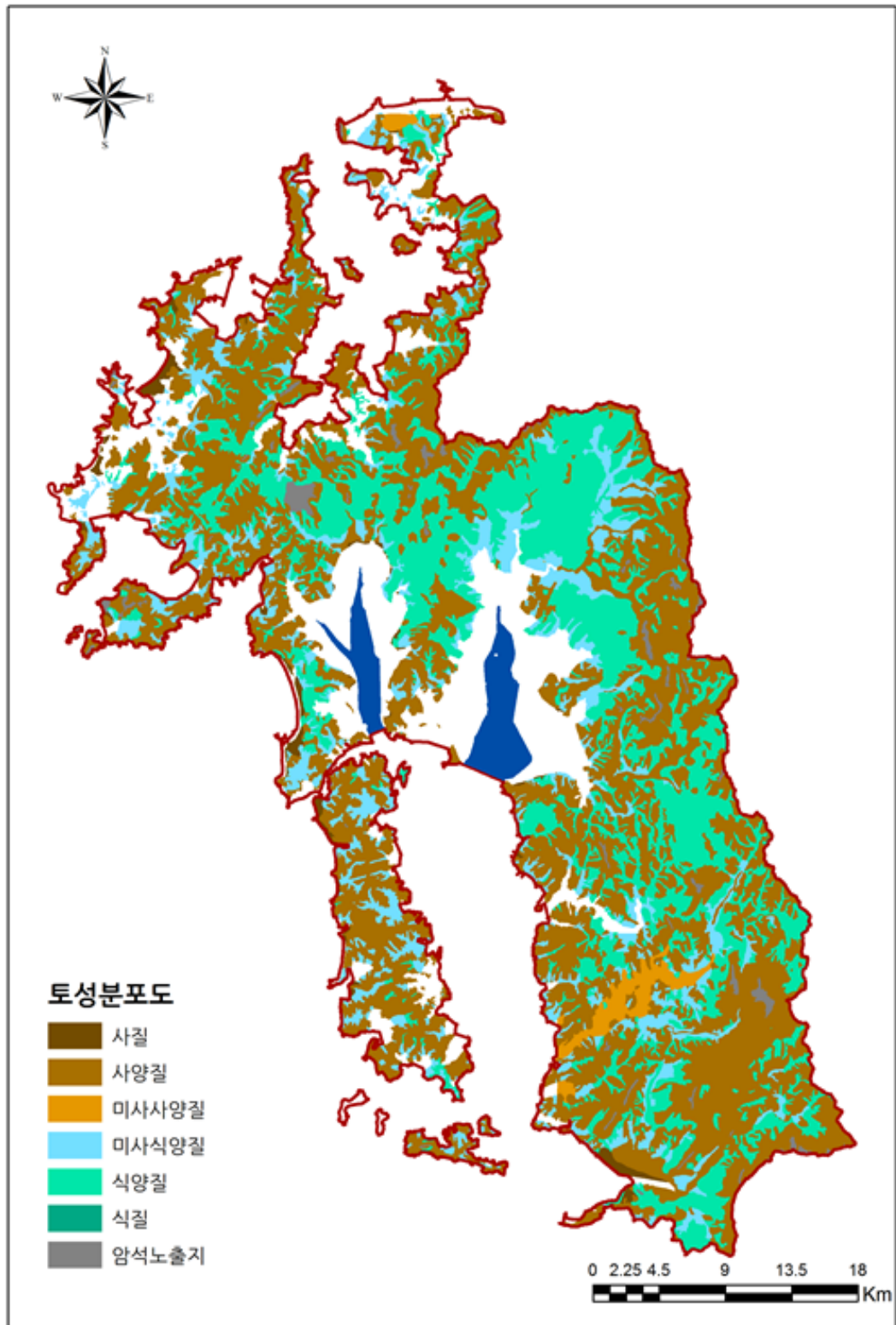
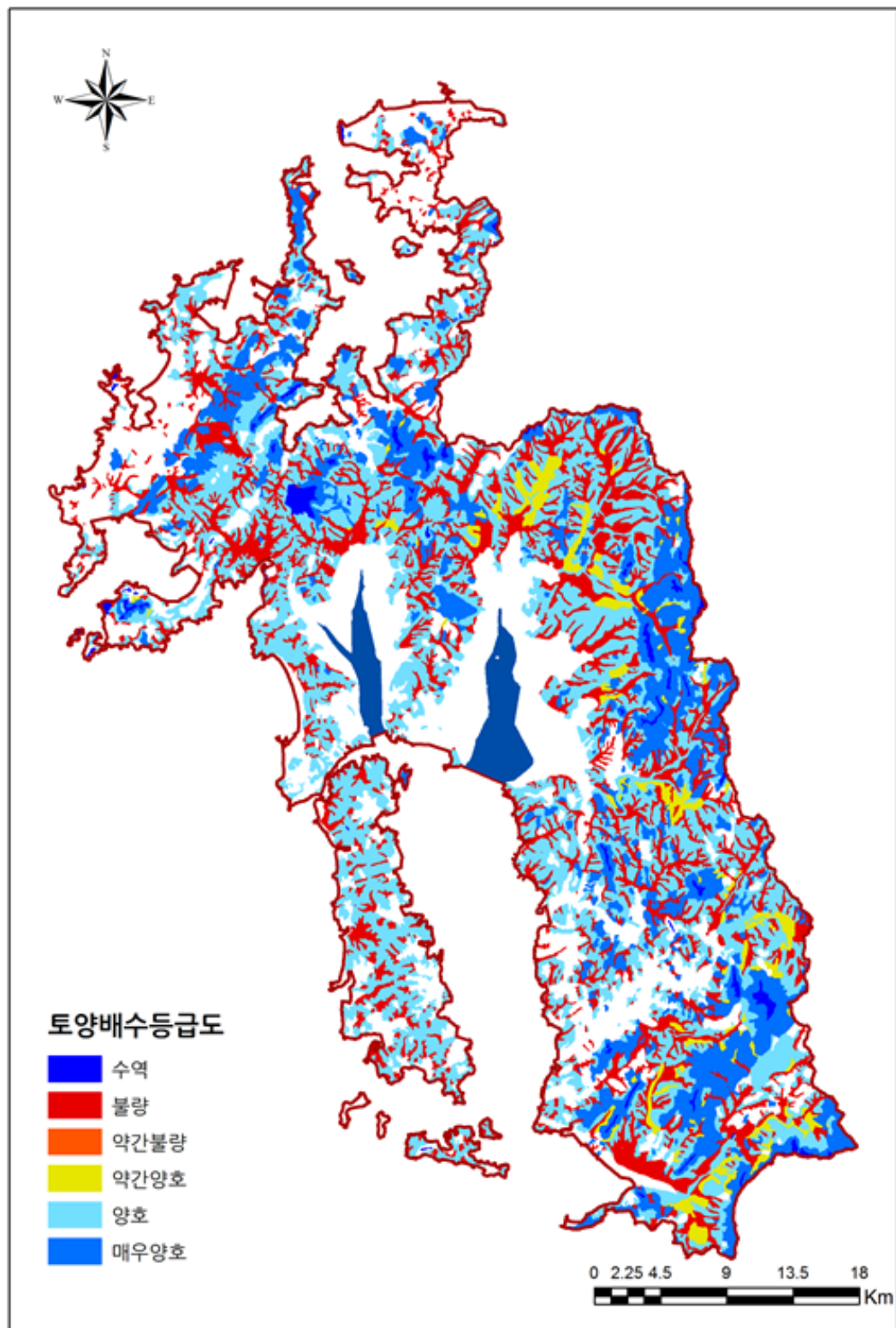


그림 4 천수만유역 토양 배수등급도



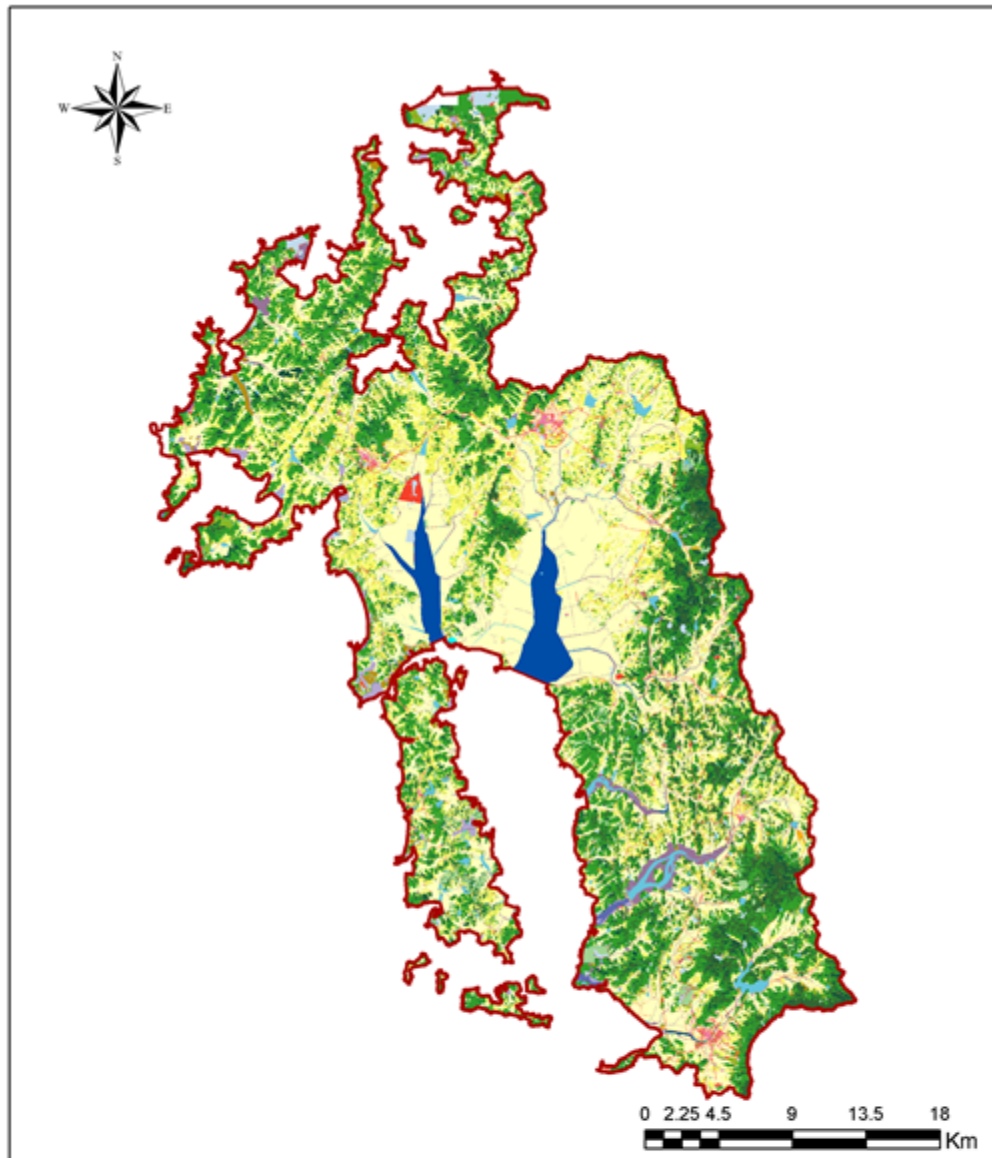
1.4 토지이용

- 천수만유역의 토지이용현황을 살펴보면, 경작지가 가장 많은 부분을 차지하고 있으며, 다음으로 산림이 많은 부분을 차지하고 있음
- 전체 유역면적의 약 47.2%인 142.8km²가 경작지이며, 35.9%인 108.6km²가 산림으로 구성되어 있음

<표 5> 토지이용현황

구분	면적(km ²)	비율(%)	구분	면적(km ²)	비율(%)
주거지역	17.9	1.1	침엽수림	417.7	25.1
공업지역	2.6	0.2	혼효림	63.1	3.8
상업지역	6.8	0.4	자연초지	45.2	2.7
문화·체육·휴양지역	1.8	0.1	인공초지	17.6	1.1
교통지역	26.3	1.6	내륙습지	33.9	2.0
공공시설지역	4.2	0.3	연안습지	15.6	0.9
논	474.6	28.5	자연 나지	6.8	0.4
밭	277.9	16.7	기타 나지	25.5	1.5
시설재배지	5.6	0.3	내륙수	67.9	4.1
과수원	4.4	0.3	해양수	2.8	0.2
기타재배지	17.3	1.0	총합계	1664.1	100.0
활엽수림	128.9	7.7			

그림 5 천수만유역 토지이용현황도



토지피복도

주거지역	논	침엽수림	채광지역
공업지역	밭	혼호림	기타나지
상업지역	하우스재배지	자연초지	내륙수
위락시설지역	과수원	골프장	해양수
교통지역	기타재배지	내륙습지	
공공시설지역	활엽수림	연안습지	

1.5 수계현황

- 천수만유역은 부남방조제 중권역과 금강서해 중권역에 포함되어 있으며, 유역 내 4개 호소(부남호, 간월호, 홍성호, 보령호)가 있음
 - 부남호와 간월호는 1995년 공사가 완료되어 부남호는 현대건설, 간월호는 한국농어촌공사(천수만사업단)가 관리하고 있으나, 홍성호와 보령호는 2016년부터 담수를 시작하였으나 2018년 현재까지 미준공상태임

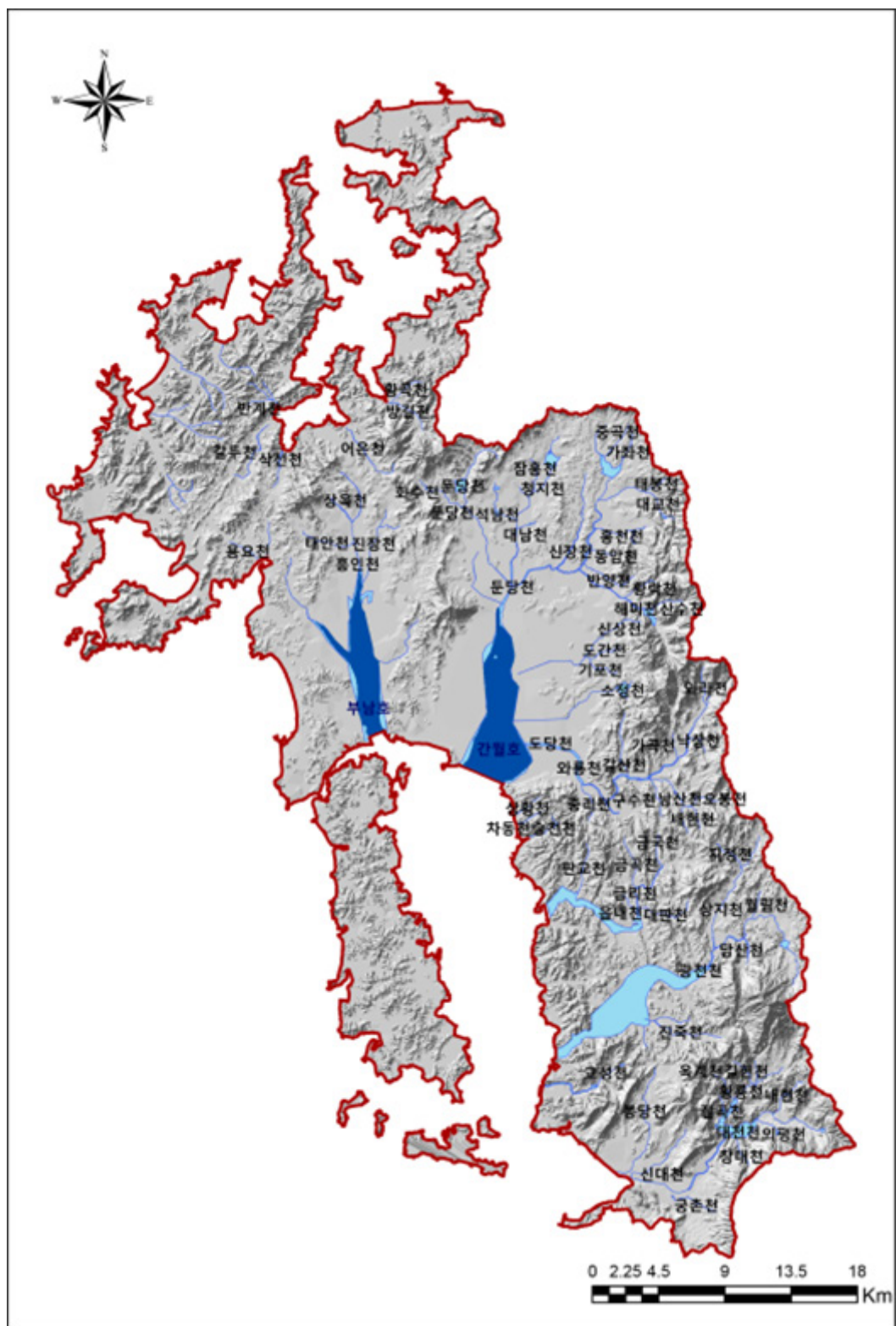
<표 6> 간월호 및 부남호 현황

구분	간월호	부남호
위치	서산시 부석면 간월도리(충남 서산, 홍성)	서산시 부석면 창리(충남 서산, 태안)
공사기간	‘80. 5 ~ ‘95. 8	‘80. 8 ~ ‘95. 8
설치년도	1995년	1995년
매립면적	9,626 ha	5,783 ha
수혜면적	6,446 ha	3,745 ha
유역면적	48,800 ha	15,720 ha
유효저수량	50,720천m ³	21,140천m ³
만수면적	2,443 ha	1,406 ha
관리주체	농어촌공사(천수만사업단)	(주)현대건설

<표 7> 간월호 및 부남호 제원

구 분	단위	담수호	간월호	부남호
위 치			충남 서산·홍성	충남 서산·태안
담 수 호 면 적	ha		2,443	1,527
총 저 수 량	ha·m		12,425	8,442
유 효 저 수 량	ha·m		5,072	2,316
관 리 수 위	EL(m)		- 1.70	- 2.00
홍 수 위	EL(m)		+ 1.12	+ 0.35
사 수 위	EL(m)		- 3.90	- 3.60
독 마 루 표 고	EL(m)		+ 8.50	+7.00
설 계 조 위	EL(m)		+ 3.49	+3.49
도 파 고	m		+ 3.51	1.81
최 대 제 고	m		27.50	26.00
방 조 제 길 이	m		6,458	1,228
배수갑문규모	B×H×N, m		10×4×8	6.5×4×4
Sill 표 고	EL(m)		- 5.00	-4.00
통 선 문	B×H×N		-	-
어 도	B×H×N		-	-
제 염 시 설	B×H×N		3.2×2×2	2.4×2×2
고 극 조 위	EL(m)		+3.49	+3.49
대조평균만조위	EL(m)		+3.34	+3.49
평 균 해 면	EL(m)		±0.00	+0.05
대조평균간조위	EL(m)		-3.34	-3.38
약최저간조위	EL(m)		-3.96	-3.99
도 파 고	m		+ 3.51	1.81
최 대 제 고	m		27.50	26.00

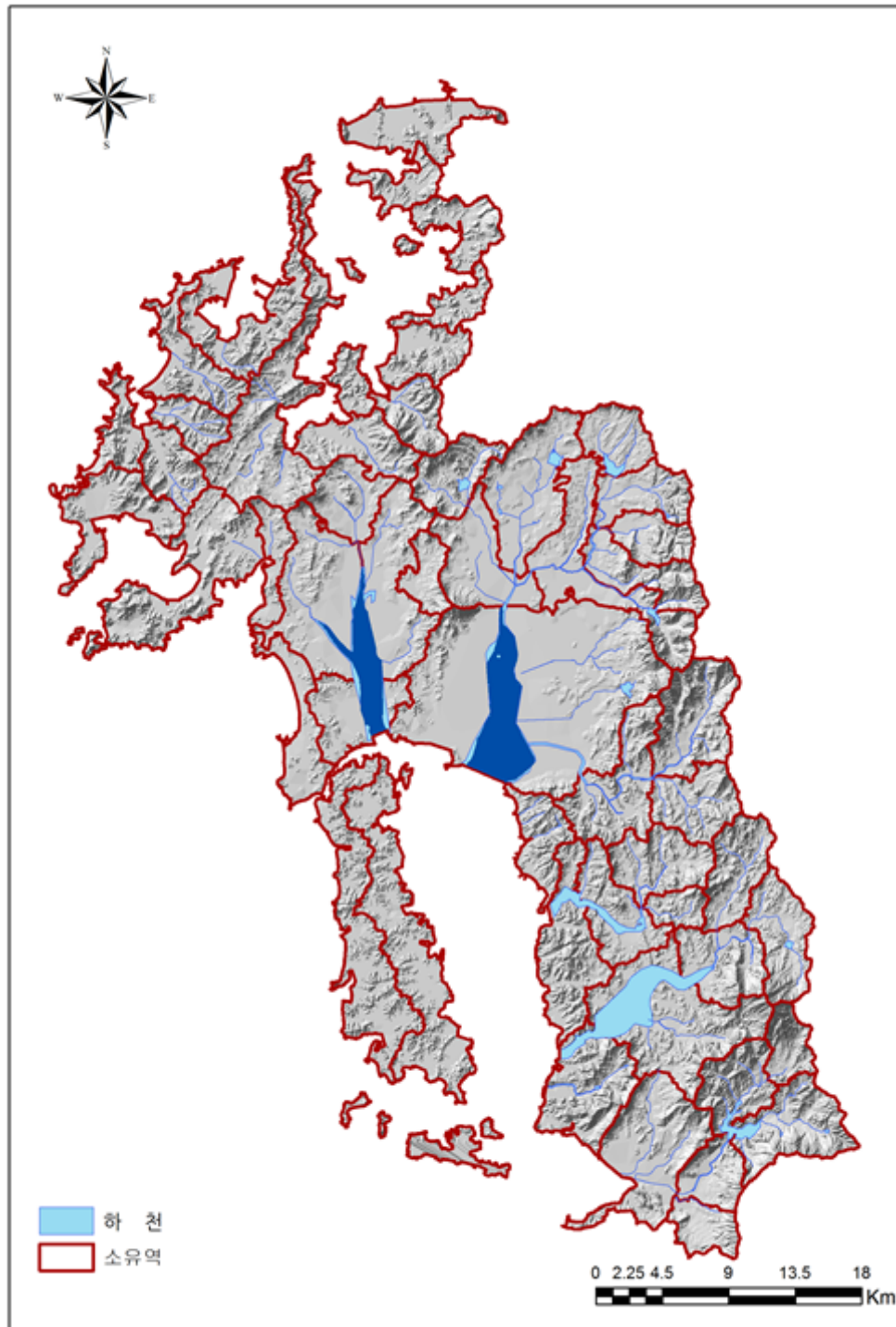
그림 6 천수만유역 수계도



1.6 유역구분

- 천수만유역은 서산시, 보령시, 부여군, 청양군, 홍성군, 예산군, 태안군 등 7개 시·군 64 읍·면으로 구성되어 있음

그림 7 천수만 소유역도



PART
02

제2장.
유역현황 진단
및 평가

1. 천수만유역 호소 및 하천현황
2. 천수만 유역현황 조사 및 분석

PART
02

제2장 | 유역현황 진단 및 평가

1. 천수만유역 호소 및 하천현황

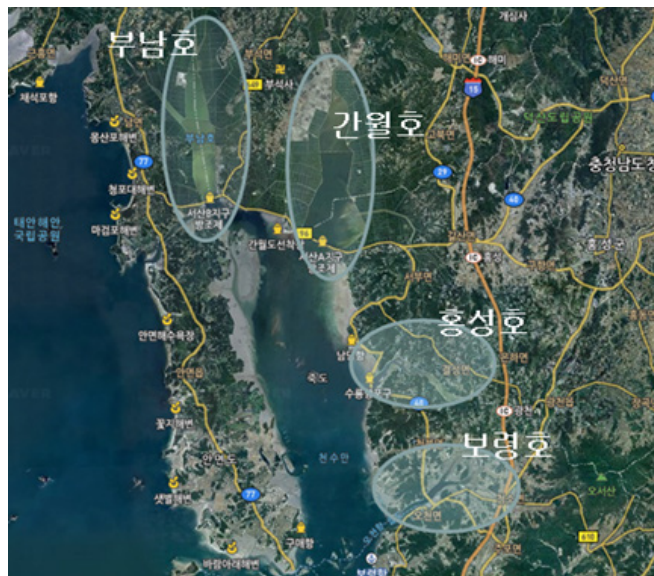
1.1 호소(담수호) 현황

- 천수만유역 내 4개 호소(부남호, 간월호, 홍성호, 보령호)의 총 저수용량은 2.37억톤으로 용담댐 저수용량의 약 29%에 해당하는 규모이며, 방조제 건설을 통해 농업용수를 공급하는 목적으로 사용 중임

<표 8> 천수만유역 호소(담수호) 현황

구 분	총저수량 (천m ³)	유효저수량 (천m ³)	유역면적 (km ²)	수혜면적 (km ²)	행정구역	관리주체
부남호	84,420	23,160	157.20	37.45	태안군·서산시	(주)현대건설
간월호	124,250	50,720	488.00	64.46	서산시	한국농어촌공사 (천수만사업단)
홍성호	9,440	9,270	78.60	24.68	홍성군	
보령호	19,330	17,300	141.80	47.22	보령시	

그림 8 천수만유역 호소 현황



1.2 하천 현황

- 천수만유역 내 4개 호소로 유입되는 하천은 총 12개소이며, 부남호는 3개소, 간월호는 6개소, 홍성호는 1개소, 그리고 보령호는 2개소임
 - 부남호 : 장검천, 태안천, 홍인천
 - 간월호 : 도당천, 둔당천, 신장천, 와룡천, 청지천, 해미천
 - 홍성호 : 금리천
 - 보령호 : 광천천, 상지천

<표 9> 천수만유역 주요 하천 현황

연번	하천명	시점	종점	유로연장 (km)	유로면적 (km ²)	비 고
1	장검천	충남 서산시 부석면	충남 서산시 부석면	1.90	12.57	부남호
2	태안천	충남 태안군 태안읍	충남 태안군 태안읍	6.35	30.25	
3	홍인천	충남 태안군 태안읍	충남 태안군 태안읍	4.22	7.45	
4	도당천	충남 서산시 음암면	충남 서산시 해미면	17.10	120.60	간월호
5	둔당천	충남 서산시 인지면	충남 서산시 인지면	13.28	36.56	
6	신장천	충남 서산시 음암면	충남 서산시 해미면	7.79	12.81	
7	와룡천	충남 예산군 덕산면	충남 홍성군 갈산면	17.14	84.91	
8	청지천	충남 서산시 음암면	충남 서산시 장동	11.00	42.23	
9	해미천	충남 서산시 해미면	충남 서산시 해미면	9.66	31.62	홍성호
10	금리천	충남 홍성군 은하면	충남 홍성군 결성면	8.87	25.70	
11	광천천	충남 홍성군 장곡면	충남 홍성군 광천읍	15.16	66.64	보령호
12	상지천	충남 홍성군 광천읍	충남 홍성군 광천읍	11.80	25.77	

그림 9 천수만유역 하천현황



2. 천수만 유역현황 조사 및 분석

2.1 호소 수질조사 및 분석

2.1.1 호소 수질조사

- 천수만유역 내 4개 호소의 수질변화 분석을 위해 총 9개 지점에 대해 환경부 물환경측정망 및 한국농어촌공사 내부자료를 활용하여 수질변화를 분석
 - 부남호 : 환경부 물환경측정망 지점 3개소
 - 간월호 : 환경부 물환경측정망 지점 3개소
 - 홍성호 : 한국농어촌공사 자체 측정지점 1개소
 - 보령호 : 한국농어촌공사 자체 측정지점 2개소

<표 10> 호소 수질측정망 및 조사지점 현황

호소명	지점	측정위치	비 고
부남호	부남호1	충청남도 서산시 부석면 창리(방조제 앞)	금강유역환경청 (물환경측정망)
	부남호2	충청남도 태안군 남면 양잠리	
	부남호3	충청남도 서산시 부석면 봉낙리	
간월호	간월호1	충청남도 홍성군 서부면 궁리(방조제 앞)	금강유역환경청 (물환경측정망)
	간월호2	충청남도 홍성군 갈산면 오두리	
	간월호3	충청남도 서산시 고북면 사기리	
홍성호	홍성호	충청남도 홍성군 서부면 신리(방조제 앞)	한국농어촌공사 (내부자료)
보령호	보령호1	충청남도 보령시 천북면 하만리(방조제 앞)	한국농어촌공사 (내부자료)
	보령호2	충청남도 보령시 천북면 낙동리	

자료 : 환경부, 물환경측정망 설치·운영계획, 2018, 한국농어촌공사 내부자료, 2018.

그림 10 호소 수질조사지점



2.1.2 호소 수질분석 결과 및 평가

- 천수만유역 내 호소의 수질변화 분석을 위해 환경부 물환경측정망 및 한국농어촌공사 내부자료를 활용하여 DO, 전기전도도(EC), BOD, COD, SS, T-N, T-P 등의 수질항목에 대해 농도변화를 검토
- 분석자료 활용기간 : 2015년 1월 ~ 2018년 12월

<표 11> 부남호 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)

지점		DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
부남호1	2015	10.9	3.9	12.5	2.0	8.4	1.072	0.063
	2016	9.9	3.6	14.1	3.0	9.8	1.458	0.063
	2017	10.2	3.8	15.2	4.8	10.0	1.488	0.069
	2018	10.3	4.3	19.1	8.0	10.7	1.788	0.093
부남호2	2015	11.0	4.3	13.3	2.1	11.7	1.274	0.068
	2016	9.9	5.5	15.1	3.7	16.6	1.699	0.079
	2017	9.9	4.7	16.6	5.7	18.7	1.465	0.078
	2018	10.8	5.2	19.5	8.4	16.6	1.964	0.107
부남호3	2015	11.1	5.7	13.7	2.8	15.8	1.788	0.091
	2016	10.4	7.0	16.6	4.1	21.5	2.086	0.107
	2017	9.7	6.6	19.1	8.5	18.8	1.987	0.125
	2018	12.1	6.4	19.8	7.6	22.8	2.389	0.137

자료 : 환경부, 물환경정보시스템, 2018.

<표 12> 홍성호 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)

지점		DO (mg/L)	EC (μ S/cm)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
홍성호	2015	9.0	8,003	11.6	5.0	17.1	2.642	0.266
	2016	8.7	6,898	12.5	5.8	13.6	2.021	0.307
	2017	7.7	6,640	15.8	8.7	9.5	1.912	0.213
	2018*	5.8	4,640	13.2	7.2	7.3	3.191	0.126

* 2018년 자료는 1~3분기 평균값임

자료 : 한국농어촌공사, 내부자료, 2018.

<표 13> 간월호 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)

지점		DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
간월호1	2015	11.8	5.6	14.3	3.1	17.9	1.903	0.107
	2016	10.8	6.1	14.9	4.4	16.2	2.148	0.096
	2017	10.6	6.2	16.9	6.5	18.7	2.240	0.125
	2018	11.0	9.8	28.8	7.4	42.5	3.558	0.285
간월호2	2015	11.6	5.5	15.0	3.8	20.5	2.437	0.100
	2016	12.4	8.5	15.5	5.4	25.3	2.897	0.145
	2017	11.5	8.1	17.9	8.2	28.6	2.743	0.144
	2018	12.3	7.1	16.7	6.0	19.9	2.735	0.150
간월호3	2015	10.2	7.3	12.3	5.9	22.2	5.880	0.350
	2016	10.2	5.9	12.8	6.5	23.6	5.993	0.211
	2017	10.5	6.9	14.2	9.8	28.6	6.875	0.277
	2018	10.3	4.8	12.0	6.0	22.3	5.553	0.196

자료 : 환경부, 물환경정보시스템, 2018.

<표 14> 보령호 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)

지점		DO (mg/L)	EC (μ S/cm)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
보령호1	2015	8.9	8,988	9.2	4.1	19.6	2.486	0.240
	2016	8.6	12,422	10.8	4.4	14.8	1.666	0.236
	2017	7.4	9,642	15.1	8.2	11.0	1.781	0.193
	2018*	6.8	3,661	9.6	6.5	6.3	2.650	0.166
보령호2	2015	8.9	8,983	8.9	4.0	19.9	2.259	0.227
	2016	8.5	11,654	11.2	4.9	19.3	1.843	0.297
	2017	7.4	9,439	14.8	8.2	11.3	1.408	0.151
	2018*	6.9	3,713	9.1	6.6	5.3	2.802	0.123

* 2018년 자료는 1~3분기 평균값임

자료 : 한국농어촌공사, 내부자료, 2018.

<표 15> 부남호 수질 분석결과

지점1)		부남호 1		부남호 2		부남호 3	
		표층	저층	표층	저층	표층	저층
2017	COD(mg/L)	14.70	53.70	15.50	28.60	18.90	31.00
	TOC(mg/L)	-	-	-	-	-	-
	T-N(mg/L)	0.758	0.978	0.991	0.781	3.390	2.618
	NH ₄ -N(mg/L)	0.024	0.535	0.037	0.042	0.256	0.369
	NO ₃ -N(mg/L)	0.011	0.001	0.033	0.017	1.925	1.309
	T-P(mg/L)	0.400	0.291	0.443	0.388	0.318	0.375
	PO ₄ -P(mg/L)	-	-	-	-	-	-
	Chl-a(μg/L)	21.80	4.80	25.90	31.20	90.40	82.60
2018	COD(mg/L)	18.26	18.87	13.80	17.24	15.14	133.54
	TOC(mg/L)	8.752	10.990	6.257	10.590	6.429	3.652
	T-N(mg/L)	1.113	1.123	0.756	1.024	0.844	-
	NH ₄ -N(mg/L)	0.056	0.212	0.086	0.201	0.013	21.848
	NO ₃ -N(mg/L)	0.109	0.131	0.011	0.010	0.050	0.003
	T-P(mg/L)	0.048	0.058	0.025	0.027	0.029	0.642
	PO ₄ -P(mg/L)	0.046	0.056	0.023	0.025	0.020	0.633
	Chl-a(μg/L)	150.04	126.77	89.08	60.71	51.30	90.62

자료 : 충청남도, 2017, 2018 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역, 충남연구원 서해안기후환경연구소

<표 16> 간월호 수질 분석결과

지점 ¹⁾		간월호 1		간월호 2		간월호 3	
		표층	저층	표층	저층	표층	저층
2017	COD(mg/L)	13.60	27.50	14.80	14.50	17.90	17.20
	TOC(mg/L)	-	-	-	-	-	-
	T-N(mg/L)	0.877	7.503	0.917	3.690	1.241	5.421
	NH ₄ -N(mg/L)	0.038	6.467	0.069	2.444	0.079	3.198
	NO ₃ -N(mg/L)	0.008	0.021	0.010	0.013	0.019	0.001
	T-P(mg/L)	0.035	2.452	0.048	0.406	0.086	0.546
	PO ₄ -P(mg/L)	-	-	-	-	-	-
	Chl-a(μg/L)	36.30	1.40	44.00	2.00	31.90	0.80
2018	COD(mg/L)	15.68	11.03	17.18	10.78	26.58	15.86
	TOC(mg/L)	8.091	7.453	7.829	5.419	6.726	7.739
	T-N(mg/L)	1.158	1.630	1.150	1.364	1.630	1.150
	NH ₄ -N(mg/L)	0.047	0.447	0.184	0.022	0.011	0.062
	NO ₃ -N(mg/L)	0.233	0.109	0.195	0.301	0.346	0.333
	T-P(mg/L)	0.038	0.061	0.044	0.022	0.037	0.031
	PO ₄ -P(mg/L)	0.035	0.057	0.019	0.042	0.029	0.031
	Chl-a(μg/L)	85.64	23.93	146.48	53.08	213.19	195.11

자료 : 충청남도, 2017, 2018 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역, 충남연구원 서해안기후환경연구소

<표 17> 홍성호 수질 분석결과

지점 ¹⁾		홍성호 1		홍성호 2		홍성호 3	
		표층	저층	표층	저층	표층	저층
2017	COD(mg/L)	23.00	12.50	21.90	22.70	15.60	21.70
	TOC(mg/L)	-	-	-	-	-	-
	T-N(mg/L)	1.982	2.427	2.228	4.243	2.067	2.321
	NH ₄ -N(mg/L)	0.190	1.250	0.099	2.750	0.114	0.735
	NO ₃ -N(mg/L)	0.170	0.251	0.025	0.001	0.675	0.016
	T-P(mg/L)	0.458	0.530	0.502	0.870	0.487	0.422
	PO ₄ -P(mg/L)	-	-	-	-	-	-
	Chl-a(μg/L)	223.60	15.60	323.90	46.70	143.70	134.80
2018	COD(mg/L)	14.72	14.58	17.54	16.97	20.08	18.79
	TOC(mg/L)	8.557	8.899	8.424	9.101	10.100	10.270
	T-N(mg/L)	1.150	1.126	1.219	1.378	1.683	1.602
	NH ₄ -N(mg/L)	0.077	0.142	0.013	0.013	0.025	0.056
	NO ₃ -N(mg/L)	0.231	0.270	0.208	0.165	0.388	0.309
	T-P(mg/L)	0.017	0.033	0.014	0.019	0.079	0.062
	PO ₄ -P(mg/L)	0.015	0.028	0.010	0.009	0.074	0.060
	Chl-a(μg/L)	74.17	70.10	91.38	94.78	159.11	136.35

자료 : 충청남도, 2017, 2018 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역, 충남연구원 서해안기후환경연구소

<표 18> 보령호 수질 분석결과

지점 ¹⁾		보령호 1		보령호 2		보령호 3	
		표층	저층	표층	저층	표층	저층
2017	COD(mg/L)	14.70	6.10	12.30	13.70	8.50	10.80
	TOC(mg/L)	-	-	-	-	-	-
	T-N(mg/L)	0.903	5.049	0.892	1.028	1.176	1.201
	NH ₄ -N(mg/L)	0.026	3.097	0.135	0.115	0.027	0.032
	NO ₃ -N(mg/L)	0.003	0.006	0.002	0.003	0.035	0.036
	T-P(mg/L)	0.107	0.693	0.123	0.115	0.195	0.194
	PO ₄ -P(mg/L)	-	-	-	-	-	-
	Chl-a(μg/L)	75.40	11.90	93.70	67.70	97.70	75.00
2018	COD(mg/L)	13.48	11.59	12.87	15.86	19.36	16.87
	TOC(mg/L)	7.399	7.001	7.136	3.896	7.548	8.717
	T-N(mg/L)	1.081	1.008	0.946	2.262	1.511	1.165
	NH ₄ -N(mg/L)	0.043	0.171	0.005	1.871	0.033	0.034
	NO ₃ -N(mg/L)	0.131	0.106	0.213	0.030	0.435	0.428
	T-P(mg/L)	0.026	0.049	0.011	0.248	0.035	0.047
	PO ₄ -P(mg/L)	0.024	0.038	0.231	0.010	0.021	0.026
	Chl-a(μg/L)	35.77	47.73	69.11	21.26	178.88	146.66

자료 : 충청남도, 2017, 2018 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역, 충남연구원 서해안기후환경연구소

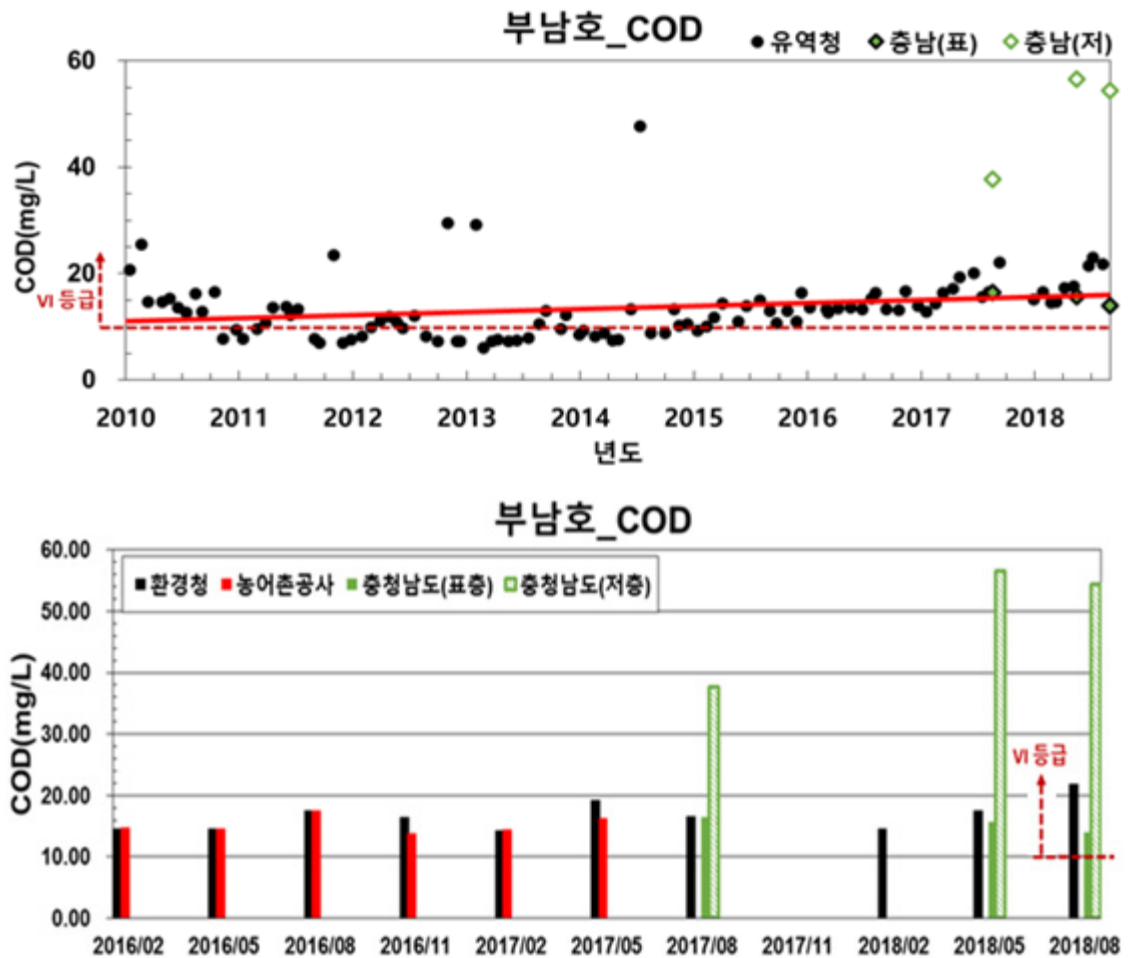
- 천수만유역에 존재하는 4개 호소의 수질이 호소 생활환경기준 V~VI등급 수준을 보이고 있음
 - 특히, 부남호와 간월호는 해가 갈수록 수질이 지속적으로 악화추세에 있으며, 농업용수로 사용이 불가능한 수준임
 - 홍성호와 보령호는 2017년 유기물질의 농도가 급격히 증가하였다가 감소하기는 하였으나, V 등급을 초과하는 수준을 보이고 있음

그림 11 부남호 TOC 농도 변화



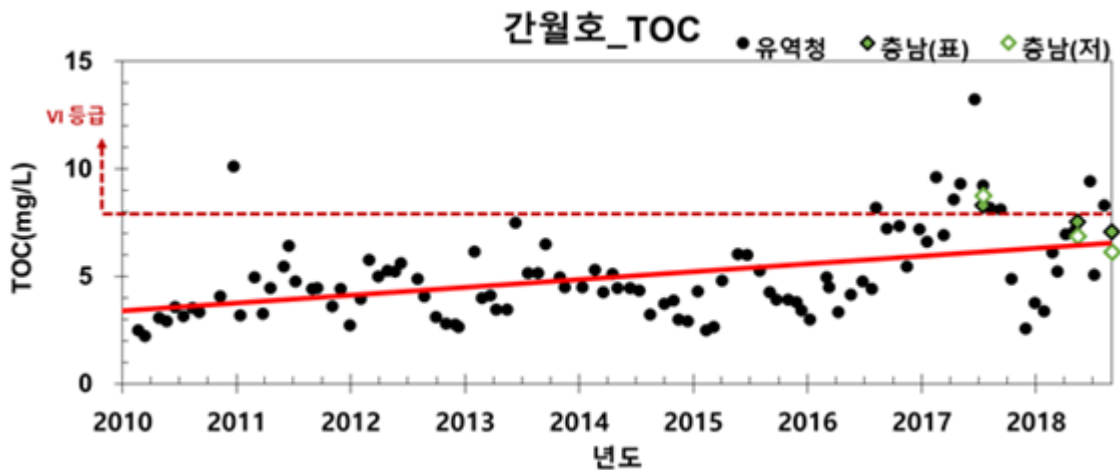
자료 : 충청남도, 2017, 2018 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역, 충남연구원 서해안기후환경연구소

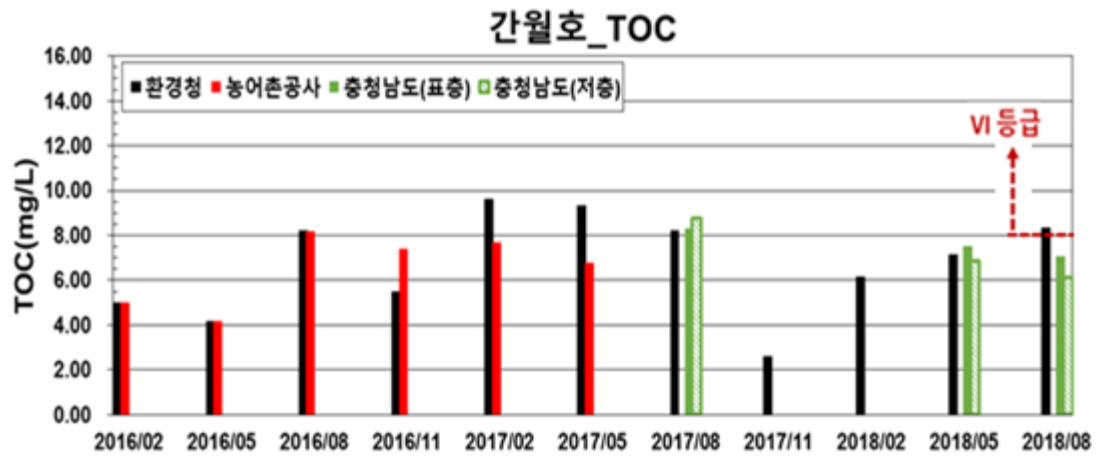
그림 12 부남호 COD 농도 변화



자료 : 충청남도, 2017, 2018 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역, 충남연구원 서해안기후환경연구소

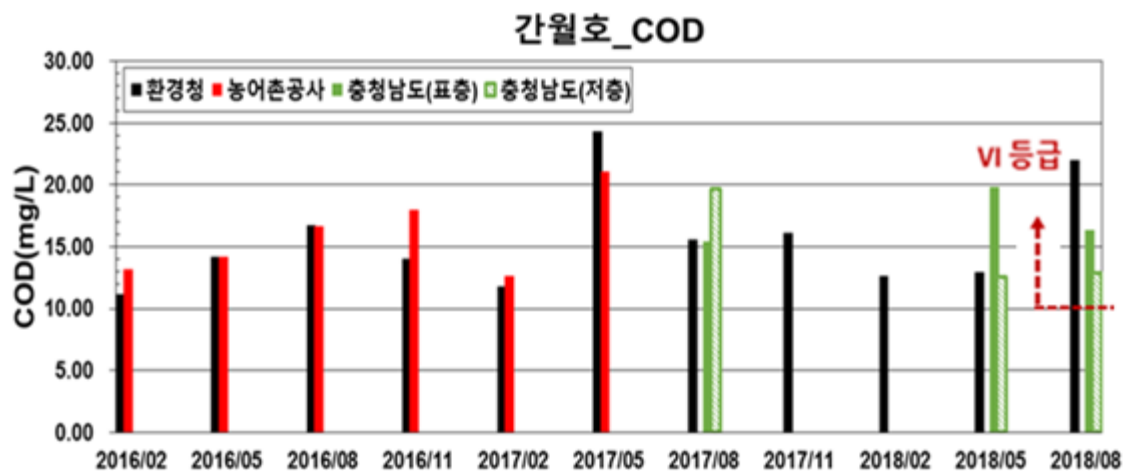
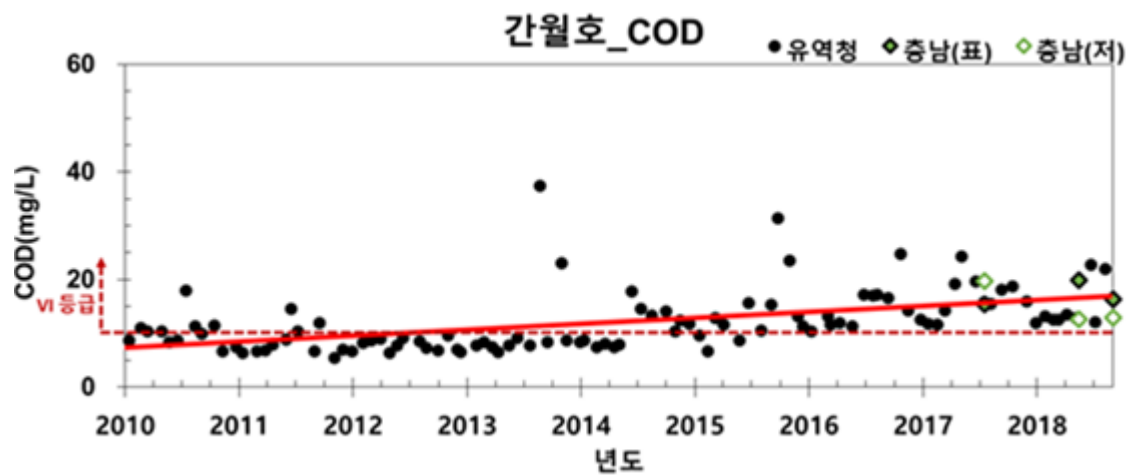
그림 13 간월호 TOC 농도 변화





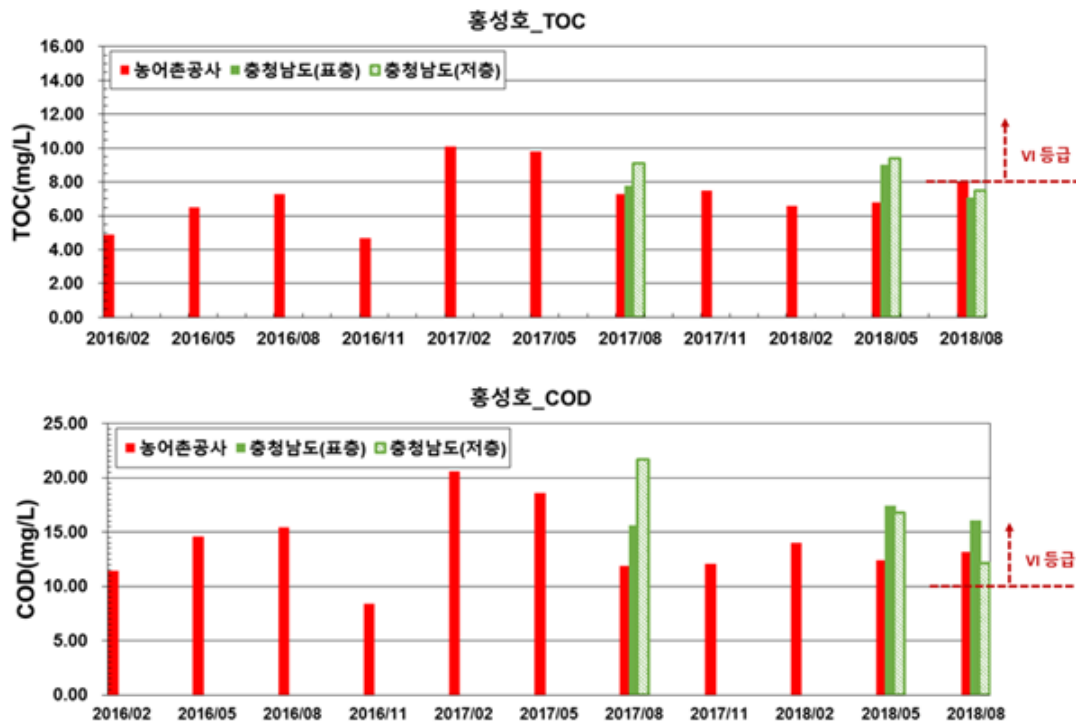
자료 : 충청남도, 2017, 2018 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역, 충남연구원 서해안기후환경연구소

그림 14 | 간월호 COD 농도 변화



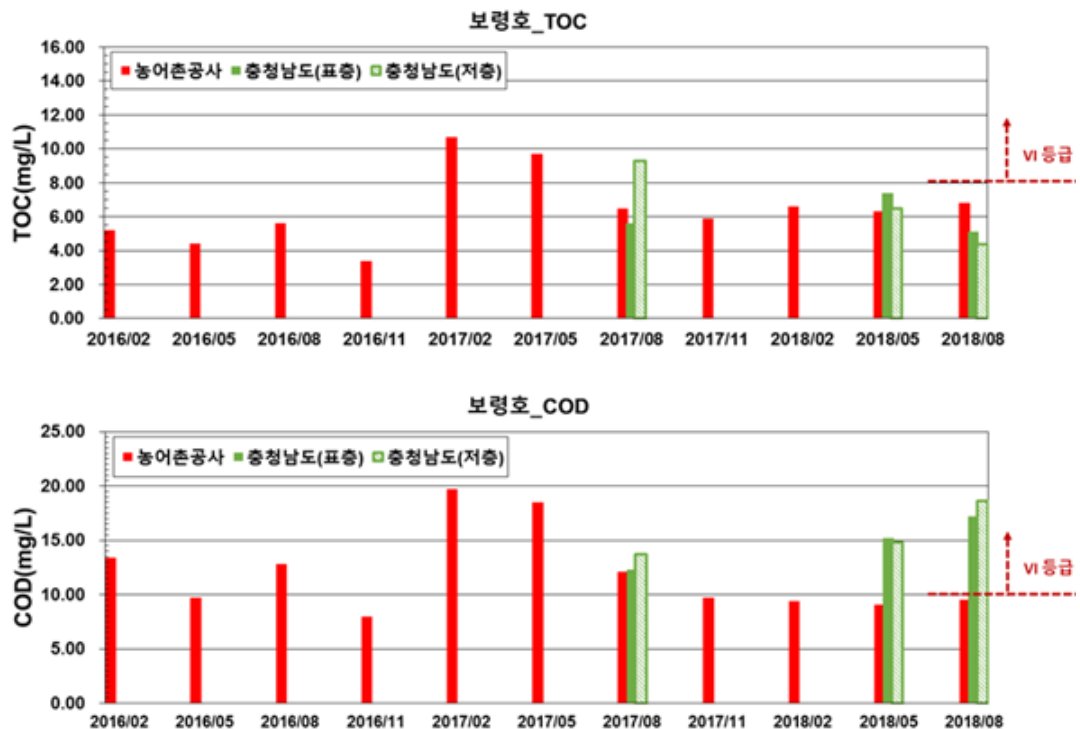
자료 : 충청남도, 2017, 2018 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역, 충남연구원 서해안기후환경연구소

그림 15 홍성호 TOC 및 COD 농도 변화



자료 : 충청남도, 2017, 2018 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역, 충남연구원 서해안기후환경연구소

그림 16 보령호 TOC 및 COD 농도 변화



자료 : 충청남도, 2017, 2018 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구용역, 충남연구원 서해안기후환경연구소

- 천수만유역에 존재하는 4개 호소의 표층과 저층의 수질을 비교한 결과, 평균적으로 표층에 비해 저층의 수질이 나쁜 것으로 나타났음
 - 호소 내 지점에 따른 차이가 있기는 하나, 홍성호를 제외한 3개 호소(부남호, 간월호, 보령호)의 하부에서 빈산소(DO농도 2mg/L이하) 상태가 나타났음
 - 부남호는 부남호1 지점, 간월호는 간월호2 지점, 보령호는 보령호1 지점에 저층 DO농도가 2mg/L보다 낮은 수준을 보였음
 - 호소 하부의 용존산소 농도가 2mg/L보다 낮은 상태가 지속되면 퇴적물에서 영양염류 등이 수체로 용출되어 호소 수질에 악영향을 미칠 우려가 있음

그림 17 호소 지점별 저층 용존산소 분포

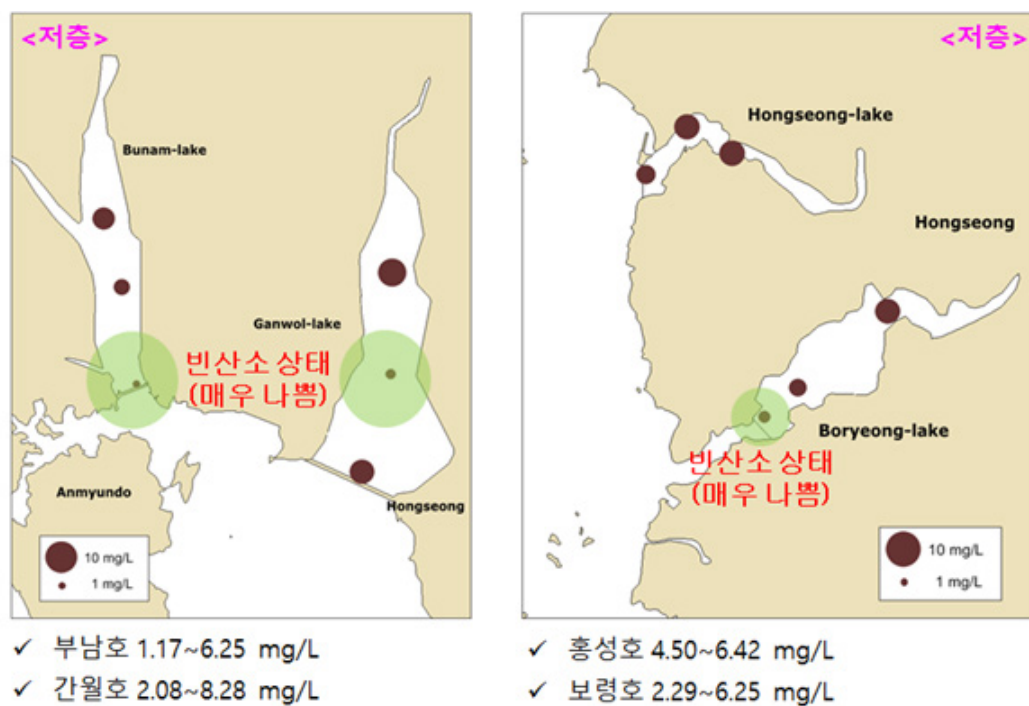


그림 18 호소 지점별 표층 및 저층의 TOC 농도 분포

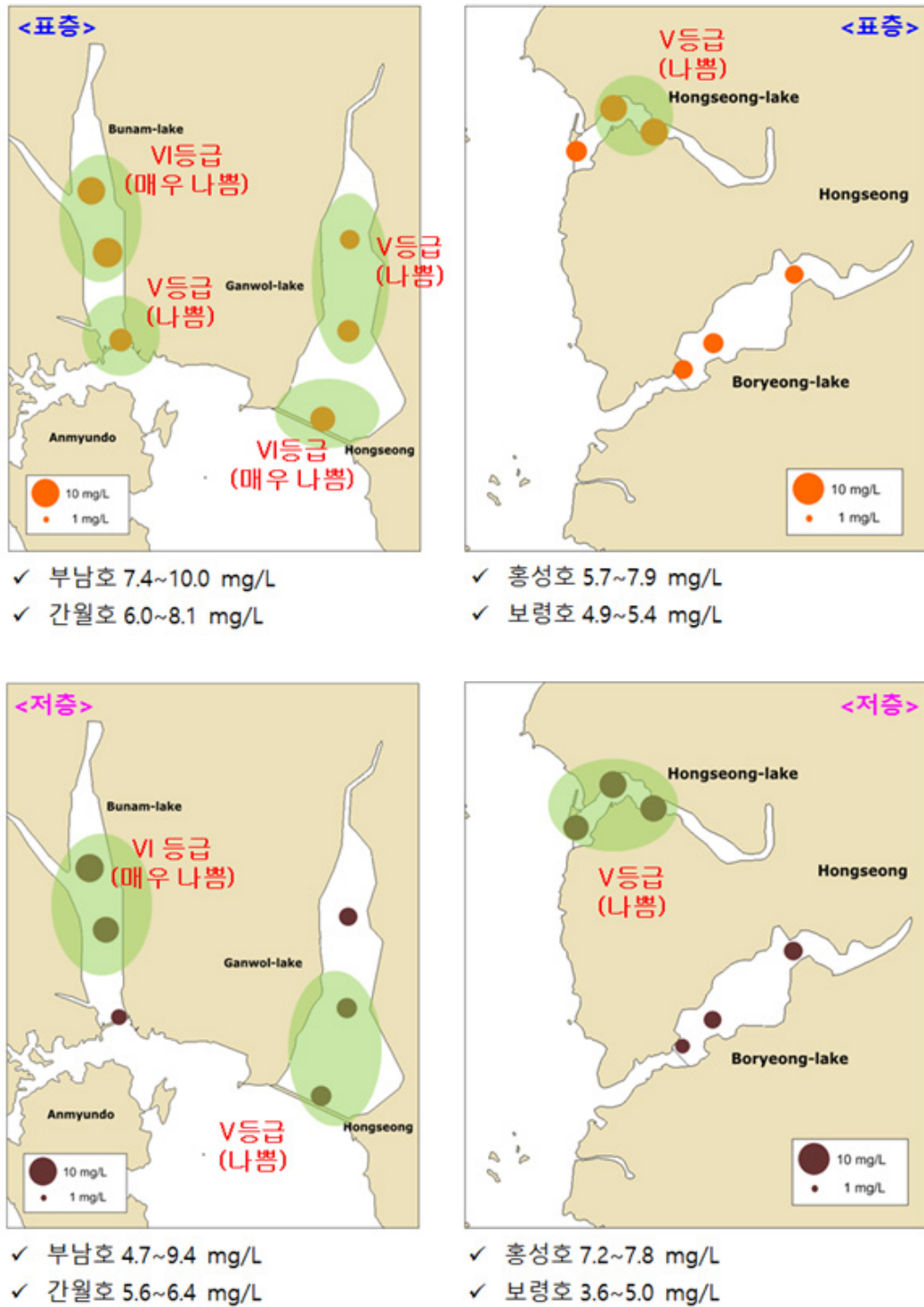
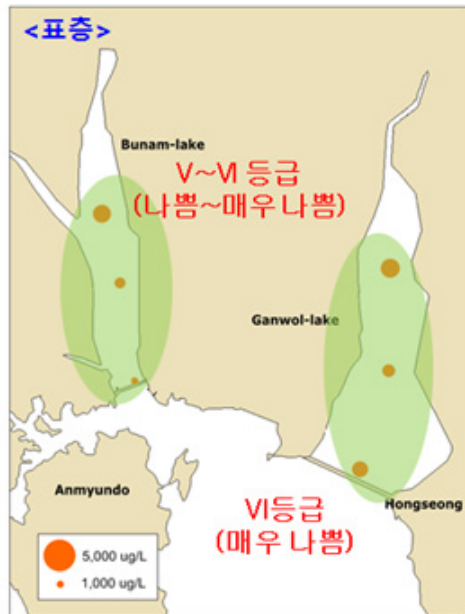
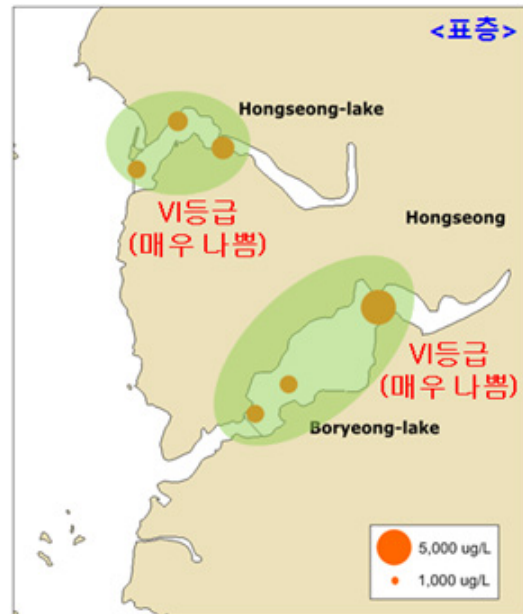


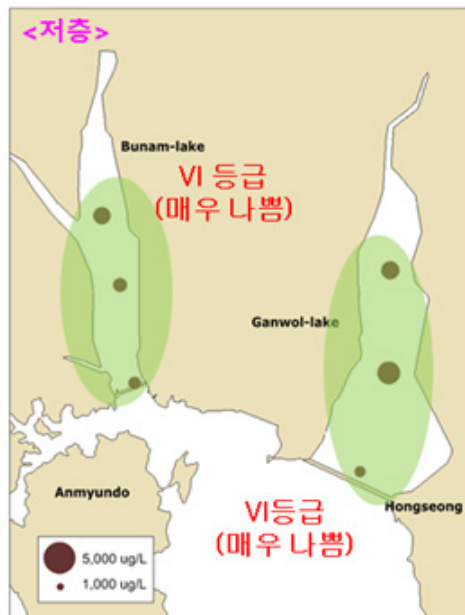
그림 19 호소 지점별 표층 및 저층의 T-N 농도 분포



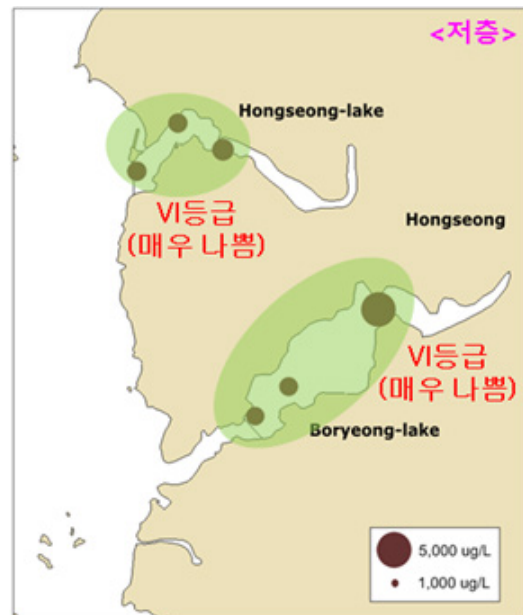
- ✓ 부남호 1.00~2.65 mg/L
- ✓ 간월호 1.87~2.81 mg/L



- ✓ 홍성호 2.38~3.02 mg/L
- ✓ 보령호 2.34~4.68 mg/L



- ✓ 부남호 1.86~2.58 mg/L
- ✓ 간월호 1.62~3.39 mg/L

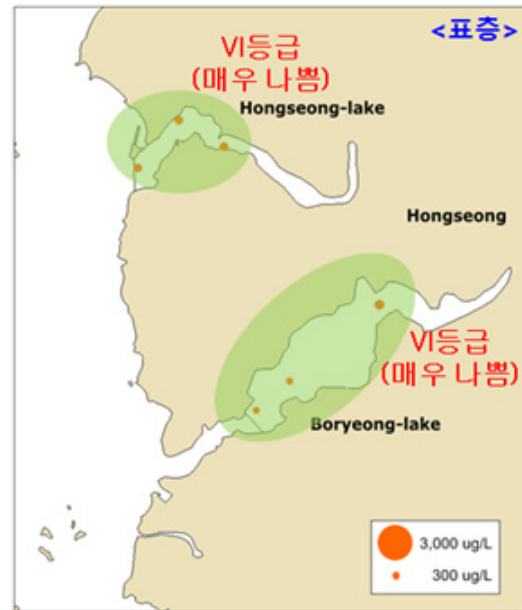


- ✓ 홍성호 2.54~2.88 mg/L
- ✓ 보령호 2.43~4.62 mg/L

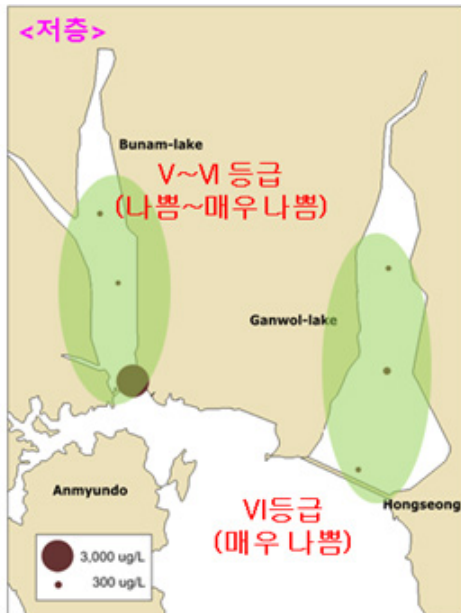
그림 20 호소 지점별 표층 및 저층의 T-P 농도 분포



- ✓ 부남호 0.03~0.15 mg/L
- ✓ 간월호 0.11~0.23 mg/L



- ✓ 홍성호 0.35~0.38 mg/L
- ✓ 보령호 0.21~0.46 mg/L



- ✓ 부남호 0.10~2.94 mg/L
- ✓ 간월호 0.14~0.34 mg/L



- ✓ 홍성호 0.36~0.37 mg/L
- ✓ 보령호 0.35~0.44 mg/L

2.2 호소 하부 퇴적물 오염도 조사

2.2.1 호소 하부 퇴적물 조사

- 호소 하부에 퇴적된 오염물질 특성을 분석하기 위해 4개 호소를 대상으로 퇴적물을 채취하여 오염도 조사를 실시하였음
 - 수질조사지점과 동일한 지점을 대상으로 호소별 각 3개 지점에 대해 반빈 그랩 샘플러로 하부 퇴적물을 채취한 후 오염도를 분석하였음
 - 퇴적물 오염도 조사는 2017년 8월, 2018년 5월 및 8월 등 총 3회에 걸쳐 시행하였음

그림 21 호소 퇴적물 오염도 조사지점

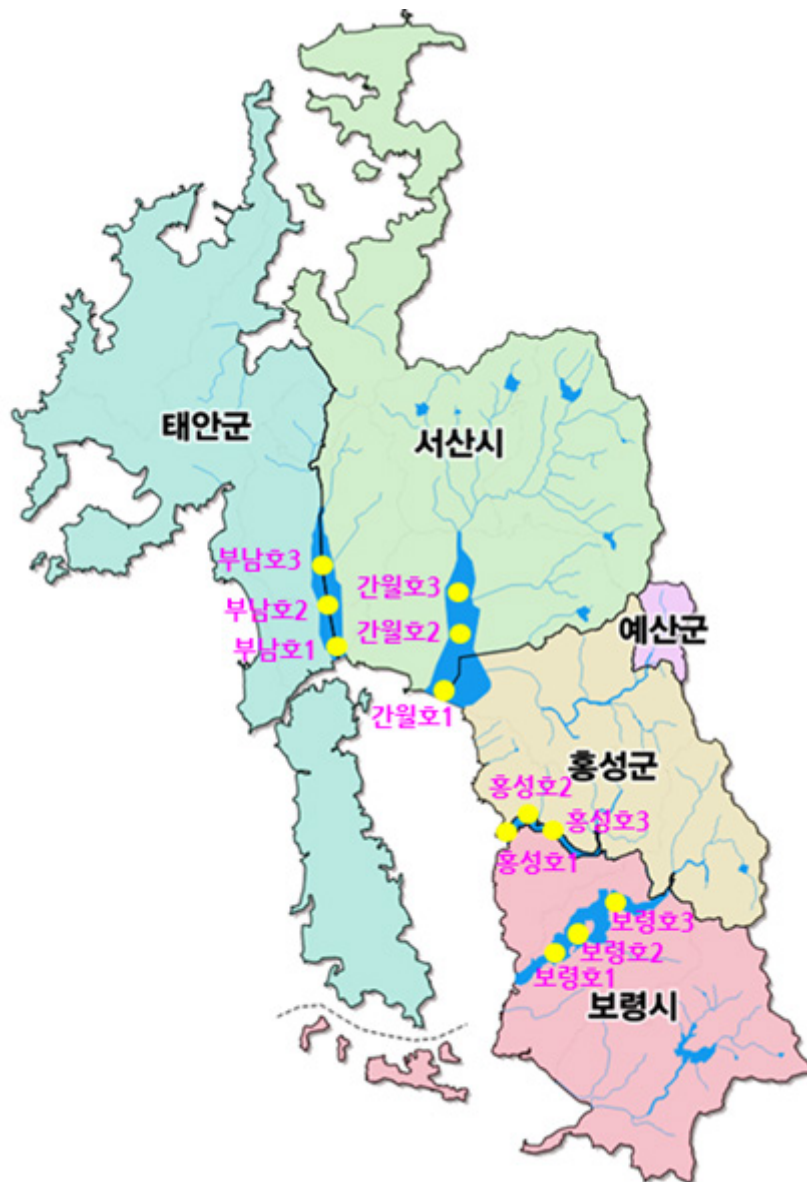


그림 22 호소 퇴적물 시료채취 현장사진



2.2.2 호소 하부 퇴적물 오염도 분석결과 및 평가

- 호소 하부에 퇴적물을 채취하여 함수율, 강열감량, COD, TOC, T-N, T-P, 중금속 11종 및 입도분포 등을 분석하였음

<표 19> 부남호 퇴적물 오염도 분석결과

지점	2017			2018		
	부남호1	부남호2	부남호3	부남호1	부남호2	부남호3
COD(%)	43.90	31.10	39.80	44.74	37.10	3.78
TOC(%)	4.83	2.02	2.79	2.49	2.48	0.69
T-P(mg/kg)	404.0	618.2	1131.2	960.5	1149.4	96.8
T-N(mg/kg)	3,700	3,300	800	5,100	2,900	4,300
강열감량(%)	11.36	7.16	13.47	12.91	17.33	7.54
함수율(%)	63.8	54.5	59.7	51.0	54.4	38.8
모래·자갈(%)	5.28	23.09	5.32	1.73	8.02	30.42
실트(%)	74.10	58.50	71.70	82.02	74.50	59.63
점토(%)	20.60	18.40	23.00	16.26	17.48	9.95
Cd(mg/kg)	0.49	0.32	0.33	0.44	0.49	0.32
Cr(mg/kg)	61.52	72.79	79.78	151.27	131.18	135.29
Cu(mg/kg)	27.67	25.50	27.45	63.39	54.94	49.75
Ni(mg/kg)	38.73	35.67	43.27	79.28	65.67	71.07
Pb(mg/kg)	24.66	32.21	43.63	50.39	46.57	41.32
Zn(mg/kg)	107.14	104.77	137.79	206.08	158.99	149.31
Fe(%)	2.58	2.81	3.99	3.64	3.22	3.58
Al(%)	4.20	3.84	5.41	4.06	4.43	5.29
As(mg/kg)	3.02	2.82	4.62	4.57	4.10	4.22
Hg(mg/kg)	36.86	24.96	37.42	35.90	32.00	17.20
As(mg/kg)	3.02	2.82	4.62	4.57	4.10	4.22

주) 2017년 퇴적물 오염도 자료는 2017년 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구결과를 인용

<표 20> 간월호 퇴적물 오염도 분석결과

지점	2017			2018		
	간월호1	간월호2	간월호3	간월호1	간월호2	간월호3
COD(%)	32.95	30.11	1.88	34.31	41.54	18.11
TOC(%)	2.54	1.84	0.11	2.36	2.07	0.19
T-P(mg/kg)	1516.62	1289.99	185.41	1348.44	666.73	338.33
T-N(mg/kg)	3,700	3,200	200	3,300	3,100	300
강열감량(%)	14.29	11.45	0.93	14.08	11.68	1.79
함수율(%)	64.08	59.55	18.91	58.55	59.48	17.68
모래·자갈(%)	0.79	1.23	96.94	2.39	1.04	97.83
실트(%)	71.64	68.13	2.48	85.01	86.73	1.78
점토(%)	27.63	30.64	0.58	12.60	12.23	0.40
Cd(mg/kg)	0.37	0.35	0.08	0.46	0.44	0.10
Cr(mg/kg)	83.45	84.67	9.54	139.00	136.37	19.91
Cu(mg/kg)	29.80	29.55	3.16	57.79	59.84	6.11
Ni(mg/kg)	45.23	43.86	3.56	70.47	66.81	5.62
Pb(mg/kg)	45.96	43.43	23.81	47.07	43.99	10.50
Zn(mg/kg)	155.99	156.04	23.25	207.07	197.71	21.18
Fe(%)	4.24	4.65	0.33	3.60	3.44	0.45
Al(%)	8.63	7.87	2.54	5.53	5.13	1.22
As(mg/kg)	4.69	5.06	0.61	5.00	4.20	1.21
Hg(mg/kg)	35.15	42.35	2.60	37.00	36.40	6.10
As(mg/kg)	4.69	5.06	0.61	5.00	4.20	1.21

주) 2017년 퇴적물 오염도 자료는 2017년 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구결과를 인용

<표 21> 홍성호 퇴적물 오염도 분석결과

지점	2017			2018		
	홍성호1	홍성호2	홍성호3	홍성호1	홍성호2	홍성호3
COD(%)	3.03	2.98	0.98	3.47	3.17	1.09
TOC(%)	1.39	1.40	0.38	1.41	1.53	0.56
T-P(mg/kg)	640	647	331	682	571	514
T-N(mg/kg)	2,000	2,100	600	1,800	3,700	800
강열감량(%)	9.34	8.51	3.17	9.86	7.07	5.29
함수율(%)	57.4	48.5	30.6	59.4	51.7	33.0
모래·자갈(%)	3.91	6.87	83.71	5.22	5.13	86.47
실트(%)	70.20	71.50	13.40	80.88	80.24	11.60
점토(%)	25.93	21.98	2.88	13.89	14.63	1.93
Cd(mg/kg)	0.37	0.35	0.10	0.57	0.45	0.15
Cr(mg/kg)	88.98	94.47	59.00	157.04	166.12	51.23
Cu(mg/kg)	35.82	41.37	15.34	74.58	79.84	24.39
Ni(mg/kg)	46.35	47.78	25.37	76.17	80.90	22.26
Pb(mg/kg)	34.86	33.91	28.54	31.08	31.79	17.46
Zn(mg/kg)	185.54	207.13	91.02	212.21	249.73	57.98
Fe(%)	3.77	4.15	1.57	3.29	3.62	1.34
Al(%)	6.52	7.20	4.69	3.91	4.71	1.67
As(mg/kg)	3.01	3.60	2.54	3.30	2.74	1.98
Hg(mg/kg)	26.20	25.71	4.75	52.70	55.80	13.70
As(mg/kg)	3.01	3.60	2.54	3.30	2.74	1.98

주) 2017년 퇴적물 오염도 자료는 2017년 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구결과를 인용

<표 22> 보령호 퇴적물 오염도 분석결과

지점	2017			2018		
	보령호1	보령호2	보령호3	보령호1	보령호2	보령호3
COD(%)	2.73	0.68	0.13	2.90	4.87	0.83
TOC(%)	1.11	0.37	0.08	1.43	1.17	0.79
T-P(mg/kg)	489	250	335	555	821	509
T-N(mg/kg)	1,600	400	100	3,600	1,500	1,000
강열감량(%)	8.57	2.42	1.33	10.85	12.18	3.12
함수율(%)	51.4	26.4	23.4	59.0	54.3	23.1
모래·자갈(%)	10.38	85.00	95.56	3.85	9.14	29.55
실트(%)	65.73	12.65	3.66	83.78	83.42	64.48
점토(%)	23.89	2.35	0.78	12.38	7.44	5.98
Cd(mg/kg)	0.35	0.06	0.07	0.48	0.39	0.21
Cr(mg/kg)	87.17	44.22	58.57	145.08	140.41	126.90
Cu(mg/kg)	31.66	7.68	7.48	63.36	63.88	39.19
Ni(mg/kg)	43.41	12.89	14.98	66.48	61.98	52.78
Pb(mg/kg)	30.89	18.94	21.99	36.26	29.99	31.50
Zn(mg/kg)	149.83	41.82	56.85	216.84	204.46	158.37
Fe(%)	3.97	0.59	1.86	3.08	2.71	2.50
Al(%)	6.79	4.11	3.32	3.80	3.78	3.48
As(mg/kg)	2.53	1.46	1.52	4.21	3.52	3.28
Hg(mg/kg)	46.34	6.37	5.54	32.60	25.60	18.80
As(mg/kg)	2.53	1.46	1.52	4.21	3.52	3.28

주) 2017년 퇴적물 오염도 자료는 2017년 서해안 연안환경측정망 모니터링 연구결과를 인용

- 간월호 및 부남호 내측 퇴적물의 오염도가 심각하고 명백한 오염수준(VI등급)을 기록
 - 호소 내 퇴적물 부영양화 기준(심각하고 명백한 오염)인 TN 5,600 mg/kg초과(VI등급), TP 1,600mg/kg초과(VI등급)에 육박하는 수준을 보임
- 호소 퇴적물 깊이별 오염도를 조사한 결과, 표층에 가까울수록 퇴적상이 세립해지고 유기물 농도 또한 증가하는 현상을 보였음
 - 간월호의 오염도가 가장 심한 것으로 나타났음

그림 23 호소 지점별 퇴적물 강열감량 농도분포

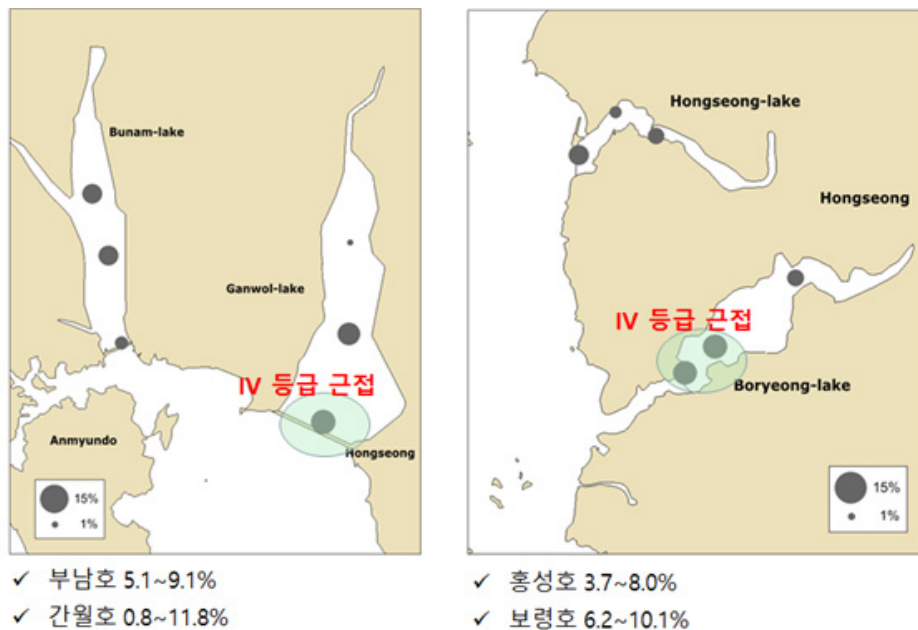
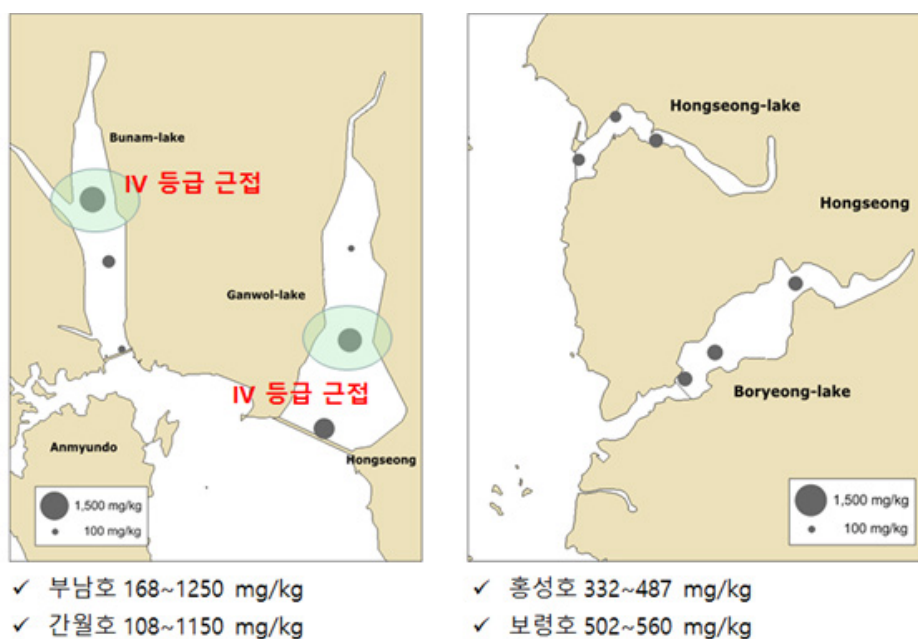


그림 24 호소 지점별 퇴적물 총인(T-P) 농도분포



2.3 하천 수질조사 및 분석

2.3.1 하천 수질조사

- 천수만유역의 4개 호소로 유입되는 하천 12개 지점의 수질변화를 분석하기 위하여 환경부 물환경측정망 및 충청남도 수질측정망 자료를 활용하여 수질변화를 분석

- 부남호 : 장검천, 태안천, 홍인천 등 3개소
- 간월호 : 도당천, 둔당천, 신장천, 와룡천, 청지천, 해미천 등 6개소
- 홍성호 : 금리천 1개소
- 보령호 : 광천천, 상지천 등 2개소

<표 23> 하천 수질측정망 및 조사지점 현황

구 분	하천명	측정위치	비 고
부남호	장검천	충청남도 소산시 부석면 취평리(장검교)	환경부
	태안천	충청남도 태안군 태안읍 평천리	환경부
	홍인천	충청남도 태안군 태안읍 반곡리(태안천 합류후)	충청남도
간월호	도당천	충청남도 서산시 덕지천동(대교)	환경부
	둔당천	충청남도 서산시 인지면 둔당리(둔당교)	환경부
	신장천	충청남도 서산시 해미면 귀밀리(덕지천교)	충청남도
	와룡천	충청남도 홍성군 갈산면 행산리(행산교)	환경부
	청지천	충청남도 서산시 수석동(청지천교)	환경부
	해미천	충청남도 서산시 해미면 응평리(응평교)	충청남도
홍성호	금리천	충청남도 홍성군 은하면 목현리(금리천교)	충청남도
보령호	광천천	충청남도 홍성군 광천읍 소암리(소암교)	환경부
	상지천	충청남도 홍성군 광천읍 광천리(상정교)	충청남도

자료 : 환경부, 물환경측정망 설치·운영계획, 2018.

환경부, 물환경정보시스템, 2018, 충청남도, 충청남도 물통합관리정보시스템, 2018.

그림 25 하천 수질 조사지점



2.3.2 하천 수질분석 결과 및 평가

- 하천 수질변화 분석을 위해 환경부 물환경측정망 및 충청남도 수질측정망 자료를 활용하여 BOD, COD, TOC, SS, T-N, T-P 등의 수질농도 변화를 분석하였음
 - 부남호 유역의 홍인천과 태안천은 유기물(BOD, COD, TOC) 및 영양염류(T-N, T-P) 항목 모두 수질농도가 높은 수준을 보였음
 - 간월호 유역의 청지천과 신장천은 유기물과 영양염류 항목 모두 수질농도가 높은 것으로 나타났음
 - 홍성호 유역의 금리천은 유기물과 영양염류 항목 모두 수질농도가 높은 것으로 나타났음
 - 보령호 유역의 광천천은 BOD, COD, T-P, 상지천은 COD 및 T-P농도가 높은 수준을 보였음

<표 24> 부남호 유입 지류하천 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)

하천명		연도	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
부남호	장검천	2015	4.4	9.0	4.8	11.6	6.341	0.264
		2016	4.0	9.0	4.1	8.5	6.226	0.202
		2017	3.1	6.4	6.1	18.6	5.169	0.132
		2018	3.6	7.8	4.7	18.0	9.604	0.161
		평균	3.8	8.0	4.9	14.2	6.788	0.190
	태안천	2015	2.1	8.1	4.8	5.7	3.814	0.136
		2016	2.2	6.2	3.6	6.8	5.285	0.181
		2017	3.5	6.6	6.6	9.0	4.431	0.228
		2018	4.8	7.8	5.0	13.7	8.848	0.509
		평균	3.1	7.2	5.0	8.8	5.530	0.260
	흥인천	2015	5.4	14.4	N.M.*	9.9	5.663	0.560
		2016	6.9	10.6	N.M.*	9.4	5.601	0.240
		2017	7.8	14.6	9.9	25.7	7.077	0.335
		2018	5.3	9.9	5.3	40.0	7.801	0.316
		평균	6.4	12.5	7.5	21.1	6.528	0.366

자료 : 환경부, 물환경정보시스템, 2018, 충청남도, 충청남도 물통합관리정보시스템, 2018.

* N.M. : Not Measured

<표 25> 간월호 유입 지류하천 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)

하천명		연도	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
간월호	도당천	2015	2.0	5.7	3.3	8.9	2.142	0.044
		2016	3.0	5.9	3.1	3.1	2.836	0.059
		2017	1.9	5.0	6.7	5.7	1.794	0.036
		2018	1.6	5.1	3.4	7.4	3.576	0.050
		평균	2.1	5.4	4.2	6.3	2.560	0.047
	둔당천	2015	2.3	6.3	3.5	5.8	3.122	0.084
		2016	2.2	5.8	3.1	6.9	3.943	0.062
		2017	3.5	5.9	6.1	11.0	3.215	0.059
		2018	4.2	9.4	4.6	15.7	5.794	0.280
		평균	3.1	6.8	4.3	9.8	3.982	0.119
	신장천	2015	2.3	8.0	N.M.*	9.8	5.251	0.133
		2016	2.4	6.5	N.M.*	8.0	5.136	0.099
		2017	2.9	7.4	7.1	13.9	5.447	0.129
		2018	2.6	7.1	4.1	21.1	7.210	0.138
		평균	2.6	7.3	5.5	13.2	5.743	0.125
	와룡천	2015	1.8	5.6	2.7	5.4	2.459	0.054
		2016	1.9	4.6	3.1	5.0	2.739	0.054
		2017	1.9	3.8	5.9	7.8	1.852	0.041
		2018	1.6	5.5	3.1	7.3	3.572	0.049
		평균	1.8	4.9	3.7	6.4	2.634	0.049
	청지천	2015	4.3	11.9	5.1	15.8	3.271	0.145
		2016	4.3	9.9	4.8	7.1	3.445	0.107
		2017	4.9	9.9	7.0	12.2	2.675	0.100
		2018	4.5	9.5	5.3	13.5	4.175	0.115
		평균	4.5	10.3	5.6	12.2	3.374	0.117
	해미천	2015	1.6	4.7	N.M.*	2.8	2.938	0.040
		2016	1.4	3.7	N.M.*	1.6	3.202	0.066
		2017	1.5	3.6	3.7	3.8	3.902	0.040
		2018	1.1	4.0	2.3	2.6	4.606	0.032
		평균	1.4	4.0	3.0	2.7	3.651	0.044

자료 : 환경부, 물환경정보시스템, 2018, 충청남도, 충청남도 물통합관리정보시스템, 2018.

* N.M. : Not Measured

<표 26> 홍성호 유입 지류하천 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)

하천명	연도	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
홍성호	금리천	2015	3.9	14.9	N.M.*	17.8	7.033
		2016	6.9	10.9	N.M.*	11.2	8.487
		2017	4.7	13.4	10.9	8.6	7.630
		2018	4.7	11.3	7.5	20.3	7.721
		평균	5.0	12.9	9.6	13.8	7.679

자료 : 환경부, 물환경정보시스템, 2018, 충청남도, 충청남도 물통합관리정보시스템, 2018.

* N.M. : Not Measured

<표 27> 보령호 유입 지류하천 수질분석 결과(2015~2018, 연평균)

하천명	연도	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
보령호	광천천	2015	5.9	14.9	6.4	9.2	5.459
		2016	5.0	15.8	8.1	8.8	9.677
		2017	6.1	14.1	10.2	9.7	8.893
		2018	5.9	16.2	8.8	12.5	16.977
		평균	5.7	15.2	8.4	10.0	10.118
	상지천	2015	3.2	8.6	N.M.*	6.0	2.509
		2016	3.0	9.2	N.M.*	4.8	3.848
		2017	3.6	10.2	11.5	7.8	3.467
		2018	3.8	8.7	4.9	16.4	3.738
		평균	3.4	9.2	8.0	8.6	3.355

자료 : 환경부, 물환경정보시스템, 2018, 충청남도, 충청남도 물통합관리정보시스템, 2018.

* N.M. : Not Measured

PART
03

제3장.
**오염원 및
배출특성 분석**

1. 오염원
2. 오염원 조사결과
3. 오염부하량 산정
4. 오염부하밀도



PART
03

제3장 | 오염원 및 배출특성 분석

1. 오염원

1.1 조사항목

- 천수만 유역의 오염원을 파악하기 위하여 유역의 인구, 축산, 산업시설, 양식시설, 토지이용, 매립지 등의 오염원 현황을 조사항목으로 설정

1.2 오염원 구분

- 유역 내 수질오염물질을 배출하는 오염원은 그 배출형태에 따라 점오염원과 비점오염원으로 분류
- 점오염원은 인구에 의한 도시하수, 축산폐수, 각종 산업시설 등을 포함하며, 비점오염원은 논, 밭, 과수원, 임야, 대지 등 토지이용에 대한 오염물질 배출원이 포함
- 수질에 영향을 미치는 유역의 오염원을 국립환경과학원의 오염원 조사자료(전국오염원조사, 2017, 국립환경과학원)를 이용하여 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계의 오염원 종류에 따라 분류·조사

1.3 조사방법

- 천수만 유역은 충청남도 보령시, 서산시, 예산군, 태안군, 홍성군 행정구역의 일부로 구성되어 있으며, 오염원 조사를 위하여 소유역으로 구분하여 조사를 실시
- 하천의 수질에 영향을 미치는 유역의 오염원을 해당 자치단체의 가장 최신자료인 2017년 전국 오염원 조사자료(2016년 기준) 및 행정구역별 면적 편입률 자료를 참조하여 오염원의 종류에 따라 조사

그림 26 천수만 유역 및 소유역 구분



2. 오염원 조사결과

2.1 인구현황

- 전국오염원조사 자료를 바탕으로 유역 내의 인구를 하수처리인구와 하수미처리인구로 구분하였음
- 유역의 총 인구는 326,749명으로 전체의 72.2%가 하수처리인구이고, 이 가운데 70.2%가 합류식 처리인구인 것으로 조사되었음
- 전체 유역의 인구 가운데 서산시 천수만38 유역의 인구가 83,018명으로 전체의 25.4%를 차지하였음

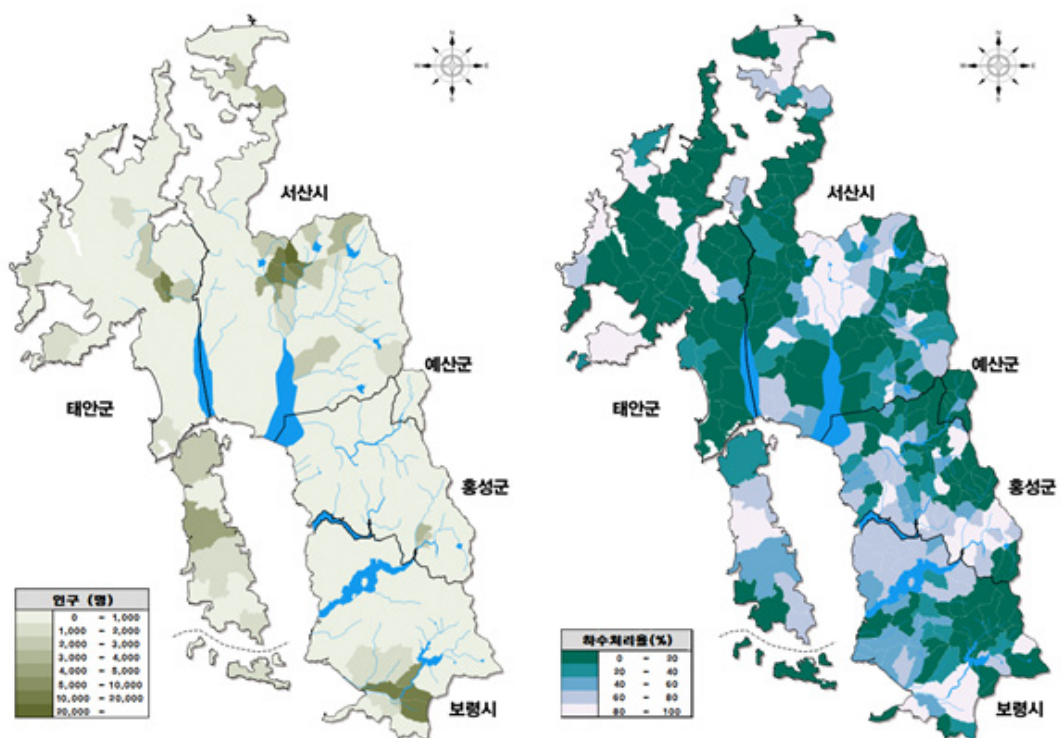
<표 28> 자치단체 및 소유역별 인구현황

시군구	소유역	하수처리		하수미처리			합계(인)
		분류식	합류식	오수	정화조	수거식	
보령시	천수만1	2,934	5,813	203	1,189	497	10,636
	천수만2	8,958	24,741	62	1,014	0	34,775
	천수만3	1,187	0	55	952	743	2,937
	천수만4	2,937	10,337	311	4,739	749	19,073
	천수만5	11	6	0	184	540	741
	천수만6	1,177	0	277	827	509	2,790
	천수만7	0	0	5	175	494	674
	천수만8	2,271	0	72	1,800	863	5,006
	천수만9	516	0	12	163	13	704
	천수만11	0	0	32	16	320	368
	천수만13	461	0	1	155	10	627
	천수만15	1,301	0	21	613	35	1,970
	천수만17	220	0	24	123	1,067	1,434
	합계	21,973	40,897	1,075	11,950	5,840	81,735
서산시	천수만22	105	79	24	50	0	258
	천수만23	684	862	235	2,086	3,753	7,620
	천수만25	308	142	116	365	704	1,635
	천수만27	0	552	223	502	178	1,455
	천수만28	89	1,572	82	1,089	371	3,203
	천수만29	0	12	33	527	522	1,094
	천수만31	0	16,387	167	524	109	17,187

시군구	소유역	하수처리		하수미처리			합계(인)
		분류식	합류식	오수	정화조	수거식	
서산시	천수만32	74	269	230	756	1,311	2,640
	천수만34	0	328	108	355	425	1,216
	천수만35	0	23	75	165	191	454
	천수만36	0	2,860	312	829	543	4,544
	천수만37	1,897	3,627	276	1,991	819	8,610
	천수만38	3,127	77,011	320	2,121	439	83,018
	천수만40	2,362	0	135	837	706	4,040
	천수만41	0	332	157	329	145	963
	천수만43	0	2	94	505	330	931
	천수만45	0	1	37	819	332	1,189
	천수만46	0	340	82	187	136	745
	천수만48	0	10	30	505	306	851
	천수만49	0	0	29	104	0	133
	천수만50	4,536	0	117	494	27	5,174
	천수만52	2,495	0	31	84	0	2,610
	천수만53	579	6	400	217	0	1,202
	합계	16,256	104,415	3,313	15,441	11,347	150,772
예산군	천수만21	89	0	543	649	168	1,449
	합계	89	0	543	649	168	1,449
태안군	천수만11	2,577	213	2,182	348	0	5,320
	천수만17	4,120	184	2,131	395	0	6,830
	천수만22	0	0	637	70	0	707
	천수만24	2,371	0	3,061	777	190	6,399
	천수만26	198	0	2,979	613	113	3,903
	천수만30	8,673	10,732	2,042	1,133	277	22,857
	천수만33	676	0	1,629	527	6	2,838
	천수만35	96	775	1,412	727	0	3,010
	천수만39	0	0	382	280	131	793
	천수만41	0	0	260	246	97	603
	천수만42	0	0	263	147	125	535
	천수만44	791	0	280	86	3	1,160
	천수만47	1,022	0	451	146	33	1,652
	천수만49	3,233	0	1,875	903	393	6,404
	천수만51	189	0	1,146	586	151	2,072
	합계	23,946	11,904	20,730	6,984	1,519	65,083

시군구	소유역	하수처리		하수미처리			합계(인)
		분류식	합류식	오수	정화조	수거식	
홍성군	천수만9	190	4,965	115	323	0	5,593
	천수만10	703	837	443	276	0	2,259
	천수만12	560	0	101	131	4	796
	천수만13	843	0	185	275	11	1,314
	천수만14	639	2,605	1,130	619	320	5,313
	천수만15	49	0	64	111	23	247
	천수만16	909	0	398	638	181	2,126
	천수만18	1,532	0	606	971	75	3,184
	천수만19	905	0	320	415	10	1,650
	천수만20	910	0	635	685	229	2,459
	천수만21	299	0	237	273	284	1,093
	천수만23	572	0	653	370	82	1,677
	합계	8,111	8,407	4,887	5,087	1,218	27,710
총합계		70,375	165,623	30,548	40,111	20,092	326,749

그림 27 인구 및 하수처리율 현황



2.2 축산현황

- 전국오염원조사 자료를 바탕으로 유역 내의 젖소, 한우, 말, 돼지, 양·사슴, 개, 가금으로 구분하였음
- 축산 사육두수는 7,116,852마리로 전체의 86.1%가 가금인 것으로 조사되었음
- 보령시 천수만15 유역의 돼지 사육두수가 199,860리로 전체 돼지 사육두수의 23.5%를 차지하였음

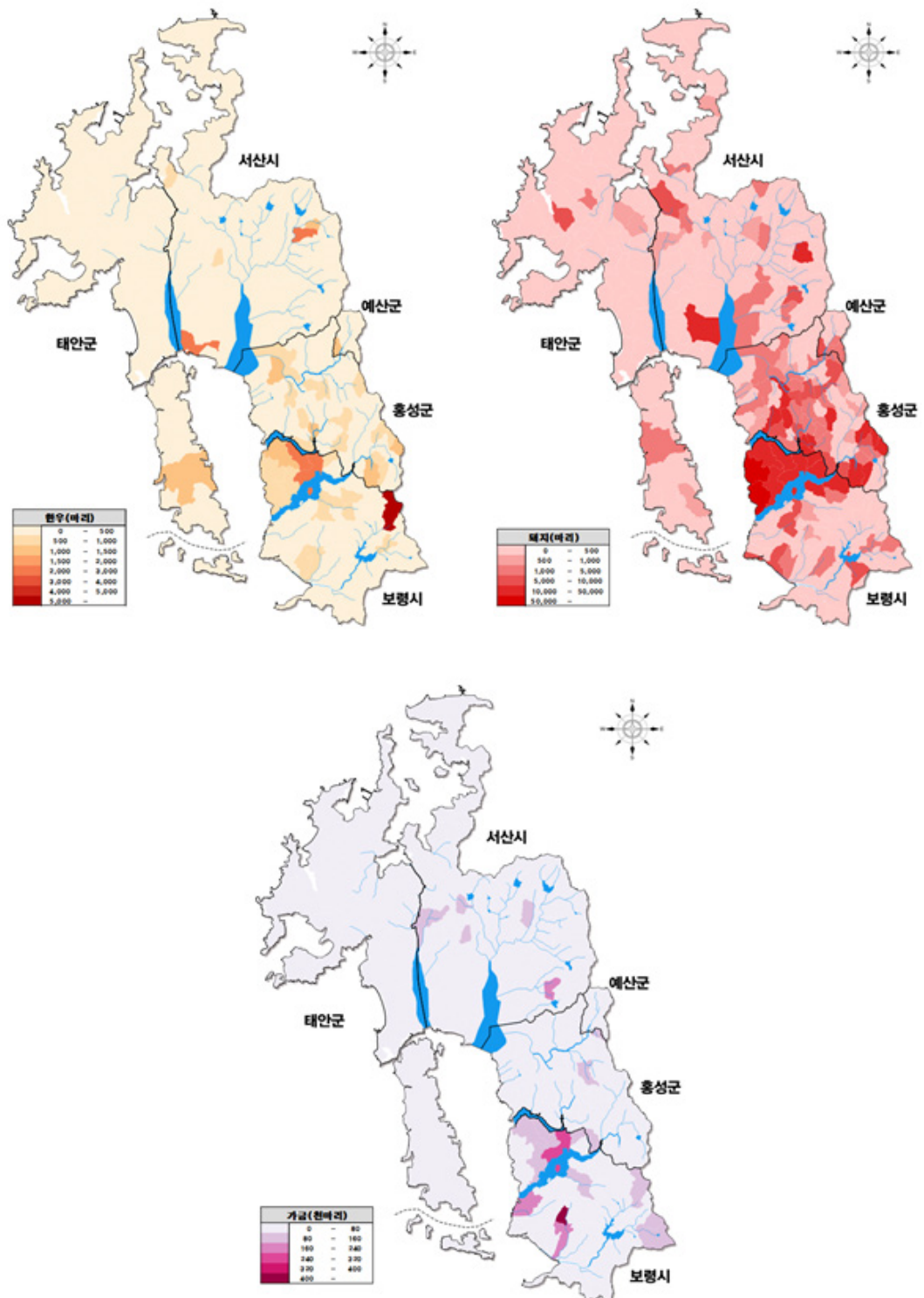
<표 29> 자치단체 및 소유역별 축산현황

시군구	소유역	젖소	한우	말	돼지	양	사슴	개	가금
보령시	천수만1	0	339	0	0	0	0	0	0
	천수만2	0	145	0	0	0	0	0	71,653
	천수만3	35	1,095	0	10,655	345	0	0	346,000
	천수만4	587	2,412	0	6,327	74	4	0	752,837
	천수만5	0	356	0	0	9	6	0	147,900
	천수만6	249	1,136	0	17,626	0	0	0	180,920
	천수만7	0	40,665	0	0	6	0	0	169,000
	천수만8	2,364	6,066	0	71,186	120	138	0	789,491
	천수만9	204	670	0	40,311	0	0	0	74,410
	천수만11	0	0	0	0	0	0	0	0
	천수만13	2,233	3,222	0	60,958	88	0	0	224,425
	천수만15	1,397	3,277	0	199,860	809	0	0	190,260
	천수만17	0	0	0	0	0	0	0	0
	합계	7,069	59,383	0	406,923	1,451	148	0	2,946,896
서산시	천수만22	8	798	0	0	0	0	0	11,310
	천수만23	830	3,218	8	13,088	0	0	0	341,000
	천수만25	140	2,033	0	12,500	0	0	0	68,690
	천수만27	0	112	0	0	0	0	0	51,254
	천수만28	0	1,270	0	500	0	0	0	86,873
	천수만29	54	983	0	11,750	0	0	0	41,812
	천수만31	298	1,530	0	676	0	0	0	92,000
	천수만32	51	884	6	692	0	0	0	204,585

시군구	소유역	젖소	한우	말	돼지	양	사슴	개	가금
서산시	천수만34	0	3,590	0	308	0	0	0	55,315
	천수만35	24	87	5	208	0	0	0	54,062
	천수만36	318	815	0	2,771	0	0	0	220,500
	천수만37	115	1,407	0	4,275	0	0	0	202,540
	천수만38	213	981	0	2,708	0	0	0	83,334
	천수만40	58	842	0	220	0	0	0	9,246
	천수만41	168	253	1	5,394	0	0	0	4,680
	천수만43	0	278	0	1,150	0	0	0	21,570
	천수만45	104	633	19	450	0	0	0	53,430
	천수만46	0	930	0	0	0	0	0	0
	천수만48	9	578	0	181	0	0	0	13,965
	천수만49	0	0	0	0	0	0	0	0
	천수만50	103	382	0	657	0	0	0	51,330
	천수만52	128	46	0	0	0	0	0	0
	천수만53	12	594	0	0	0	0	0	0
	합계	2,633	22,244	39	57,528	0	0	0	1,667,496
예산군	천수만21	0	1,477	0	16,343	90	0	0	54,486
	합계	0	1,477	0	16,343	90	0	0	54,486
태안군	천수만11	155	693	0	1,672	0	0	0	26,884
	천수만17	145	652	15	2,396	0	0	0	25,116
	천수만22	0	0	0	0	0	0	0	0
	천수만24	207	413	0	0	0	0	0	40,000
	천수만26	0	122	0	0	0	0	0	0
	천수만30	80	64	0	0	0	0	0	0
	천수만33	0	0	0	0	134	0	0	0
	천수만35	198	116	0	1,105	0	0	0	12,000
	천수만39	50	158	0	8,140	296	0	0	0
	천수만41	368	652	0	134	0	0	0	0
	천수만42	0	115	0	56	0	0	0	3,625
	천수만44	0	0	0	0	71	0	0	0
	천수만47	218	0	0	244	0	0	0	15,655
	천수만49	154	876	0	2,482	0	0	296	20,000

시군구	소유역	젖소	한우	말	돼지	양	사슴	개	가금
태안군	천수만51	72	211	0	0	0	0	124	0
	합계	1,647	4,072	15	16,229	501	0	420	143,280
홍성군	천수만9	141	2,237	0	27,213	0	53	457	122,670
	천수만10	95	4,647	0	91,681	0	0	611	32,749
	천수만12	47	1,199	0	54,223	0	0	641	44,898
	천수만13	318	1,444	0	57,424	0	0	555	109,326
	천수만14	203	1,964	0	1,740	0	60	0	18,450
	천수만15	19	69	0	2,135	0	0	0	29,989
	천수만16	310	4,285	0	47,030	613	0	0	166,725
	천수만18	58	4,187	0	31,559	0	0	1,079	172,783
	천수만19	44	1,016	2	5,939	0	0	0	56,800
	천수만20	304	2,574	0	20,714	0	26	860	300,453
	천수만21	26	1,106	0	7,685	0	0	469	182,047
	천수만23	85	2,664	20	7,389	0	0	0	80,372
	합계	1,650	27,392	22	354,732	613	139	4,672	1,317,262
총합계		12,999	114,568	76	851,755	2,655	287	5,092	6,129,420

그림 28 축종별 분포현황



2.3 산업현황

- 전국오염원조사 자료를 바탕으로 유역 내의 폐수 배출 처리형태에 따라 폐수처리, 직접방류, 위탁처리로 구분하여 구분하였음
- 산업폐수 배출량은 총 52,179.7m³/일로 전체의 96.8%가 개별처리되어 직접 방류되는 것으로 조사되었음
- 총 산업폐수 발생량 가운데 보령시 천수만17 유역의 산업폐수 방류량이 7,244.8m³/일로 전체의 13.9%를 차지하였음

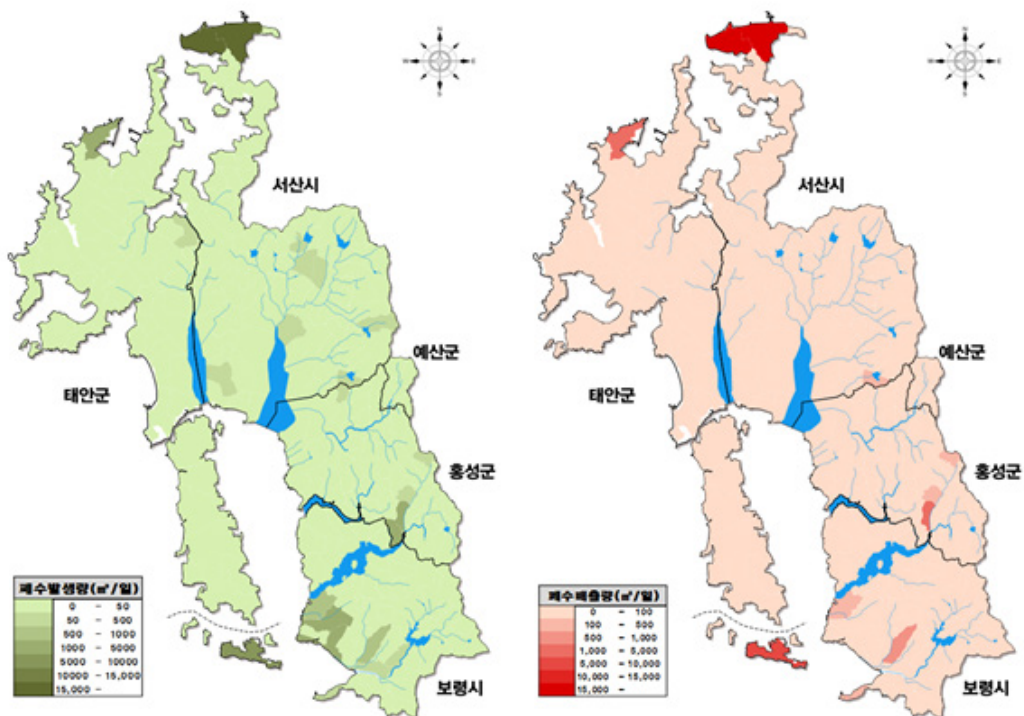
<표 30> 자치단체 및 소유역별 산업현황

시군구	소유역	폐수방류량(m ³ /일)			합계
		종말	직접방류	위탁	
보령시	천수만1	0.0	59.7	0.0	59.7
	천수만2	0.7	135.9	0.0	136.6
	천수만3	0.0	24.0	0.0	24.0
	천수만4	526.4	431.0	0.0	957.4
	천수만5	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만6	0.0	514.3	0.0	514.3
	천수만7	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만8	0.0	44.3	0.0	44.3
	천수만9	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만11	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만13	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만15	0.0	23.5	0.0	23.5
	천수만17	0.0	7,244.8	0.0	7,244.8
	합계	527.1	8,477.5	0.0	9,004.6
서산시	천수만22	0.0	19.7	0.0	19.7
	천수만23	0.0	392.2	0.0	392.2
	천수만25	0.0	31.4	0.0	31.4
	천수만27	0.0	1.1	0.0	1.1
	천수만28	0.0	6.3	0.0	6.3
	천수만29	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만31	0.0	39.2	0.0	39.2
	천수만32	0.0	30.0	0.0	30.0
	천수만34	0.0	0.0	0.0	0.0

시군구	소유역	폐수방류량(m ³ /일)			합계
		종말	직접방류	위탁	
서산시	천수만35	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만36	0.0	18.7	0.0	18.7
	천수만37	12.0	25.1	0.0	37.1
	천수만38	53.3	188.5	0.0	241.8
	천수만40	0.0	4.2	0.0	4.2
	천수만41	0.0	37.0	0.0	37.0
	천수만43	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만45	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만46	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만48	0.0	0.6	0.0	0.6
	천수만49	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만50	0.0	17.1	0.0	17.1
	천수만52	0.0	5.9	0.0	5.9
	천수만53	1,021.3	36,533.2	0.0	37,554.5
	합계	1,086.6	37,350.2	0.0	38,436.8
예산군	천수만21	0.0	0.0	0.0	0.0
	합계	0.0	0.0	0.0	0.0
태안군	천수만11	0.0	20.8	0.0	20.8
	천수만17	0.0	28.1	0.0	28.1
	천수만22	0.0	0.6	0.0	0.6
	천수만24	0.0	9.3	0.0	9.3
	천수만26	0.0	17.4	0.0	17.4
	천수만30	33.9	39.1	0.0	73.0
	천수만33	0.0	0.7	0.0	0.7
	천수만35	0.0	14.8	0.0	14.8
	천수만39	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만41	0.0	0.3	0.0	0.3
	천수만42	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만44	0.0	0.1	0.0	0.1
	천수만47	0.0	613.2	0.0	613.2
	천수만49	0.0	8.7	0.0	8.7
	천수만51	0.0	2,223.6	0.0	2,223.6
	합계	33.9	2,976.7	0.0	3,010.6

시군구	소유역	폐수방류량(m ³ /일)			합계
		종말	직접방류	위탁	
홍성군	천수만9	0.0	330.6	0.0	330.6
	천수만10	0.0	35.6	0.0	35.6
	천수만12	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만13	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만14	46.0	1,290.0	0.0	1,336.0
	천수만15	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만16	0.0	10.2	0.0	10.2
	천수만18	0.0	2.6	0.0	2.6
	천수만19	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만20	0.0	8.2	0.0	8.2
	천수만21	0.0	1.0	0.0	1.0
	천수만23	0.0	3.5	0.0	3.5
	합계	46.0	1,681.7	0.0	1,727.7
총합계		1,693.6	50,486.1	0.0	52,179.7

그림 29 산업폐수 발생량 및 배출량 현황



2.4 토지이용 현황

- 전국오염원조사 자료를 바탕으로 유역 내의 토지이용 형태에 따라 전, 답, 임야, 대지, 기타로 구분하여 구분하였음
- 천수만 유역의 토지면적은 총 1,669.66km²로, 대지 면적이 약 8.1%를 차지하는 것으로 조사되었음
- 총 토지면적 중 서산시 천수만23 유역의 토지면적이 77.69km²로 가장 큰 것으로 나타났음

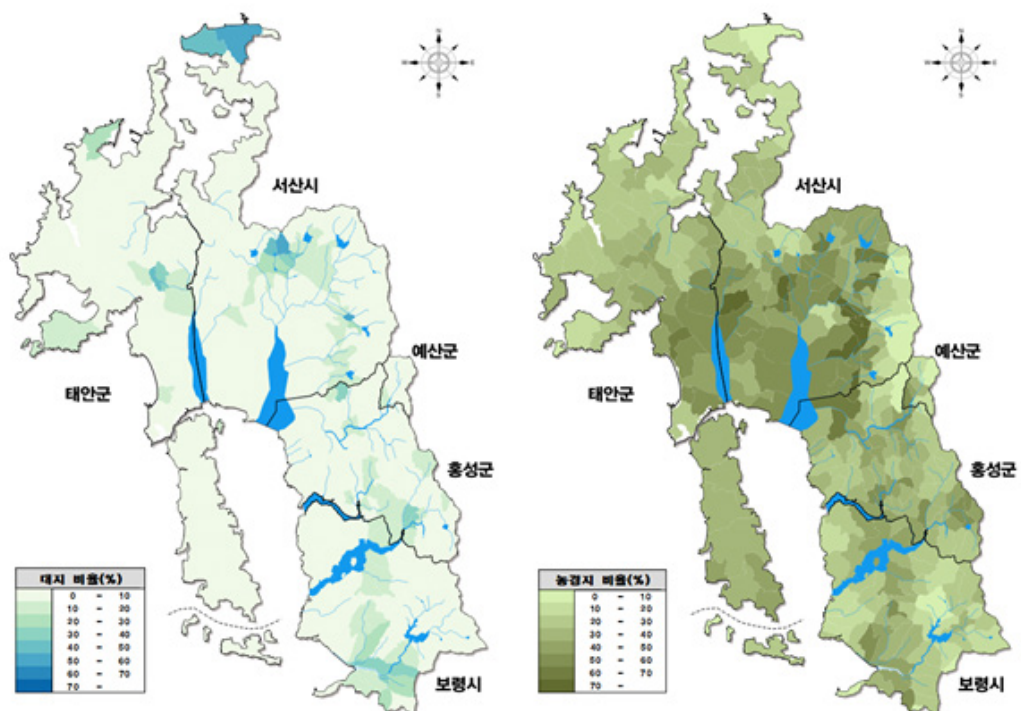
<표 31> 자치단체 및 소유역별 토지이용면적 현황

시군구	소유역	토지이용면적(km ²)					합계
		전	답	임야	대지	기타	
보령시	천수만1	1.45	3.41	5.53	2.47	0.91	13.77
	천수만2	1.31	3.36	7.09	3.87	1.41	17.04
	천수만3	2.11	4.44	23.32	1.85	3.08	34.80
	천수만4	5.13	14.03	17.47	7.60	4.60	48.83
	천수만5	1.02	1.95	17.38	0.74	1.95	23.04
	천수만6	2.64	4.64	21.72	1.83	6.44	37.27
	천수만7	0.71	2.59	8.63	0.71	0.78	13.42
	천수만8	7.46	13.91	34.19	5.33	5.36	66.25
	천수만9	1.17	1.80	4.31	0.84	0.83	8.95
	천수만11	0.16	0.19	1.29	0.06	0.12	1.82
	천수만13	1.67	2.76	4.58	0.63	1.25	10.89
	천수만15	2.93	4.51	19.28	1.29	2.59	30.60
	천수만17	1.17	1.38	5.57	0.47	0.50	9.09
	합계	28.93	58.97	170.36	27.69	29.82	315.77
서산시	천수만22	0.27	2.41	1.77	0.39	2.01	6.85
	천수만23	7.38	32.27	15.37	4.37	18.30	77.69
	천수만25	3.20	29.11	10.82	2.17	16.35	61.65
	천수만27	2.11	3.56	4.49	0.85	1.16	12.17
	천수만28	1.85	4.38	12.52	1.81	2.39	22.95
	천수만29	1.33	3.13	9.13	0.99	1.08	15.66
	천수만31	4.47	12.53	6.46	2.65	6.60	32.71
	천수만32	6.31	19.24	11.80	2.11	6.85	46.31

시군구	소유역	토지이용면적(km ²)					합계
		전	답	임야	대지	기타	
서산시	천수만34	1.62	5.45	10.17	0.99	2.44	20.67
	천수만35	1.09	1.24	2.04	0.31	0.36	5.04
	천수만36	3.03	3.11	11.66	1.69	1.71	21.20
	천수만37	5.12	11.20	17.48	3.76	7.55	45.11
	천수만38	8.17	12.16	10.36	8.37	5.19	44.25
	천수만40	4.09	4.17	6.61	1.68	2.09	18.64
	천수만41	1.39	2.11	7.49	0.76	0.96	12.71
	천수만43	2.75	1.79	11.31	0.75	0.61	17.21
	천수만45	2.60	3.94	9.60	0.85	1.87	18.86
	천수만46	1.34	1.35	6.06	0.50	0.46	9.71
	천수만48	1.17	2.58	5.90	0.61	1.34	11.60
	천수만49	0.12	0.05	0.67	0.04	0.13	1.01
	천수만50	2.00	3.55	10.64	1.38	2.01	19.58
	천수만52	1.04	1.79	7.31	0.57	2.23	12.94
	천수만53	1.17	1.79	7.26	12.34	3.57	26.13
	합계	63.62	162.91	196.92	49.94	87.26	560.65
예산군	천수만21	1.51	2.96	11.88	1.35	1.18	18.88
	합계	1.51	2.96	11.88	1.35	1.18	18.88
태안군	천수만11	7.99	11.06	23.87	2.78	9.04	54.74
	천수만17	10.63	14.15	27.31	3.65	10.03	65.77
	천수만22	1.97	7.98	4.53	0.95	4.48	19.91
	천수만24	6.47	9.26	25.22	4.98	6.84	52.77
	천수만26	6.60	7.93	12.37	3.16	5.13	35.19
	천수만30	8.62	20.76	11.26	6.19	8.28	55.11
	천수만33	2.84	4.93	16.19	1.46	4.00	29.42
	천수만35	3.59	3.60	6.42	1.38	1.45	16.44
	천수만39	1.65	3.42	10.61	0.83	1.53	18.04
	천수만41	1.49	2.82	5.52	0.57	1.43	11.83
	천수만42	1.20	2.55	8.02	0.54	1.45	13.76
	천수만44	0.91	2.31	9.94	0.89	1.47	15.52
	천수만47	1.71	4.03	14.61	1.82	3.36	25.53
	천수만49	7.43	10.20	37.88	3.47	4.41	63.39

시군구	소유역	토지이용면적(km ²)					합계
		전	답	임야	대지	기타	
태안군	천수만51	2.29	8.57	18.08	3.24	5.35	37.53
	합계	65.39	113.57	231.83	35.91	68.25	514.95
홍성군	천수만9	2.79	3.25	8.48	2.12	1.58	18.22
	천수만10	4.12	6.28	12.53	1.78	2.31	27.02
	천수만12	1.54	1.68	4.30	0.91	0.82	9.25
	천수만13	2.72	2.95	7.36	1.22	1.84	16.09
	천수만14	3.36	4.55	13.01	2.52	1.56	25.00
	천수만15	0.47	0.82	3.65	0.35	0.45	5.74
	천수만16	4.63	5.61	11.52	2.42	1.88	26.06
	천수만18	3.87	7.73	18.82	2.89	2.83	36.14
	천수만19	2.16	3.41	10.70	1.10	1.65	19.02
	천수만20	3.76	4.33	12.19	1.98	1.78	24.04
	천수만21	1.13	3.06	9.94	0.90	1.47	16.50
	천수만23	2.95	14.80	6.92	2.63	9.03	36.33
	합계	33.50	58.47	119.42	20.82	27.20	259.41
총합계		192.95	396.88	730.41	135.71	213.71	1,669.66

그림 30 대지 및 농경지 현황



2.5 양식시설 현황

- 전국오염원조사 자료를 바탕으로 유역 내의 양식 형태에 따라 가두리, 유수식, 도전양식, 지수식으로 구분하여 구분하였음
- 천수만 유역의 양식시설 면적은 총 22,025㎡로, 지수식이 약 89.9%를 차지하는 것으로 조사되었음
- 총 양식시설 면적 중 홍성군의 천수만14 유역에 9,893㎡로 전체의 44.9%를 차지하였음

<표 32> 자치단체 및 소유역별 양식시설 현황

시군구	소유역	시설면적(㎡)				합계
		가두리	유수식	도전양식	지수식	
보령시	천수만1	0	0	0	0	0
	천수만2	0	0	0	0	0
	천수만3	0	0	0	0	0
	천수만4	0	0	0	0	0
	천수만5	0	0	0	0	0
	천수만6	0	0	0	0	0
	천수만7	0	0	0	0	0
	천수만8	0	0	0	0	0
	천수만9	0	0	0	0	0
	천수만11	0	0	0	0	0
	천수만13	0	0	0	0	0
	천수만15	0	0	0	0	0
	천수만17	0	0	0	0	0
	합계	0	0	0	0	0
서산시	천수만22	0	0	0	0	0
	천수만23	0	0	0	712	712
	천수만25	0	0	0	0	0
	천수만27	0	0	0	0	0
	천수만28	0	0	0	0	0
	천수만29	0	0	0	0	0
	천수만31	0	0	0	0	0
	천수만32	0	0	0	0	0
	천수만34	0	0	0	0	0

시군구	소유역	시설면적(m ²)				합계
		가두리	유수식	도전양식	지수식	
서산시	천수만35	0	0	0	0	0
	천수만36	0	0	0	0	0
	천수만37	0	0	0	0	0
	천수만38	0	0	0	0	0
	천수만40	0	0	0	0	0
	천수만41	0	0	0	0	0
	천수만43	0	0	0	0	0
	천수만45	0	0	0	0	0
	천수만46	0	0	0	0	0
	천수만48	0	0	0	116	116
	천수만49	0	0	0	0	0
	천수만50	0	0	0	277	277
	천수만52	0	0	0	0	0
	천수만53	0	0	0	0	0
	합계	0	0	0	1,105	1,105
예산군	천수만21	0	0	0	0	0
	합계	0	0	0	0	0
태안군	천수만11	0	0	0	0	0
	천수만17	0	0	0	0	0
	천수만22	0	0	0	0	0
	천수만24	0	0	0	0	0
	천수만26	0	0	0	0	0
	천수만30	0	0	0	0	0
	천수만33	0	0	0	0	0
	천수만35	0	0	0	0	0
	천수만39	0	0	0	0	0
	천수만41	0	0	0	0	0
	천수만42	0	0	0	0	0
	천수만44	0	0	0	0	0
	천수만47	0	481	0	0	481
	천수만49	0	0	0	0	0
	천수만51	0	1,745	0	0	1,745
	합계	0	2,226	0	0	2,226

시군구	소유역	시설면적(m ²)				합계
		가두리	유수식	도전양식	지수식	
홍성군	천수만9	0	0	0	2,725	2,725
	천수만10	0	0	0	0	0
	천수만12	0	0	0	0	0
	천수만13	0	0	0	0	0
	천수만14	0	0	0	9,893	9,893
	천수만15	0	0	0	0	0
	천수만16	0	0	0	0	0
	천수만18	0	0	0	4,715	4,715
	천수만19	0	0	0	0	0
	천수만20	0	0	0	0	0
	천수만21	0	0	0	0	0
	천수만23	0	0	0	1,361	1,361
	합계	0	0	0	18,694	18,694
총합계		0	2,226	0	19,799	22,025

2.6 매립시설 현황

- 전국오염원조사 자료를 바탕으로 유역 내 매립시설을 조사하였음
- 천수만 유역의 매립시설은 총 3개소로 태안군위생매립시설, 서산대산매립장, 양대매립장 등이 있는 것으로 조사되었음

<표 33> 매립시설 현황

시설명	주소	방류수역	매립대상 폐기물	배출허용기준 적용지역
태안군위생매립시설	충청남도 태안군 태안읍 삭선리 23-5	서해	생활폐기물	나지역
서산대산매립장	충청남도 서산시 대산읍 대죽리 715	서산하수 종말처리장	생활폐기물	나지역
양대매립장	충청남도 서산시 양대동 771	서산하수 종말처리장	생활폐기물	나지역

2.7 환경기초시설 현황

- 전국오염원조사 자료를 바탕으로 해당 과업 구역 내 환경기초시설을 조사하였음
- 구역 내 존재하는 공공하수처리시설은 총 15개소로 조사되었으며, 소규모 하수처리시설은 58개소인 것으로 조사되었음

<표 34> 공공하수처리시설 현황

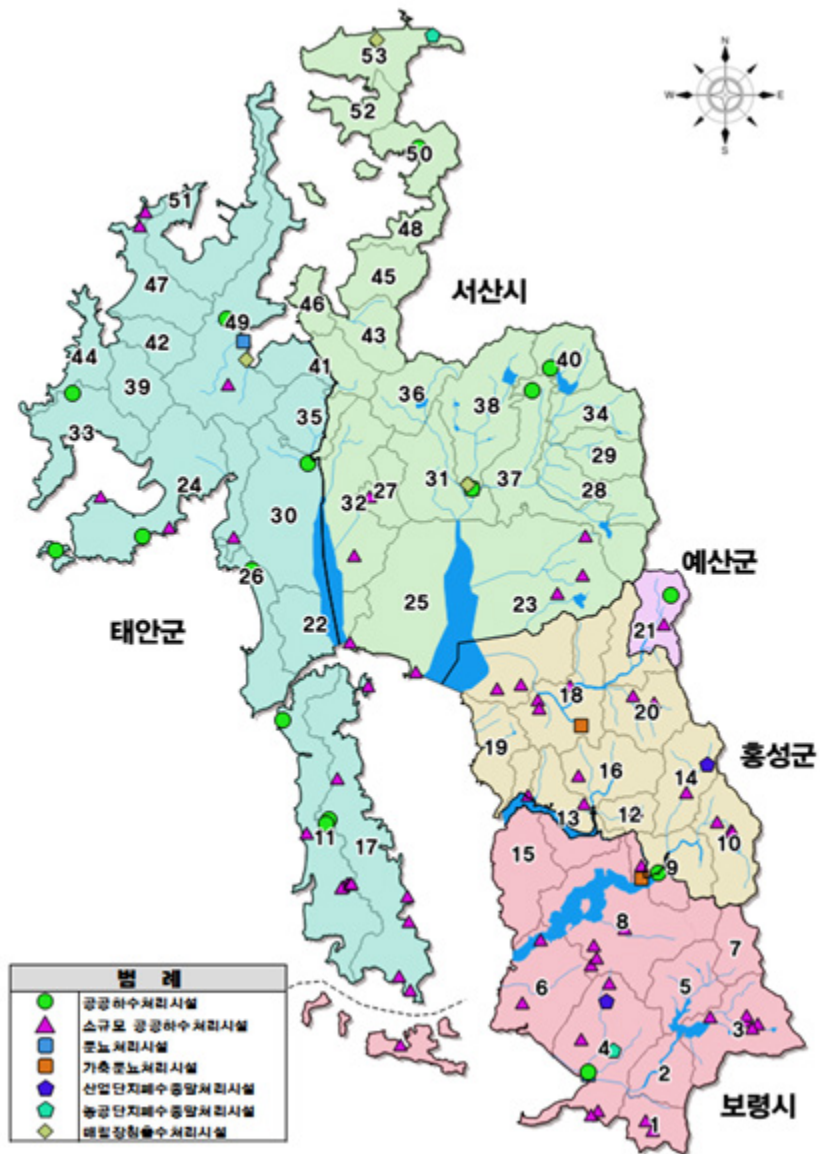
연번	시설명	위치	시설용량(m³/일)
1	서산대산하수종말처리장	충청남도 서산시 대산읍 대산리	3,000
2	반계리공공하수처리시설	충청남도 태안군 원북면 마산리	580
3	만리포하수종말처리장	충청남도 태안군 소원면 송현리	2,000
4	연포하수종말처리장	충청남도 태안군 근흥면 도항리	500
5	몽산포하수종말처리장	충청남도 태안군 남면 신장리	900
6	태안하수종말처리장	충청남도 태안군 태안읍 평천리	9,000
7	서산시하수종말처리장	충청남도 서산시 양대동	40,000
8	도당 하수종말처리시설	충청남도 서산시 음암면 부장리	800
9	음암 하수종말처리시설	충청남도 서산시 음암면 도당리	800
10	덕송산지구공공하수처리시설	충청남도 예산군 덕산면 사천리	1,360
11	안면하수종말처리장	충청남도 태안군 안면읍 승언리	1,600
12	백사장하수종말처리장	충청남도 태안군 안면읍 창기리	500
13	병술만공공하수처리시설	충청남도 태안군 안면읍 승언리	1,700
14	광천하수종말처리장	충청남도 홍성군 은하면 장척리	5,000
15	보령공공하수처리시설	충청남도 보령시 대천동	30,000

<표 35> 소규모 공공하수처리시설 현황

연번	시설명	위치	시설용량(m ³ /일)
1	삭선마을하수도	충청남도 태안군 태안읍 삭선리	20
2	구례포마을하수도	충청남도 태안군 원북면 황촌리	80
3	학암포마을하수도	충청남도 태안군 원북면 방갈리	300
4	망미마을하수도	충청남도 태안군 남면 몽산리	60
5	채석포마을하수도	충청남도 태안군 근흥면 도항리	50
6	정산포마을하수도	충청남도 태안군 근흥면 정죽리	60
7	노라포마을하수도	충청남도 서산시 부석면 봉락리	45
8	취평 공공하수처리시설	충청남도 서산시 부석면 취평리	180
9	해변마을하수도	충청남도 서산시 부석면 창리	60
10	간월도공공하수처리시설	충청남도 서산시 부석면 간월도리	430
11	초록마을하수도	충청남도 서산시 고북면 초록리	45
12	용암홍주마을하수도	충청남도 서산시 고북면 용암리	40
13	서산고북지구마을하수도	충청남도 서산시 고북면 양천리	100
14	하촌마을하수도	충청남도 홍성군 서부면 이호리	46
15	궁리마을하수도	충청남도 홍성군 서부면 궁리	45
16	구항오봉마을하수도	충청남도 홍성군 구항면 오봉리	220
17	소리마을하수도	충청남도 홍성군 서부면 광리	34
18	공리지구마을하수도	충청남도 홍성군 구항면 공리	40
19	갈산상촌마을하수도	충청남도 홍성군 갈산면 상촌리	280
20	이호중촌마을하수도	충청남도 홍성군 서부면 이호리	100
21	대동지구소규모공공하수처리시설	충청남도 예산군 덕산면 대동리	40
22	가경주마을하수도	충청남도 태안군 고남면 고남리	80
23	황도마을하수도	충청남도 태안군 안면읍 황도리	110
24	대고지마을하수도	충청남도 태안군 고남면 누동리	60
25	만수동마을하수도	충청남도 태안군 고남면 고남리	80
26	장댕이마을하수도	충청남도 태안군 안면읍 정당리	70
27	대야도마을하수도	충청남도 태안군 안면읍 중장리	50
28	상중촌1마을하수도	충청남도 태안군 안면읍 중장리	6

연번	시설명	위치	시설용량(m³/일)
29	상중촌2마을하수도	충청남도 태안군 안면읍 중장리	12
30	상중촌3마을하수도	충청남도 태안군 안면읍 중장리	6
31	상중촌4마을하수도	충청남도 태안군 안면읍 중장리	6
32	상중촌5마을하수도	충청남도 태안군 안면읍 중장리	4
33	상가마을하수도	충청남도 홍성군 은하면 화봉리	40
34	원무량마을하수도	충청남도 홍성군 결성면 무량리	40
35	수룡동마을하수도	충청남도 홍성군 서부면 판교리	20
36	읍내마을하수도	충청남도 홍성군 결성면 읍내리	150
37	갈현(1)공공하수처리시설	충청남도 보령시 오천면 갈현리	12
38	갈현(2)공공하수처리시설	충청남도 보령시 오천면 갈현리	16
39	신죽공공하수처리시설	충청남도 보령시 천북면 신죽리	12
40	소성리공공하수처리시설	충청남도 보령시 오천면 소성리	310
41	진죽리공공하수처리시설	충청남도 보령시 청소면 진죽리	160
42	깊은골공공하수처리시설	충청남도 보령시 오천면 오포리	49
43	홍보(3)공공하수처리시설	충청남도 보령시 청소면 장곡리	27
44	내죽마을하수도	충청남도 홍성군 광천읍 내죽리	48
45	죽전1지구마을하수도	충청남도 홍성군 장곡면 죽전리	34
46	죽전2지구마을하수도	충청남도 홍성군 장곡면 죽전리	8
47	벽계지구마을하수도	충청남도 홍성군 광천읍 벽계리	45
48	농장공공하수처리시설	충청남도 보령시 남포면 창동리	49
49	남동공공하수처리시설	충청남도 보령시 남곡동	16
50	요암공공하수처리시설	충청남도 보령시 요암동	24
51	상중공공하수처리시설	충청남도 보령시 청라면 나원리	23
52	북정자공공하수처리시설	충청남도 보령시 남포면 봉덕리	24
53	라원(1)공공하수처리시설	충청남도 보령시 청라면 나원리	68
54	라원(2)공공하수처리시설	충청남도 보령시 청라면 나원리	6
55	라원리공공하수처리시설	충청남도 보령시 청라면 소양리	23
56	봉당리공공하수처리시설	충청남도 보령시 주포면 봉당리	30
57	의평지구공공하수처리시설	충청남도 보령시 청라면 내현리	100
58	발벌공공하수처리시설	충청남도 보령시 주교면 은포리	49

그림 31 천수만유역 환경기초시설 현황



3. 오염부하량 산정

3.1 생활계 발생 및 배출부하량

- 생활계 발생부하량은 BOD 기준 24,936.6kg/일, T-N 기준 6,577.8kg/일, T-P 기준 710.8kg/일로 산정되었음
 - 생활계 발생부하량은 천수만38, 천수만2, 천수만30 순으로 높은 것으로 나타났음
- 생활계 배출부하량은 BOD 기준 9,667.5kg/일, T-N 기준 5,735.6kg/일, T-P 기준 561.4kg/일로 산정되었음
 - 생활계 배출부하량은 천수만38, 천수만4, 천수만2 순으로 높은 것으로 나타났음

<표 36> 자치단체 및 소유역별 생활계 발생 및 배출부하량

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
보령시	천수만1	675.2	175.5	19.3	257.4	78.2	8.4
	천수만2	2,264.7	560.0	61.9	657.4	284.0	25.1
	천수만3	242.6	68.1	7.3	152.2	45.2	5.2
	천수만4	1,502.5	390.2	42.2	666.9	380.1	31.6
	천수만5	39.8	10.8	1.2	35.5	8.7	1.1
	천수만6	285.6	80.6	8.5	170.1	53.4	6.0
	천수만7	36.2	9.8	1.1	32.7	8.0	1.0
	천수만8	809.0	234.8	24.2	572.8	178.6	19.7
	천수만9	37.0	10.0	1.1	9.7	3.1	0.3
	천수만11	18.3	4.9	0.5	15.8	3.6	0.5
	천수만13	36.0	9.8	1.1	14.0	4.8	0.5
	천수만15	119.2	32.6	3.6	53.6	17.9	2.0
	천수만17	76.9	20.8	2.3	60.5	15.1	2.0
	합계	6,143.0	1,607.9	174.3	2,698.6	1,080.7	103.4
서산시	천수만22	43.2	12.6	1.3	11.2	5.0	0.5
	천수만23	521.3	144.4	15.6	311.9	123.2	14.4
	천수만25	157.6	44.7	4.7	68.5	24.2	2.8
	천수만27	96.6	26.7	2.9	33.6	13.5	1.5

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
서산시	천수만28	228.6	60.9	6.6	123.8	63.9	6.9
	천수만29	117.3	33.5	3.5	71.3	33.7	3.7
	천수만31	977.3	253.5	28.1	635.9	636.8	50.8
	천수만32	151.8	41.4	4.5	100.8	32.4	4.0
	천수만34	72.0	19.7	2.1	44.4	17.0	2.0
	천수만35	25.9	7.0	0.8	16.6	5.3	0.6
	천수만36	280.8	77.1	8.4	137.5	81.6	8.9
	천수만37	740.3	205.9	21.9	344.6	198.9	20.9
	천수만38	5,806.0	1,427.5	157.0	2,531.9	1,990.5	196.5
	천수만40	233.8	63.7	7.0	93.6	37.5	4.5
	천수만41	80.6	22.6	2.4	41.1	22.6	2.4
	천수만43	54.1	14.7	1.6	37.1	11.6	1.4
	천수만45	72.7	19.9	2.2	52.3	16.7	2.0
	천수만46	48.0	13.2	1.4	26.3	12.3	1.4
	천수만48	59.5	16.5	1.8	42.7	13.5	1.6
	천수만49	6.7	1.8	0.2	3.9	1.4	0.2
	천수만50	391.5	100.1	10.9	107.5	65.1	5.0
	천수만52	158.4	43.4	4.7	39.5	17.0	1.9
	천수만53	274.7	77.6	8.0	106.1	43.9	4.6
	합계	10,598.7	2,728.4	297.6	4,982.1	3,467.6	338.5
예산군	천수만21	185.4	53.3	5.5	81.5	30.1	3.1
	합계	185.4	53.3	5.5	81.5	30.1	3.1
태안군	천수만11	800.7	230.9	23.9	91.7	64.0	6.5
	천수만17	874.6	250.9	26.1	101.1	71.3	7.2
	천수만22	99.7	28.8	3.0	23.0	14.2	1.4
	천수만24	478.1	133.3	14.3	96.6	54.4	5.6
	천수만26	378.6	107.3	11.3	92.9	54.7	5.6
	천수만30	2,081.3	539.4	57.9	412.4	294.4	28.3

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
태안군	천수만33	215.7	60.2	6.4	51.5	32.2	3.3
	천수만35	213.9	58.5	6.3	73.2	95.2	9.0
	천수만39	51.8	14.3	1.5	23.0	9.0	1.0
	천수만41	35.9	9.8	1.1	17.7	6.5	0.7
	천수만42	36.3	10.0	1.1	15.8	6.1	0.6
	천수만44	132.3	37.9	4.0	28.2	17.0	1.7
	천수만47	150.9	42.4	4.5	30.6	17.4	1.8
	천수만49	410.2	112.9	12.3	91.6	45.2	4.7
	천수만51	186.9	51.8	5.5	59.7	30.6	3.2
	합계	6,146.9	1,688.4	179.2	1,209.0	812.2	80.6
홍성군	천수만9	413.8	106.7	11.6	142.4	97.6	9.6
	천수만10	122.8	33.3	3.7	34.6	20.5	2.1
	천수만12	46.3	12.6	1.4	15.6	8.1	0.8
	천수만13	76.4	20.4	2.2	26.9	13.2	1.4
	천수만14	379.4	101.0	10.9	118.6	57.4	5.9
	천수만15	13.0	3.5	0.4	6.7	2.3	0.3
	천수만16	144.8	40.0	4.3	70.1	28.2	3.0
	천수만18	193.1	52.0	5.7	78.2	35.4	3.8
	천수만19	154.6	43.8	4.6	71.9	29.8	3.1
	천수만20	141.2	38.5	4.2	56.4	22.7	2.5
	천수만21	63.2	17.2	1.9	32.1	11.4	1.3
	천수만23	114.0	30.8	3.3	42.8	18.4	2.0
	합계	1,862.6	499.8	54.2	696.3	345.0	35.8
총합계		24,936.6	6,577.8	710.8	9,667.5	5,735.6	561.4

그림 32 생활계 발생부하량

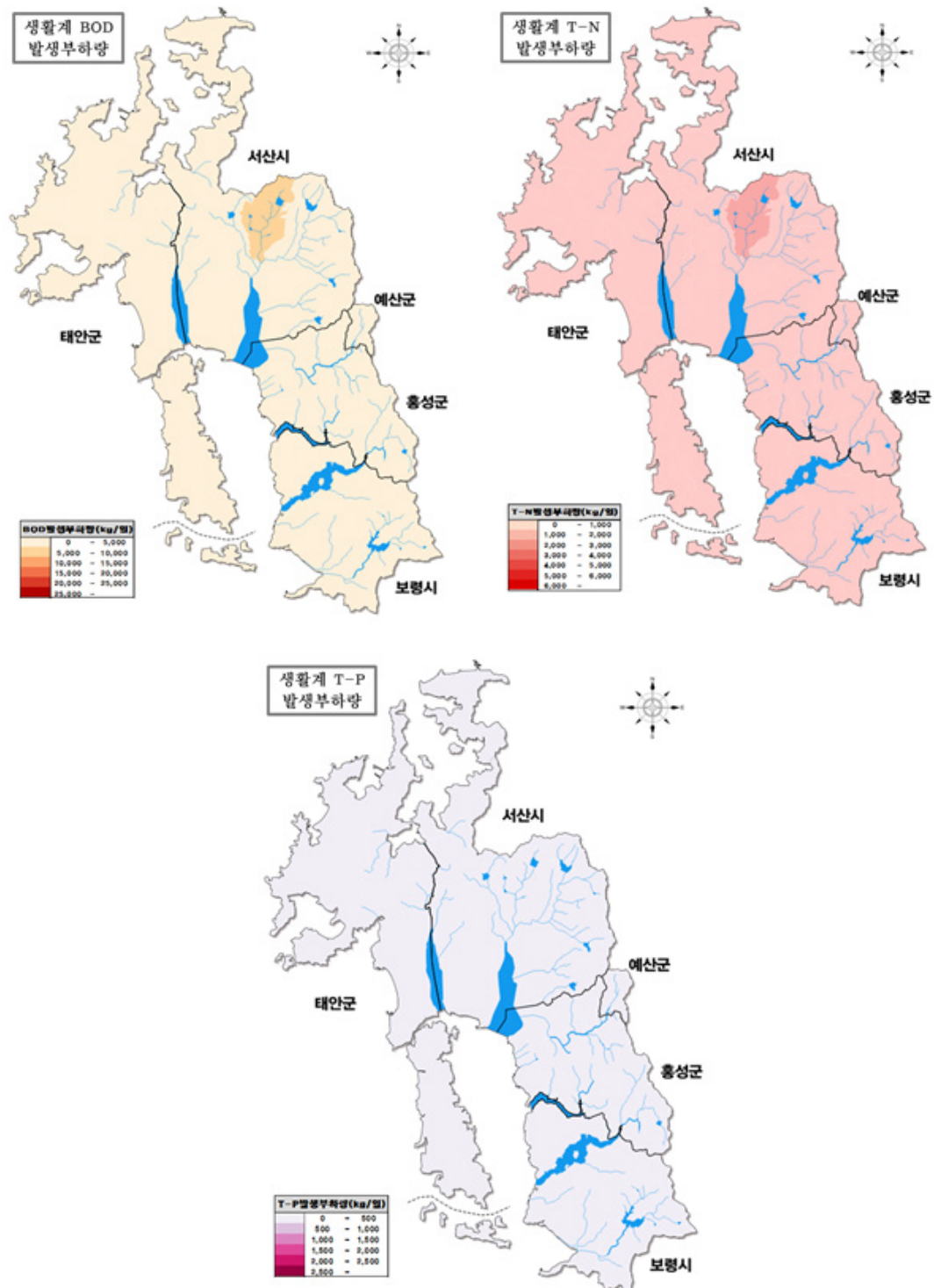
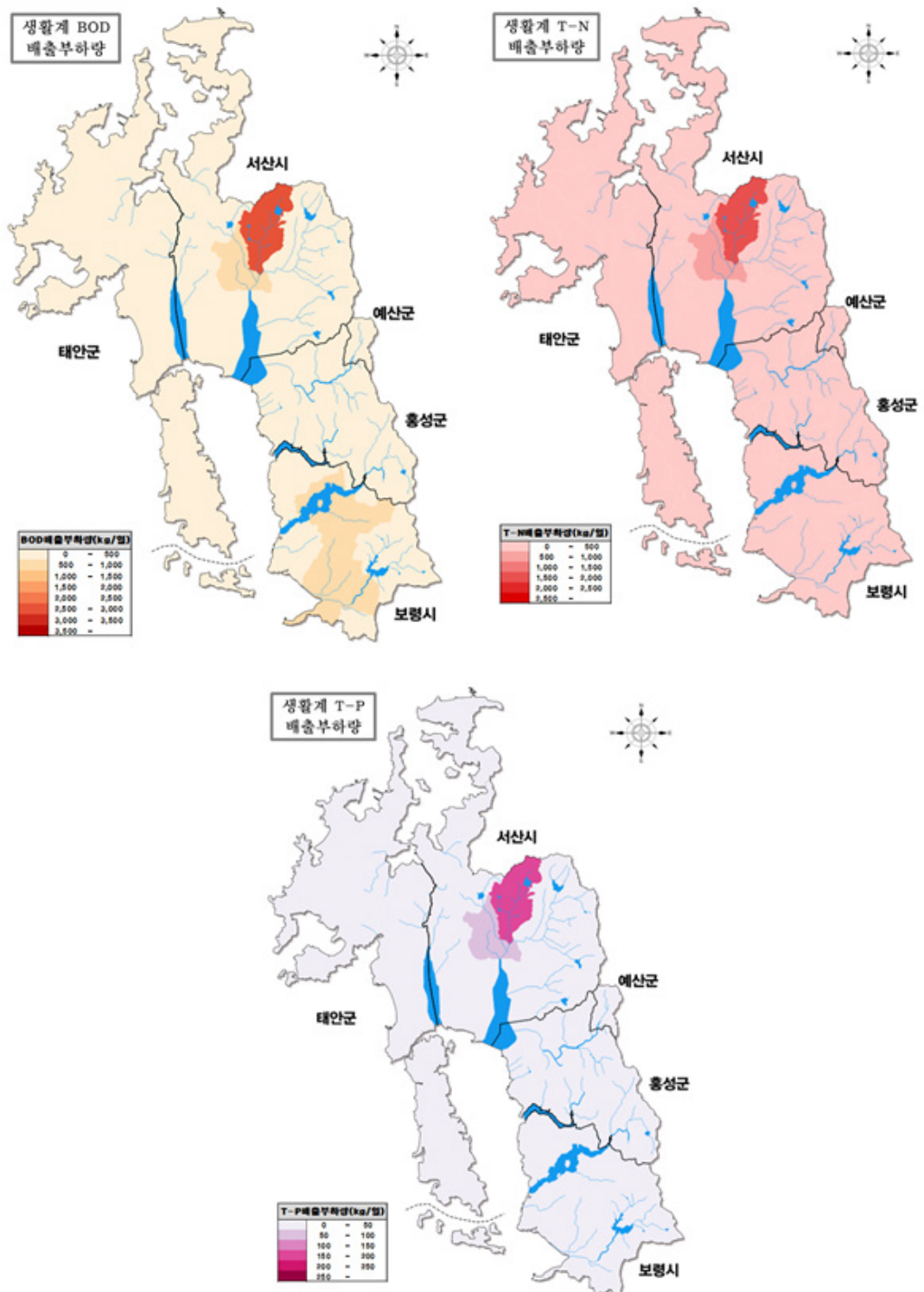


그림 33 생활계 배출부하량



3.2 축산계 발생 및 배출부하량

- 축산계 발생부하량은 BOD 기준 192,572.7kg/일, T-N 기준 45,884.2kg/일, T-P 기준 17,728.5kg/일로 산정되었음
 - 축산계 발생부하량은 천수만15, 천수만7, 천수만13 순으로 높은 것으로 나타났음
- 축산계 배출부하량은 BOD 기준 16,684.6kg/일, T-N 기준 11,141.1kg/일, T-P 기준 1,396.6kg/일로 산정되었음
 - 축산계 배출부하량은 천수만15, 천수만7, 천수만13 순으로 높은 것으로 나타났음

<표 37> 자치단체 및 소유역별 축산계 발생 및 배출부하량

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
보령시	천수만1	179.2	39.6	12.2	16.1	8.7	0.8
	천수만2	449.1	95.7	33.9	40.4	22.5	2.5
	천수만3	3,561.7	811.3	310.2	320.5	193.9	23.2
	천수만4	6,205.2	1,380.5	498.8	558.5	329.4	37.2
	천수만5	957.3	204.4	72.0	86.2	47.9	5.3
	천수만6	3,600.4	860.3	342.5	324.0	205.5	25.6
	천수만7	22,349.9	4,935.6	1,535.6	2,011.5	1,182.7	115.0
	천수만8	16,384.5	3,932.8	1,537.5	1,474.6	939.5	114.9
	천수만9	5,247.8	1,309.7	557.3	472.3	313.6	41.7
	천수만11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만13	10,755.1	2,673.5	1,076.5	968.0	640.9	80.7
	천수만15	25,289.3	6,358.9	2,712.6	2,276.0	1,524.1	203.3
	천수만17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	합계	94,979.5	22,602.3	8,689.1	8,548.1	5,408.7	650.2
서산시	천수만22	484.3	106.9	33.8	43.5	25.6	2.5
	천수만23	5,362.6	1,248.3	459.5	475.6	297.0	34.7
	천수만25	2,871.0	681.9	261.3	257.3	163.6	19.7
	천수만27	325.8	69.5	24.6	29.3	16.7	1.8
	천수만28	1,176.7	257.7	86.7	105.9	60.6	6.4
	천수만29	2,047.4	495.0	198.6	183.8	118.2	14.9

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
서산시	천수만31	1,525.1	346.7	117.1	134.8	82.8	8.9
	천수만32	1,635.6	356.0	125.2	146.8	85.3	9.4
	천수만34	2,216.9	488.7	155.5	199.5	117.0	11.6
	천수만35	364.1	79.5	28.8	32.6	19.1	2.2
	천수만36	2,056.1	466.0	169.5	182.4	111.4	12.9
	천수만37	2,326.1	524.2	190.5	208.4	125.0	14.3
	천수만38	1,364.5	315.6	113.8	121.1	75.1	8.6
	천수만40	548.6	123.9	40.0	48.9	29.5	3.0
	천수만41	839.2	211.3	86.3	74.1	50.4	6.5
	천수만43	384.3	88.1	32.7	34.6	21.1	2.5
	천수만45	723.8	163.0	56.1	64.2	38.8	4.2
	천수만46	491.0	108.6	33.6	44.2	25.8	2.5
	천수만48	402.2	89.2	29.1	36.1	21.3	2.2
	천수만49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만50	597.7	136.0	48.2	52.9	32.6	3.7
	천수만52	95.2	26.0	8.9	7.4	6.1	0.7
	천수만53	320.6	71.4	22.1	28.7	17.1	1.7
	합계	28,158.8	6,453.5	2,321.9	2,512.1	1,540.1	174.9
예산군	천수만21	2,845.5	685.7	274.6	235.1	169.7	22.9
	합계	2,845.5	685.7	274.6	235.1	169.7	22.9
태안군	천수만11	774.3	181.9	65.0	69.4	43.6	4.9
	천수만17	820.4	194.4	71.4	73.6	46.6	5.4
	천수만22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만24	540.9	125.7	42.6	48.4	30.1	3.2
	천수만26	64.2	14.2	4.4	5.8	3.4	0.3
	천수만30	78.4	20.5	6.9	6.9	4.9	0.5
	천수만33	1.3	0.8	0.1	0.1	0.2	0.0
	천수만35	354.3	89.4	33.7	31.7	21.5	2.5

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
태안군	천수만39	1,001.6	253.8	108.1	64.7	67.1	10.9
	천수만41	563.1	139.3	46.0	50.3	33.4	3.5
	천수만42	85.5	18.9	6.3	7.7	4.5	0.5
	천수만44	0.7	0.4	0.1	0.1	0.1	0.0
	천수만47	229.2	59.3	21.6	20.2	14.2	1.6
	천수만49	927.6	220.4	79.1	78.6	54.0	6.5
	천수만51	153.5	37.3	11.9	13.7	8.9	0.9
	합계	5,595.0	1,356.3	497.2	471.2	332.5	40.7
홍성군	천수만9	4,872.6	1,177.0	470.6	408.7	289.7	38.5
	천수만10	12,680.9	3,138.8	1,305.7	1,006.1	786.1	112.6
	천수만12	6,814.3	1,704.4	726.4	497.7	437.4	67.0
	천수만13	7,777.1	1,935.7	815.4	588.0	492.2	73.3
	천수만14	1,436.0	331.1	111.1	129.2	79.5	8.3
	천수만15	435.6	103.3	41.6	35.6	25.7	3.5
	천수만16	8,434.2	2,040.3	813.3	632.8	521.2	74.7
	천수만18	6,601.0	1,571.8	610.3	580.6	380.5	47.2
	천수만19	1,504.6	353.0	134.4	135.4	84.7	10.1
	천수만20	5,363.8	1,261.4	484.4	457.8	308.8	39.0
	천수만21	2,391.7	550.6	208.8	214.1	132.4	15.8
	천수만23	2,682.1	619.0	223.7	232.1	151.9	17.9
	합계	60,993.9	14,786.4	5,945.7	4,918.1	3,690.1	507.9
총합계		192,572.7	45,884.2	17,728.5	16,684.6	11,141.1	1,396.6

그림 34 축산계 발생부하량

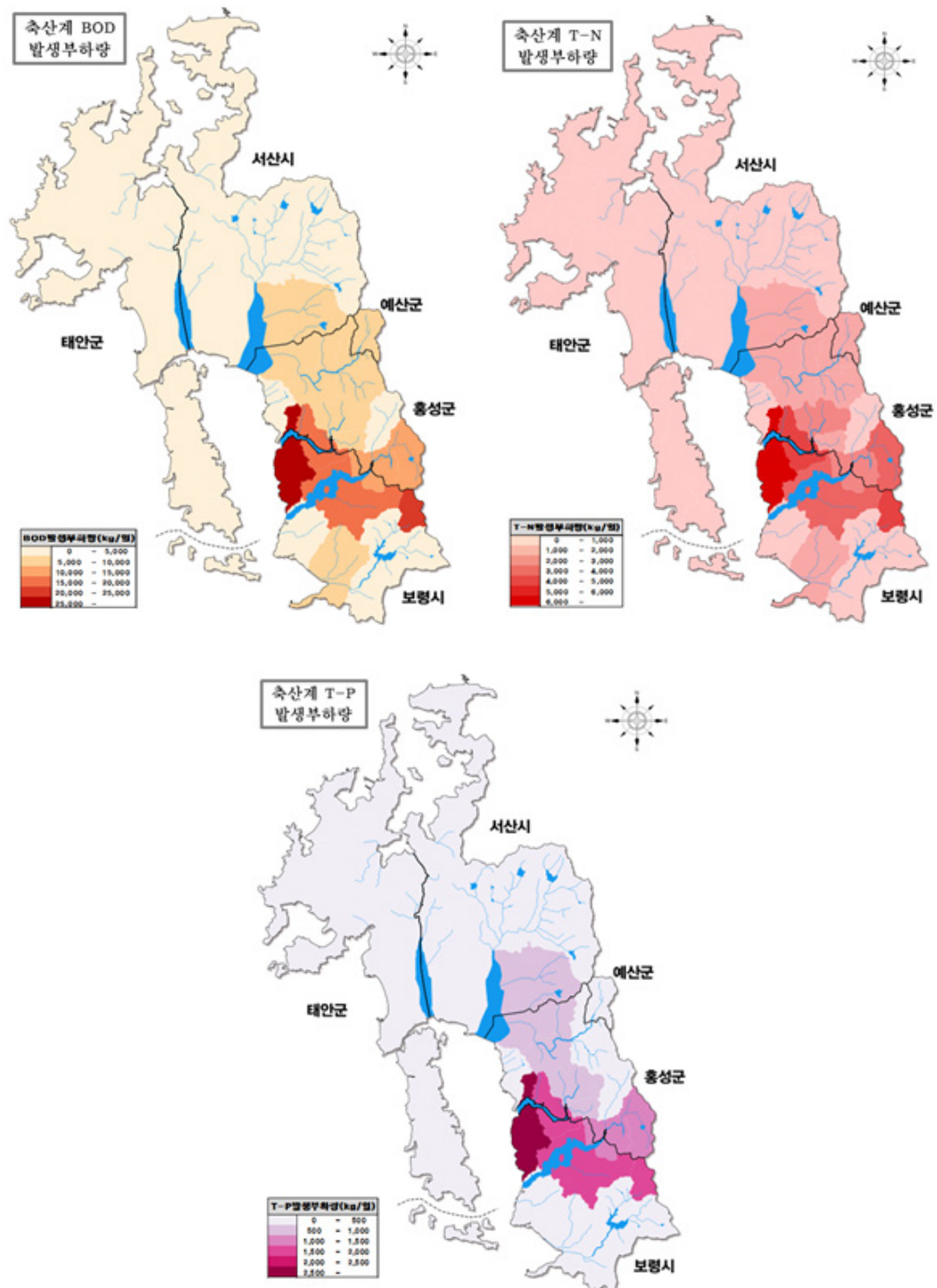
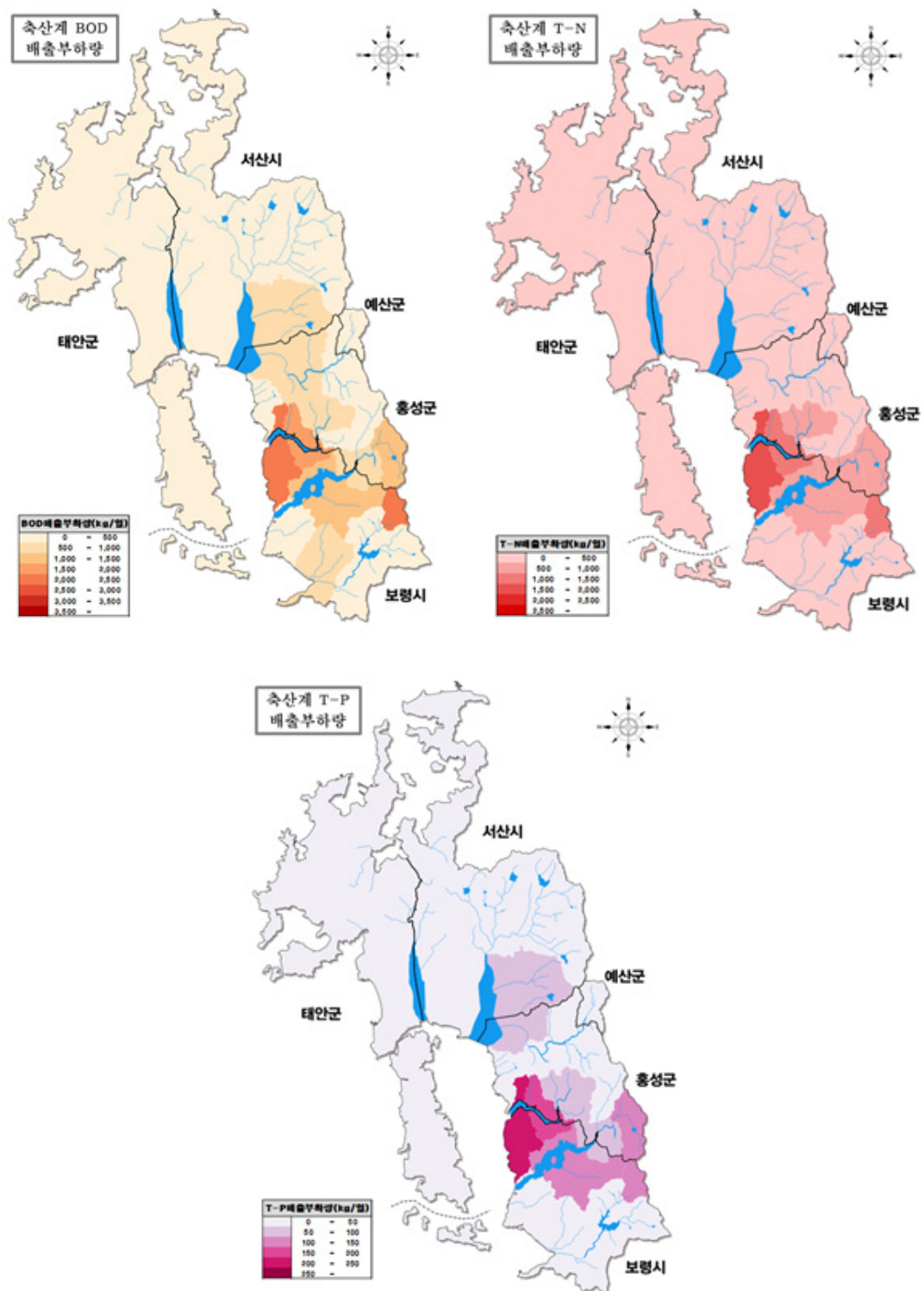


그림 35 | 축산계 배출부하량



3.3 산업계 발생 및 배출부하량

- 산업계 발생부하량은 BOD 기준 28,808.3kg/일, T-N 기준 4,214.8kg/일, T-P 기준 164.5kg/일로 산정되었음
 - 산업계 발생부하량은 천수만53, 천수만14, 천수만9 순으로 높은 것으로 나타났음
- 산업계 배출부하량은 BOD 기준 449.3kg/일, T-N 기준 674.8kg/일, T-P 기준 35.9 kg/일로 산정되었음
 - 산업계 배출부하량은 천수만53, 천수만14, 천수만9 순으로 높은 것으로 나타났음

<표 38> 자치단체 및 소유역별 산업계 발생 및 배출부하량

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
보령시	천수만1	8.2	1.1	0.2	0.6	0.3	0.1
	천수만2	16.9	2.7	0.8	2.3	0.5	0.5
	천수만3	1.4	0.6	0.1	0.2	0.1	0.1
	천수만4	127.5	30.9	7.1	6.0	8.9	1.0
	천수만5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만6	636.1	193.8	16.6	5.2	11.3	0.4
	천수만7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만8	11.4	2.4	0.8	0.7	0.3	0.2
	천수만9	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만13	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만15	12.1	0.1	0.2	0.6	0.1	0.0
	천수만17	0.7	7.2	7.2	0.7	3.6	5.8
	합계	815.4	238.9	33.0	16.3	25.1	8.1
서산시	천수만22	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0
	천수만23	180.4	19.7	2.0	13.8	3.4	0.3
	천수만25	0.4	0.4	0.0	0.2	0.2	0.0
	천수만27	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
	천수만28	1.4	0.8	0.0	0.1	0.1	0.0

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
서산시	천수만29	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만31	19.8	2.0	0.3	2.5	1.2	0.1
	천수만32	1.6	1.0	0.1	1.5	1.0	0.1
	천수만34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만36	22.1	1.3	0.1	2.0	0.8	0.0
	천수만37	18.2	2.7	0.2	0.4	0.3	0.0
	천수만38	33.4	7.1	1.0	6.4	3.5	0.6
	천수만40	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만41	42.7	14.3	1.2	3.0	2.2	0.3
	천수만43	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만48	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만50	2.4	0.5	0.0	0.6	0.2	0.0
	천수만52	0.3	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0
	천수만53	23,872.7	2,681.6	68.0	311.0	556.8	23.2
	합계	24,196.8	2,732.1	72.9	341.8	569.9	24.6
예산군	천수만21	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
	합계	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
태안군	천수만11	5.1	0.5	0.1	0.8	0.3	0.0
	천수만17	7.5	0.6	0.1	1.1	0.4	0.1
	천수만22	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만24	1.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
	천수만26	1.8	0.2	0.1	1.2	0.1	0.1
	천수만30	8.9	0.9	0.2	3.7	0.4	0.1
	천수만33	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
태안군	천수만35	3.7	0.2	0.1	1.4	0.2	0.1
	천수만39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만41	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만47	13.2	165.0	3.4	1.7	11.1	0.1
	천수만49	0.9	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
	천수만51	47.7	598.9	12.4	6.0	40.5	0.3
	합계	93.5	766.3	16.4	16.4	53.0	0.8
홍성군	천수만9	1,012.9	101.3	8.7	15.3	5.3	0.6
	천수만10	14.2	2.5	0.5	1.3	0.8	0.3
	천수만12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만13	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만14	2,657.2	368.1	32.2	57.7	20.0	1.4
	천수만15	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만16	1.3	3.9	0.4	0.2	0.6	0.1
	천수만18	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만20	0.6	1.0	0.1	0.1	0.1	0.0
	천수만21	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만23	10.7	0.6	0.2	0.2	0.0	0.0
	합계	3,702.6	477.5	42.1	74.8	26.8	2.4
총합계		28,808.3	4,214.8	164.5	449.3	674.8	35.9

그림 36 | 산업계 발생부하량

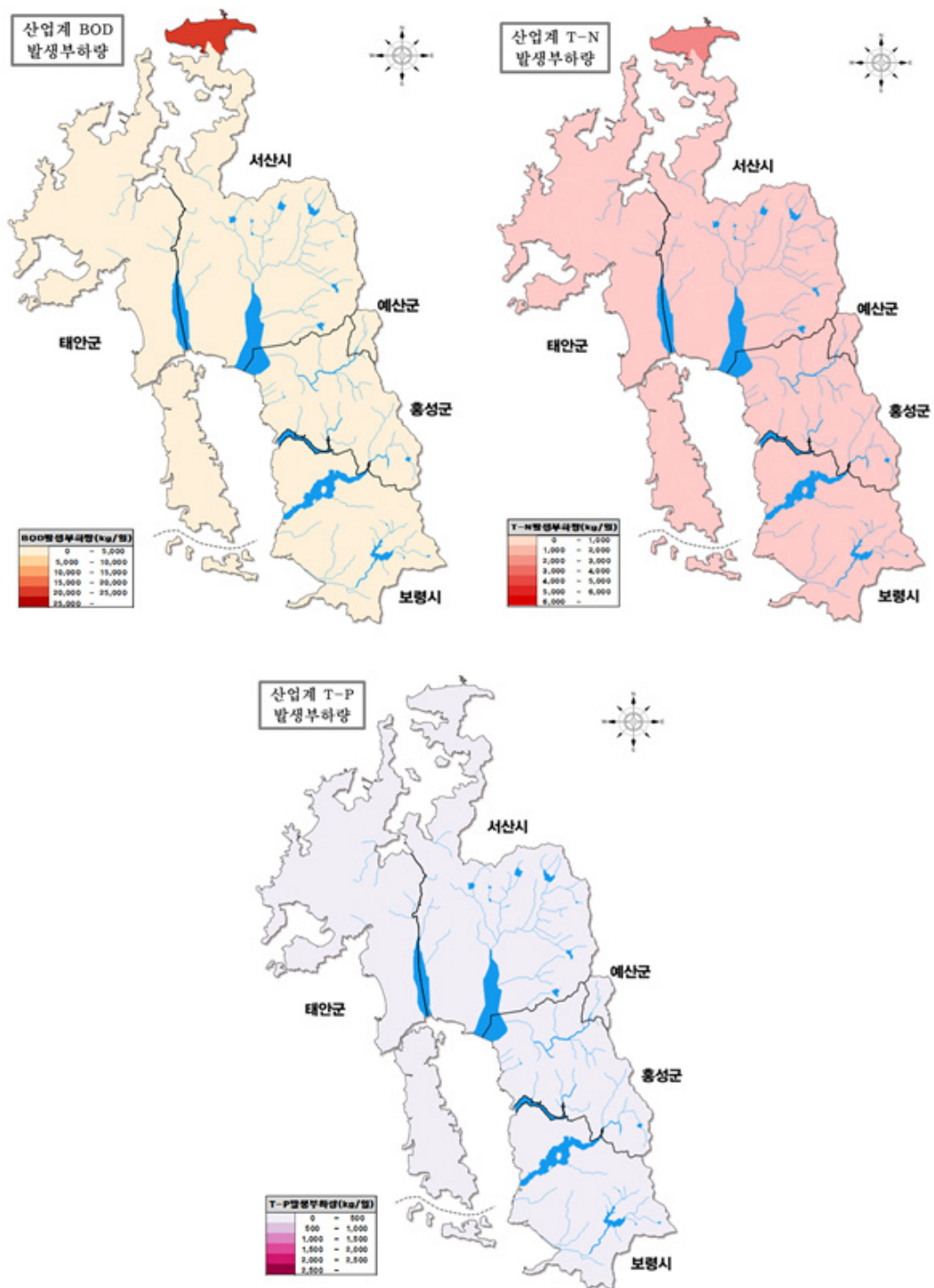
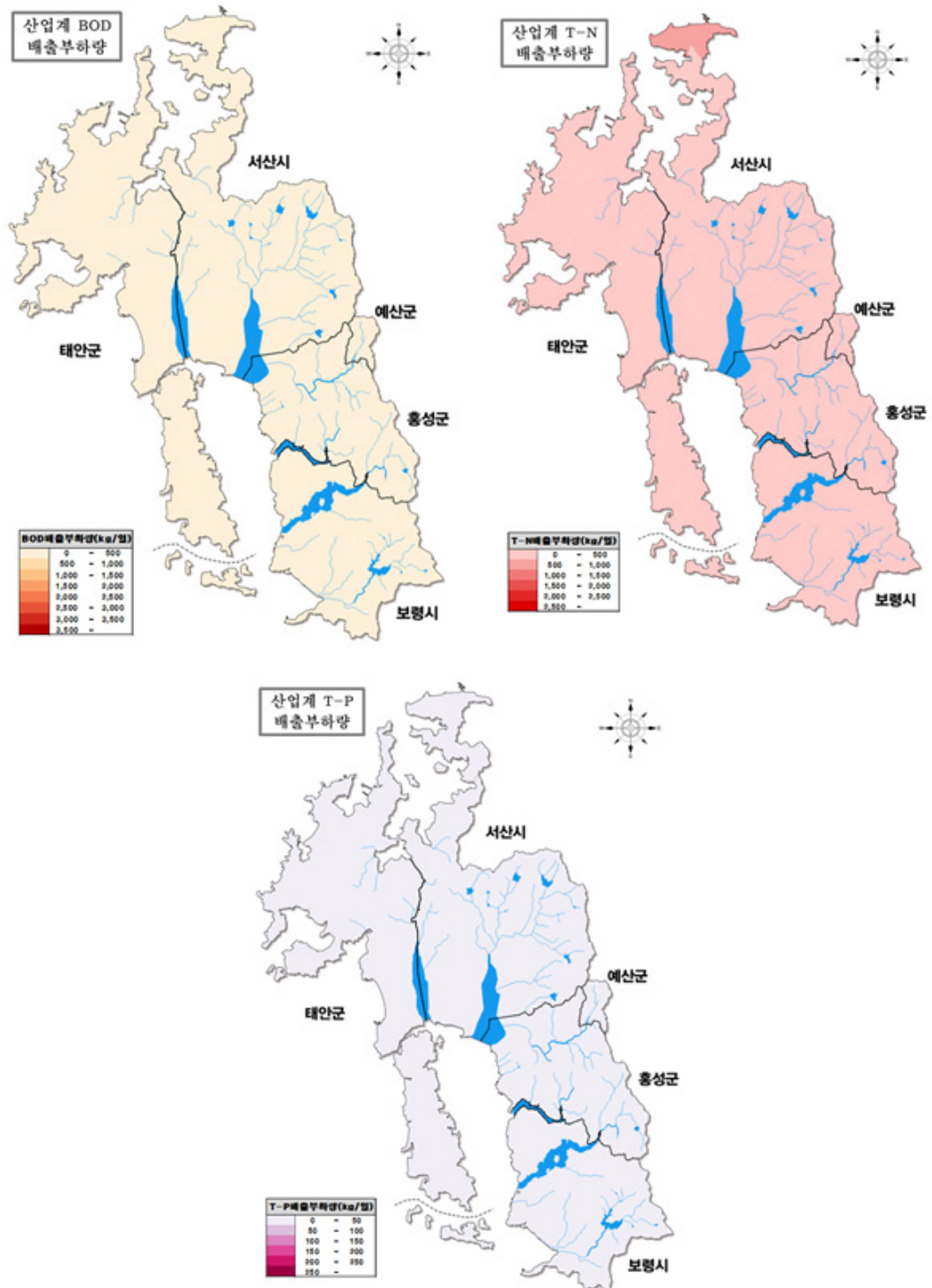


그림 37 산업계 배출부하량



3.4 토지계 발생 및 배출부하량

- 토지계 발생부하량은 BOD 기준 13,590.7kg/일, T-N 기준 7,935.2kg/일, T-P 기준 672.7kg/일로 산정되었음
 - 토지계 발생부하량은 천수만53, 천수만23, 천수만38 순으로 높은 것으로 나타났음
- 토지계 배출부하량은 BOD 기준 13,832.4kg/일, T-N 기준 8,678.6kg/일, T-P 기준 732.2kg/일로 산정되었음
 - 토지계 배출부하량은 천수만53, 천수만38, 천수만23 순으로 높은 것으로 나타났음

<표 39> 자치단체 및 소유역별 토지계 발생 및 배출부하량

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
보령시	천수만1	229.5	83.1	8.5	212.3	80.5	8.0
	천수만2	348.4	103.6	11.5	328.4	121.8	12.4
	천수만3	193.9	125.9	10.3	193.9	125.9	10.3
	천수만4	706.5	283.4	28.0	723.7	330.9	31.4
	천수만5	87.5	72.4	5.5	79.9	71.2	5.3
	천수만6	185.1	124.4	9.8	185.1	124.4	9.8
	천수만7	76.0	52.1	4.4	76.0	52.1	4.4
	천수만8	455.4	265.5	22.3	455.4	265.5	22.3
	천수만9	80.1	42.8	3.6	80.1	42.8	3.6
	천수만11	6.9	6.5	0.5	6.9	6.5	0.5
	천수만13	63.1	49.3	3.8	63.1	49.3	3.8
	천수만15	137.3	112.2	8.4	137.3	112.2	8.4
	천수만17	50.7	38.8	2.9	50.7	38.8	2.9
	합계	2,620.4	1,360.0	119.5	2,592.8	1,421.9	123.1
서산시	천수만22	40.4	27.4	2.5	39.4	27.7	2.5
	천수만23	495.0	390.5	33.4	475.1	397.4	34.4
	천수만25	280.6	283.6	24.7	278.6	284.3	24.8
	천수만27	90.8	66.2	5.2	77.7	66.8	5.2
	천수만28	183.7	100.8	8.8	172.2	104.8	9.3

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
서산시	천수만29	104.1	67.6	5.6	103.9	67.7	5.6
	천수만31	277.1	180.5	15.4	558.4	476.2	37.6
	천수만32	254.7	247.4	19.6	245.8	250.5	20.1
	천수만34	115.0	91.2	7.5	111.5	92.5	7.6
	천수만35	33.1	27.4	2.0	32.2	27.7	2.0
	천수만36	170.0	99.1	7.9	158.0	103.3	8.4
	천수만37	380.5	217.5	18.6	365.0	223.2	19.4
	천수만38	774.9	298.4	28.6	978.3	576.7	50.4
	천수만40	168.7	104.9	8.0	168.7	104.9	8.0
	천수만41	79.9	54.6	4.3	73.9	56.6	4.6
	천수만43	84.5	73.6	5.0	81.6	74.6	5.1
	천수만45	96.7	84.9	6.2	95.2	85.4	6.3
	천수만46	51.3	39.3	2.9	47.2	40.7	3.1
	천수만48	68.2	50.9	4.1	66.3	51.6	4.1
	천수만49	4.6	3.5	0.2	4.6	3.5	0.2
	천수만50	132.8	80.4	6.6	132.8	80.4	6.6
	천수만52	62.4	46.5	3.6	62.4	46.5	3.6
	천수만53	1,081.8	211.5	28.6	1,037.5	227.0	30.7
	합계	5,030.8	2,847.7	249.3	5,366.3	3,470.0	299.6
예산군	천수만21	136.7	78.9	6.7	136.7	78.9	6.7
	합계	136.7	78.9	6.7	136.7	78.9	6.7
태안군	천수만11	305.2	242.8	17.9	306.0	247.4	18.3
	천수만17	393.2	307.3	22.7	393.9	311.1	23.0
	천수만22	105.5	91.7	7.6	105.5	91.7	7.6
	천수만24	485.7	248.7	21.2	485.8	250.6	21.4
	천수만26	276.6	165.0	13.1	276.7	165.5	13.1
	천수만30	610.3	332.8	29.5	585.8	344.6	30.6
	천수만33	152.7	111.9	8.7	152.7	112.3	8.7

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
태안군	천수만35	140.5	91.9	6.9	137.2	111.2	9.0
	천수만39	82.0	65.3	5.1	82.0	65.3	5.1
	천수만41	64.5	53.9	4.1	64.5	53.9	4.1
	천수만42	61.9	53.4	4.1	61.9	53.4	4.1
	천수만44	85.8	53.6	4.5	85.8	53.7	4.5
	천수만47	192.3	106.1	9.2	192.3	106.1	9.2
	천수만49	375.2	273.2	20.9	375.2	273.2	20.9
	천수만51	380.5	195.3	17.9	380.5	195.3	17.9
	합계	3,711.9	2,392.9	193.4	3,685.8	2,435.3	197.5
홍성군	천수만9	194.9	92.6	8.0	173.9	108.6	9.7
	천수만10	187.9	133.9	10.4	177.2	134.5	10.3
	천수만12	89.5	48.3	3.9	89.5	48.3	3.9
	천수만13	114.4	72.9	5.6	114.4	72.9	5.6
	천수만14	244.9	125.5	10.7	236.5	125.7	10.6
	천수만15	34.7	21.6	1.8	34.7	21.6	1.8
	천수만16	239.9	140.1	11.2	239.9	140.1	11.2
	천수만18	291.7	169.7	14.4	291.7	169.7	14.4
	천수만19	115.8	81.7	6.4	115.8	81.7	6.4
	천수만20	200.0	119.8	9.5	200.0	119.8	9.5
	천수만21	96.2	65.8	5.4	96.2	65.8	5.4
	천수만23	281.0	183.8	16.5	281.0	183.8	16.5
	합계	2,090.9	1,255.7	103.8	2,050.8	1,272.5	105.3
총합계		13,590.7	7,935.2	672.7	13,832.4	8,678.6	732.2

그림 38 토지계 발생부하량

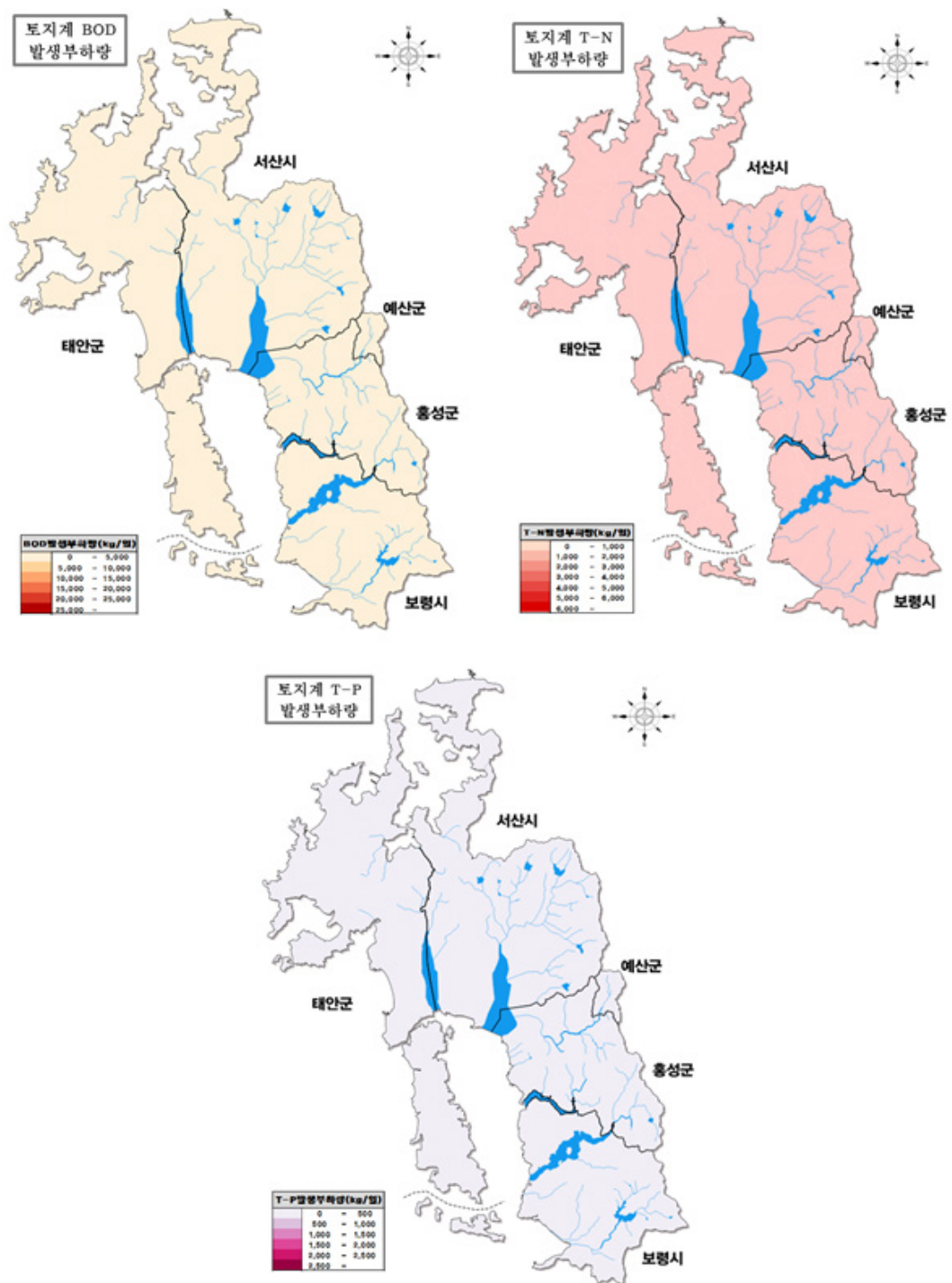
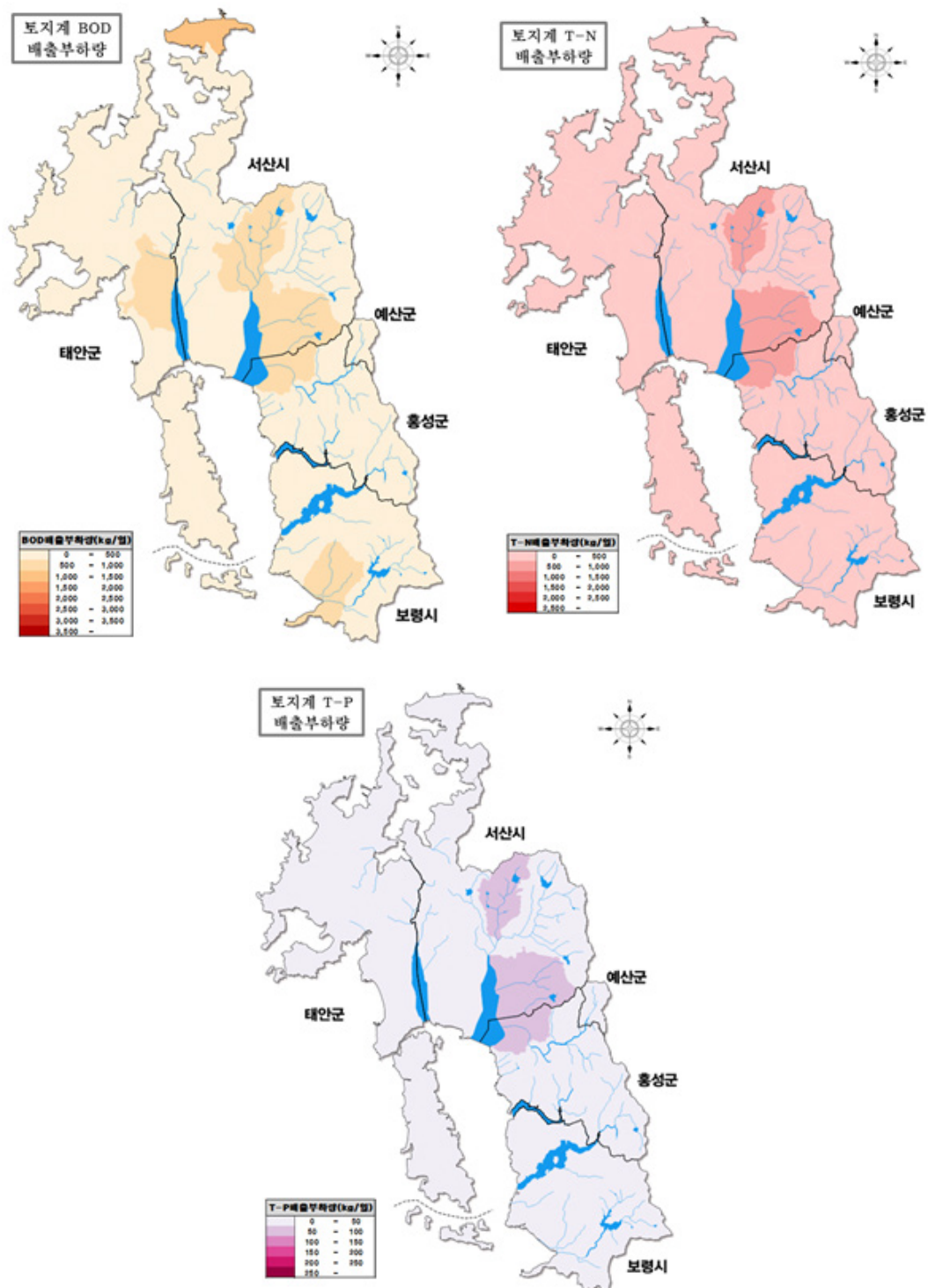


그림 39 토지계 배출부하량



3.5 양식계 발생 및 배출부하량

- 양식계 발생부하량은 BOD 기준 229.9kg/일, T-N 기준 45.8kg/일, T-P 기준 11.9 kg/일로 산정되었음
- 양식계 발생부하량은 천수만14, 천수만18, 천수만9 순으로 높은 것으로 나타났음
- 양식계 배출부하량은 BOD 기준 229.9kg/일, T-N 기준 45.8kg/일, T-P 기준 11.9 kg/일로 산정되었음
- 양식계 배출부하량은 천수만14, 천수만18, 천수만9 순으로 높은 것으로 나타났음

<표 40> 자치단체 및 소유역별 양식계 발생 및 배출부하량

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
보령시	천수만1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	합계	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
서산시	천수만22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만23	0.7	0.1	0.0	0.7	0.1	0.0
	천수만25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
서산시	천수만29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만43	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만48	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
	천수만49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만50	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
	천수만52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	합계	1.0	0.1	0.0	1.0	0.1	0.0
예산군	천수만21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	합계	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
태안군	천수만11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
태안군	천수만35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만47	2.2	0.4	0.1	2.2	0.4	0.1
	천수만49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만51	8.0	1.6	0.4	8.0	1.6	0.4
	합계	10.2	2.0	0.5	10.2	2.0	0.5
홍성군	천수만9	29.5	5.9	1.5	29.5	5.9	1.5
	천수만10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만14	107.2	21.4	5.6	107.2	21.4	5.6
	천수만15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만18	68.3	13.7	3.6	68.3	13.7	3.6
	천수만19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만23	13.7	2.7	0.7	13.7	2.7	0.7
	합계	218.7	43.7	11.4	218.7	43.7	11.4
총합계		229.9	45.8	11.9	229.9	45.8	11.9

그림 40 양식계 발생부하량

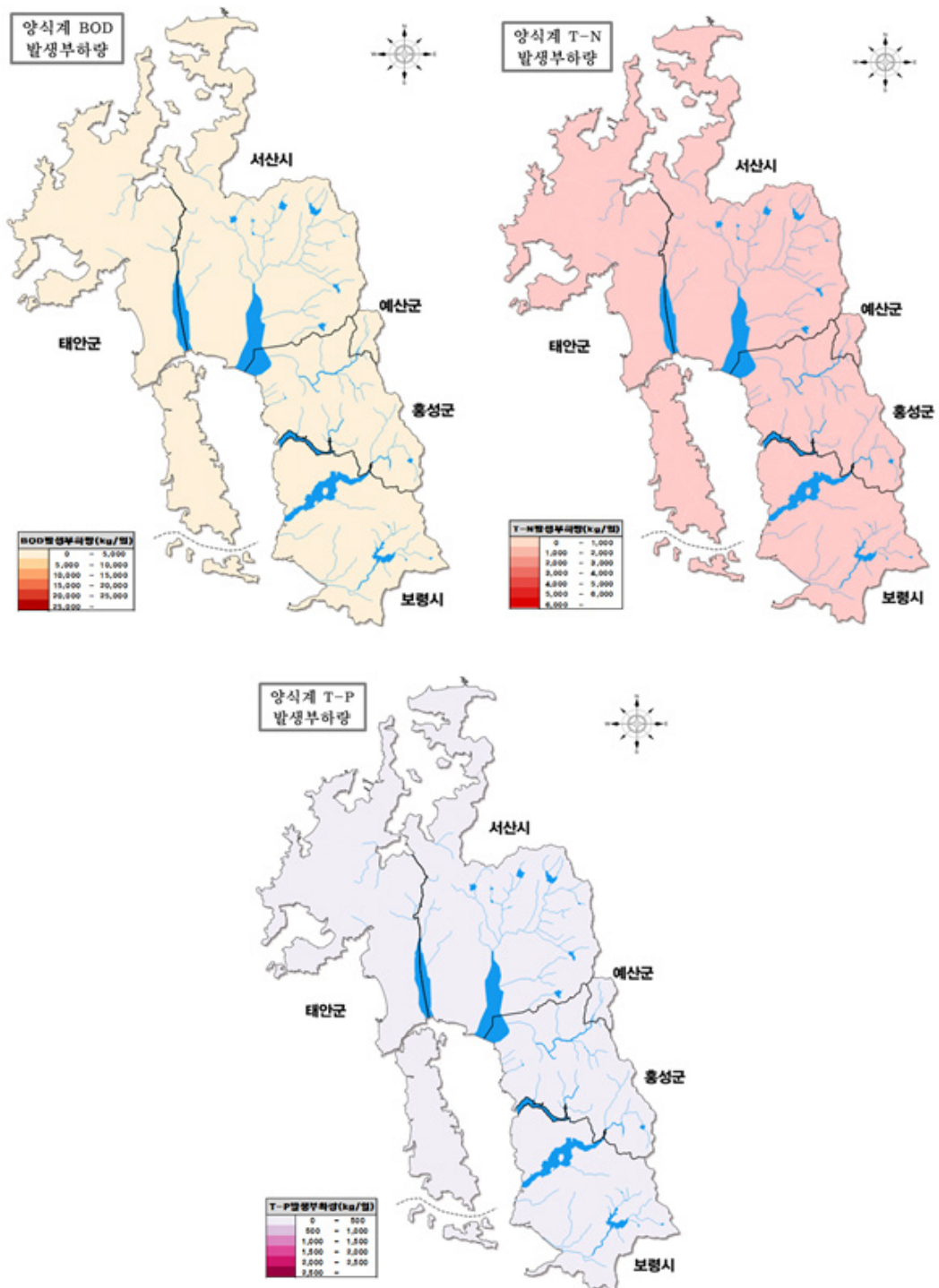
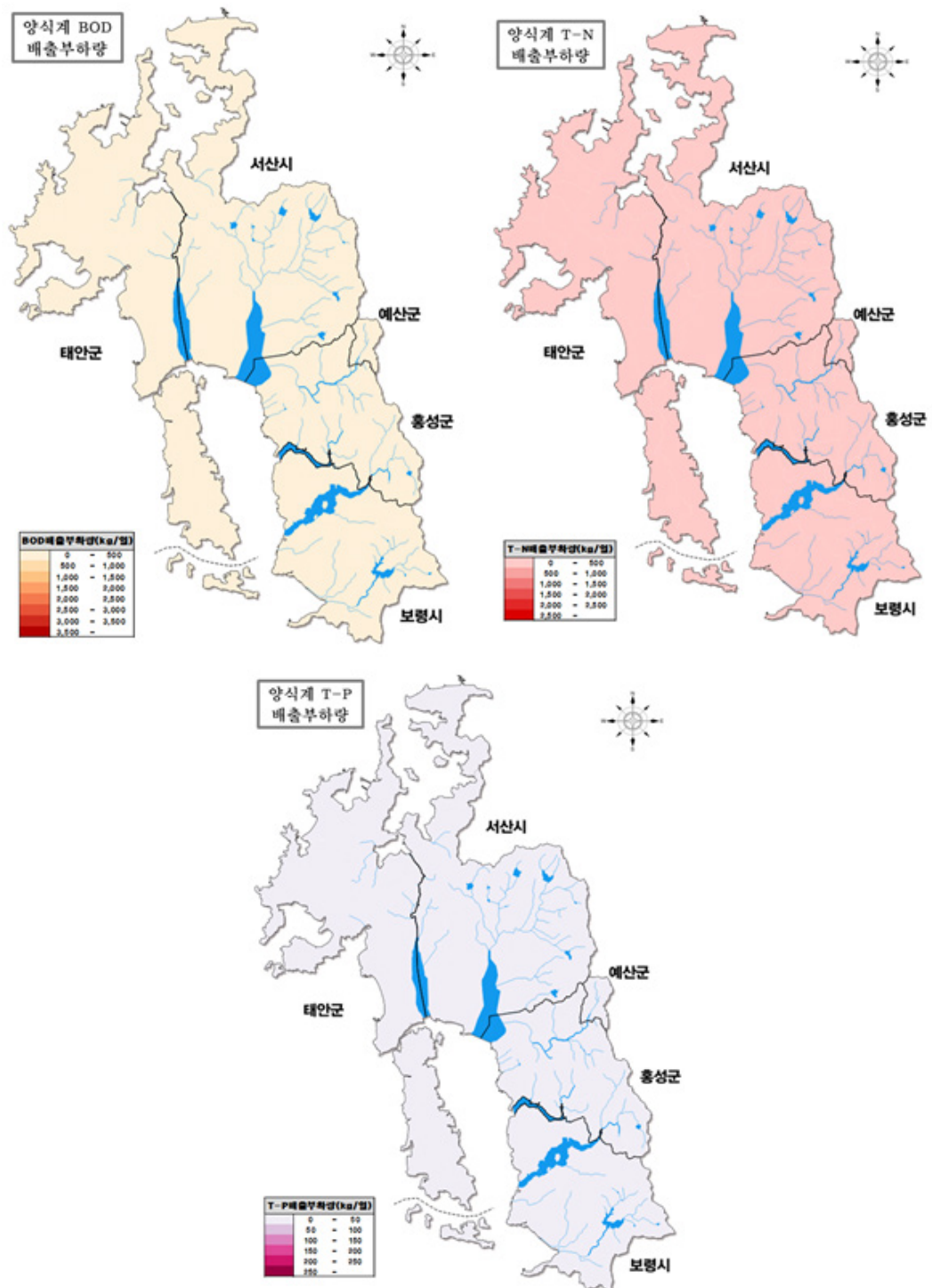


그림 41 양식계 배출부하량



3.6 매립계 발생 및 배출부하량

- 매립계 발생부하량은 BOD 기준 0.3kg/일, T-N 기준 0.1kg/일, T-P 기준 0.0kg/일로 산정되었음
- 매립계 발생부하량은 천수만53이 가장 높은 것으로 나타났음
- 매립계 배출부하량은 BOD 기준 0.0kg/일, T-N 기준 0.0kg/일, T-P 기준 0.0kg/일로 산정되었음

<표 41> 자치단체 및 소유역별 매립계 발생 및 배출부하량

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
보령시	천수만1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	합계	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
서산시	천수만22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
서산시	천수만31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만43	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만53	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	합계	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
예산군	천수만21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	합계	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
태안군	천수만11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
태안군	천수만39	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만47	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	합계	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
홍성군	천수만9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	천수만23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	합계	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총합계		0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0

그림 42 매립계 발생부하량

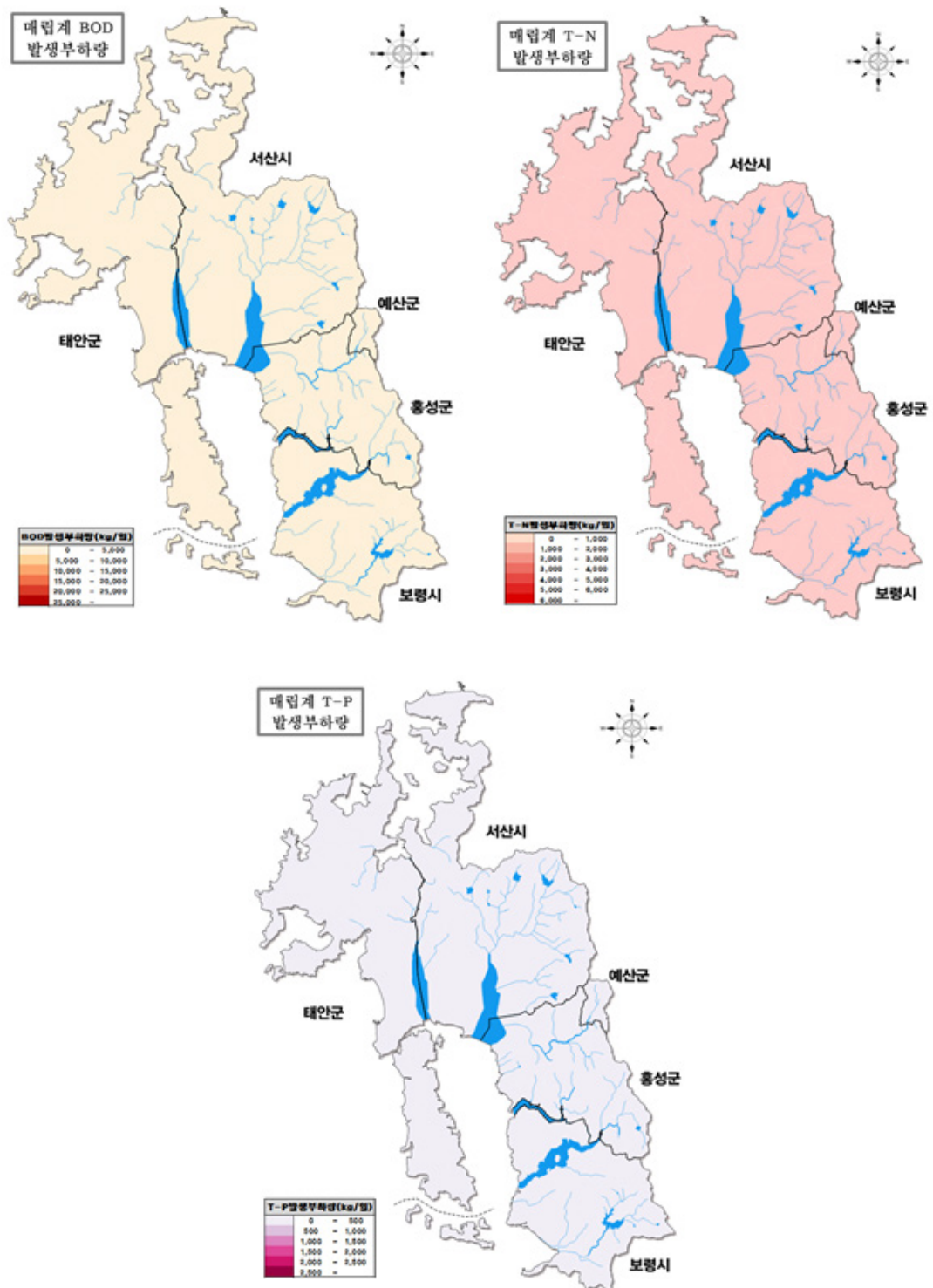
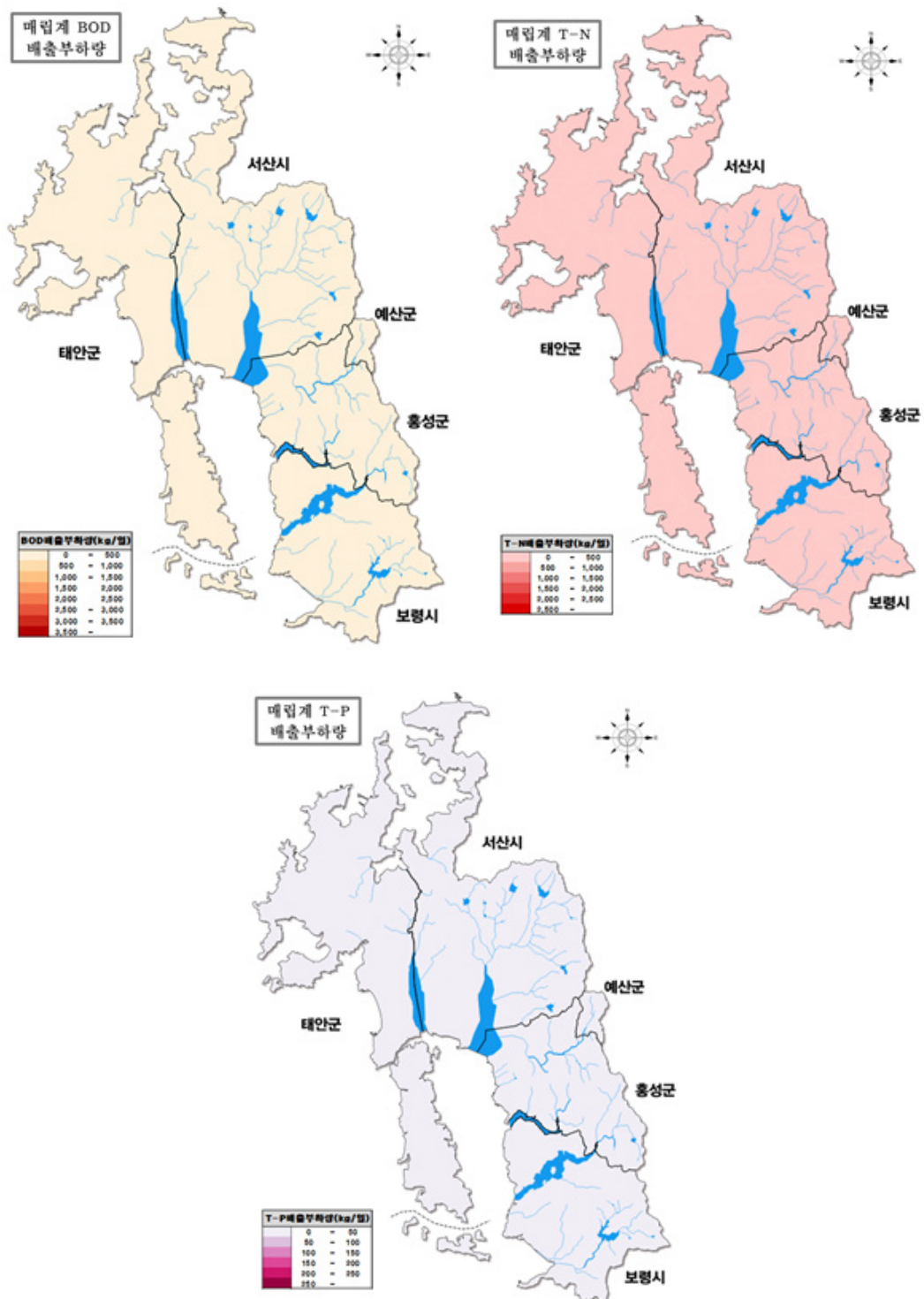


그림 43 매립계 배출부하량



3.7 총 발생 및 배출부하량

- 총 발생부하량은 BOD 기준 260,138.5kg/일, T-N 기준 64,657.9kg/일, T-P 기준 19,288.1kg/일로 산정되었음
 - 총 발생부하량은 천수만15, 천수만53, 천수만7 순으로 높은 것으로 나타났음
- 총 배출부하량은 BOD 기준 40,863.4kg/일, T-N 기준 26,276.2kg/일, T-P 기준 2,738.4kg/일로 산정되었음
 - 총 배출부하량은 천수만38, 천수만15, 천수만8 순으로 높은 것으로 나타났음

<표 42> 자치단체 및 소유역별 총 발생 및 배출부하량

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
보령시	천수만1	1,092.1	299.3	40.2	486.4	167.7	17.3
	천수만2	3,079.1	762.0	108.1	1,028.5	428.8	40.5
	천수만3	3,999.6	1,005.9	327.9	666.8	365.1	38.8
	천수만4	8,541.7	2,085.0	576.1	1,955.1	1,049.3	101.2
	천수만5	1,084.6	287.6	78.7	201.6	127.8	11.7
	천수만6	4,707.2	1,259.1	377.4	684.4	394.6	41.8
	천수만7	22,462.1	4,997.5	1,541.1	2,120.2	1,242.8	120.4
	천수만8	17,660.3	4,435.5	1,584.8	2,503.5	1,383.9	157.1
	천수만9	5,365.1	1,362.6	562.0	562.1	359.5	45.6
	천수만11	25.2	11.4	1.0	22.7	10.1	1.0
	천수만13	10,855.1	2,732.6	1,081.4	1,045.1	695.0	85.0
	천수만15	25,557.9	6,503.8	2,724.8	2,467.5	1,654.3	213.7
	천수만17	128.3	66.8	12.4	111.9	57.5	10.7
	합계	104,558.3	25,809.1	9,015.9	13,855.8	7,936.4	884.8
서산시	천수만22	568.1	147.1	37.6	94.2	58.4	5.5
	천수만23	6,560.0	1,803.0	510.5	1,277.1	821.1	83.8
	천수만25	3,309.6	1,010.6	290.7	604.6	472.3	47.3
	천수만27	513.3	162.5	32.7	140.7	97.0	8.5
	천수만28	1,590.4	420.2	102.1	402.0	229.4	22.6

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
서산시	천수만29	2,269.2	596.2	207.7	359.0	219.6	24.2
	천수만31	2,799.3	782.7	160.9	1,331.6	1,197.0	97.4
	천수만32	2,043.7	645.8	149.4	494.9	369.2	33.6
	천수만34	2,403.9	599.6	165.1	355.4	226.5	21.2
	천수만35	423.1	113.9	31.6	81.4	52.1	4.8
	천수만36	2,529.0	643.5	185.9	479.9	297.1	30.2
	천수만37	3,465.1	950.3	231.2	918.4	547.4	54.6
	천수만38	7,978.8	2,048.6	300.4	3,637.7	2,645.8	256.1
	천수만40	951.3	292.6	55.0	311.2	171.9	15.5
	천수만41	1,042.4	302.8	94.2	192.1	131.8	13.8
	천수만43	522.9	176.4	39.3	153.3	107.3	9.0
	천수만45	893.2	267.8	64.5	211.7	140.9	12.5
	천수만46	590.3	161.1	37.9	117.7	78.8	7.0
	천수만48	530.5	156.6	35.0	145.2	86.4	7.9
	천수만49	11.3	5.3	0.4	8.5	4.9	0.4
	천수만50	1,124.6	317.0	65.7	294.0	178.3	15.3
	천수만52	316.3	116.1	17.2	109.4	69.7	6.2
	천수만53	25,550.1	3,042.2	126.7	1,483.3	844.8	60.2
	합계	67,986.4	14,761.9	2,941.7	13,203.3	9,047.7	837.6
예산군	천수만21	3,167.6	817.9	286.9	453.3	278.7	32.7
	합계	3,167.6	817.9	286.9	453.3	278.7	32.7
태안군	천수만11	1,885.3	656.1	106.9	467.9	355.3	29.7
	천수만17	2,095.7	753.2	120.3	569.7	429.4	35.7
	천수만22	205.3	120.5	10.6	128.5	105.9	9.0
	천수만24	1,505.7	507.7	78.1	631.0	335.1	30.2
	천수만26	721.2	286.7	28.9	376.6	223.7	19.1
	천수만30	2,778.9	893.6	94.5	1,008.8	644.3	59.5
	천수만33	369.8	172.9	15.2	204.3	144.7	12.0

시군구	소유역	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)		
		BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
태안군	천수만35	712.4	240.0	47.0	243.5	228.1	20.6
	천수만39	1,135.4	333.4	114.7	169.7	141.4	17.0
	천수만41	667.0	203.0	51.2	132.5	93.8	8.3
	천수만42	183.7	82.3	11.5	85.4	64.0	5.2
	천수만44	218.8	91.9	8.6	114.1	70.8	6.2
	천수만47	587.8	373.2	38.8	247.0	149.2	12.8
	천수만49	1,713.9	606.5	112.3	545.7	372.4	32.1
	천수만51	776.6	884.9	48.1	467.9	276.9	22.7
	합계	15,557.5	6,205.9	886.7	5,392.6	3,635.0	320.1
홍성군	천수만9	6,523.7	1,483.5	500.4	769.8	507.1	59.9
	천수만10	13,005.8	3,308.5	1,320.3	1,219.2	941.9	125.3
	천수만12	6,950.1	1,765.3	731.7	602.8	493.8	71.7
	천수만13	7,969.3	2,029.0	823.2	729.3	578.3	80.3
	천수만14	4,824.7	947.1	170.5	649.2	304.0	31.8
	천수만15	483.4	128.4	43.8	77.0	49.6	5.6
	천수만16	8,820.2	2,224.3	829.2	943.0	690.1	89.0
	천수만18	7,154.7	1,807.3	634.0	1,018.8	599.3	69.0
	천수만19	1,775.0	478.5	145.4	323.1	196.2	19.6
	천수만20	5,705.6	1,420.7	498.2	714.3	451.4	51.0
	천수만21	2,554.7	633.6	216.1	342.4	209.6	22.5
	천수만23	3,101.5	836.9	244.4	569.8	356.8	37.1
	합계	68,868.7	17,063.1	6,157.2	7,958.7	5,378.1	662.8
총합계		260,138.5	64,657.9	19,288.1	40,863.4	26,276.2	2,738.4

- BOD 발생부하량 기준으로 축산계, 산업계, 생활계 순으로 많은 것으로 나타났음
 - 축산계 오염원이 BOD 기준 74.0%, T-N 기준 71.0%, T-P 기준 91.9%로 전체 오염원 그룹 가운데 가장 큰 비율을 차지하는 것으로 나타났음

<표 43> 오염원 그룹별 총 발생부하량

오염원그룹	BOD(kg/일)	비율(%)	T-N(kg/일)	비율(%)	T-P(kg/일)	비율(%)
생활계	24,936.6	9.6	6,577.8	10.2	710.8	3.7
축산계	192,572.7	74.0	45,884.2	71.0	17,728.5	91.9
산업계	28,808.3	11.1	4,214.8	6.5	164.5	0.9
토지계	13,590.7	5.2	7,935.0	12.3	672.3	3.5
양식계	229.9	0.1	46.0	0.1	12.0	0.1
매립계	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
총합계	260,138.5	100.0	64,657.9	100.0	19,288.1	100.0

- BOD 배출부하량 기준으로 축산계, 토지계, 생활계 순으로 많은 것으로 나타났음
 - 축산계 오염원이 BOD 기준 40.8%, T-N 기준 42.4%, T-P 기준 51.0%로 전체 오염원 그룹 가운데 가장 큰 비율을 차지하는 것으로 나타났음

<표 44> 오염원 그룹별 총 배출부하량

오염원그룹	BOD(kg/일)	비율(%)	T-N(kg/일)	비율(%)	T-P(kg/일)	비율(%)
생활계	9,667.5	23.7	5,735.6	21.8	561.4	20.5
축산계	16,684.6	40.8	11,141.1	42.4	1,396.6	51.0
산업계	449.3	1.1	674.8	2.6	35.9	1.3
토지계	13,832.0	33.9	8,678.7	33.0	732.5	26.7
양식계	230.0	0.6	46.0	0.2	12.0	0.4
매립계	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총합계	40,863.4	100.0	26,276.2	100.0	2,738.4	100.0

<표 45> 소유역 및 오염원 그룹별 총 BOD 배출부하량

소유역	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
천수만1	486.4	257.4	16.1	0.6	212.3	0.0	0.0
천수만2	1,028.5	657.4	40.4	2.3	328.4	0.0	0.0
천수만3	666.8	152.2	320.5	0.2	193.9	0.0	0.0
천수만4	1,955.1	666.9	558.5	6.0	723.7	0.0	0.0
천수만5	201.6	35.5	86.2	0.0	79.9	0.0	0.0
천수만6	684.4	170.1	324.0	5.2	185.1	0.0	0.0
천수만7	2,120.2	32.7	2,011.5	0.0	76.0	0.0	0.0
천수만8	2,503.5	572.8	1,474.6	0.7	455.4	0.0	0.0
천수만9	1,331.9	152.1	881.0	15.3	254.0	29.5	0.0
천수만10	1,219.2	34.6	1,006.1	1.3	177.2	0.0	0.0
천수만11	490.5	107.5	69.4	0.8	312.8	0.0	0.0
천수만12	602.8	15.6	497.7	0.0	89.5	0.0	0.0
천수만13	1,774.3	40.9	1,556.0	0.0	177.4	0.0	0.0
천수만14	649.2	118.6	129.2	57.7	236.5	107.2	0.0
천수만15	2,544.5	60.3	2,311.6	0.6	172.0	0.0	0.0
천수만16	943.0	70.1	632.8	0.2	239.9	0.0	0.0
천수만17	681.6	161.6	73.6	1.8	444.6	0.0	0.0
천수만18	1,018.8	78.2	580.6	0.0	291.7	68.3	0.0
천수만19	323.1	71.9	135.4	0.0	115.8	0.0	0.0
천수만20	714.3	56.4	457.8	0.1	200.0	0.0	0.0
천수만21	795.6	113.6	449.1	0.0	232.9	0.0	0.0
천수만22	222.8	34.2	43.5	0.2	144.9	0.0	0.0
천수만23	1,846.8	354.7	707.6	14.0	756.1	14.4	0.0
천수만24	631.0	96.6	48.4	0.2	485.8	0.0	0.0
천수만25	604.6	68.5	257.3	0.2	278.6	0.0	0.0
천수만26	376.6	92.9	5.8	1.2	276.7	0.0	0.0
천수만27	140.7	33.6	29.3	0.1	77.7	0.0	0.0
천수만28	402.0	123.8	105.9	0.1	172.2	0.0	0.0

소유역	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
천수만29	359.0	71.3	183.8	0.0	103.9	0.0	0.0
천수만30	1,008.8	412.4	6.9	3.7	585.8	0.0	0.0
천수만31	1,331.6	635.9	134.8	2.5	558.4	0.0	0.0
천수만32	494.9	100.8	146.8	1.5	245.8	0.0	0.0
천수만33	204.3	51.5	0.1	0.0	152.7	0.0	0.0
천수만34	355.4	44.4	199.5	0.0	111.5	0.0	0.0
천수만35	324.9	89.8	64.3	1.4	169.4	0.0	0.0
천수만36	479.9	137.5	182.4	2.0	158.0	0.0	0.0
천수만37	918.4	344.6	208.4	0.4	365.0	0.0	0.0
천수만38	3,637.7	2,531.9	121.1	6.4	978.3	0.0	0.0
천수만39	169.7	23.0	64.7	0.0	82.0	0.0	0.0
천수만40	311.2	93.6	48.9	0.0	168.7	0.0	0.0
천수만41	324.5	58.7	124.3	3.0	138.5	0.0	0.0
천수만42	85.4	15.8	7.7	0.0	61.9	0.0	0.0
천수만43	153.3	37.1	34.6	0.0	81.6	0.0	0.0
천수만44	114.1	28.2	0.1	0.0	85.8	0.0	0.0
천수만45	211.7	52.3	64.2	0.0	95.2	0.0	0.0
천수만46	117.7	26.3	44.2	0.0	47.2	0.0	0.0
천수만47	247.0	30.6	20.2	1.7	192.3	2.2	0.0
천수만48	145.2	42.7	36.1	0.0	66.3	0.1	0.0
천수만49	554.2	95.5	78.6	0.3	379.8	0.0	0.0
천수만50	294.0	107.5	52.9	0.6	132.8	0.2	0.0
천수만51	467.9	59.7	13.7	6.0	380.5	8.0	0.0
천수만52	109.4	39.5	7.4	0.1	62.4	0.0	0.0
천수만53	1,483.3	106.1	28.7	311.0	1,037.5	0.0	0.0
총합계	40,863.3	9,667.5	16,684.6	449.3	13,832.0	230.0	0.0

<표 46> 소유역 및 오염원 그룹별 총 T-N 배출부하량

소유역	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
천수만1	167.7	78.2	8.7	0.3	80.5	0.0	0.0
천수만2	428.8	284.0	22.5	0.5	121.8	0.0	0.0
천수만3	365.1	45.2	193.9	0.1	125.9	0.0	0.0
천수만4	1,049.3	380.1	329.4	8.9	330.9	0.0	0.0
천수만5	127.8	8.7	47.9	0.0	71.2	0.0	0.0
천수만6	394.6	53.4	205.5	11.3	124.4	0.0	0.0
천수만7	1,242.8	8.0	1,182.7	0.0	52.1	0.0	0.0
천수만8	1,383.9	178.6	939.5	0.3	265.5	0.0	0.0
천수만9	866.7	100.7	603.3	5.3	151.5	5.9	0.0
천수만10	941.9	20.5	786.1	0.8	134.5	0.0	0.0
천수만11	365.3	67.6	43.6	0.3	253.8	0.0	0.0
천수만12	493.8	8.1	437.4	0.0	48.3	0.0	0.0
천수만13	1,273.3	18.0	1,133.1	0.0	122.2	0.0	0.0
천수만14	304.0	57.4	79.5	20.0	125.7	21.4	0.0
천수만15	1,703.9	20.2	1,549.8	0.1	133.8	0.0	0.0
천수만16	690.1	28.2	521.2	0.6	140.1	0.0	0.0
천수만17	487.0	86.5	46.6	4.0	349.9	0.0	0.0
천수만18	599.3	35.4	380.5	0.0	169.7	13.7	0.0
천수만19	196.2	29.8	84.7	0.0	81.7	0.0	0.0
천수만20	451.4	22.7	308.8	0.1	119.8	0.0	0.0
천수만21	488.3	41.5	302.1	0.0	144.7	0.0	0.0
천수만22	164.3	19.3	25.6	0.1	119.3	0.0	0.0
천수만23	1,178.0	141.6	448.9	3.4	581.2	2.9	0.0
천수만24	335.1	54.4	30.1	0.0	250.6	0.0	0.0
천수만25	472.3	24.2	163.6	0.2	284.3	0.0	0.0
천수만26	223.7	54.7	3.4	0.1	165.5	0.0	0.0
천수만27	97.0	13.5	16.7	0.0	66.8	0.0	0.0
천수만28	229.4	63.9	60.6	0.1	104.8	0.0	0.0

소유역	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
천수만29	219.6	33.7	118.2	0.0	67.7	0.0	0.0
천수만30	644.3	294.4	4.9	0.4	344.6	0.0	0.0
천수만31	1,197.0	636.8	82.8	1.2	476.2	0.0	0.0
천수만32	369.2	32.4	85.3	1.0	250.5	0.0	0.0
천수만33	144.7	32.2	0.2	0.0	112.3	0.0	0.0
천수만34	226.5	17.0	117.0	0.0	92.5	0.0	0.0
천수만35	280.1	100.5	40.5	0.2	138.9	0.0	0.0
천수만36	297.1	81.6	111.4	0.8	103.3	0.0	0.0
천수만37	547.4	198.9	125.0	0.3	223.2	0.0	0.0
천수만38	2,645.8	1,990.5	75.1	3.5	576.7	0.0	0.0
천수만39	141.4	9.0	67.1	0.0	65.3	0.0	0.0
천수만40	171.9	37.5	29.5	0.0	104.9	0.0	0.0
천수만41	225.7	29.1	83.9	2.2	110.5	0.0	0.0
천수만42	64.0	6.1	4.5	0.0	53.4	0.0	0.0
천수만43	107.3	11.6	21.1	0.0	74.6	0.0	0.0
천수만44	70.8	17.0	0.1	0.0	53.7	0.0	0.0
천수만45	140.9	16.7	38.8	0.0	85.4	0.0	0.0
천수만46	78.8	12.3	25.8	0.0	40.7	0.0	0.0
천수만47	149.2	17.4	14.2	11.1	106.1	0.4	0.0
천수만48	86.4	13.5	21.3	0.0	51.6	0.0	0.0
천수만49	377.4	46.7	54.0	0.0	276.7	0.0	0.0
천수만50	178.3	65.1	32.6	0.2	80.4	0.0	0.0
천수만51	276.9	30.6	8.9	40.5	195.3	1.6	0.0
천수만52	69.7	17.0	6.1	0.1	46.5	0.0	0.0
천수만53	844.8	43.9	17.1	556.8	227.0	0.0	0.0
총합계	26,276.2	5,735.6	11,141.1	674.8	8,678.7	46.0	0.0

<표 47> 소유역 및 오염원 그룹별 총 T-P 배출부하량

소유역	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
천수만1	17.3	8.4	0.8	0.1	8.0	0.0	0.0
천수만2	40.5	25.1	2.5	0.5	12.4	0.0	0.0
천수만3	38.8	5.2	23.2	0.1	10.3	0.0	0.0
천수만4	101.2	31.6	37.2	1.0	31.4	0.0	0.0
천수만5	11.7	1.1	5.3	0.0	5.3	0.0	0.0
천수만6	41.8	6.0	25.6	0.4	9.8	0.0	0.0
천수만7	120.4	1.0	115.0	0.0	4.4	0.0	0.0
천수만8	157.1	19.7	114.9	0.2	22.3	0.0	0.0
천수만9	105.6	9.9	80.3	0.6	13.3	1.5	0.0
천수만10	125.3	2.1	112.6	0.3	10.3	0.0	0.0
천수만11	30.7	7.0	4.9	0.0	18.8	0.0	0.0
천수만12	71.7	0.8	67.0	0.0	3.9	0.0	0.0
천수만13	165.3	1.9	154.0	0.0	9.4	0.0	0.0
천수만14	31.8	5.9	8.3	1.4	10.6	5.6	0.0
천수만15	219.3	2.3	206.8	0.0	10.2	0.0	0.0
천수만16	89.0	3.0	74.7	0.1	11.2	0.0	0.0
천수만17	46.4	9.2	5.4	5.9	25.9	0.0	0.0
천수만18	69.0	3.8	47.2	0.0	14.4	3.6	0.0
천수만19	19.6	3.1	10.1	0.0	6.4	0.0	0.0
천수만20	51.0	2.5	39.0	0.0	9.5	0.0	0.0
천수만21	55.2	4.4	38.7	0.0	12.1	0.0	0.0
천수만22	14.7	2.0	2.5	0.0	10.2	0.0	0.0
천수만23	120.9	16.4	52.6	0.3	50.9	0.7	0.0
천수만24	30.2	5.6	3.2	0.0	21.4	0.0	0.0
천수만25	47.3	2.8	19.7	0.0	24.8	0.0	0.0
천수만26	19.1	5.6	0.3	0.1	13.1	0.0	0.0
천수만27	8.5	1.5	1.8	0.0	5.2	0.0	0.0
천수만28	22.6	6.9	6.4	0.0	9.3	0.0	0.0

소유역	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
천수만29	24.2	3.7	14.9	0.0	5.6	0.0	0.0
천수만30	59.5	28.3	0.5	0.1	30.6	0.0	0.0
천수만31	97.4	50.8	8.9	0.1	37.6	0.0	0.0
천수만32	33.6	4.0	9.4	0.1	20.1	0.0	0.0
천수만33	12.0	3.3	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0
천수만34	21.2	2.0	11.6	0.0	7.6	0.0	0.0
천수만35	25.5	9.7	4.7	0.1	11.0	0.0	0.0
천수만36	30.2	8.9	12.9	0.0	8.4	0.0	0.0
천수만37	54.6	20.9	14.3	0.0	19.4	0.0	0.0
천수만38	256.1	196.5	8.6	0.6	50.4	0.0	0.0
천수만39	17.0	1.0	10.9	0.0	5.1	0.0	0.0
천수만40	15.5	4.5	3.0	0.0	8.0	0.0	0.0
천수만41	22.1	3.1	10.0	0.3	8.7	0.0	0.0
천수만42	5.2	0.6	0.5	0.0	4.1	0.0	0.0
천수만43	9.0	1.4	2.5	0.0	5.1	0.0	0.0
천수만44	6.2	1.7	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0
천수만45	12.5	2.0	4.2	0.0	6.3	0.0	0.0
천수만46	7.0	1.4	2.5	0.0	3.1	0.0	0.0
천수만47	12.8	1.8	1.6	0.1	9.2	0.1	0.0
천수만48	7.9	1.6	2.2	0.0	4.1	0.0	0.0
천수만49	32.5	4.9	6.5	0.0	21.1	0.0	0.0
천수만50	15.3	5.0	3.7	0.0	6.6	0.0	0.0
천수만51	22.7	3.2	0.9	0.3	17.9	0.4	0.0
천수만52	6.2	1.9	0.7	0.0	3.6	0.0	0.0
천수만53	60.2	4.6	1.7	23.2	30.7	0.0	0.0
총합계	2,738.4	561.4	1,396.6	35.9	732.5	12.0	0.0

그림 44 총 발생부하량

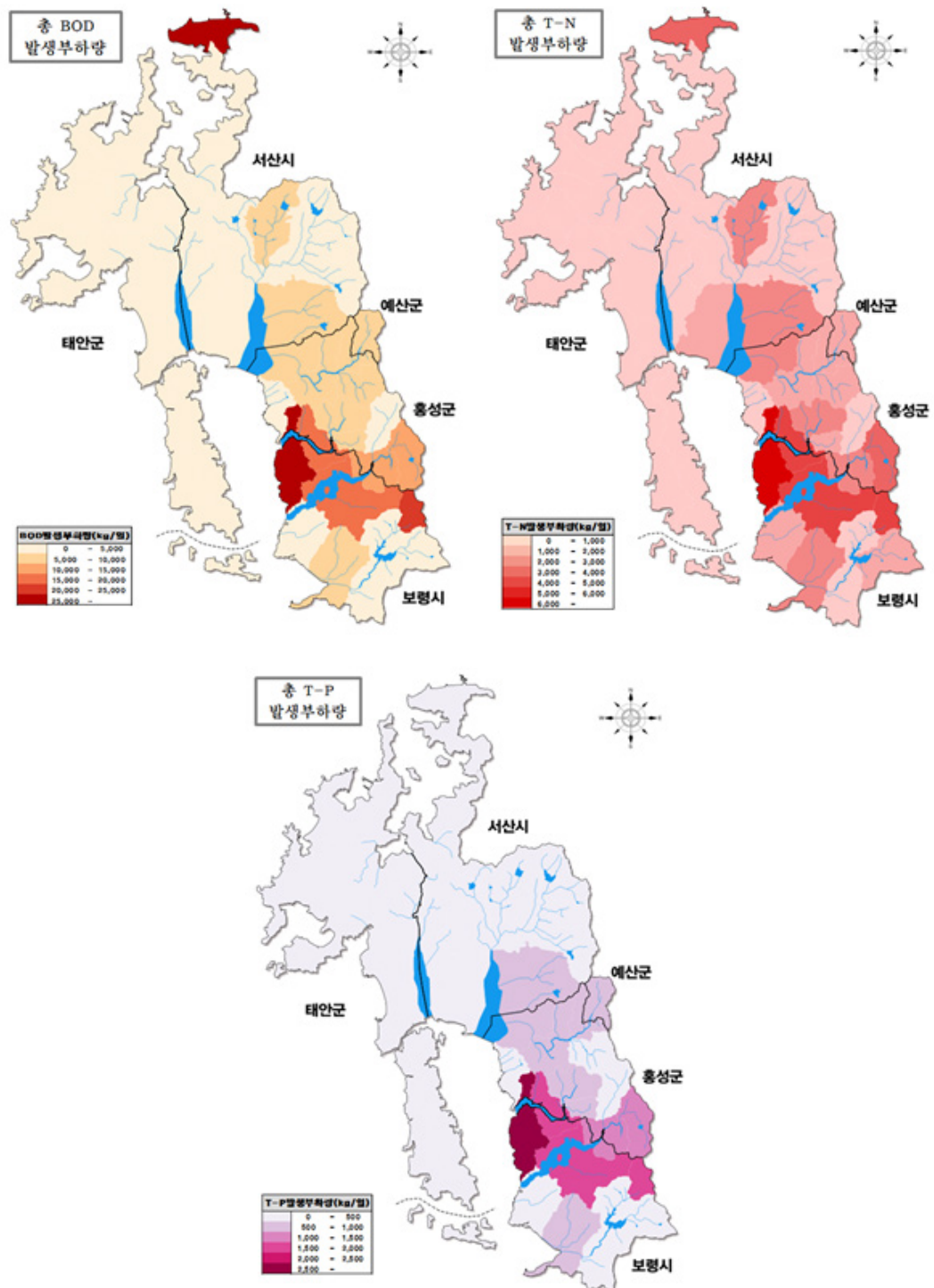
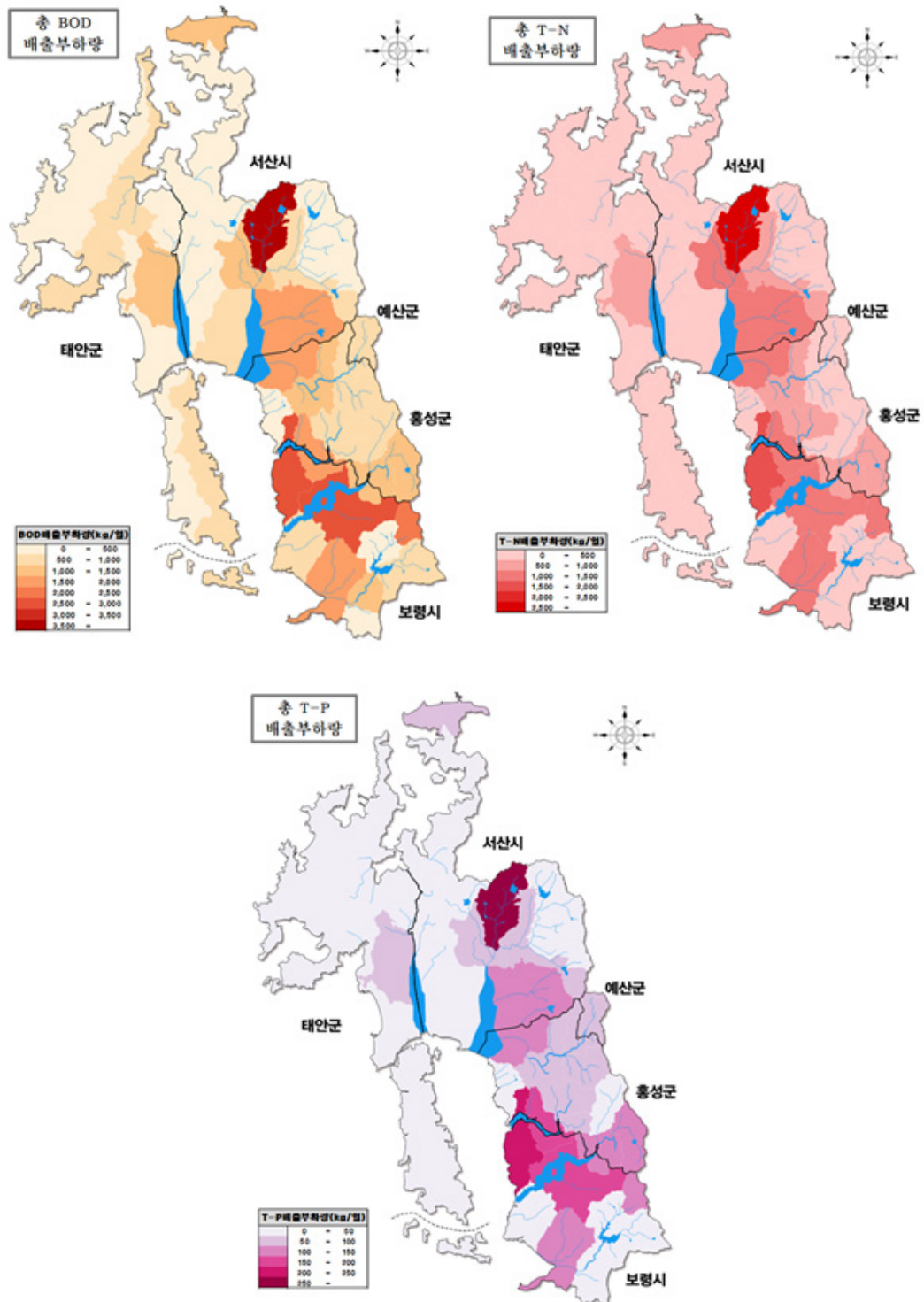


그림 45 총 배출부하량



4. 오염부하밀도

- 오염부하밀도는 유역면적당 발생 및 배출부하량을 나타내는 것으로, 해당 유역의 오염물질 양을 유역면적으로 나누어 산정
- 오염원의 정확한 진단을 위해 소유역별로 구분하여 분석하였음

4.1 총 부하밀도

- 총 발생부하밀도는 BOD 기준으로 보령시에 속한 천수만7 유역이 1,673.8kg/일/km²로 가장 높은 것으로 나타났으며, 다음으로 보령시에 속한 천수만13 유역이 996.8kg/일/km², 서산시에 속한 천수만53 유역이 977.8kg/일/km²로 나타났음
- 총 배출부하밀도는 BOD 기준으로 보령시에 속한 천수만7 유역이 158.0kg/일/km²로 가장 높은 것으로 나타났으며, 다음으로 보령시에 속한 천수만13 유역이 96.0kg/일/km², 서산시에 속한 천수만38 유역이 82.2kg/일/km²로 나타났음
- 총 BOD 발생 및 배출부하밀도는 천수만7 유역이 가장 높은 것으로 나타났음

<표 48> 자치단체 및 소유역별 총 BOD부하밀도

시군구	소유역	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일/km ²)	배출밀도 (kg/일/km ²)
보령시	천수만1	1,092.1	486.4	13.8	79.3	35.3
	천수만2	3,079.1	1,028.5	17.0	180.7	60.4
	천수만3	3,999.6	666.8	34.8	114.9	19.2
	천수만4	8,541.7	1,955.1	48.8	174.9	40.0
	천수만5	1,084.6	201.6	23.0	47.1	8.8
	천수만6	4,707.2	684.4	37.3	126.3	18.4
	천수만7	22,462.1	2,120.2	13.4	1,673.8	158.0
	천수만8	17,660.3	2,503.5	66.3	266.6	37.8
	천수만9	5,365.1	562.1	9.0	599.5	62.8
	천수만11	25.2	22.7	1.8	13.8	12.5
	천수만13	10,855.1	1,045.1	10.9	996.8	96.0
	천수만15	25,557.9	2,467.5	30.6	835.2	80.6

시군구	소유역	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일/km ²)	배출밀도 (kg/일/km ²)
보령시	천수만17	128.3	111.9	9.1	14.1	12.3
	합계	104,558.3	13,855.8	315.8	331.1	43.9
서산시	천수만22	568.1	94.2	6.9	82.9	13.8
	천수만23	6,560.0	1,277.1	77.7	84.4	16.4
	천수만25	3,309.6	604.6	61.7	53.7	9.8
	천수만27	513.3	140.7	12.2	42.2	11.6
	천수만28	1,590.4	402.0	23.0	69.3	17.5
	천수만29	2,269.2	359.0	15.7	144.9	22.9
	천수만31	2,799.3	1,331.6	32.7	85.6	40.7
	천수만32	2,043.7	494.9	46.3	44.1	10.7
	천수만34	2,403.9	355.4	20.7	116.3	17.2
	천수만35	423.1	81.4	5.0	83.9	16.2
	천수만36	2,529.0	479.9	21.2	119.3	22.6
	천수만37	3,465.1	918.4	45.1	76.8	20.4
	천수만38	7,978.8	3,637.7	44.3	180.3	82.2
	천수만40	951.3	311.2	18.6	51.0	16.7
	천수만41	1,042.4	192.1	12.7	82.0	15.1
	천수만43	522.9	153.3	17.2	30.4	8.9
	천수만45	893.2	211.7	18.9	47.4	11.2
	천수만46	590.3	117.7	9.7	60.8	12.1
	천수만48	530.5	145.2	11.6	45.7	12.5
	천수만49	11.3	8.5	1.0	11.2	8.4
	천수만50	1,124.6	294.0	19.6	57.4	15.0
	천수만52	316.3	109.4	12.9	24.4	8.5
	천수만53	25,550.1	1,483.3	26.1	977.8	56.8
	합계	67,986.4	13,203.3	560.7	121.3	23.5
예산군	천수만21	3,167.6	453.3	18.9	167.8	24.0
	합계	3,167.6	453.3	18.9	167.8	24.0

시군구	소유역	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일/km ²)	배출밀도 (kg/일/km ²)
태안군	천수만11	1,885.3	467.9	54.7	34.4	8.5
	천수만17	2,095.7	569.7	65.8	31.9	8.7
	천수만22	205.3	128.5	19.9	10.3	6.5
	천수만24	1,505.7	631.0	52.8	28.5	12.0
	천수만26	721.2	376.6	35.2	20.5	10.7
	천수만30	2,778.9	1,008.8	55.1	50.4	18.3
	천수만33	369.8	204.3	29.4	12.6	6.9
	천수만35	712.4	243.5	16.4	43.3	14.8
	천수만39	1,135.4	169.7	18.0	62.9	9.4
	천수만41	667.0	132.5	11.8	56.4	11.2
	천수만42	183.7	85.4	13.8	13.4	6.2
	천수만44	218.8	114.1	15.5	14.1	7.4
	천수만47	587.8	247.0	25.5	23.0	9.7
	천수만49	1,713.9	545.7	63.4	27.0	8.6
	천수만51	776.6	467.9	37.5	20.7	12.5
	합계	15,557.5	5,392.6	515.0	30.2	10.5
홍성군	천수만9	6,523.7	769.8	18.2	358.1	42.3
	천수만10	13,005.8	1,219.2	27.0	481.3	45.1
	천수만12	6,950.1	602.8	9.3	751.4	65.2
	천수만13	7,969.3	729.3	16.1	495.3	45.3
	천수만14	4,824.7	649.2	25.0	193.0	26.0
	천수만15	483.4	77.0	5.7	84.2	13.4
	천수만16	8,820.2	943.0	26.1	338.5	36.2
	천수만18	7,154.7	1,018.8	36.1	198.0	28.2
	천수만19	1,775.0	323.1	19.0	93.3	17.0
	천수만20	5,705.6	714.3	24.0	237.3	29.7
	천수만21	2,554.7	342.4	16.5	154.8	20.8
	천수만23	3,101.5	569.8	36.3	85.4	15.7
	합계	68,868.7	7,958.7	259.4	265.5	30.7
총합계		260,138.5	40,863.4	1,669.7	155.8	24.5

- 총 발생부하밀도는 T-N 기준으로 보령시에 속한 천수만7 유역이 372.4kg/일/km²로 가장 높은 것으로 나타났으며, 다음으로 보령시에 속한 천수만13 유역이 250.9kg/일/km², 보령시에 속한 천수만15 유역이 212.5kg/일/km²로 나타났음
- 총 배출부하밀도는 T-N 기준으로 보령시에 속한 천수만7 유역이 92.6kg/일/km²로 가장 높은 것으로 나타났으며, 다음으로 보령시에 속한 천수만13 유역이 63.8kg/일/km², 서산시에 속한 천수만38 유역이 59.8kg/일/km²로 나타났음
- 총 T-N 발생 및 배출부하밀도는 천수만7 유역이 가장 높은 것으로 나타났음

<표 49> 자치단체 및 소유역별 총 T-N부하밀도

시군구	소유역	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일/km ²)	배출밀도 (kg/일/km ²)
보령시	천수만1	299.3	167.7	13.8	21.7	12.2
	천수만2	762.0	428.8	17.0	44.7	25.2
	천수만3	1,005.9	365.1	34.8	28.9	10.5
	천수만4	2,085.0	1,049.3	48.8	42.7	21.5
	천수만5	287.6	127.8	23.0	12.5	5.5
	천수만6	1,259.1	394.6	37.3	33.8	10.6
	천수만7	4,997.5	1,242.8	13.4	372.4	92.6
	천수만8	4,435.5	1,383.9	66.3	67.0	20.9
	천수만9	1,362.6	359.5	9.0	152.2	40.2
	천수만11	11.4	10.1	1.8	6.3	5.5
	천수만13	2,732.6	695.0	10.9	250.9	63.8
	천수만15	6,503.8	1,654.3	30.6	212.5	54.1
	천수만17	66.8	57.5	9.1	7.3	6.3
	합계	25,809.1	7,936.4	315.8	81.7	25.1
서산시	천수만22	147.1	58.4	6.9	21.5	8.5
	천수만23	1,803.0	821.1	77.7	23.2	10.6
	천수만25	1,010.6	472.3	61.7	16.4	7.7
	천수만27	162.5	97.0	12.2	13.4	8.0
	천수만28	420.2	229.4	23.0	18.3	10.0
	천수만29	596.2	219.6	15.7	38.1	14.0

시군구	소유역	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일/km ²)	배출밀도 (kg/일/km ²)
서산시	천수만31	782.7	1,197.0	32.7	23.9	36.6
	천수만32	645.8	369.2	46.3	13.9	8.0
	천수만34	599.6	226.5	20.7	29.0	11.0
	천수만35	113.9	52.1	5.0	22.6	10.3
	천수만36	643.5	297.1	21.2	30.4	14.0
	천수만37	950.3	547.4	45.1	21.1	12.1
	천수만38	2,048.6	2,645.8	44.3	46.3	59.8
	천수만40	292.6	171.9	18.6	15.7	9.2
	천수만41	302.8	131.8	12.7	23.8	10.4
	천수만43	176.4	107.3	17.2	10.2	6.2
	천수만45	267.8	140.9	18.9	14.2	7.5
	천수만46	161.1	78.8	9.7	16.6	8.1
	천수만48	156.6	86.4	11.6	13.5	7.4
	천수만49	5.3	4.9	1.0	5.2	4.9
	천수만50	317.0	178.3	19.6	16.2	9.1
	천수만52	116.1	69.7	12.9	9.0	5.4
	천수만53	3,042.2	844.8	26.1	116.4	32.3
	합계	14,761.9	9,047.7	560.7	26.3	16.1
예산군	천수만21	817.9	278.7	18.9	43.3	14.8
	합계	817.9	278.7	18.9	43.3	14.8
태안군	천수만11	656.1	355.3	54.7	12.0	6.5
	천수만17	753.2	429.4	65.8	11.5	6.5
	천수만22	120.5	105.9	19.9	6.1	5.3
	천수만24	507.7	335.1	52.8	9.6	6.4
	천수만26	286.7	223.7	35.2	8.1	6.4
	천수만30	893.6	644.3	55.1	16.2	11.7
	천수만33	172.9	144.7	29.4	5.9	4.9
	천수만35	240.0	228.1	16.4	14.6	13.9

시군구	소유역	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일/km ²)	배출밀도 (kg/일/km ²)
태안군	천수만39	333.4	141.4	18.0	18.5	7.8
	천수만41	203.0	93.8	11.8	17.2	7.9
	천수만42	82.3	64.0	13.8	6.0	4.7
	천수만44	91.9	70.8	15.5	5.9	4.6
	천수만47	373.2	149.2	25.5	14.6	5.8
	천수만49	606.5	372.4	63.4	9.6	5.9
	천수만51	884.9	276.9	37.5	23.6	7.4
	합계	6,205.9	3,635.0	515.0	12.1	7.1
홍성군	천수만9	1,483.5	507.1	18.2	81.4	27.8
	천수만10	3,308.5	941.9	27.0	122.4	34.9
	천수만12	1,765.3	493.8	9.3	190.8	53.4
	천수만13	2,029.0	578.3	16.1	126.1	35.9
	천수만14	947.1	304.0	25.0	37.9	12.2
	천수만15	128.4	49.6	5.7	22.4	8.6
	천수만16	2,224.3	690.1	26.1	85.4	26.5
	천수만18	1,807.3	599.3	36.1	50.0	16.6
	천수만19	478.5	196.2	19.0	25.2	10.3
	천수만20	1,420.7	451.4	24.0	59.1	18.8
	천수만21	633.6	209.6	16.5	38.4	12.7
	천수만23	836.9	356.8	36.3	23.0	9.8
	합계	17,063.1	5,378.1	259.4	65.8	20.7
총합계		64,657.9	26,276.2	1,669.7	38.7	15.7

- 총 발생부하밀도는 T-P 기준으로 보령시에 속한 천수만7 유역이 114.8kg/일/km²로 가장 높은 것으로 나타났으며, 다음으로 보령시에 속한 천수만13 유역이 99.3kg/일/km², 보령시에 속한 천수만15 유역이 89.0kg/일/km²로 나타났음
- 총 배출부하밀도는 T-P 기준으로 보령시에 속한 천수만7 유역이 9.0kg/일/km²로 가장 높은 것으로 나타났으며, 다음으로 보령시에 속한 천수만13 유역이 7.8kg/일/km², 홍성군에 속한 천수만12 유역이 7.8kg/일/km²로 나타났음
- 총 T-P 발생 및 배출부하밀도는 천수만7 유역이 가장 높은 것으로 나타났음

<표 50> 자치단체 및 소유역별 총 T-P부하밀도

시군구	소유역	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일/km ²)	배출밀도 (kg/일/km ²)
보령시	천수만1	40.2	17.3	13.8	2.9	1.3
	천수만2	108.1	40.5	17.0	6.3	2.4
	천수만3	327.9	38.8	34.8	9.4	1.1
	천수만4	576.1	101.2	48.8	11.8	2.1
	천수만5	78.7	11.7	23.0	3.4	0.5
	천수만6	377.4	41.8	37.3	10.1	1.1
	천수만7	1,541.1	120.4	13.4	114.8	9.0
	천수만8	1,584.8	157.1	66.3	23.9	2.4
	천수만9	562.0	45.6	9.0	62.8	5.1
	천수만11	1.0	1.0	1.8	0.5	0.5
	천수만13	1,081.4	85.0	10.9	99.3	7.8
	천수만15	2,724.8	213.7	30.6	89.0	7.0
	천수만17	12.4	10.7	9.1	1.4	1.2
	합계	9,015.9	884.8	315.8	28.6	2.8
서산시	천수만22	37.6	5.5	6.9	5.5	0.8
	천수만23	510.5	83.8	77.7	6.6	1.1
	천수만25	290.7	47.3	61.7	4.7	0.8
	천수만27	32.7	8.5	12.2	2.7	0.7
	천수만28	102.1	22.6	23.0	4.4	1.0
	천수만29	207.7	24.2	15.7	13.3	1.5

시군구	소유역	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일/km ²)	배출밀도 (kg/일/km ²)
서산시	천수만31	160.9	97.4	32.7	4.9	3.0
	천수만32	149.4	33.6	46.3	3.2	0.7
	천수만34	165.1	21.2	20.7	8.0	1.0
	천수만35	31.6	4.8	5.0	6.3	1.0
	천수만36	185.9	30.2	21.2	8.8	1.4
	천수만37	231.2	54.6	45.1	5.1	1.2
	천수만38	300.4	256.1	44.3	6.8	5.8
	천수만40	55.0	15.5	18.6	3.0	0.8
	천수만41	94.2	13.8	12.7	7.4	1.1
	천수만43	39.3	9.0	17.2	2.3	0.5
	천수만45	64.5	12.5	18.9	3.4	0.7
	천수만46	37.9	7.0	9.7	3.9	0.7
	천수만48	35.0	7.9	11.6	3.0	0.7
	천수만49	0.4	0.4	1.0	0.4	0.4
	천수만50	65.7	15.3	19.6	3.4	0.8
	천수만52	17.2	6.2	12.9	1.3	0.5
	천수만53	126.7	60.2	26.1	4.8	2.3
	합계	2,941.7	837.6	560.7	5.2	1.5
예산군	천수만21	286.9	32.7	18.9	15.2	1.7
	합계	286.9	32.7	18.9	15.2	1.7
태안군	천수만11	106.9	29.7	54.7	2.0	0.5
	천수만17	120.3	35.7	65.8	1.8	0.5
	천수만22	10.6	9.0	19.9	0.5	0.5
	천수만24	78.1	30.2	52.8	1.5	0.6
	천수만26	28.9	19.1	35.2	0.8	0.5
	천수만30	94.5	59.5	55.1	1.7	1.1
	천수만33	15.2	12.0	29.4	0.5	0.4
	천수만35	47.0	20.6	16.4	2.9	1.3

시군구	소유역	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일/km ²)	배출밀도 (kg/일/km ²)
태안군	천수만39	114.7	17.0	18.0	6.4	0.9
	천수만41	51.2	8.3	11.8	4.3	0.7
	천수만42	11.5	5.2	13.8	0.8	0.4
	천수만44	8.6	6.2	15.5	0.6	0.4
	천수만47	38.8	12.8	25.5	1.5	0.5
	천수만49	112.3	32.1	63.4	1.8	0.5
	천수만51	48.1	22.7	37.5	1.3	0.6
	합계	886.7	320.1	515.0	1.7	0.6
홍성군	천수만9	500.4	59.9	18.2	27.5	3.3
	천수만10	1,320.3	125.3	27.0	48.9	4.6
	천수만12	731.7	71.7	9.3	79.1	7.8
	천수만13	823.2	80.3	16.1	51.2	5.0
	천수만14	170.5	31.8	25.0	6.8	1.3
	천수만15	43.8	5.6	5.7	7.6	1.0
	천수만16	829.2	89.0	26.1	31.8	3.4
	천수만18	634.0	69.0	36.1	17.5	1.9
	천수만19	145.4	19.6	19.0	7.6	1.0
	천수만20	498.2	51.0	24.0	20.7	2.1
	천수만21	216.1	22.5	16.5	13.1	1.4
	천수만23	244.4	37.1	36.3	6.7	1.0
	합계	6,157.2	662.8	259.4	23.7	2.6
총합계		19,288.1	2,738.4	1,669.7	11.6	1.6

<표 51> 소유역별 총 BOD 점 및 비점 배출부하밀도

소유역	점배출부하량 (kg/일)	비점배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	점배출부하밀도 (kg/일/km ²)	비점배출부하밀도 (kg/일/km ²)
천수만1	274.1	212.3	13.8	19.9	15.4
천수만2	700.1	328.4	17.0	41.1	19.3
천수만3	472.9	193.9	34.8	13.6	5.6
천수만4	1,231.4	723.7	48.8	25.2	14.8
천수만5	121.7	79.9	23.0	5.3	3.5
천수만6	499.3	185.1	37.3	13.4	5.0
천수만7	2,044.2	76.0	13.4	152.3	5.7
천수만8	2,048.1	455.4	66.3	30.9	6.9
천수만9	1,077.9	254.0	27.2	86.6	18.5
천수만10	1,042.0	177.2	27.0	38.6	6.6
천수만11	177.7	312.9	56.6	11.6	9.4
천수만12	513.3	89.5	9.3	55.5	9.7
천수만13	1,596.9	177.5	27.0	128.4	12.9
천수만14	412.7	236.5	25.0	16.5	9.5
천수만15	2,372.5	172.0	36.3	83.5	10.5
천수만16	703.1	239.9	26.1	27.0	9.2
천수만17	237.0	444.6	74.9	9.4	11.6
천수만18	727.1	291.7	36.1	20.1	8.1
천수만19	207.3	115.8	19.0	10.9	6.1
천수만20	514.3	200.0	24.0	21.4	8.3
천수만21	562.8	232.9	35.4	31.7	13.1
천수만22	77.8	144.9	26.8	9.2	11.1
천수만23	1,090.8	756.1	114.0	18.3	13.8
천수만24	145.2	485.8	52.8	2.8	9.2
천수만25	326.0	278.6	61.7	5.3	4.5
천수만26	99.9	276.7	35.2	2.8	7.9
천수만27	63.0	77.7	12.2	5.2	6.4
천수만28	229.8	172.2	23.0	10.0	7.5

소유역	점배출부하량 (kg/일)	비점배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	점배출부하밀도 (kg/일/km ²)	비점배출부하밀도 (kg/일/km ²)
천수만29	255.1	103.9	15.7	16.3	6.6
천수만30	423.0	585.8	55.1	7.7	10.6
천수만31	773.2	558.4	32.7	23.6	17.1
천수만32	249.1	245.8	46.3	5.4	5.3
천수만33	51.6	152.7	29.4	1.8	5.2
천수만34	243.9	111.5	20.7	11.8	5.4
천수만35	155.5	169.4	21.5	16.2	14.7
천수만36	321.9	158.0	21.2	15.2	7.5
천수만37	553.4	365.0	45.1	12.3	8.1
천수만38	2,659.4	978.3	44.3	60.1	22.1
천수만39	87.7	82.0	18.0	4.9	4.5
천수만40	142.5	168.7	18.6	7.6	9.1
천수만41	186.2	138.4	24.5	15.0	11.3
천수만42	23.5	61.9	13.8	1.7	4.5
천수만43	71.7	81.6	17.2	4.2	4.7
천수만44	28.3	85.8	15.5	1.8	5.5
천수만45	116.5	95.2	18.9	6.2	5.0
천수만46	70.5	47.2	9.7	7.3	4.9
천수만47	54.7	192.3	25.5	2.1	7.5
천수만48	78.9	66.3	11.6	6.8	5.7
천수만49	174.4	379.8	64.4	6.6	10.5
천수만50	161.2	132.8	19.6	8.2	6.8
천수만51	87.4	380.5	37.5	2.3	10.1
천수만52	47.0	62.4	12.9	3.6	4.8
천수만53	445.8	1,037.5	26.1	17.1	39.7
총합계	27,031.4	13,832.0	1,669.7	16.2	8.3

<표 52> 소유역별 총 T-N 점 및 비점 배출부하밀도

소유역	점배출부하량 (kg/일)	비점배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	점배출부하밀도 (kg/일/km ²)	비점배출부하밀도 (kg/일/km ²)
천수만1	87.2	80.5	13.8	6.3	5.8
천수만2	307.0	121.8	17.0	18.0	7.1
천수만3	239.2	125.9	34.8	6.9	3.6
천수만4	718.4	330.9	48.8	14.7	6.8
천수만5	56.6	71.2	23.0	2.5	3.1
천수만6	270.2	124.4	37.3	7.2	3.3
천수만7	1,190.7	52.1	13.4	88.7	3.9
천수만8	1,118.4	265.5	66.3	16.9	4.0
천수만9	715.2	151.4	27.2	57.3	10.7
천수만10	807.4	134.5	27.0	29.9	5.0
천수만11	111.5	253.9	56.6	3.9	8.1
천수만12	445.5	48.3	9.3	48.2	5.2
천수만13	1,151.1	122.2	27.0	90.7	9.1
천수만14	178.3	125.7	25.0	7.1	5.0
천수만15	1,570.1	133.8	36.3	55.3	7.4
천수만16	550.0	140.1	26.1	21.1	5.4
천수만17	137.0	349.9	74.9	3.9	9.0
천수만18	429.6	169.7	36.1	11.9	4.7
천수만19	114.5	81.7	19.0	6.0	4.3
천수만20	331.6	119.8	24.0	13.8	5.0
천수만21	343.6	144.7	35.4	19.3	8.2
천수만22	44.9	119.4	26.8	5.2	8.6
천수만23	596.7	581.2	114.0	10.2	10.2
천수만24	84.5	250.6	52.8	1.6	4.7
천수만25	188.0	284.3	61.7	3.0	4.6
천수만26	58.2	165.5	35.2	1.7	4.7
천수만27	30.2	66.8	12.2	2.5	5.5
천수만28	124.6	104.8	23.0	5.4	4.6

소유역	점배출부하량 (kg/일)	비점배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	점배출부하밀도 (kg/일/km ²)	비점배출부하밀도 (kg/일/km ²)
천수만29	151.9	67.7	15.7	9.7	4.3
천수만30	299.7	344.6	55.1	5.4	6.3
천수만31	720.8	476.2	32.7	22.0	14.6
천수만32	118.7	250.5	46.3	2.6	5.4
천수만33	32.4	112.3	29.4	1.1	3.8
천수만34	134.0	92.5	20.7	6.5	4.5
천수만35	141.3	138.9	21.5	12.0	12.3
천수만36	193.8	103.3	21.2	9.1	4.9
천수만37	324.2	223.2	45.1	7.2	4.9
천수만38	2,069.1	576.7	44.3	46.8	13.0
천수만39	76.1	65.3	18.0	4.2	3.6
천수만40	67.0	104.9	18.6	3.6	5.6
천수만41	115.1	110.5	24.5	9.3	9.0
천수만42	10.6	53.4	13.8	0.8	3.9
천수만43	32.7	74.6	17.2	1.9	4.3
천수만44	17.1	53.7	15.5	1.1	3.5
천수만45	55.5	85.4	18.9	2.9	4.5
천수만46	38.1	40.7	9.7	3.9	4.2
천수만47	43.1	106.1	25.5	1.7	4.2
천수만48	34.8	51.6	11.6	3.0	4.4
천수만49	100.6	276.7	64.4	3.0	7.8
천수만50	97.9	80.4	19.6	5.0	4.1
천수만51	81.6	195.3	37.5	2.2	5.2
천수만52	23.2	46.5	12.9	1.8	3.6
천수만53	617.8	227.0	26.1	23.6	8.7
총합계	17,597.5	8,678.7	1,669.7	10.5	5.2

<표 53> 소유역별 총 T-P 점 및 비점 배출부하밀도

소유역	점배출부하량 (kg/일)	비점배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	점배출부하밀도 (kg/일/km ²)	비점배출부하밀도 (kg/일/km ²)
천수만1	9.3	8.0	13.8	0.7	0.6
천수만2	28.1	12.4	17.0	1.6	0.7
천수만3	28.5	10.3	34.8	0.8	0.3
천수만4	69.8	31.4	48.8	1.4	0.6
천수만5	6.4	5.3	23.0	0.3	0.2
천수만6	32.0	9.8	37.3	0.9	0.3
천수만7	116.0	4.4	13.4	8.6	0.3
천수만8	134.8	22.3	66.3	2.0	0.3
천수만9	92.2	13.3	27.2	7.4	0.9
천수만10	115.0	10.3	27.0	4.3	0.4
천수만11	11.9	18.8	56.6	0.5	0.6
천수만12	67.8	3.9	9.3	7.3	0.4
천수만13	155.9	9.4	27.0	12.1	0.7
천수만14	21.2	10.6	25.0	0.8	0.4
천수만15	209.1	10.2	36.3	7.4	0.6
천수만16	77.8	11.2	26.1	3.0	0.4
천수만17	20.5	25.9	74.9	1.1	0.7
천수만18	54.6	14.4	36.1	1.5	0.4
천수만19	13.2	6.4	19.0	0.7	0.3
천수만20	41.5	9.5	24.0	1.7	0.4
천수만21	43.1	12.1	35.4	2.4	0.7
천수만22	4.4	10.1	26.8	0.5	0.7
천수만23	70.0	50.9	114.0	1.2	0.9
천수만24	8.8	21.4	52.8	0.2	0.4
천수만25	22.5	24.8	61.7	0.4	0.4
천수만26	6.0	13.1	35.2	0.2	0.4
천수만27	3.3	5.2	12.2	0.3	0.4
천수만28	13.3	9.3	23.0	0.6	0.4

소유역	점배출부하량 (kg/일)	비점배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	점배출부하밀도 (kg/일/km ²)	비점배출부하밀도 (kg/일/km ²)
천수만29	18.6	5.6	15.7	1.2	0.4
천수만30	28.9	30.6	55.1	0.5	0.6
천수만31	59.8	37.6	32.7	1.8	1.1
천수만32	13.5	20.1	46.3	0.3	0.4
천수만33	3.3	8.7	29.4	0.1	0.3
천수만34	13.6	7.6	20.7	0.7	0.4
천수만35	14.4	11.0	21.5	1.3	0.9
천수만36	21.8	8.4	21.2	1.0	0.4
천수만37	35.2	19.4	45.1	0.8	0.4
천수만38	205.7	50.4	44.3	4.6	1.1
천수만39	11.9	5.1	18.0	0.7	0.3
천수만40	7.5	8.0	18.6	0.4	0.4
천수만41	13.4	8.7	24.5	1.1	0.7
천수만42	1.1	4.1	13.8	0.1	0.3
천수만43	3.9	5.1	17.2	0.2	0.3
천수만44	1.7	4.5	15.5	0.1	0.3
천수만45	6.2	6.3	18.9	0.3	0.3
천수만46	3.9	3.1	9.7	0.4	0.3
천수만47	3.6	9.2	25.5	0.1	0.4
천수만48	3.8	4.1	11.6	0.3	0.4
천수만49	11.4	21.1	64.4	0.4	0.5
천수만50	8.7	6.6	19.6	0.4	0.3
천수만51	4.8	17.9	37.5	0.1	0.5
천수만52	2.6	3.6	12.9	0.2	0.3
천수만53	29.5	30.7	26.1	1.1	1.2
총합계	2,005.9	732.5	1,669.7	1.2	0.4

그림 46 총 발생부하밀도

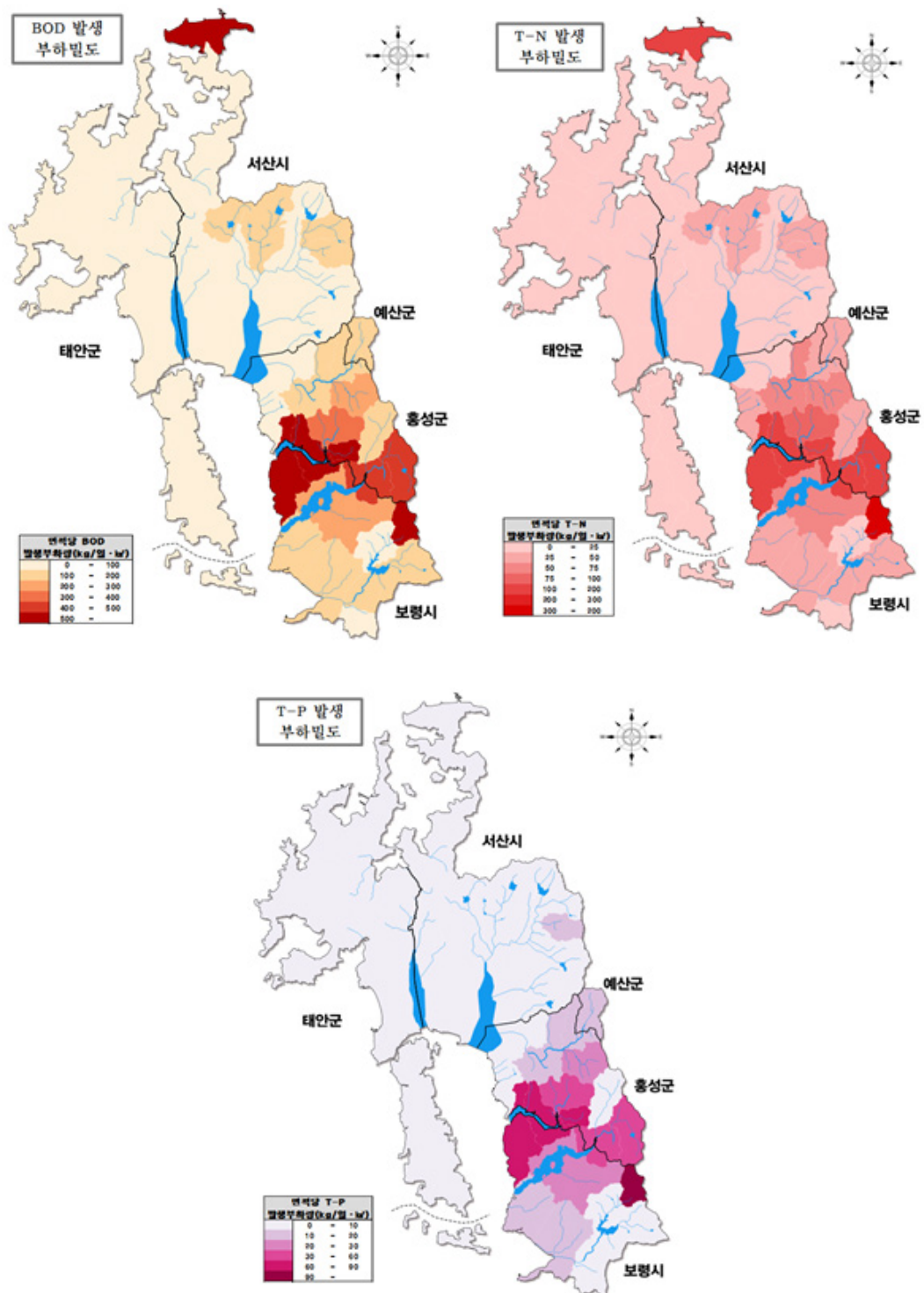
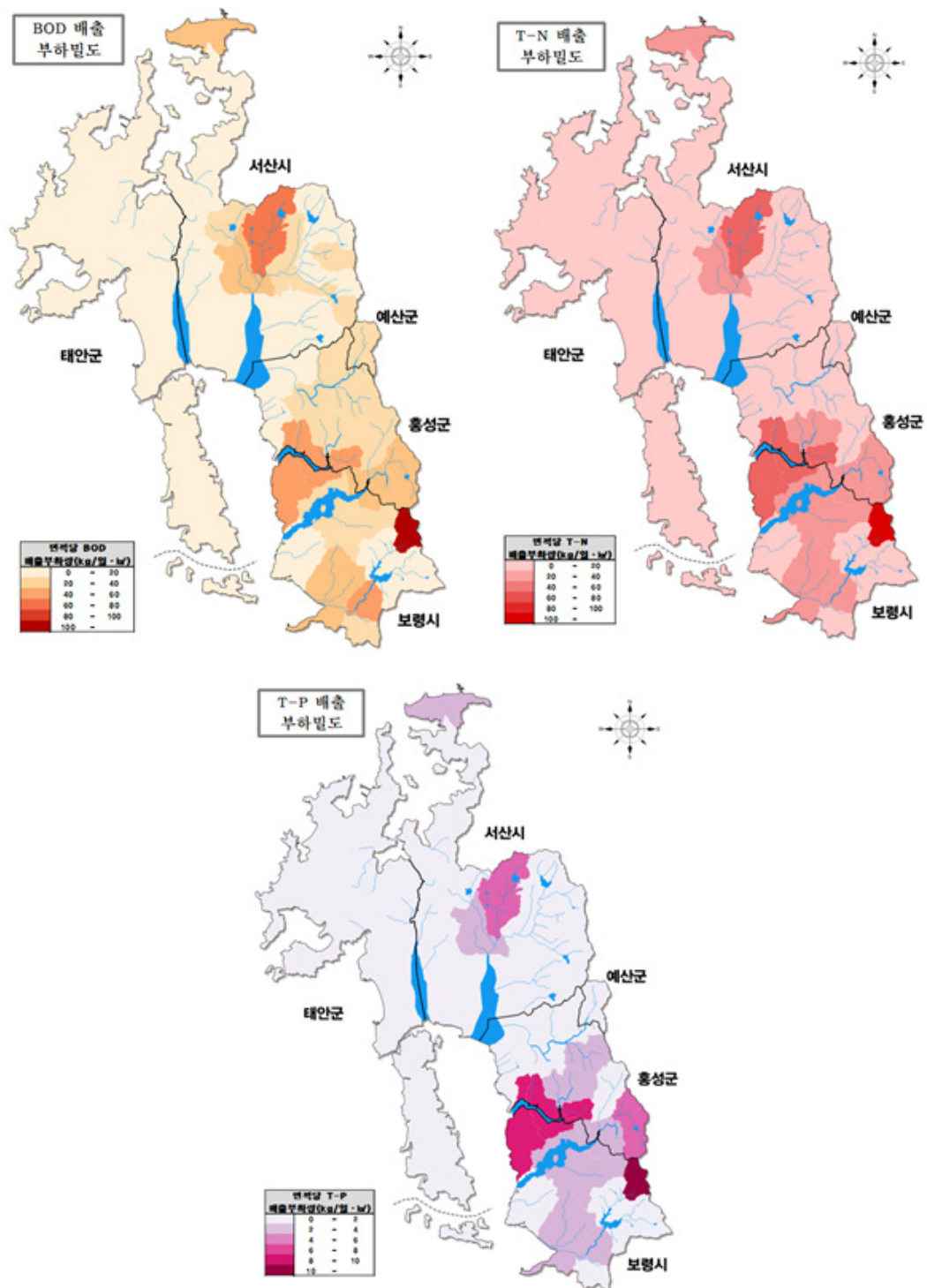


그림 47 총 배출부하밀도



PART
04

제4장.
천수만유역
수질개선방안

1. 중점관리 유역 도출
2. 수질개선 기본방향
3. 수질환경기준(목표수질) 및
관리수질 설정
4. 수질개선방안

PART
04

제4장 | 천수만유역 수질개선방안

1. 중점관리 유역 도출

- 오염원 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단을 통해 수질개선대책을 시행하여야 할 중점관리 유역을 도출
 - 각 유역별, 오염원 그룹별 발생 및 배출부하량 등을 고려하여 도출
 - 각 유역별, 오염원 그룹별로 실제 유역에 미치는 영향을 고려하여 중점관리 유역을 도출하였으며, 수질개선 효과를 극대화할 수 있는 지역을 우선적으로 고려

1.1 유역 및 오염원 그룹별 오염원인 분석 및 진단

- 하천관리 대상물질이 BOD이므로 유역별 BOD를 기준으로 분석
- 유역별 부하량 및 오염부하 비율, 점 및 비점배출부하량, 발생 및 배출부하밀도, 점 및 비점배출부하밀도, 각 유역별 및 오염원 그룹별 오염부하비율 등을 바탕으로 오염원인 분석 및 진단

1.1.1 유역별 부하량 및 오염부하 비율

- 유역 내 총 BOD발생부하량은 260,138.5kg/일이며, 배출부하량은 40,863.4kg/일임
- BOD배출부하량을 기준으로 유역별로는 천수만38 3,637.7kg/일, 천수만15 2,544.5kg/일, 천수만8 2,503.5kg/일, 천수만7 2,120.2kg/일, 천수만4 1,955.1kg/일 순으로 배출량이 큰 것으로 나타남
 - BOD배출부하량이 큰 천수만38, 천수만15, 천수만8 유역을 중심으로 수질개선방안을 우선적으로 수립하여 시행할 필요가 있음

1.1.2 점 및 비점배출부하량

- 유역 내 총 BOD 점배출부하량은 27,031.4kg/일이며, 비점배출부하량은 13,832.0kg/일임
- BOD 점배출부하량 기준으로 유역별로는 천수만38 2,659.4kg/일, 천수만15 2,372.5kg/일, 천수만8 2,048.1kg/일, 천수만7 2,044.2kg/일 순으로 배출량이 큰 것으로 나타났음
- BOD 비점배출부하량 기준으로 유역별로는 천수만53 1,037.5kg/일, 천수만38 978.3kg/일, 천수만23 756.1kg/일, 천수만4 723.7kg/일 순으로 배출량이 큰 것으로 나타났음
 - 유역별 점배출 및 비점배출부하 특성을 고려하여 점오염원 및 비점오염원 저감대책 수립을 고려하여야 함

1.1.3 발생 및 배출부하밀도

- 유역 내 총 BOD 발생부하밀도는 155.8kg/일/km²이며, 총 BOD 배출부하밀도는 24.5kg/일/km²임
- 발생부하밀도는 BOD 기준으로 보령시에 속한 천수만7 유역이 1,673.8kg/일/km²로 가장 높은 것으로 나타났으며, 다음으로 보령시에 속한 천수만13 유역이 996.8kg/일/km², 서산시에 속한 천수만53 유역이 977.8kg/일/km²로 나타났음
- 배출부하밀도는 BOD 기준으로 보령시에 속한 천수만7 유역이 158.0kg/일/km²로 가장 높은 것으로 나타났으며, 다음으로 보령시에 속한 천수만13 유역이 96.0kg/일/km², 서산시에 속한 천수만38 유역이 82.2kg/일/km²로 나타났음

1.1.4 점 및 비점 배출부하밀도

- 유역 내 총 BOD 점배출부하밀도는 16.2kg/일/km²이며, 총 BOD 비점배출부하밀도는 8.3kg/일/km²임
- 점배출부하밀도를 기준으로 유역별로는 천수만70이 152.3kg/일/km²로 가장 큰 것으로 나타났으며, 다음으로 천수만13 128.4kg/일/km², 천수만9 86.6kg/일/km², 천수만15 83.5kg/일/km², 천수만38 60.1kg/일/km² 순인 것으로 나타났음
- 비점배출부하밀도를 기준으로 유역별로는 천수만53이 39.7kg/일/km²로 가장 큰 것으로 나타났으며, 다음으로 천수만38 22.1kg/일/km², 천수만2 19.3kg/일/km², 천수만9 18.5kg/일/km², 천수만31 17.1kg/일/km² 순인 것으로 나타났음

1.1.5 오염원 그룹별 및 오염부하 비율

- 생활계 배출부하량은 9,667.5kg/일, 축산계 배출부하량은 16,684.6kg/일이며, 산업계 배출부하량은 449.3kg/일, 토지계 배출부하량은 13,832.0kg/일, 양식계 배출부하량은 230.0kg/일임
- 점 오염원 가운데 축산계 배출부하량이 가장 큰 것으로 나타났고, 다음으로 생활계 배출부하량이 큰 것으로 산정되었기 때문에 유역 내 점오염원 저감을 위한 대책을 우선적으로 수립하여 추진하는 것이 중요함
- 배출부하량 기준으로 유역별로 점오염부하 기여율을 살펴보면, 생활계 부하가 높은 유역은 천수만33, 천수만44, 천수만30, 천수만38, 천수만2 등이 높은 반면, 축산계 부하가 높은 유역은 천수만7, 천수만15, 천수만13, 천수만12, 천수만10 등인 것으로 나타났음
- 유역별로 오염원별 부하기여율을 바탕으로 목표 대상물질을 선정하고, 우선순위를 설정하여 수질개선 대책을 수립하여 시행하는 것이 수질저감 효과를 극대화할 수 있는 방안임

1.1.6 유역별 삭감률

- 유역별 발생부하량 및 배출부하량과의 상관관계 분석을 통해 삭감률을 산정하여 삭감률이 높은 유역을 대상으로 추가적인 오염물질 삭감(공공하수처리시설, 가축분뇨공공처리시설)을 위한 대책을 수립하는 것이 필요함
- 유역별로 삭감률이 낮은 지역은 천수만51, 천수만33, 천수만26, 천수만44, 천수만31 등의 유역을 중심으로 오염물질 저감을 위한 대책수립이 필요한 것으로 판단됨
- 생활계 오염물질은 83.0%의 삭감률을 보이고 있으며, 축산계 오염물질은 91.0%의 삭감률, 산업계 오염물질은 78.1% 삭감률을 보이고 있음

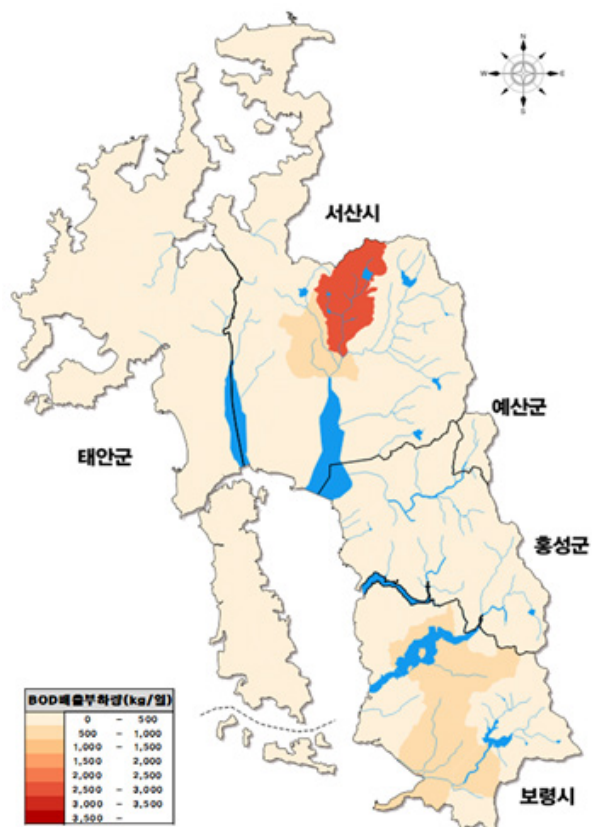
- 생활계 오염물질의 삭감률을 높이기 위해서는 공공하수처리시설 확충을 통해 오염물질을 저감하여야 함
 - 특히, 축산계 오염물질의 삭감률이 생활계 오염물질 삭감률에 비해 높기는 하나, 축산계 배출부하량이 생활계 배출부하량에 비해 1.7배 정도 높은 수준을 보이고 있으므로 오염물질 자체를 저감하기 위해 대책수립이 필요함

1.2 오염원 그룹별 중점관리 유역

1.2.1 생활계 중점관리 유역

- 유역별 배출부하량 및 오염부하밀도, 점 및 비점배출부하량, 발생 및 배출부하밀도 등의 비교·검토를 통한 오염원인 분석을 통해 생활계 중점관리 유역을 선정하였음
 - 생활계 중점관리 유역은 천수만38, 천수만4, 천수만2, 천수만31, 천수만8 유역을 중심으로 공공하수처리시설 확충 등의 대책이 필요함

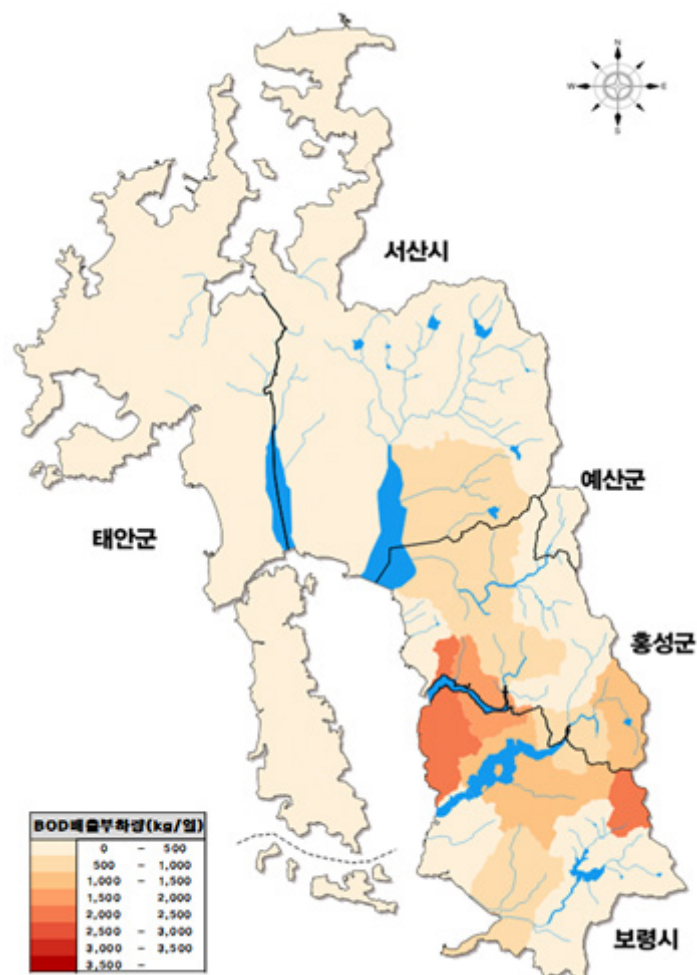
그림 48 생활계 중점관리 유역



1.2.2 축산계 중점관리 구역

- 구역별 배출부하량 및 오염부하밀도, 점 및 비점배출부하량, 발생 및 배출부하밀도 등의 비교·검토를 통한 오염원인 분석을 통해 축산계 중점관리 구역을 선정하였음
 - 축산계 중점관리 구역은 천수만15, 천수만7, 천수만13, 천수만8, 천수만10 구역을 중심으로 가축분뇨 공공처리시설 신설 또는 확충, 축사밀집지역 비점오염물질 저감 등의 대책이 필요함
 - 자치단체별로 보면 보령시에 가장 많은 분포하는 것으로 나타났으며, 다음으로 홍성군이 많은 것으로 나타났다
 - 특히, 홍성호를 중심으로 축산 오염물질이 밀집되어 있는 것으로 나타났으며, 보령호와 간월호 구역에도 많이 분포하는 것으로 나타났다

그림 49 | 축산계 중점관리 구역



2. 수질개선 기본방향

2.1 하구호의 수질개선 필요성

- 하구환경 가치에 대한 인식이 변화
 - 하굿둑과 방조제 건설로 인한 하구환경 파괴에 대한 반성 및 가치에 대한 인식이 변화
- 하구호 본래의 기능이 크게 약화되어 가고 있는 실정
 - 하구호의 수질오염으로 인한 문제점 및 갯벌의 생태·경제적 가치 인식을 통해 하구의 해수순환에 대한 관심 증가
- 주요 선진국 및 우리나라에서도 하구호의 복원에 대한 관심이 높아지는 추세
 - 유럽, 미국, 일본 등 여러 선진국 및 우리나라에서도 하구복원에 대한 정책 및 사업이 추진되고 있는 실정
- 천수만의 지속가능한 이용을 위해서는 하구호의 수질개선이 무엇보다도 중요
 - 천수만의 지속가능한 이용 및 관리를 위해서는 4개 호소(부남호, 간월호, 홍성호, 보령호)의 수질개선을 통한 생태복원이 무엇보다도 중요
 - 하구호의 수질개선방식에 한계가 드러난 현재 시점에서 최근 하구관리에 대한 중앙정부 및 지방자치단체의 움직임 등 해수순환을 통한 하구생태복원에 대한 공감대 형성

2.2 하구호의 수질개선의 한계 및 문제점

- 하구호 건설로 인한 다양한 문제 발생
 - 생태계 순환 고리 차단, 유속저하에 의한 육상기원 오염물질 퇴적 및 축적, 수질문제 발생 및 생태계 건강성 악화 등
- 하구호 수질악화로 수질관리 비용 지속적 증가
 - 오염물질에 취약한 하구호는 당초 이용목적(농업 및 공업용수) 유지를 위해 상류유역 규제, 오·폐수처리시설 확충, 퇴적토 준설, 인공습지 조성 등 각종 사회비용 유발
- 하구환경에 대한 공간단위 개념 부재 및 통합관리제도 미비
 - 하구에 대한 정의와 범위의 부재로 하구호의 보전·개선·복원을 위한 통합관리제도가 마련되지 않은 상태에서 다수의 개발사업이 진행

2.3 하구호의 수질개선 기본방향

- 하구호의 효율적인 관리를 위한 기본방향 및 원칙 설정
 - 천수만의 지속가능한 이용 및 관리를 위해 하구담수호의 수질개선을 통한 생태복원을 기본방향으로 설정
- 천수만의 지속가능성 담보를 위한 수질개선방안 마련
 - 기존 수질개선대책(인공습지 조성, 퇴적물 준설사업 등)의 한계점을 극복하고 하구호의 지속가능한 이용을 위해 하구호 해수순환을 통한 생태복원방안을 추진
 - 최근 하구관리에 대한 국·내외 연구추진, 중앙정부(해수부, 농식품부, 환경부 등) 및 지방자치단체의 공감대 형성 등으로 인해 해수순환을 통한 하구생태복원에 탄력

- 중앙정부 및 충청남도 정책기조를 반영한 하구관리방안 추진
 - 하구호 해수순환을 통한 생태복원에 대한 중앙부처 및 지방자치단체의 다양한 연구가 추진 중
(충청남도) 충청남도 연안 및 하구 생태복원방안 연구
(해수부) 서해안 연안 및 하구해역생태계 관리·복원방안 마련 연구
(서산시) 고파도 갯벌생태계 복원사업 기본계획 수립
(태안군) 황도 연로제방을 교령으로 개량, 해수순환으로 갯벌 생태계 복원립
 - 충청남도 및 중앙부처의 연구를 통해 보령호, 홍성호, 부남호 등이 해수순환을 통한 생태 복원사업 우선순위 선정
(충청남도) 부남호 해수순환을 위한 기본계획 용역 중
- 하구호 중심의 통합관리를 위한 종합적인 관리방안 마련
 - 분산되어 관리되고 있는 하구호를 통합적인 시각에서 관리할 수 있는 방안 추진
 - 하구호를 중심으로 유역대책과 호내 대책으로 구분하여 추진하되, 유역대책은 호소로 유입되는 오염물질 제거를 위한 다양한 수질개선훈을 통합·집중사업을 추진하고, 호내 대책은 해수순환을 통한 생태복원을 기본 목표로 설정하여 추진

3. 수질환경기준(목표수질) 및 관리수질 설정

- 천수만유역 4개 호소의 수질환경기준(목표수질) 및 주요 지류하천의 관리수질 설정이 필요함
 - 유역의 오염원 현황 및 개선정도, 현실적인 여건 및 목표수질 달성 가능성 등을 고려하여 적절한 목표를 제시하는 것이 타당함
 - 따라서, 천수만 유역 내 4개 호소(부남호, 간월호, 홍성호, 보령호)는 IV등급, 주요 지류하천은 중권역 목표수질을 고려하여 설정

<표 54> 천수만유역 4개 호소의 목표수질 및 주요하천 관리수질

구 분		현재 수준	2020년	2030년	2040년
부남호		Ⅵ	Ⅵ~Ⅴ	Ⅴ~Ⅳ	Ⅳ
	장검천	Ⅲ	Ⅲ~Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
	태안천	Ⅲ	Ⅲ~Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
	흥인천	Ⅳ	Ⅳ~Ⅲ	Ⅲ~Ⅱ	Ⅱ
간월호		Ⅵ	Ⅵ~Ⅴ	Ⅴ~Ⅳ	Ⅳ
	둔당천	Ⅲ	Ⅲ~Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
	청지천	Ⅲ	Ⅲ~Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
홍성호		Ⅵ	Ⅵ~Ⅴ	Ⅴ~Ⅳ	Ⅳ
	금리천	Ⅲ	Ⅲ~Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
보령호		Ⅵ	Ⅵ~Ⅴ	Ⅴ~Ⅳ	Ⅳ
	광천천	Ⅳ	Ⅳ~Ⅲ	Ⅲ~Ⅱ	Ⅱ
	상지천	Ⅲ	Ⅲ~Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ

4. 수질개선방안

- 천수만 유역 수질개선대책은 호소의 수질개선을 통한 생태복원을 위해 점오염원 및 비점오염원 저감을 위한 유역 대책과 해수순환 및 퇴적토 준설 및 관리 등을 포함하는 호내 대책으로 구분하여 추진
- 본 연구에서는 도출된 수질개선대책을 유역 대책과 호내 대책으로 구분하여 제시하였음

<표 55> 수질개선대책

유역 대책	호내 대책
<ul style="list-style-type: none"> • 공공하수처리시설 추가 설치 • 가축분뇨공공처리시설 신·증설 • 환경기초시설 방류수 수질농도 강화 • 생태하천복원사업 추진 • 수생태 건강성 향상을 위한 인공습지 조성 • 저류지 조성 • 간척지 내 논 저류지(생태둑방) 설치 	<ul style="list-style-type: none"> • 해수순환을 통한 호소 수질개선

4.1 유역 대책

4.1.1 공공하수처리시설 추가 설치

- 천수만 유역 내 존재하는 주요 점오염원 저감을 위해 선택과 집중적인 추진이 필요
 - 수질농도가 높은 하천유역의 주요 오염원인 생활계(인구) 오염원 저감을 위해 추가적인 공공하수처리시설의 설치가 필요
- 천수만유역의 오염원 저감을 통한 목표수질 달성을 위해서는 생활계 중점관리 유역으로 선정된 천수만 38, 천수만4, 천수만2, 천수만31, 천수만8 유역을 중심으로 공공하수처리시설 설치 또는 확충이 필요함
 - 하천 유역 내 생활계 오염원이 많이 분포하는 홍인천, 태안천(부남호), 청지천(간월호), 금리천(홍성호), 광천천(보령호) 등에는 공공하수처리시설의 적극적인 설치 및 처리구역 확대 등의 사업 추진이 필요함

4.1.2 가축분뇨공공처리시설 확충

- 축산계 배출부하량의 경우 천수만 유역 내 담수호에 영향을 미치는 기여율이 높기 때문에 적극적인 저감 대책이 필요
 - 하천 유역 내 축산계 오염원이 많이 분포하는 홍인천, 태안천(부남호), 청지천(간월호), 금리천(홍성호), 광천천(보령호) 등에는 가축분뇨공공처리시설의 확충 또는 가축분뇨공동자원화 또는 처리시설의 확대 설치, 가축사육밀도(단위면적당 한계량) 조정, 가축사육 금지지역 지정 및 확대 등의 정책 추진이 필요함
 - 특히, 축산계 오염원이 많이 분포하는 광천천 유역의 가축분뇨는 유역 외 지역인 홍성군 결성면에 가축분뇨공공처리시설에서 처리되고 있으나, 기존 시설의 노후화로 해당시설의 교체가 필요한 실정임
 - 참고로 충청남도 가축분뇨 기본계획에 2021년까지 가축분뇨공공자원화시설(230m³/일) 계획이 있음

4.1.3 환경기초시설 방류수 수질농도 강화

- 4개 호소 유역 내 공공하수처리시설 및 폐수종말처리시설의 방류수 수질농도를 IV지역에서 II지역 수준으로 강화

- 방류수 수질기준 적용을 위한 지역구분, 환경부고시 2014-219호 참조

- 공공하수처리시설 방류수 수질기준

구 분		BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	총대장균 군수(개/mL)	생태독성 (TU)
시설용량 500m ³ /일 이상	I 지역	5이하	20이하	10이하	20이하	0.2이하	1,000이하	1이하
	II 지역	5이하	20이하	10이하	20이하	0.3이하	3,000이하	
	III 지역	10이하	40이하	10이하	20이하	0.5이하		
	IV 지역	10이하	40이하	10이하	20이하	2이하		
시설용량 50~500m ³ /일		10이하	40이하	10이하	20이하	2이하		
시설용량 50m ³ /일미만		10이하	40이하	10이하	40이하	4이하		

- 폐수종말처리시설의 방류수 수질기준

구 분	I 지역	II 지역	III 지역	IV 지역
BOD(mg/L)	10이하	10이하	10이하	10이하
COD(mg/L)	20(40)이하	20(40)이하	40이하	40이하
SS(mg/L)	10이하	10이하	10이하	10이하
T-N(mg/L)	20이하	20이하	20이하	20이하
T-P(mg/L)	0.2이하	0.3이하	0.5이하	2이하
총대장균군수(개/mL)	3,000	3,000	3,000	3,000
생태독성(TU)	1이하	1이하	1이하	1이하

- 개별정화시설의 방류수 수질기준

- 개별정화시설의 방류수 수질기준을 기타지역의 경우도 특정지역 수준으로 강화

지역	항목	구분	허가대상	신고대상
특정지역	BOD(mg/L)		50 이하	150 이하
	SS(mg/L)		50 이하	150 이하
	T-N(mg/L)		260 이하	850 이하
	T-P(mg/L)		50 이하	200 이하
기타지역	BOD(mg/L)		150 이하	350 이하
	SS(mg/L)		150 이하	350 이하
	T-N(mg/L)		850 이하	-
	T-P(mg/L)		200 이하	-

• 공공처리시설 및 가축분뇨처리업자가 설치한 정화시설의 방류수 수질기준

구분	항목	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	대장균군수 (개/mg)
공공처리시설		30이하	50이하	30이하	60이하	8이하	3,000이하
가축분뇨처리업자가 설치한 처리시설		30이하	50이하	30이하	60이하	8이하	3,000이하

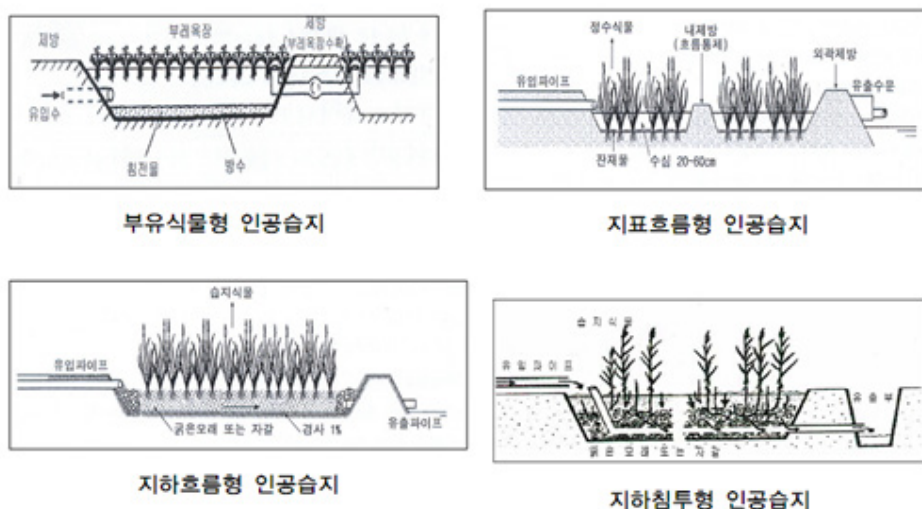
4.1.4 생태하천복원사업 추진

- 4개 호소로 유입되는 하천 가운데 하천유역 내 오염물질이 많이 분포하고 있고 수질농도가 높은 하천을 중심으로 생태하천복원사업을 추진할 필요가 있음
 - 특히, 하천유역으로 유입되는 비점오염원에 의한 오염저감을 위해 습지 또는 저류조와 같은 시설을 설치하고 수변식생 식재 등을 통해 생태능력 향상이 필요함
 - 수질정화 식재 등을 통해 BOD 기준 정화효율을 50~70%까지 이룰 수 있음
 - 향후 기본 및 실시설계를 통하여 수질개선 효과를 극대화할 수 있는 시설, 생태적 단절 및 위협요인을 제거할 수 있는 서식지 조성사업 등의 추진이 필요함
 - 홍인천, 청지천, 금리천, 광천천, 상지천 등을 중심으로 생태하천복원사업을 추진하는 것이 필요함

4.1.5 수생태 건강성 향상을 위한 인공습지 조성

- 호소로 유입되는 하천 합수부를 중심으로 비점오염물질 저감 및 정화시스템 도입을 위해 수질정화 인공습지 조성이 필요함
- 인공습지는 일반적으로 흐름형태에 따라 지표흐름형, 지하침투형으로 나눌 수 있음

그림 50 인공습지 종류별 개념도



자료) KEI, 저수지 비점오염원 저감을 위한 인공습지의 설치효과 및 개선방안, 2007

- 국내 저수지에 비점오염원 저감을 위해 조성된 인공습지는 모두 지표흐름형 습지이므로 천수만 유역 내 인공습지도 모두 지표흐름형으로 설치하는 것이 바람직함

그림 51 천수만 유역 4개 담수호 인공습지 설치위치도



간월호



부남호



홍성호



보령호

4.1.6 저류지 조성

- 미처리 하수 유출, 가축분뇨의 무분별한 자원화(액비 과다 살포) 등으로 점오염원이 비점오염원화되어 유출되는 것을 방지하기 위한 대책 수립
- 축산농가 밀집지역을 대상으로 저류지 설치 및 방치 축분 유출방지를 통해 비점오염원의 유출을 근원적으로 예방하기 위해 논 배수지 말단부 및 지류하천 말단부를 중심으로 저류지 조성

그림 52 | 간월호 및 보령호 저류지 설치위치도



간월호

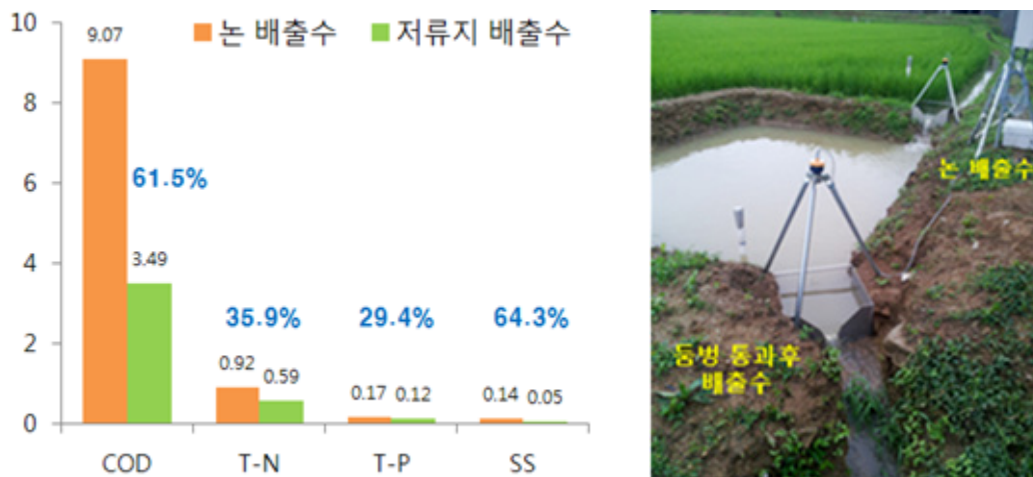


보령호

4.1.7 간척지 내 논 저류지 조성

- 간척지 농경지에 의한 비점오염부하 저감을 위해 논 저류지(생태둑방) 조성
 - 간척지 농경지에 집중적으로 살포되는 액비의 과대 시비로 인해 강우시 유입되는 오염물질의 완충역할을 위해 농업용배수로 말단부에 우선적으로 설치
 - 논 1 ha당 0.02ha 정도가 필요하며, COD기준 61.5% 정도의 저감효과 발생
- 천수만 유역 내 4개 호소에 위치한 간척지 농경지에 논 저류지를 조성하는 사업을 추진할 필요가 있음
 - 특히, 철새들이 많이 도래하는 부남호 및 간월호 지역 등에 시범적으로 조성하는 사업을 우선적으로 시행할 필요가 있음

그림 53 | 논 저류지의 수질저감 효과



4.2 호내 대책

- 해수순환을 통한 호소의 수질개선 효과를 분석하기 위하여 수질모델을 구축하고 다양한 시나리오에 대한 분석을 실시하였음

4.2.1 수질모델링의 선정

- 수질모델은 수체 내에서 발생하는 물리적, 화학적, 생물학적 반응을 규명한 후 이를 수식화하여 구성한 것으로 여러 조건에 대한 수체의 반응을 모의하여 수질영향을 추정하는 수단으로 사용함
- 현재 사용하는 수질모델은 다양하지만 기본적인 가정은 물질수지식 및 경험적인 반응식을 사용하므로 유사한 특성을 나타내고 있으며, 다음 표에 수질모델에 주로 사용되는 모델의 종류 및 특성을 나타냄

<표 56> 수질모델의 종류

모델명	개발기관	특징
WASP7.5	USEPA (Environmental Protection Agency)	<ul style="list-style-type: none"> • 다차원 하천, 저수지 하수수질 모의 • 외부 수리모델과의 연계 가능 • 8개 수질 항목 모의
CE-QUAL-W2	USACE (Waterways Experiment Station)	<ul style="list-style-type: none"> • 2차원(Vertical, Longitudinal) 동적저수지 수질 모의 • 총 20개 항목에 대한 수질 모의
EFDC	USEPA (Environmental Protection Agency)	<ul style="list-style-type: none"> • 3차원 동적 저수지 유동 및 수질 모의 • 유동 모의 결과는 WASP7수질 모형과 연계 가능

- 다음 표와 같이 기존의 국내 호소에 대한 수질모델 적용사례들을 분석해보면 호소 내의 수온분포 해석이나 탁수의 영향예측 시에는 CE-QUAL-W2 모형을 주로 사용하였으며, 유역의 오염원 및 유량 변화에 따른 호소의 수질예측에는 WASP 및 EFDC 모델이 주로 사용함
- WASP모델은 격자의 wet/dry에 모의가 불가능하기 때문에 모의기간 중 수위 및 저수량 변동이 심한 경우에는 적용하기 어렵기 때문에 일반적으로 수위 변화가 심한 호소나 하천에서는 EFDC모델을 사용함
- 금회 연구에서는 수질의 수평 및 수직 확산을 고려한 3차원 수질모델인 EFDC모델을 이용하여 부남호 및 천수만의 수질 변화를 예측함

<표 57> 국내 호소에 대한 수질 모델 적용사례

수체	적용모델	적용목적	참고문헌
소양호	CE-QUAL-W2	성층화된 소양호에 대한 수온 분포 모의 및 홍수시 밀도류 이동특성 파악	김윤희 외, 2차원 수리 수질모델(CE-QUAL-W2)을 이용한 소양호 수온 성층현상과 홍수기 밀도류 이동현상의 모델링, 상하수도학회지, 제15권 1호, 2001
대청호	CE-QUAL-W2	강우시 탁류의 흐름 특성 파악 및 호내 용존산소 및 취수장 원수의 탁도에 미치는 영향 분석	정세웅, 성층화된 저수지로 유입하는 탁류의 공간분포 및 연직 2차원 모델링, 대한환경공학회, 제26호 제9호, 2004
대청호	CE-QUAL-W2	대청호 성층 특성 파악	이상옥, 이차원 수리·수질모형 (CE-QUAL-W2)을 이용한 대청호의 성층현상모의에 관한 연구, 충남대학교 대학원 석사학위논문, 2002
대청호	WASP5 CE-QUAL-W2	WASP5, CE-QUAL-W2 모델의 적용을 통한 비교 분석	허경미, 대형 인공호의 수리수문학적 변화에 대한 호수수질모델 비교연구, 이화여자대학교 과학기술대학원 석사학위청구논문, 2001
오봉호	CE-QUAL-W2	댐재개발로 인한 수체 규모의 증가가 수체의 수온분포에 미치는 영향 예측	정선아, 2차원 모델을 이용한 댐 재개발이 수리 및 수질에 미치는 영향 분석, 이화여자대학교 대학원 석사학위 논문, 2003

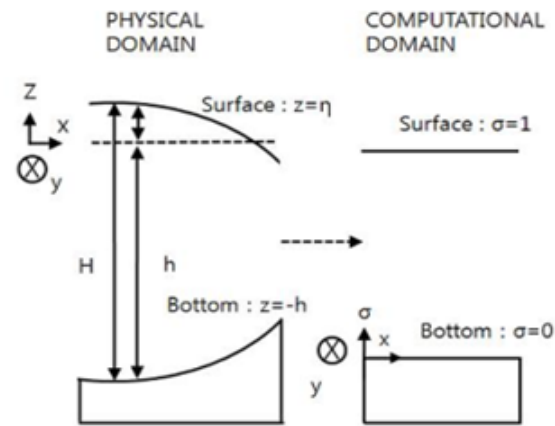
수체	적용모델	적용목적	참고문헌
진양호	CE-QUAL-W2	2011년의 수문사상과 수질 조건을 이용하여 취수량 증가에 대한 영향을 모의	탁용훈 외, CE-QUAL-W2를 이용한 진양호 취수량 변화에 따른 수질영향 분석, 한국수자원학회 논문집, 2015
충주호	CE-QUAL-W2	호소내 수온분포, 부유물질 및 부영양화 과정의 변화특성을 모의하고 모형의 적용성을 평가	안소라 외, CE-QUAL-W2를 이용한 충주호의 부유물질 및 부영양화 모의평가, 한국수자원학회, 2013
충주호	CE-QUAL-W2	유역모델인 SWAT과 저수지모델인 CE-QUAL-W2를 연계 적용하여 기후변화에 따라 저수지로 유입되는 하천의 유량 및 탁수발생량을 모의	안소라 외, CE-QUAL-W2를 이용한 충주호의 기후변화에 따른 탁수 및 부영양화 영향평가, 한국수자원학회, 2014
소양호	CE-QUAL-W2	소양호 유역 내 탁수 발생원을 입체적으로 평가	탁용훈, CE-QUAL-W2 모형을 이용한 탁수 예측 시스템 연구, 서울과학기술대학교, 2011
영주댐	WASP EFDC HSPF	격자수가 수질 모의 결과에 미치는 영향을 검토하여 향후의 환경영향평가에 활용하는 방안	박재충, HSPF, EFDC 및 WASP에 의한 영주다목적댐 저수지의 수질예측 한국환경영향평가학회, 2010
안성천 상류유역	WASP EFDC	중·소 하천인 안성천 상류유역의 수리 및 수질항목 재현성을 평가	김영진, 안성천 상류유역에서 EFDC 모형 유량 및 수질항목 재현성 평가, 한국환경기술학회, 2018
팔당댐	WASP EFDC	상수원 수질사고와 환경 변화에 따른 취수원에 대한 수질영향예측 및 선제적 대응체제를 지원	김은정, 3차원 수리모형을 이용한 한강 상수원구간 지류영향 분석 및 수질오염사고 시나리오 모의, 한국물환경학회, 2018
홍수 조절댐	EFDC HSPF	홍수조절댐의 운영패턴 변화에 따른 수질환경에 미치는 영향을 분석	이영기 외, HSPF-EFDC 모델을 연계한 홍수조절댐 수질 변화 예측, 한국환경영향평가학회, 2018
대호호	EFDC	대호호 유역의 오염물질 배출특성을 포함하여 다양한 분석	최무진 외, 유역특성 분석 및 수질모델링에 기초한 대호호 수질개선방안, 대한환경공학회지, 2018
무명천	WASP EFDC SWAT,	유역의 토양 유실량과 저수지 내 퇴적량을 예측	신섫별, SWAT-EFDC를 연계한 입장저수지의 유사 해석, 서울대학교 대학원, 2018
낙동강	WASP EFDC CE-QUAL-W2	조류의 생장 및 소멸 반응을 감쇠계수의 변화를 통해 재현하는 등가추적법을 개발	박인환 외, 감쇠계수 등가추적법을 이용한 조류 생장/소멸 수치모의, 한국안전학회지, 2018
새만금	EFDC	수질 대책의 일환으로 관리수위 변화를 제시	정석일 외, 새만금 호내 수환경 측면에서 최적 관리수위에 대한 수치모의, 한국방재학회, 2018
낙동강	EFDC	낙동강하구 기수생태계 복원의 중요성과 시급성을 감안하여 대안을 제시	조영만 외, 독 개방에 따른 취수원 방어 전략, 한국수처리학회, 2018

수체	적용모델	적용목적	참고문헌
농업용 저수지	HSPF WASP	HSPF 모형, MASA 모형, CREAMS-PADDY 모형을 연계한 HSPF-CREAMS-PADDY 시스템을 구축	이도길, 농업용 저수지와 논 경작을 고려한 HSPF-CREAMS-PADDY 연계 시스템 개발 및 적용, 서울대학교 대학원 석사논문, 2018
충주댐	WASP	충주댐 유역의 하천들에 대한 오염물질 유출특성 조사	장인수, WASP 모형에 의한 충주댐 조정지호의 수질예측, 한국환경과학회지, 2009
안동댐	WASP	오염부하량과 저수지 수리조건을 고려한 저수지 수질 예측 이용	안승섭, 수질예측을 위한 WASP7 모형 매개 변수의 추정, 한국환경과학회지, 2007
임하호	WASP	장래 수질예측 및 수질변동 상태를 검토하는데 필요한 기초 자료 제공	안승섭, WASP7 모형을 이용한 임하호 수질모의에 관한 연구, 한국환경과학회지, 2008

4.2.2 EFDC 모델의 개요

- EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code) 모델은 Virginia Institute of Marine Science(Hamrick, 1992)에서 개발되어 현재는 U.S. EPA와 Tetra Tech, Inc.에 의해 개발·관리되는 3차원 유동모델이며, 수질 모델, 부유사 이동 및 독성 물질 모델과 연결된 통합 버전의 모델로도 사용됨
- EFDC모델의 특징은 동수역학, 질량수송, 수질이 통합된 3차원 통합모델로써 곡선-직각교차좌표와 가변격자 소영역이 분할이 가능하고 간사지(tidal flat) 처리 및 식생 피복저항과 수리구조물 해석이 가능하며 프로그램 구조가 모듈형식으로 구성되어 있어 모델을 특정지역에 적용시킬 경우 소스 프로그램은 수정하지 않고 주입력파일을 중심으로 기타 입력파일을 작성하여 모델을 운영할 수 있음
- EFDC 모델의 예측범위로 는 유체의 이동, 염분 및 온도 모의 외에도 흡착성 또는 비흡착성 부유물질의 이동, 오염원 유입의 의한 희석, 부영양화 기작, 독성 오염물질의 이동/반응 등의 모의까지 가능한 것으로 저수지 및 하천 수질예측에 적용됨
- EFDC모델은 미국 버지니아주의 제임스강, 요크강의 하구와(Hamrick, 1992, 1995) 체서피크만(Hamrick, 1994)에 적용되었으며, 그 중 체서피크 만에 적용된 모델은 현재 광범위한 환경연구에 사용됨
- 점소스, 또는 다점소스에서 오염물질의 시뮬레이션과 병원균의 이동, 발전소의 냉배수 시뮬레이션(Kuo and hamrick, 1994), 굴과 게의 치어 이동 시뮬레이션, 그리고 준설과 준설 폐기물의 평가 등에 적용됨.(Hamrick, 1992b, 1994b, 1995b)
- 또한, EFDC모델은 플로리다주 인디언강 개펄의 북쪽부근에서 담수유입에 관한 연구를 위해 사용되었으며(Moustafa and Hamrick, 1994, Moustafa, et, al, 1995) 플로리다 에버그레이드스에서 습지를 통과하는 흐름을 연구하는데 사용되기도 하였으며(Hamrick and Moustafa, 1995a,b; Moustafa and Hamrick, 1995), 국내에서도 저수지 및 해양에서 다수 사용된바 있고 하천에서도 4대강 살리기사업 환경영향평가기 부유사확산 예측시에 적용하는 등 점차 적용사례가 확대됨
- EFDC 모델에서는 수평방향의 경계조건을 나타내기 위해 수평좌표계인 x, y좌표를 고려하며, 수심방향으로 정역학적인 해를 얻기 위하여 시그마(sigma)좌표변환이 사용됨

그림 54 수직 좌표 변환



물질보존 방정식

$$\begin{aligned}\frac{\partial mHS}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(m_v H v S) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x H v S) + \frac{\partial}{\partial z}(m w S) &= \frac{\partial}{\partial z}(m H^{-1} A_v \frac{\partial u}{\partial z}) + Q_u \\ \frac{\partial mHT}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(m_v H v T) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x H v T) + \frac{\partial}{\partial z}(m w T) &= \frac{\partial}{\partial z}(m H^{-1} A_v \frac{\partial T}{\partial z}) + Q_T \\ \frac{\partial mHC}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(m_v H v C) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x H v C) + \frac{\partial}{\partial z}(m w C) &= \frac{\partial}{\partial z}(m H^{-1} A_v \frac{\partial C}{\partial z}) + m H R_c + Q_c\end{aligned}$$

여기서,

η, ζ : 기준면 하 수심(m) 및 기준면 상 수위(m)

u, v : 직교하는 곡선좌표계 x, y 에서의 수평유속(m/s)

m_x, m_y : 곡선좌표계 임의거리

$ds^2 = m_x^2 dx^2 + m_y^2 dy^2$ 을 만족시키는 metric tensor의 대각성분의 제곱근 ($m = m_x m_y$)(m)

w : 변환된 무차원 연직좌표계 z 에서의 수직유속 (m/s)성분

H : 총수심 (=h+)(m)

p : 압력, 수심 z 에서 기준수압 $\rho_0 g H(1 - z)$ 과의 차를 ρ_c 로 나눈 값

f : Coriolis parameter

A_v : 수직 난류 점성계수 (m^2/s)

A_t : 수직 난류 확산계수 (m^2/s)

Q_u, Q_v, Q_c : 운동량 source-sink 항 (kg m/s)

ρ : 밀도(kg/m^3) ρ_c : 기준밀도(kg/m^3)

T, S : 수온 ($^{\circ}C$)과 염분(psu) C :오염물 농도(mg/l)

b : 부력 (m/s^2)

Q_T, Q_S : 수온 ($^{\circ}C$) 및 염분(psu)의 source-sink 항

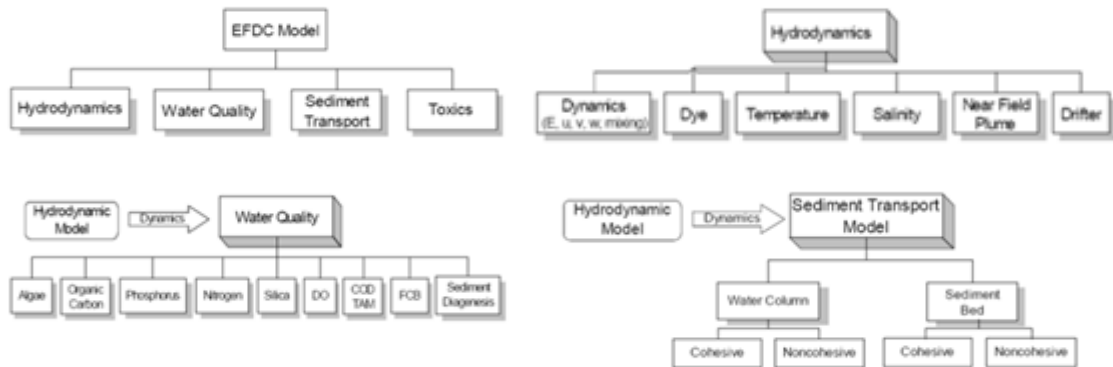
ω : 침강속도(m/s)

R_c, Q_c : 생화학적 source-sink 항 및 외부 source-sink 항

연속방정식
$\frac{\partial m\zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(m_y H u) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x H v) + \frac{\partial}{\partial z}(m w) = 0$
운동량방정식
$\begin{aligned} & \frac{\partial m H u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(m_y H u u) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x H v u) + \frac{\partial}{\partial z}(m w u) - (m f + v \frac{\partial}{\partial x} m_y - u \frac{\partial}{\partial y} m_x) H \\ & = -m_y H \frac{\partial}{\partial x} (g \zeta + p) - m_y (\frac{\partial h}{\partial x} - z \frac{\partial H}{\partial x}) \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} (m H^{-1} A_v \frac{\partial u}{\partial z}) + Q_u \\ & \frac{\partial m H v}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y}(m_y H u v) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x H v v) + \frac{\partial}{\partial z}(m w v) + (m f + v \frac{\partial}{\partial x} m_y - u \frac{\partial}{\partial y} m_x) H \\ & = -m_x H \frac{\partial}{\partial y} (g \zeta + p) - m_x (\frac{\partial h}{\partial y} - z \frac{\partial H}{\partial y}) \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} (m H^{-1} A_v \frac{\partial v}{\partial z}) + Q_v \\ & \frac{\partial p}{\partial z} = -g H (\rho - \rho_o) \rho_o^{-1} = -g H b \end{aligned}$

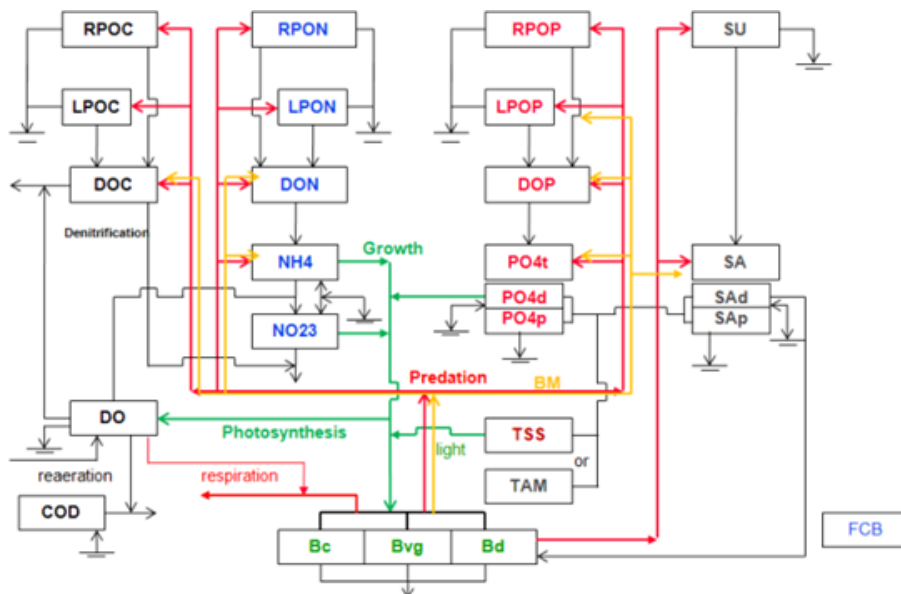
- EFDC에 이용된 수치 기법은 스테거드(staggered) 또는 C 격자 상에 2차 공간 차분을 사용하며, 모델의 시간 적분은 내부 전단 바로크리닉(baroclinic) 모드와 외부 자유수면 중력과 바로트로픽(barotropics) 모드로 나누는 외부와 내부 모드를 가진 2차 정밀도를 갖는 3단계 시간 유한차분법을 사용함
- 외부 외부 모드 해법은 반음해법(시간 간격을 크게 하여 계산을 쉽게 만드는 기법)이며, 공액경사법에 의해서 2차원 수위를 동시에 계산하고, 외부 모드 해법은 새로운 표면 수위장(surface elevation field)을 사용하여 수심평균 바로트로픽(barotropics) 유속을 계산함으로써 완결되며, 모델의 반 음해 외부 모드 해법은 중앙차분 양해법에 안정기준 또는 비선형 가속항을 위해 사용되는 전방(upwind)이류기법에 의해서만 제한되는 큰 시간간격(time step)을 허용함
- 외부 모드 해법을 위한 수평경계조건은 수위, 유입파의 특성(Bennett & McIntosh, 1982), 유출파의 자유로운 방사(Bennett, 1976; Blumberg & Kantha, 1985) 또는 임의의 부분의 연직 질량 플럭스를 규정하기 위한 선택 사항을 포함함
- 다음 그림에 나타낸 바와 같이 EFDC 모델은 총 4개의 기본 모듈로 구성되며, 이 중 유체역학 모의 모듈은 다시 6개의 유동모듈로 구성되며, 유체역학 모의 모듈의 모의 결과는 수질모의(Water Quality), 유사 이동(Sediment transport), 독성물질(Toxics)모의에 연동 되어 사용됨
- 수질모의(Water Quality)모듈은 용존산소, 화학적 산소 요구량, 조류, 탄소, 인, 질소, 규소 및 활성금속을 포함하는 총 22개의 수질 상태변수들로 구성되며, 유사 이동(Sediment transport) 모듈은 수체와 퇴적층으로 나누어 각각 모의되며, 각각의 수체와 퇴적층에서는 입경에 따라 점착성과 비점착성 유사로 나누어 계산함
- EFDC 모델 내부의 수질 모델인 HEM3D (Park et al., 1995)는 미국 공병단에서 개발하여 Chesapeake Bay 에 적용된 바 있는 3차원 수질모델인 CE-QUAL-ICM (Cercio and Cole, 1993)을 기반으로 함

그림 55 EFDC 모델의 구조



- HEM3D는 다음 그림에 나타난 바와 같이 식물성플랑크톤 수질변수군, 유기탄소 수질변수군, 인성분 수질변수군, 질소성분 수질변수군, 실리카 성분 수질변수군, DO 및 COD 총화성중금속(인과 Si의 흡착을 위한 철 및 망간 성분의 합) 그리고 대장균군 등으로 구성됨
- HEM3D 모델에서 수질변수들은 물리적 특성에 따라 난분해성 고형물질 (refractory particulate), 순분해성 고형물질 (labile particulate) 그리고 용존성 물질로 구분한다. 또한 HEM3D 모델에서 용존산소 농도의 변화는 조류의 광합성 및 호흡, 질산화, 용존유기탄소의 분해, COD, SOD, 대기중의 재포기 등에 의해 영향을 받는 것으로 가정함
- 여기서 용존유기탄소의 분해는 CBOD의 분해를 의미하는 것으로서 다음과 같은 이상적인 반응식을 이용하여 이상적인 산소요구량과 유기탄소의 비 $((6 \times 32) / (6 \times 12) = 2.67)$ 를 이용하여 산정하며, HEM3D 모델에서 COD는 수층의 유기탄소의 순환과는 별도로 고려되며, 수층의 COD 발생원은 담수의 경우 퇴적물에서 용출되는 메탄에 의한 것으로, 해수의 경우는 황산염에 의한 것으로 가정함

그림 56 HEM3D 모델의 구조

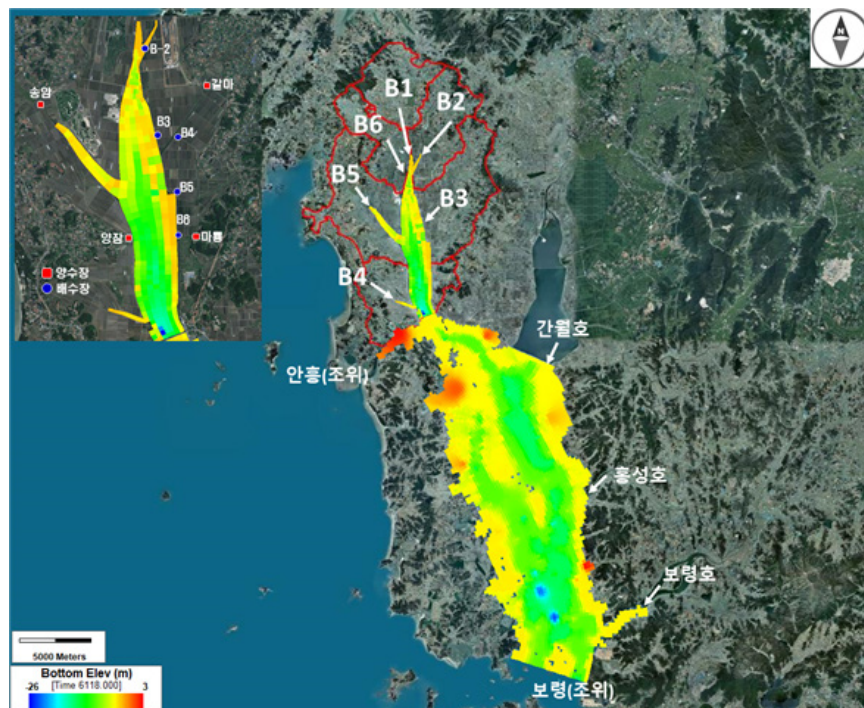


4.2.3 입력자료 구성

가. 모의 격자 구성

- 부남호 및 천수만 수질 예측을 위한 모의 격자는 부남호와 천수만으로 구분하여 구성하였으며, 지형자료를 최대한 반영하도록 구성함
- 부남호 모의 격자는 평균 163.6m × 167.4m의 수평격자 468개 및 수직층 3개로 총 1,404개의 활성격자로 구성하였으며, 천수만 모의 격자는 평균 209.8m × 180.1m의 수평격자 4,342개 및 수직층 3개로 총 13,206개의 활성격자로 구성함
- 경계조건은 부남호 유역 유입 6지점(B1, B2, B3, B4, B5, B6), 천수만 유역 유입 3지점(간월호, 홍성호, 보령호), 부남호 양수장 4지점(갈마, 마룡, 양잠, 송암), 부남호 배수장 5지점(B-2, B3, B4, B5, B6), 천수만 개방경계 2지점(안흥, 보령)으로 구성함

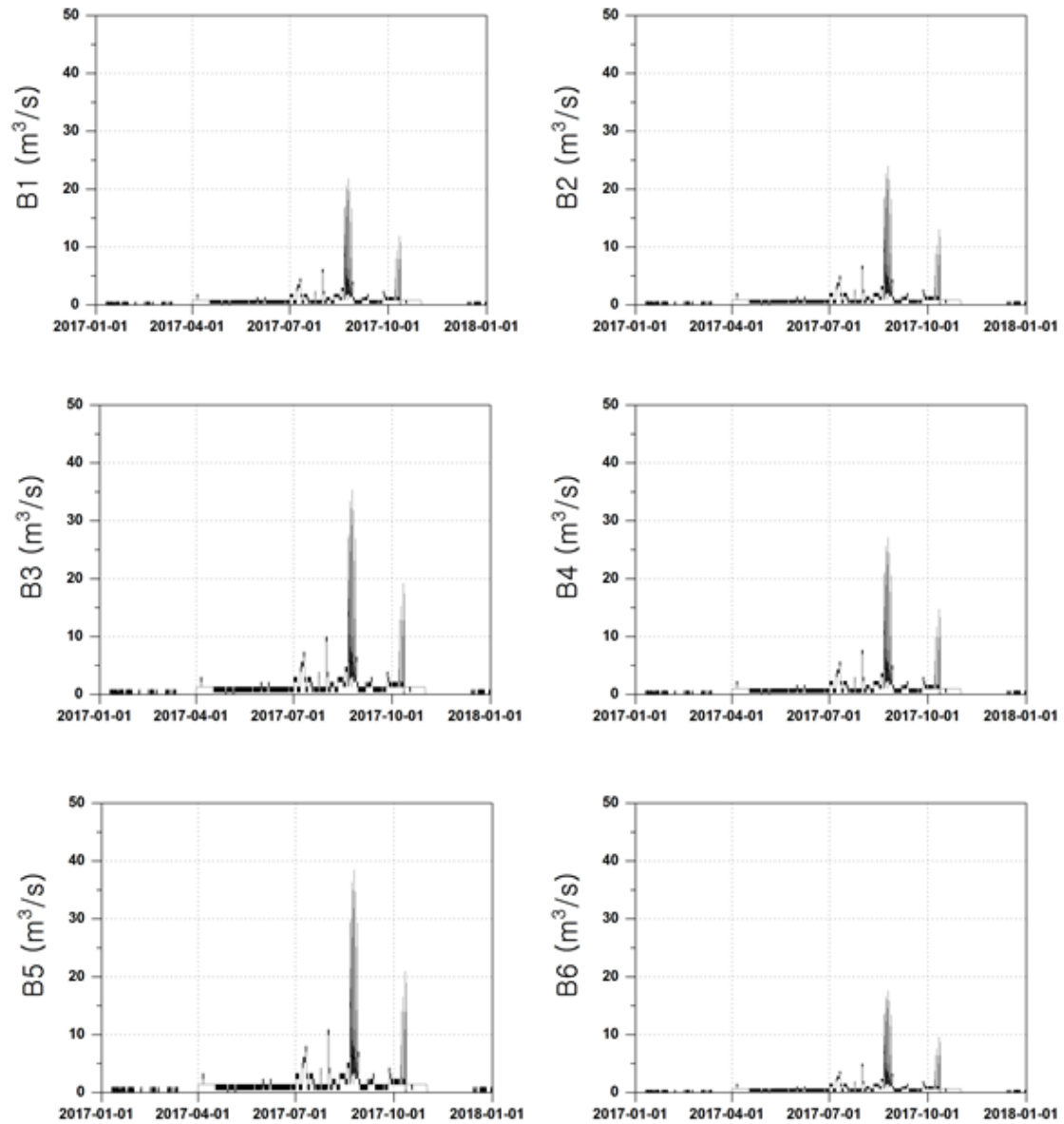
그림 57 EFDC 모델의 격자 구성

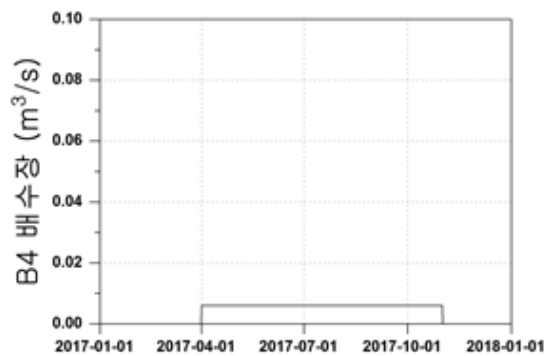
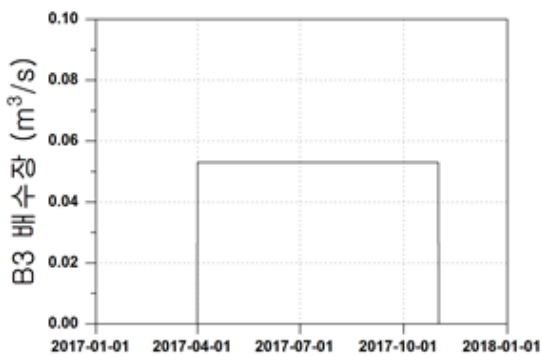
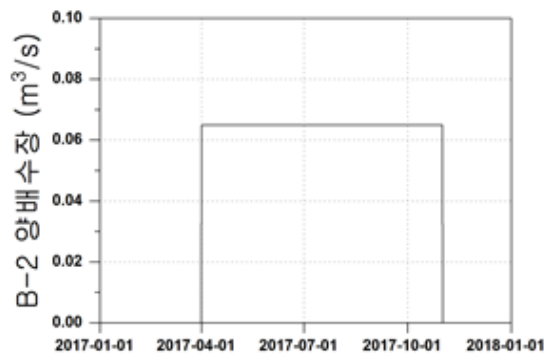
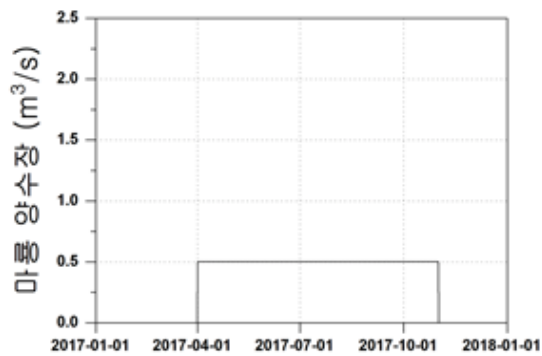
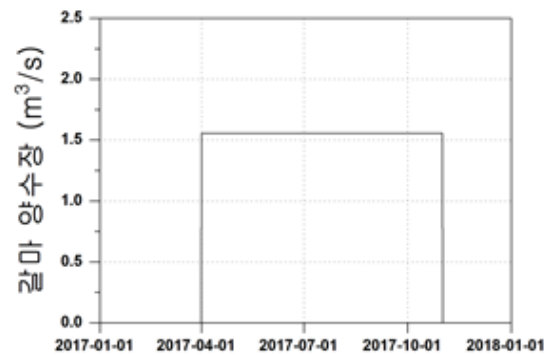
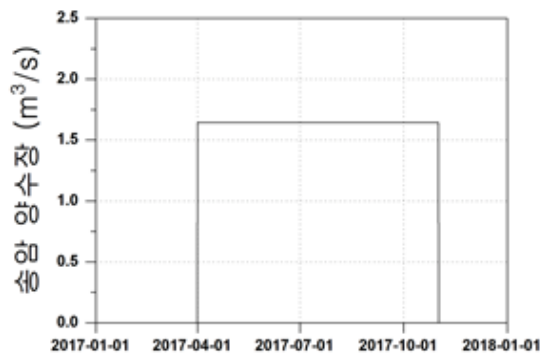
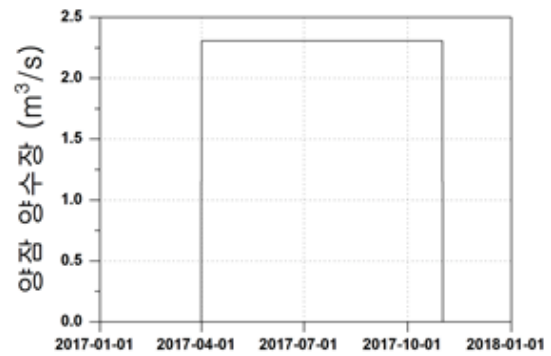
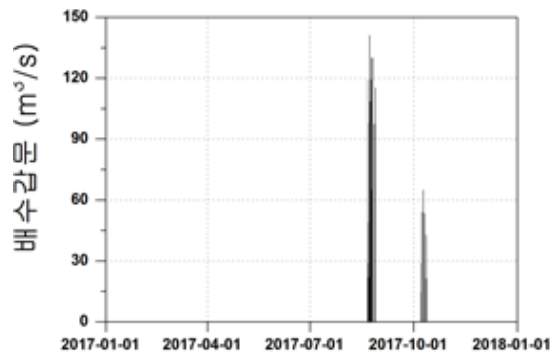


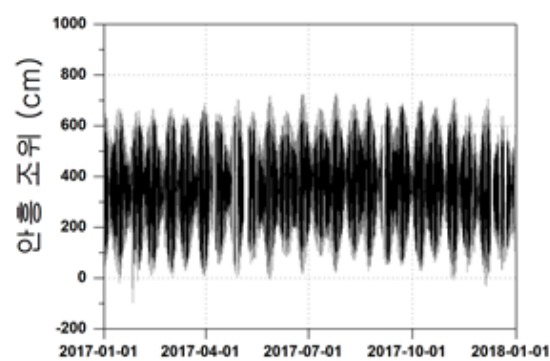
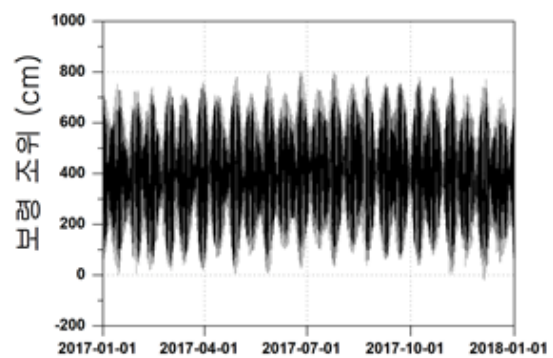
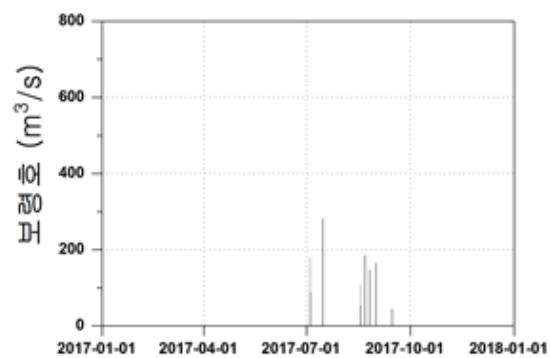
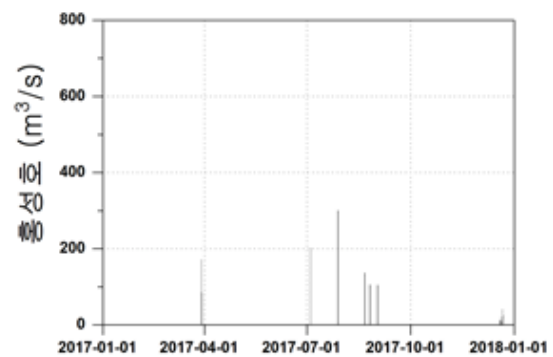
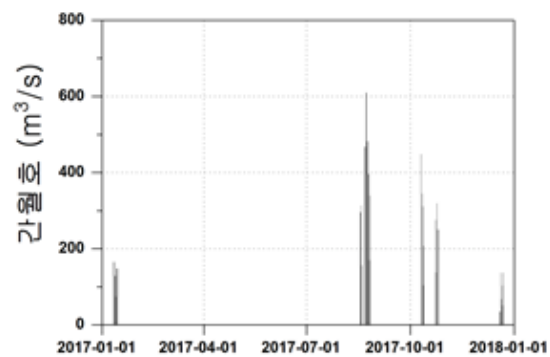
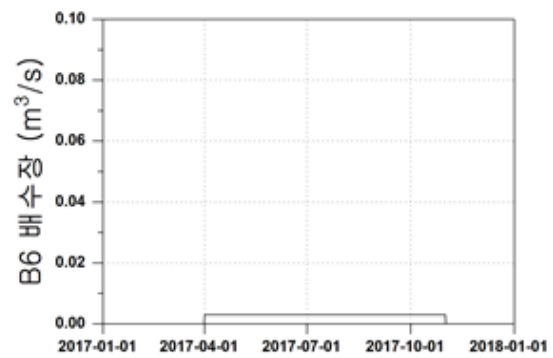
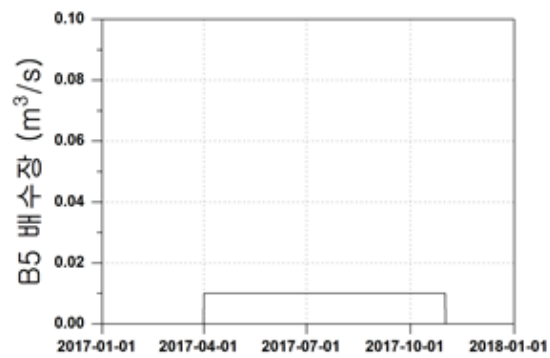
나. 유량 경계 조건

- 장래 수질 예측을 위한 보정 기간은 2017년 1월 1일부터 2017년 12월 31일까지로 선정하였으며, 부남호의 배수갑문 유량 및 양배수량은 현대서산농장에서 제공받은 운영자료를 이용하였으며, 부남호 유역 유입량은 배수갑문 유량, 양배수량, 실측 수위와 수위-체적 곡선식을 이용하여 산정한 총 유입량을 기준으로 유역면적비로 산정함
- 또한 간월호, 홍성호, 보령호의 유출유량은 한국농어촌공사에서 제공받은 배수갑문 운영자료를 이용하였으며, 천수만 개방경계조건은 안흥 및 보령 조위자료를 이용함

그림 58 부남호 및 천수만 유역 유입량







다. 기상 자료

- 수질 모의를 위한 기상자료는 서산 및 보령 기상대의 2017년 시간별 기압, 기온, 습도, 풍속, 전운량, 일사량을 이용하였으며, 서산 및 보령 기상대의 기상자료는 거리별 가중치가 적용되어 수질모의에 적용됨

그림 59 기상대 위치도

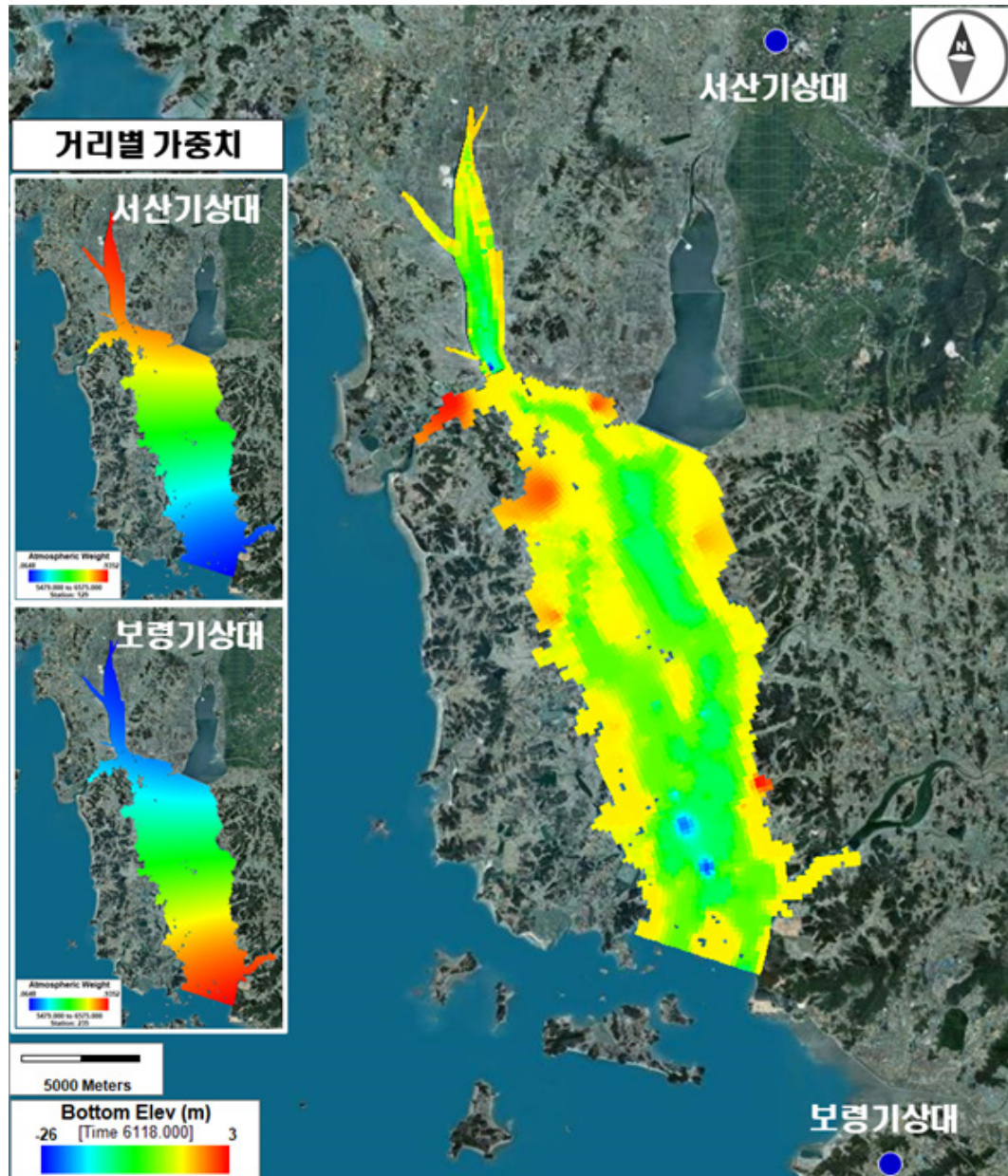


그림 60 | 서산 기상대 시간별 기상자료

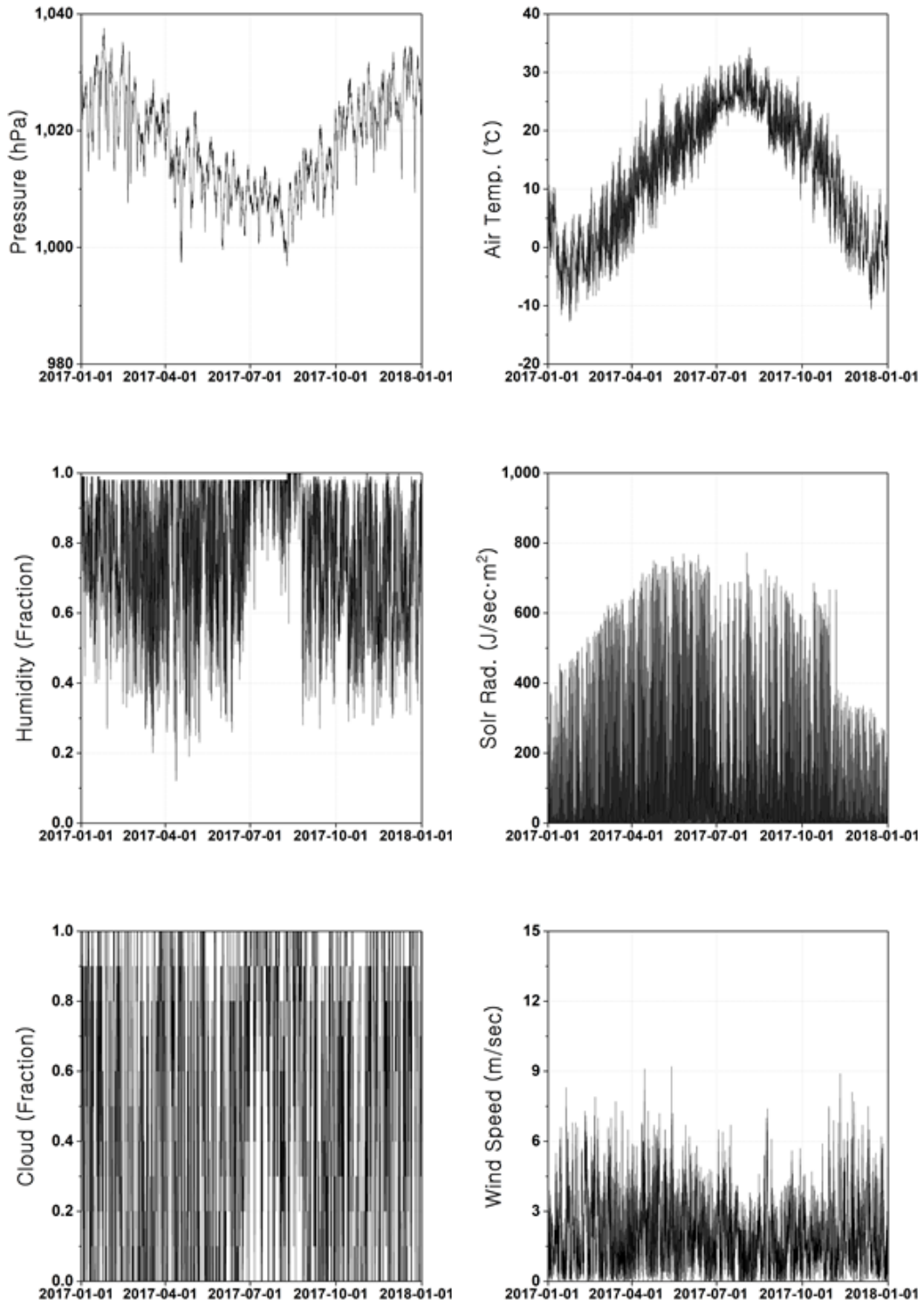
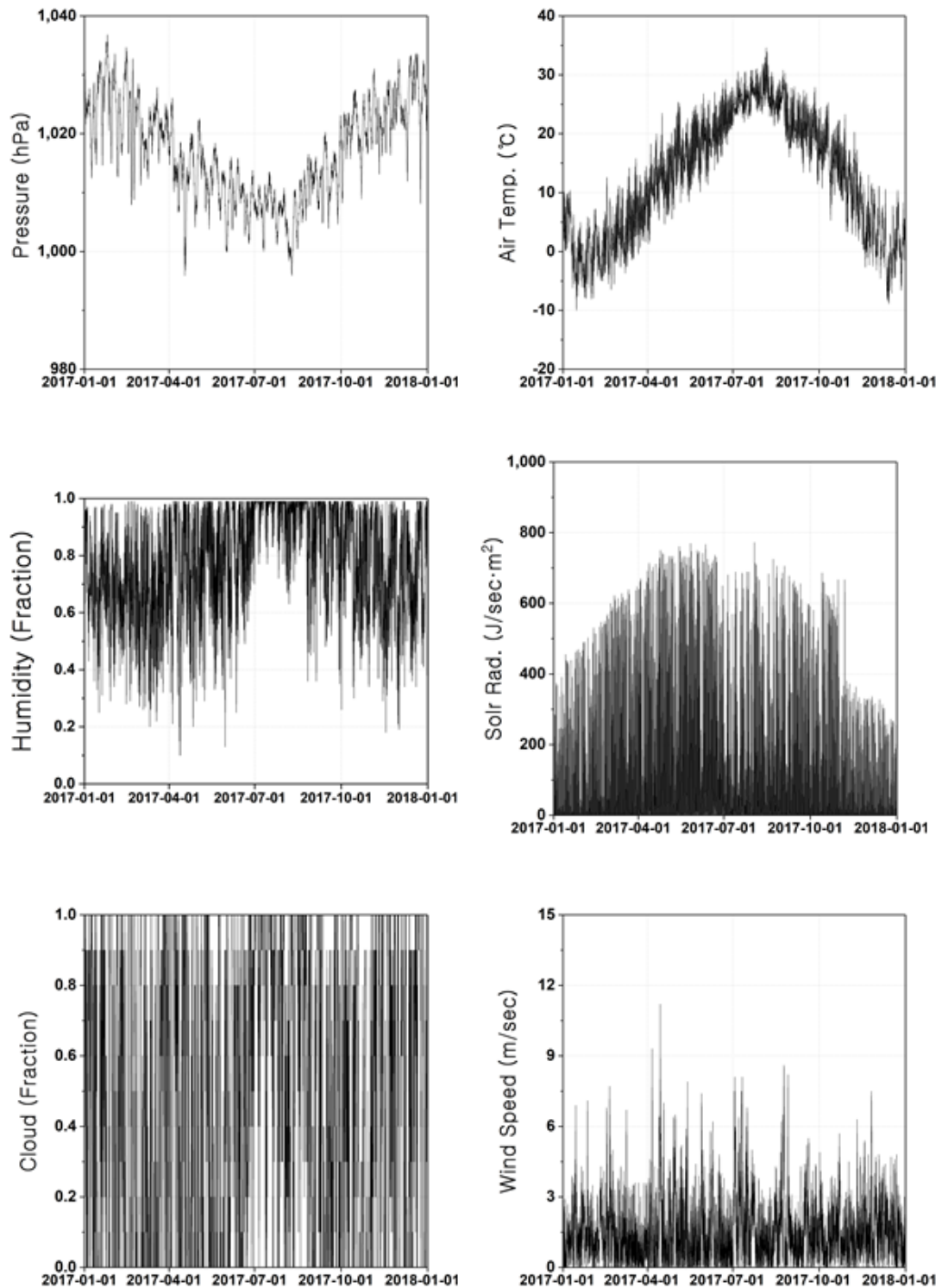


그림 61 보령 기상대 시간별 기상자료



라. 수질 경계 조건

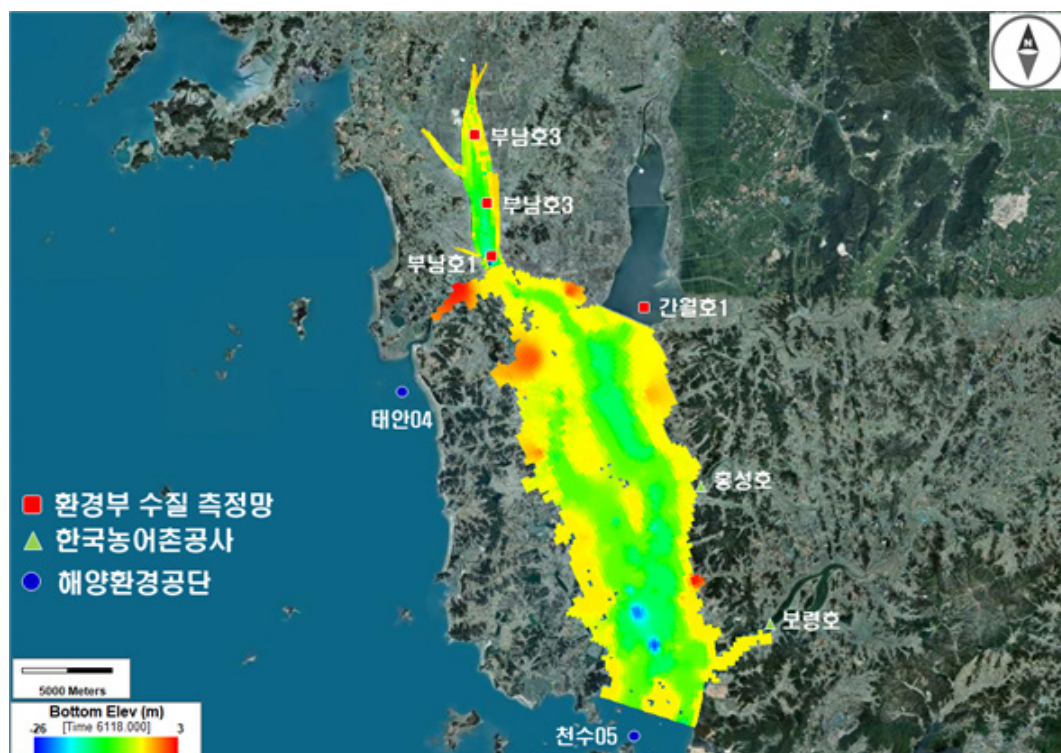
- 부남호 및 간월호 유입수질은 환경부 수질측정망 부남호1, 부남호2, 부남호3, 간월호 1지점의 자료를 이용하였으며, 홍성호 및 보령호의 유입수질은 한국농어촌공사에서 제공받은 자료를 이용함
- 또한 천수만 개방경계의 수질자료는 해양환경공단에서 측정한 천수05, 태안04지점의 수질을 이용함
- 천수05, 태안04 및 홍성호 수질자료에서 TOC, NH3-N, NO3-N, PO4-P의 자료가 결측이기 때문에 인근 환경부 수질측정망 부남호1, 부남호2, 부남호3, 간월호1지점의 2013~2018년 수질자료를 이용하여 수질분율을 산정하여 적용함

<표 58> 환경부 수질측정망 수질분율

구분	TOC/COD	NH3-N/T-N	NO3-N/T-N	PO4-P	비고
부남호 1, 2, 3 간월호 1	0.174	0.065	0.289	0.081	2013~2018년 측정자료

자료 : 환경부 수질측정망 부남호1, 부남호2, 부남호3, 간월호1

그림 62 수질측정 위치도



<표 59> 부남호 및 천수만 월 유입 수온 및 염분

구분	부남호1		부남호2		부남호3		간월호	
	염분 (psu)	수온 (°C)	염분 (psu)	수온 (°C)	염분 (psu)	수온 (°C)	염분 (psu)	수온 (°C)
2017년 1월	5.6	1.5	4.4	2.2	3.6	1.9	3.1	0.3
2017년 2월	5.4	1.9	2.9	4.5	3.7	4.0	3.5	3.6
2017년 3월	5.6	6.2	5.2	6.8	4.0	7.6	3.7	6.9
2017년 4월	5.6	14.4	4.5	13.4	3.9	14.1	3.6	14.7
2017년 5월	5.9	21.0	4.9	21.3	4.1	21.7	3.9	18.9
2017년 6월	6.4	25.2	6.4	26.7	6.4	26.9	4.3	23.3
2017년 7월	6.4	28.1	6.3	29.5	5.4	29.0	4.1	27.7
2017년 8월	5.8	30.2	5.8	31.4	4.3	30.3	3.0	29.3
2017년 9월	5.6	27.6	4.2	28.8	3.2	27.7	2.4	27.2
2017년 10월	-	-	-	-	-	-	3.3	17.6
2017년 11월	-	-	-	-	-	-	3.9	7.9
2017년 12월	7.5	1.7	5.6	1.0	4.4	1.4	4.2	0.4
구분	홍성호		보령호		천수05		태안04	
	염분 (psu)	수온 (°C)	염분 (psu)	수온 (°C)	염분 (psu)	수온 (°C)	염분 (psu)	수온 (°C)
2017년 2월	5.8	13.1	10.0	12.7	32.3	4.1	32.3	3.6
2017년 5월	6.7	24.0	10.4	25.1	32.1	16.0	32.1	16.1
2017년 8월	2.0	26.3	1.9	28.0	31.5	26.9	31.7	26.3
2017년 11월	2.5	15.5	2.4	15.5	32.4	11.8	32.4	10.8

주) 결측자료는 내삽법을 이용하여 입력함

<표 60> 부남호 및 천수만 월 유입 수질

구분	부남호1							
	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	DO (mg/L)
2017년 1월	1.9	1.613	0.054	0.156	0.101	0.004	16.1	6.6
2017년 2월	6.2	1.192	0.063	0.044	0.060	0.008	9.6	14.7
2017년 3월	4.6	1.541	0.080	0.028	0.190	0.004	22.2	11.9
2017년 4월	7.5	1.492	0.089	0.019	0.001	0.004	23.4	11.7
2017년 5월	5.5	1.472	0.087	0.016	0.409	0.002	32.2	12.1
2017년 6월	5.6	1.195	0.053	0.017	0.086	0.011	20.1	9.5
2017년 7월	4.2	1.122	0.043	0.073	0.273	0.014	10.6	8.7
2017년 8월	4.3	1.341	0.046	0.039	0.195	0.009	12.7	9.3
2017년 9월	5.9	1.812	0.060	0.004	0.388	0.006	78.3	8.3
2017년 12월	1.9	2.101	0.117	0.387	0.177	0.012	45.6	9.0

구분	부남호2							
	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	DO (mg/L)
2017년 1월	3.2	1.273	0.050	0.006	0.070	0.002	11.6	6.2
2017년 2월	8.4	1.206	0.072	0.007	0.011	0.007	14.3	13.9
2017년 3월	6.0	1.708	0.091	0.021	0.171	0.002	40.1	11.9
2017년 4월	7.5	1.659	0.108	0.014	0.011	0.002	29.9	10.3
2017년 5월	7.5	1.562	0.104	0.014	0.088	0.001	28.2	11.2
2017년 6월	5.6	1.282	0.060	0.023	0.102	0.006	24.5	8.4
2017년 7월	4.4	1.020	0.068	0.031	0.258	0.002	49.6	8.2
2017년 8월	4.2	1.399	0.048	0.025	0.151	0.003	23.1	9.4
2017년 9월	7.4	1.904	0.104	0.001	0.229	0.007	59.6	10.0
2017년 12월	2.4	1.641	0.077	0.145	0.128	0.001	29.0	9.5
구분	부남호3							
	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	DO (mg/L)
2017년 1월	8.1	1.841	0.066	0.016	0.219	0.003	12.2	6.0
2017년 2월	11.1	1.706	0.078	0.105	0.352	0.006	16.7	14.2
2017년 3월	7.9	2.104	0.091	0.062	0.342	0.002	33.5	11.7
2017년 4월	10.4	2.064	0.142	0.037	0.031	0.002	44.5	11.4
2017년 5월	10.4	1.527	0.100	0.013	0.000	0.001	39.8	11.8
2017년 6월	12.4	2.042	0.203	0.282	0.110	0.092	32.8	7.1
2017년 7월	6.6	2.337	0.240	0.674	0.324	0.026	30.8	5.8
2017년 8월	6.4	2.162	0.106	0.084	0.321	0.007	71.9	8.8
2017년 9월	8.7	2.090	0.138	0.006	0.222	0.006	138.5	10.7
2017년 12월	3.1	1.999	0.086	0.129	0.193	0.001	41.1	9.3
구분	간월호1							
	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	DO (mg/L)
2017년 1월	6.4	1.972	0.102	0.093	0.352	0.001	42.9	6.3
2017년 2월	6.4	1.508	0.076	0.188	0.337	0.008	23.0	14.4
2017년 3월	6.4	2.790	0.116	0.019	0.404	0.004	88.3	11.8
2017년 4월	7.9	1.837	0.133	0.075	0.163	0.002	40.3	10.8
2017년 5월	6.2	2.790	0.214	0.024	0.230	0.002	88.4	13.2
2017년 6월	9.0	1.963	0.083	0.883	1.032	0.007	48.4	5.3
2017년 7월	8.9	2.358	0.121	0.494	0.377	0.023	55.1	10.0
2017년 8월	8.8	1.532	0.106	0.072	0.151	0.031	53.2	9.5
2017년 9월	8.4	1.566	0.120	0.009	0.225	0.010	98.7	11.8
2017년 10월	4.9	1.625	0.155	0.312	0.014	0.018	92.3	10.8
2017년 11월	2.6	4.986	0.158	0.183	0.378	0.003	93.6	13.6
2017년 12월	2.6	1.956	0.111	0.361	1.372	0.005	50.6	9.4

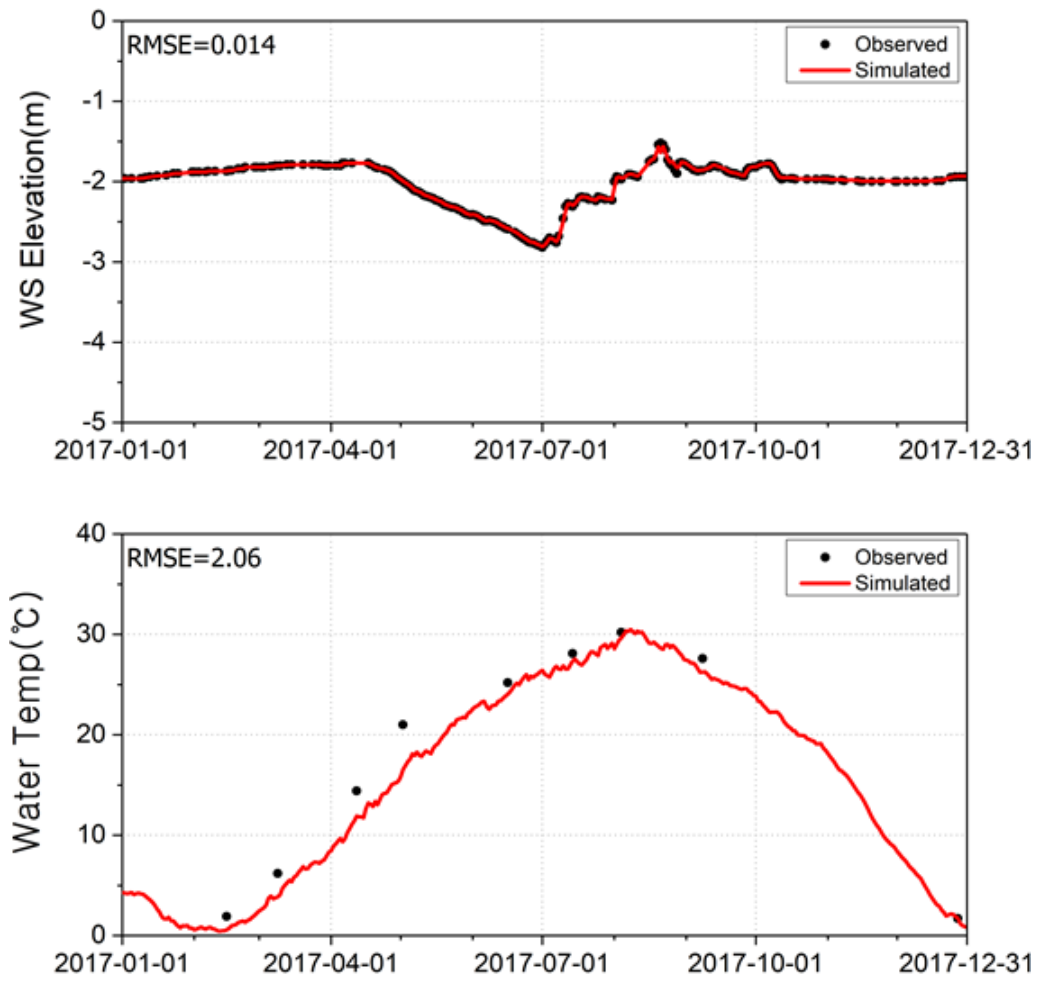
구분	홍성호							
	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	DO (mg/L)
2017년 2월	10.1	3.283	0.257	0.214	0.948	0.021	7.0	9.7
2017년 5월	9.8	1.368	0.126	0.089	0.395	0.010	21.4	6.4
2017년 8월	7.3	1.745	0.291	0.114	0.504	0.024	86.8	7.0
2017년 11월	7.5	1.253	0.179	0.082	0.362	0.015	35.4	7.7
구분	보령호							
	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	DO (mg/L)
2017년 2월	10.5	3.901	0.204	0.255	1.126	0.017	25.4	7.9
2017년 5월	9.6	1.314	0.298	0.086	0.379	0.024	11.1	6.4
2017년 8월	6.6	1.012	0.238	0.066	0.292	0.019	147.8	8.1
2017년 11월	-	0.898	0.032	0.059	0.259	0.003	11.7	7.3
구분	천수05							
	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	DO (mg/L)
2017년 1월	0.2	0.254	0.027	0.002	0.110	0.002	2.4	10.8
2017년 2월	0.3	0.197	0.013	0.000	0.001	0.001	1.6	8.9
2017년 3월	0.3	0.145	0.029	0.003	0.014	0.002	2.7	6.3
2017년 4월	0.3	0.098	0.010	0.010	0.014	0.001	2.9	9.3
구분	태안04							
	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl-a (mg/m ³)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	DO (mg/L)
2017년 2월	0.2	0.233	0.025	0.002	0.108	0.002	0.6	11.1
2017년 5월	0.3	0.224	0.017	0.000	0.001	0.001	2.3	9.4
2017년 8월	0.3	0.170	0.023	0.001	0.017	0.002	4.9	7.0
2017년 11월	0.3	0.214	0.033	0.046	0.050	0.003	2.5	9.3

4.2.4 EFDC 수질 모델의 보정

가. 수리 보정

- 앞서 유출입 유량을 이용하여 EFDC 유동모의를 실시하였으며, 모의 기간의 부남호 수위 및 수온을 이용하여 수리보정을 실시함
- 부남호 모의 수위 및 수온은 실측 수위 및 수온의 변화 패턴을 잘 재현하는 것으로 판단되며, 통계적인 방법인 RMSE는 수위 0.014m, 수온 2.06℃를 나타냄

그림 63 수리 모델 보정



나. 수질 보정

- 부남호 1지점의 2017년 실측 수질을 이용하여 EFDC 모델의 수질 재현성을 검토하였으며, EFDC 모델에서 수질 예측에 영향을 미치는 매개변수는 모의치와 실측치의 오차가 최소화 되도록 시행착오법을 이용하여 산정함
- 금회 수질모델의 보정시 수질 농도뿐 아니라 계절별 변화 추이도 반영되도록 보정을 실시하였으며, 일부 시기에 실측수질 농도에 비해 높거나 낮은 경향을 나타내고 있으나 전반적인 실측 수질농도 변화를 유사하게 따르고 있는 것으로 분석됨

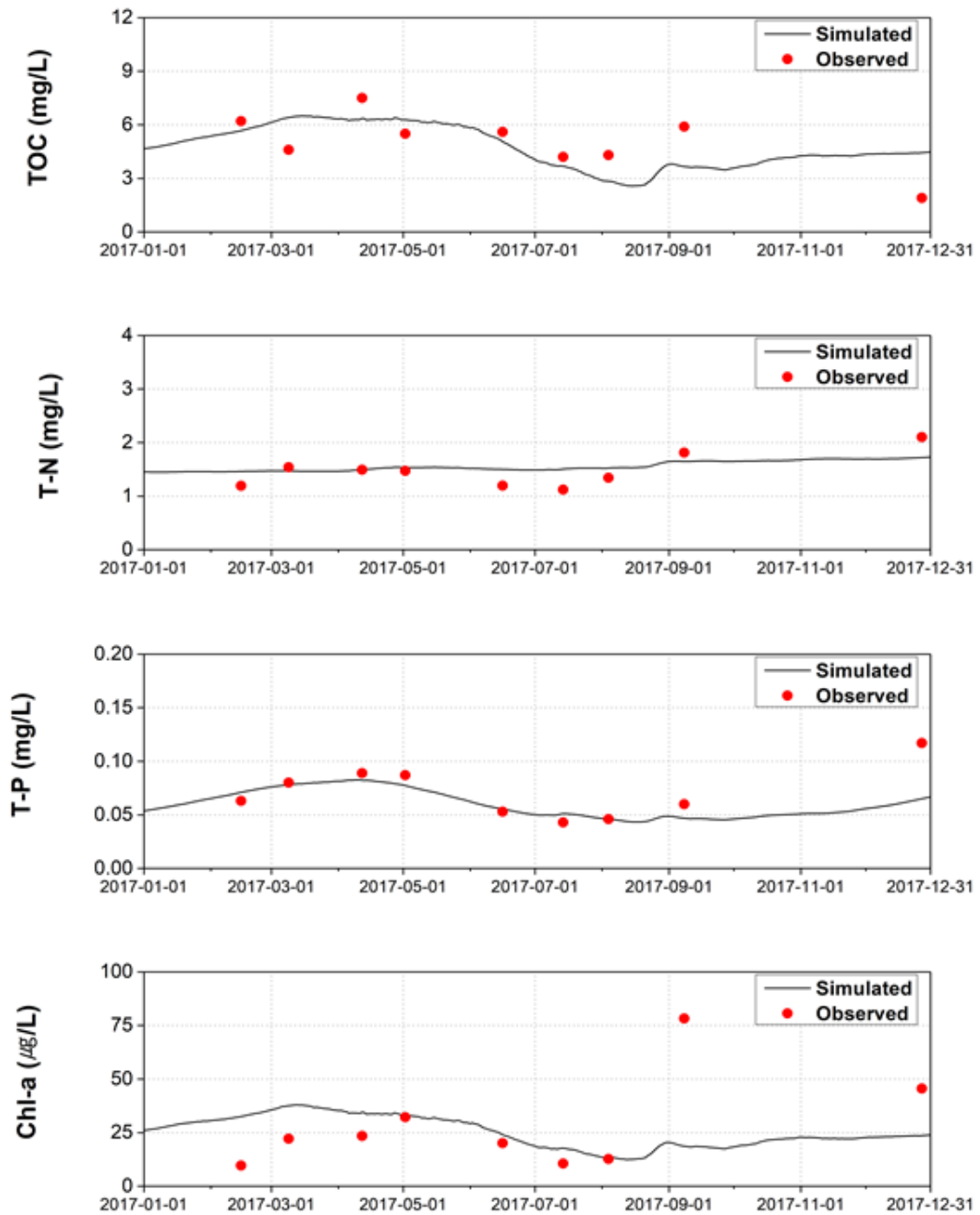
<표 61> 수질 보정에 적용한 매개변수

변수	단위	적용값	변수	단위	적용값
Algae					
PMc	day ⁻¹	2	TMd	℃	18, 30
PMd	day ⁻¹	2	TMg	℃	18, 25
PMg	day ⁻¹	2	KTG1c	℃ ⁻²	0.005
KHNX	gNm ⁻³	0.01, 0.05, 0.02	KTG2c	℃ ⁻²	0.005
KHPX	gPm ⁻³	0.001, 0.005, 0.005	KTG1d	℃ ⁻²	0.005
KHS	gSim ⁻³	0.05	KTG2d	℃ ⁻²	0.02
FD		0.5	KTG1g	℃ ⁻²	0.005
Io	langleys	350	KTG2g	℃ ⁻²	0.02
Keb	m ⁻¹	0.3	STOX	ppt	1
KeTSS	m ⁻¹ per gm ⁻³	0.052	BMRc	day ⁻¹	0.01
KeChl	m ⁻¹ per mgChlm ⁻³	0.031	BMRd	day ⁻¹	0.01
CChIX	gC per mgChla	0.116	BMRg	day ⁻¹	0.01
(Dopt)X	m	1	TRX	℃	20
(Is)min		40	KTBX	℃ ⁻¹	0.069
Cla		0.7	PRRc	day ⁻¹	0.04
Clb		0.2	PRRd	day ⁻¹	0.04
Clc		0.1	PPRg	day ⁻¹	0.04
TMc	℃	28.5, 33			
oxygen					
KHCO _D	gO ₂ m ⁻³	1.5	AOCR	gO ₂ per gC	2.67
KCD	day ⁻¹	0.1	AONT	gO ₂ per gN	4.33
TRCO _D	℃	20	Kro		1
KTCO _D	℃ ⁻¹	0.041	KTr		1.024

변수	단위	적용값	변수	단위	적용값
Carbon					
FCRP		0.7	KRCalg	day ⁻¹ per gCm ⁻³	0
FCLP		0.2	KLCalg	day ⁻¹ per gCm ⁻³	0
FCDP		0.1	KDCalg	day ⁻¹ per gCm ⁻³	0
FDCX		0	TRHDR	℃	20
KHRX	gO ₂ m ⁻³	0.5	TRMNL	℃	20
KHORDO	gO ₂ m ⁻³	1	KTHDR	℃ ⁻¹	0.069
KRC	day ⁻¹	0.05	KTMNL	℃ ⁻¹	0.069
KLC	day ⁻¹	0.11	KHDNN	gNm ⁻³	0.1
KDC	day ⁻¹	0.35	AANOX		0.5
Nitrogen					
FNRP		0.35	KLN	day ⁻¹	0.11
FNLP		0.55	KDN	day ⁻¹	0.29
FNDP		0.1	KRNalg	day ⁻¹ per gCm ⁻³	0
FNIP		0	KLNalg	day ⁻¹ per gCm ⁻³	0
FNRX		0	KDNalg	day ⁻¹ per gCm ⁻³	0
FNLX		0	Nitm	day ⁻¹ per gNm ⁻³	0.16
FNDX		1	KHNitDO	gO ₂ m ⁻³	1
FNX		0	KHNitN	gNm ⁻³	1
ANCX	gN per gC	0.155	TNit	℃	27
ANDC	gN per gC	0.933	KNit1	℃ ⁻²	0.0045
KRN	day ⁻¹	0.005	KNit2	℃ ⁻²	0.0045
phosphorus					
FPRP		0.1	CPprm1	gC per gP	116
FPLP		0.2	CPprm2	gC per gP	0
FPDP		0.5	CPprm3	per gPm ⁻³	0
FPIP		0.2	KRP	day ⁻¹	0.001
FPRX		0	KLP	day ⁻¹	0.11
FPLX		0	KDP	day ⁻¹	0.37
FPDX		1	KRPalg	day ⁻¹ per gCm ⁻³	0
FPIX		0	KLPalg	day ⁻¹ per gCm ⁻³	0
KPo4p	per gm ⁻³	0	KDPalg	day ⁻¹ per gCm ⁻³	0

- 부남호 1지점에서 실측 결과 TOC 1.90 ~ 7.50 mg/L, T-N 1.122 ~ 2.101 mg/L, T-P 0.043 ~ 0.117 mg/L, Chl-a 9.6 ~ 78.3 $\mu\text{g/L}$ 를 나타내며, 모의결과는 TOC 2.58 ~ 6.50 mg/L, T-N 1.449 ~ 1.730 mg/L, T-P 0.043 ~ 0.083 mg/L, Chl-a 12.4 ~ 38.0 $\mu\text{g/L}$ 나타나 실측결과와 유사한 것으로 모의됨

그림 64 부남호 1지점 수질 보정



4.2.5 장래 수질 예측

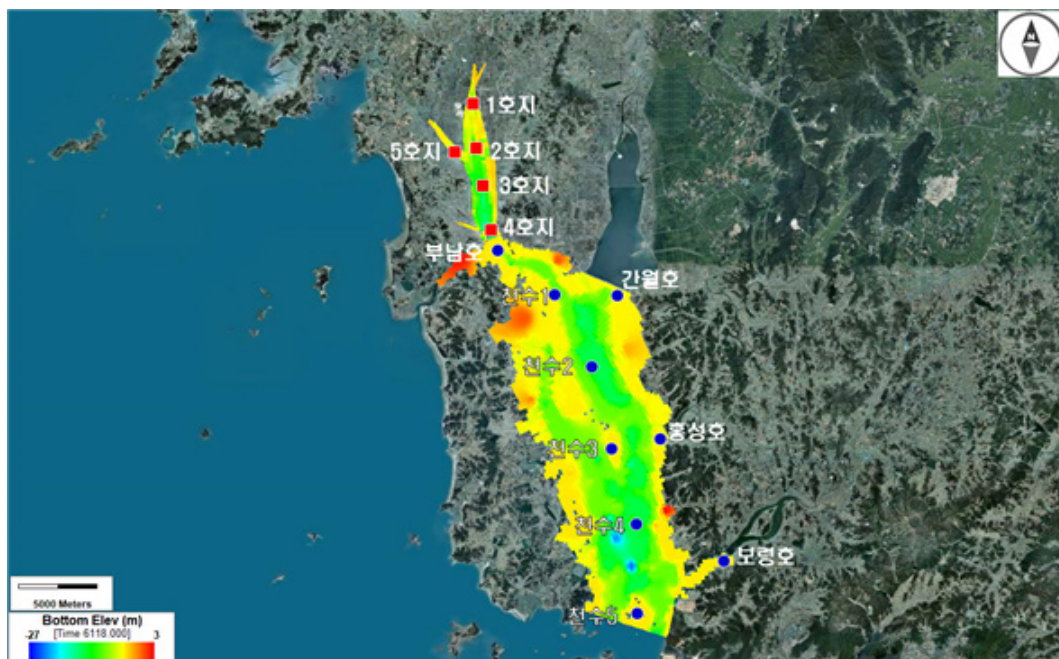
가. 모의 시나리오 구성

- 부남호 및 천수만 수질개선을 위한 장래 수질 예측 시나리오는 다음 표와 같으며, 수질개선 대책은 유역 부하량 삭감과 부남호 해수 유통으로 구분함
- 시나리오 1은 현재 수질을 나타내며, 부남호 해수 유통에 따른 수질 변화를 검토하기 위해서 배수갑문 개방 조건을 다양하게 구성하여 시나리오 2, 3, 4를 구성함
- 또한 유역 부하량 삭감에 따른 수질 변화를 검토하기 위해서 유역 축산계 부하량을 30%삭감을 고려한 시나리오5를 구성하였으며, 축산계 삭감과 배수갑문 전면 개방이 반영된 시나리오 6을 구성함

<표 62> 장래 수질 예측 시나리오

구분	유역 부하량 삭감	부남호 해수 유통	비고
시나리오 1	-	-	현재 수질
시나리오 2	-	배수갑문 25% 개방	해수 유통 검토
시나리오 3	-	배수갑문 50% 개방	
시나리오 4	-	배수갑문 전면 개방	
시나리오 5	축산계 삭감	-	축산계 삭감 검토
시나리오 6	축산계 삭감	배수갑문 전면 개방	

그림 65 모의 결과 추출지점



나. 해수 유통 검토

- 부남호 배수갑문 개방 조건에 따른 부남호 및 천수만 수질 변화를 예측하였으며, 다음 표에 시나리오별 수질모의 결과를 나타냄
- 시나리오별 염분 변화는 배수갑문 개방으로 인해 부남호 내 1, 2, 3, 4, 5호지의 염분은 해수와 유사한 27psu이상의 농도를 나타내었으며, 천수만 내 부남호 지점의 염분은 부남호내 담수 유입으로 인해 시나리오 1 대비 3.2~3.8% 낮아지는 것으로 예측됨
- 시나리오별 TOC 변화는 해수의 부남호 유입으로 인해 1, 2, 3, 4, 5호지 56.3~67.2% 저감되는 것으로 예측되었으며, 천수만 지점은 부남호 내 높은 농도의 수질이 유입됨에 따라 1.8~41.8%증가함
- 시나리오별 T-N, T-P, Chl-a 변화는 TOC 변화와 유사하게 1, 2, 3, 4, 5호지의 수질이 개선되면, 천수만 수질은 다소 증가하는 것으로 예측됨
- 시나리오별 T-N 변화는 부남호 내 1, 2, 3, 4, 5호지 67.3~79.4% 저감, 천수만 지점은 0.0~36.6%증가하였으며, T-P 변화는 1, 2, 3, 4, 5호지 39.7~50.0% 저감, 천수만 지점은 0.0~16.0%증가하였으며, Chl-a 변화는 1, 2, 3, 4, 5호지 55.2~64.0% 저감, 천수만 지점은 0.0~29.9%증가하는 것으로 예측됨
- 부남호 배수갑문 개방 조건을 예측한 시나리오 1, 2, 3, 4에서 부남호 내 1, 2, 3, 4, 5호지의 염분은 해수와 유사한 농도를 나타내며, TOC, T-N, T-P, Chl-a 농도는 해수의 낮은 농도로 인해 현재 수질보다 크게 개선되는 것으로 예측됨
- 천수만 내 모의 결과 추출지점의 수질 변화는 전지점에서 염분은 다소 낮아지는 것으로 예측되었으며, TOC, T-N, T-P, Chl-a 농도는 증가하는 것으로 예측됨
- 부남호 내 높은 농도의 수질은 천수만 내 부남호 및 천수1지점까지 다소 영향을 미치는 것으로 예측되었으며, 부남호 및 천수1지점의 시나리오별 수질 변화는 염분 0.9~3.8% 저감, TOC 11.2~41.3% 증가, T-N 11.4~36.6% 증가, T-P 4.3~16.0% 증가, Chl-a 7.8~29.9% 증가함
- 천수만 내 부남호 및 천수1지점을 제외한 지점에서 시나리오별 수질 변화는 염분 0.0~0.6% 저감, TOC 1.8~7.3% 증가, T-N 0.0~7.0% 증가, T-P 0.0~5.0% 증가, Chl-a 0.0~4.7% 증가하였으며, 부남호 배수갑문 개방으로 인한 수질 변화는 미미한 것으로 예측됨

<표 63> 해수 유통 시나리오 결과

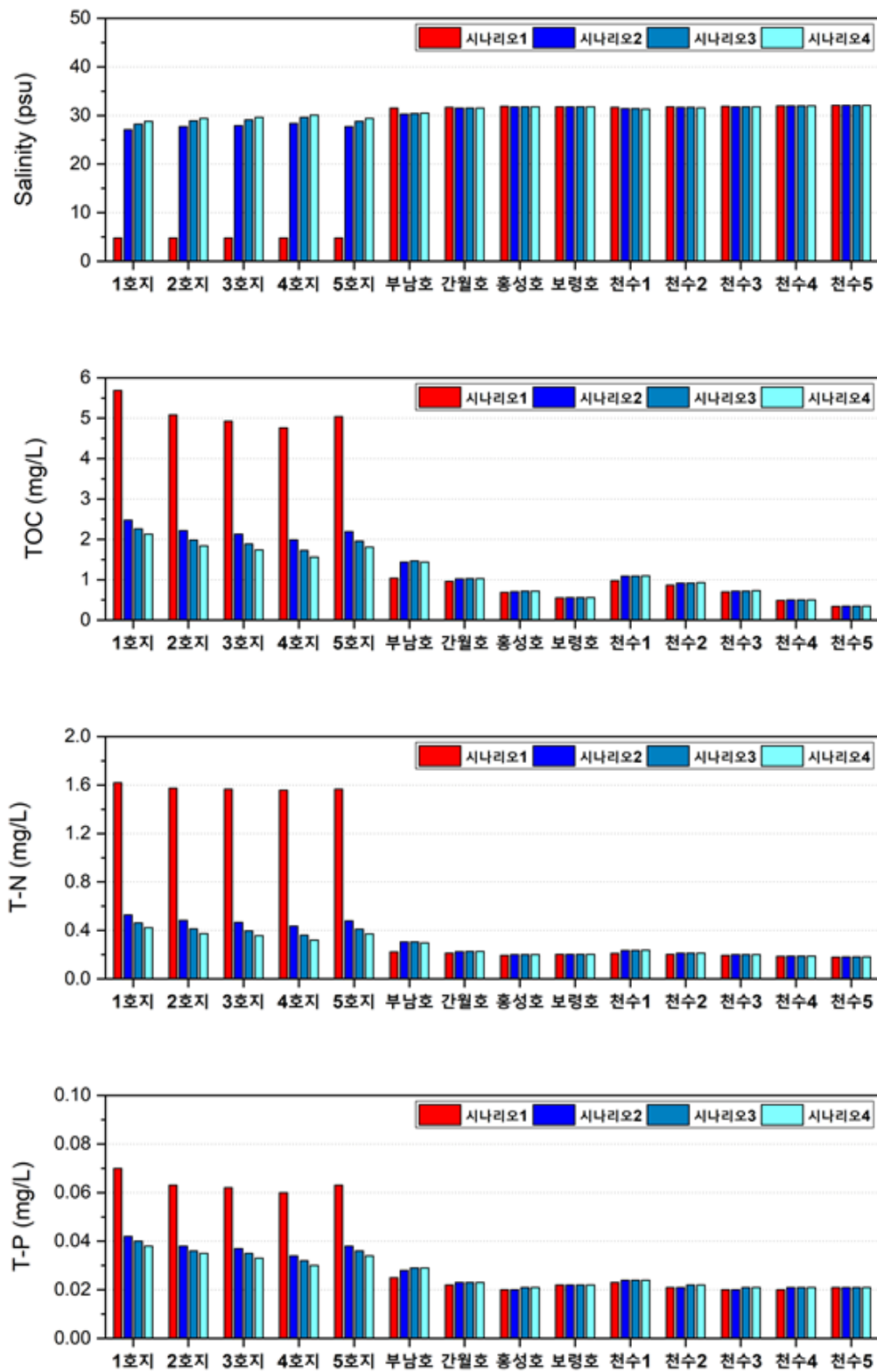
		염분(psu)						
구분		1호지	2호지	3호지	4호지	5호지	부남호	간월호
시나리오 1	농도	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	31.5	31.7
시나리오 2	농도	27.1	27.7	27.9	28.4	27.7	30.3	31.5
	증감율	464.6%	477.1%	481.3%	491.7%	477.1%	-3.8%	-0.6%
시나리오 3	농도	28.2	28.9	29.1	29.6	28.8	30.4	31.5
	증감율	487.5%	502.1%	506.3%	516.7%	500.0%	-3.5%	-0.6%
시나리오 4	농도	28.8	29.4	29.6	30.1	29.4	30.5	31.5
	증감율	500.0%	512.5%	516.7%	527.1%	512.5%	-3.2%	-0.6%

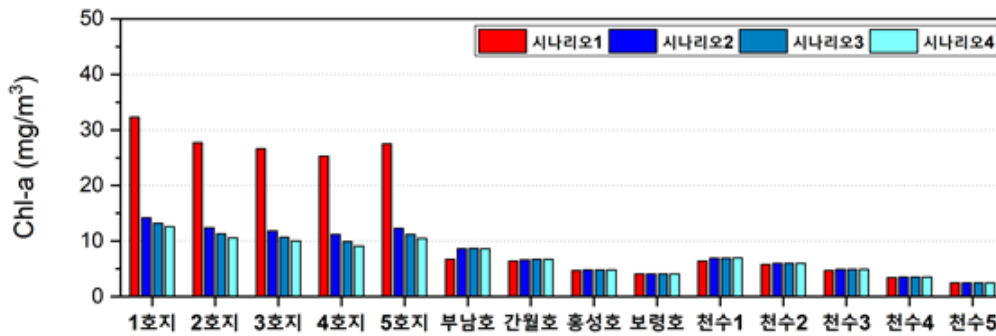
구분		홍성호	보령호	천수1	천수2	천수3	천수4	천수5
시나리오 1	농도	31.9	31.8	31.7	31.8	31.9	32.0	32.1
시나리오 2	농도	31.8	31.8	31.4	31.7	31.8	32.0	32.1
	증감율	-0.3%	0.0%	-0.9%	-0.3%	-0.3%	0.0%	0.0%
시나리오 3	농도	31.8	31.8	31.4	31.7	31.8	32.0	32.1
	증감율	-0.3%	0.0%	-0.9%	-0.3%	-0.3%	0.0%	0.0%
시나리오 4	농도	31.8	31.8	31.3	31.6	31.8	32.0	32.1
	증감율	-0.3%	0.0%	-1.3%	-0.6%	-0.3%	0.0%	0.0%
TOC(mg/L)								
구분		1호지	2호지	3호지	4호지	5호지	부남호	간월호
시나리오 1	농도	5.69	5.08	4.93	4.76	5.04	1.04	0.96
시나리오 2	농도	2.48	2.22	2.13	1.99	2.19	1.44	1.02
	증감율	-56.4%	-56.3%	-56.8%	-58.2%	-56.5%	38.5%	6.3%
시나리오 3	농도	2.26	1.98	1.89	1.73	1.96	1.47	1.03
	증감율	-60.3%	-61.0%	-61.7%	-63.7%	-61.1%	41.3%	7.3%
시나리오 4	농도	2.13	1.84	1.74	1.56	1.81	1.44	1.03
	증감율	-62.6%	-63.8%	-64.7%	-67.2%	-64.1%	38.5%	7.3%
구분		홍성호	보령호	천수1	천수2	천수3	천수4	천수5
시나리오 1	농도	0.69	0.55	0.98	0.87	0.70	0.49	0.34
시나리오 2	농도	0.71	0.56	1.09	0.92	0.72	0.50	0.35
	증감율	2.9%	1.8%	11.2%	5.7%	2.9%	2.0%	2.9%
시나리오 3	농도	0.72	0.56	1.09	0.92	0.72	0.50	0.35
	증감율	4.3%	1.8%	11.2%	5.7%	2.9%	2.0%	2.9%
시나리오 4	농도	0.72	0.56	1.10	0.93	0.73	0.50	0.35
	증감율	4.3%	1.8%	12.2%	6.9%	4.3%	2.0%	2.9%
T-N(mg/L)								
구분		1호지	2호지	3호지	4호지	5호지	부남호	간월호
시나리오 1	농도	1.619	1.574	1.566	1.559	1.567	0.224	0.213
시나리오 2	농도	0.529	0.483	0.466	0.435	0.480	0.305	0.226
	증감율	-67.3%	-69.3%	-70.2%	-72.1%	-69.4%	36.2%	6.1%
시나리오 3	농도	0.462	0.413	0.396	0.362	0.411	0.306	0.227
	증감율	-71.5%	-73.8%	-74.7%	-76.8%	-73.8%	36.6%	6.6%
시나리오 4	농도	0.424	0.374	0.357	0.321	0.371	0.298	0.228
	증감율	-73.8%	-76.2%	-77.2%	-79.4%	-76.3%	33.0%	7.0%

구분		홍성호	보령호	천수1	천수2	천수3	천수4	천수5
시나리오 1	농도	0.194	0.203	0.211	0.203	0.194	0.186	0.181
시나리오 2	농도	0.200	0.203	0.235	0.213	0.200	0.189	0.182
	증감율	3.1%	0.0%	11.4%	4.9%	3.1%	1.6%	0.6%
시나리오 3	농도	0.200	0.203	0.236	0.214	0.200	0.189	0.182
	증감율	3.1%	0.0%	11.8%	5.4%	3.1%	1.6%	0.6%
시나리오 4	농도	0.200	0.203	0.237	0.214	0.200	0.189	0.182
	증감율	3.1%	0.0%	12.3%	5.4%	3.1%	1.6%	0.6%
T-P(mg/L)								
구분		1호지	2호지	3호지	4호지	5호지	부남호	간월호
시나리오 1	농도	0.070	0.063	0.062	0.060	0.063	0.025	0.022
시나리오 2	농도	0.042	0.038	0.037	0.034	0.038	0.028	0.023
	증감율	-40.0%	-39.7%	-40.3%	-43.3%	-39.7%	12.0%	4.5%
시나리오 3	농도	0.040	0.036	0.035	0.032	0.036	0.029	0.023
	증감율	-42.9%	-42.9%	-43.5%	-46.7%	-42.9%	16.0%	4.5%
시나리오 4	농도	0.038	0.035	0.033	0.030	0.034	0.029	0.023
	증감율	-45.7%	-44.4%	-46.8%	-50.0%	-46.0%	16.0%	4.5%
구분		홍성호	보령호	천수1	천수2	천수3	천수4	천수5
시나리오 1	농도	0.020	0.022	0.023	0.021	0.020	0.020	0.021
시나리오 2	농도	0.020	0.022	0.024	0.021	0.020	0.021	0.021
	증감율	0.0%	0.0%	4.3%	0.0%	0.0%	5.0%	0.0%
시나리오 3	농도	0.021	0.022	0.024	0.022	0.021	0.021	0.021
	증감율	5.0%	0.0%	4.3%	4.8%	5.0%	5.0%	0.0%
시나리오 4	농도	0.021	0.022	0.024	0.022	0.021	0.021	0.021
	증감율	5.0%	0.0%	4.3%	4.8%	5.0%	5.0%	0.0%
Chl-a(mg/m ³)								
구분		1호지	2호지	3호지	4호지	5호지	부남호	간월호
시나리오 1	농도	32.3	27.7	26.6	25.3	27.5	6.7	6.4
시나리오 2	농도	14.2	12.4	11.8	11.2	12.3	8.6	6.6
	증감율	-56.0%	-55.2%	-55.6%	-55.7%	-55.3%	28.4%	3.1%
시나리오 3	농도	13.2	11.3	10.7	9.9	11.2	8.7	6.7
	증감율	-59.1%	-59.2%	-59.8%	-60.9%	-59.3%	29.9%	4.7%
시나리오 4	농도	12.6	10.6	10.0	9.1	10.5	8.6	6.7
	증감율	-61.0%	-61.7%	-62.4%	-64.0%	-61.8%	28.4%	4.7%
구분		홍성호	보령호	천수1	천수2	천수3	천수4	천수5
시나리오 1	농도	4.7	4.1	6.4	5.8	4.7	3.4	2.5
시나리오 2	농도	4.8	4.1	6.9	6.0	4.9	3.5	2.5
	증감율	2.1%	0.0%	7.8%	3.4%	4.3%	2.9%	0.0%
시나리오 3	농도	4.8	4.1	6.9	6.0	4.9	3.5	2.5
	증감율	2.1%	0.0%	7.8%	3.4%	4.3%	2.9%	0.0%
시나리오 4	농도	4.8	4.1	7.0	6.0	4.9	3.5	2.5
	증감율	2.1%	0.0%	9.4%	3.4%	4.3%	2.9%	0.0%

(

그림 66 해수 유동 시나리오 결과





다. 유역 부하량 삭감 검토

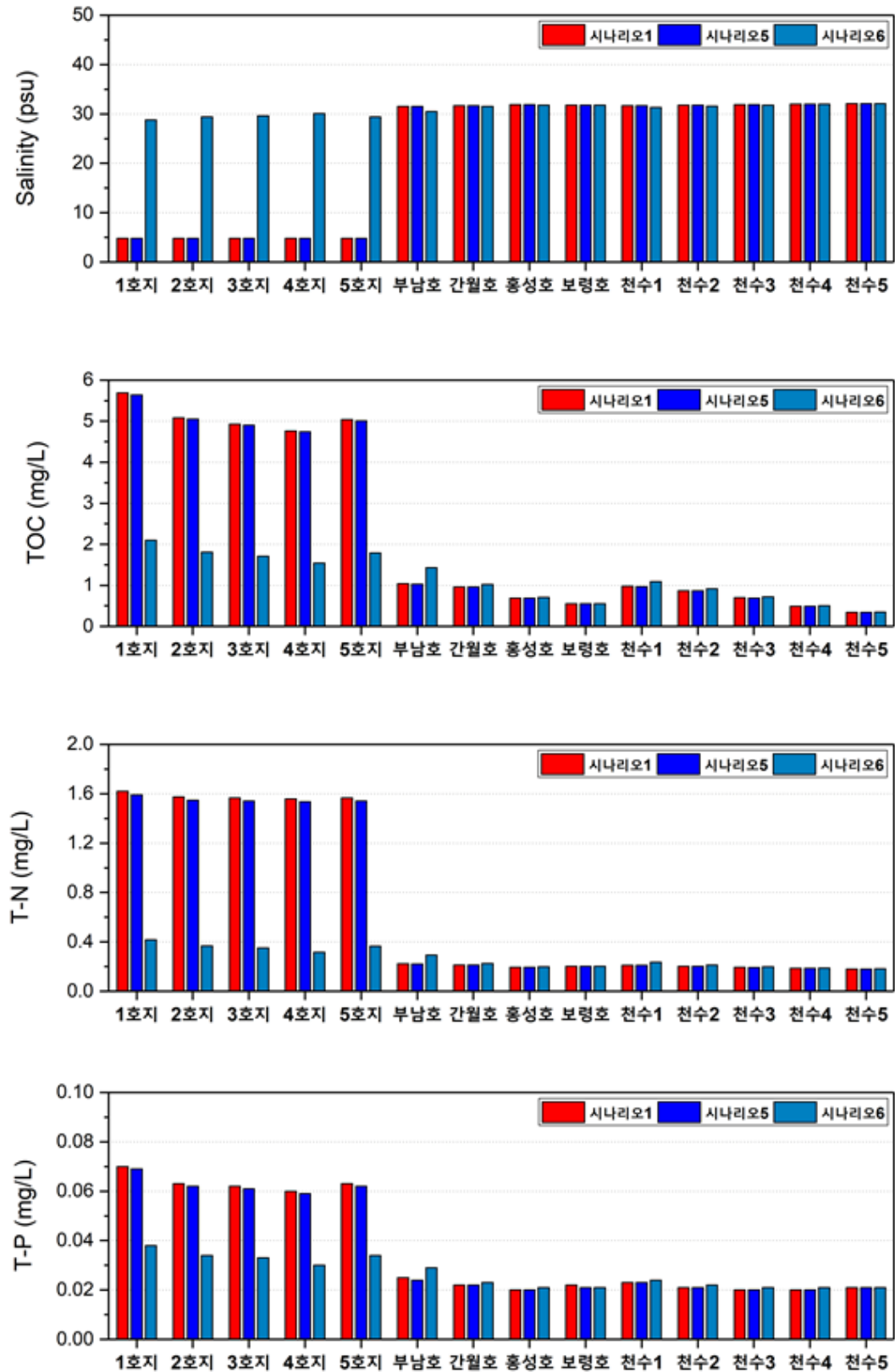
- 유역 부하량 삭감에 따른 부남호 및 천수만 수질 변화를 예측하였으며, 다음 표에 시나리오별 수질모의 결과를 나타냄
- 배수갑문 개방이 고려되지 않은 시나리오 5의 염분 변화는 시나리오 1과 동일한 것으로 예측되었으며, 배수갑문 개방을 고려한 시나리오 6의 염분 변화는 1, 2, 3, 4, 5호지의 염분은 해수와 유사한 27psu이상의 농도를 나타내었으며, 천수만 내 부남호 지점의 염분은 부남호 내 담수 유입으로 인해 시나리오 1 대비 0.0~3.2% 낮아지는 것으로 예측됨
- 시나리오 5의 수질은 유역 부하량 삭감으로 인해 유입수질이 저감되어 전 지점에서 다소 개선되는 것으로 예측되었으며, 수질 변화는 1, 2, 3, 4, 5호지에서 TOC 0.4~0.9%, T-N 1.5~1.7%, T-P 1.4~1.7%, Chl-a 0.4~0.8% 저감되었으며, 천수만 지점은 TOC 0.0~1.4%, T-N 0.0~0.9%, T-P 0.0~4.5%, Chl-a 0.0~1.6% 저감됨
- 유역 부하량 삭감 및 해수 유통을 고려한 시나리오 6의 수질 변화는 1, 2, 3, 4, 5호지에서 TOC 63.1~67.6%, T-N 74.2~79.7%, T-P 45.7~50.0%, Chl-a 61.6~64.4% 저감되었으며, 천수만 지점은 TOC 0.0~37.5%, T-N -0.5~31.3%, T-P -4.5~16.0%, Chl-a 0.0~26.9%의 증감율을 나타냄
- 시나리오 6에서 부남호 내 높은 농도의 수질은 천수만 내 부남호 및 천수1지점까지 다소 영향을 미치는 것으로 예측되었으며, 부남호 및 천수1지점의 수질 변화는 염분 1.3~3.2% 저감, TOC 11.2~37.5% 증가, T-N 11.4~31.3% 증가, T-P 4.3~16.0% 증가, Chl-a 7.8~26.9% 증가함
- 또한 천수만 내 부남호 및 천수1지점을 제외한 지점에서 수질 변화는 염분 -0.6~0.0%, TOC 0.0~6.3%, T-N -0.5~6.1%, T-P -4.5~5.0%, Chl-a 0.0~4.3%의 증감률을 나타냄
- 유역 삭감에 따른 부남호 및 천수만 수질의 변화는 5%미만으로 예측되었으며, 부남호 내 수질은 유역 부하량 삭감보다 해수유통의 영향을 크게 받는 것으로 분석됨

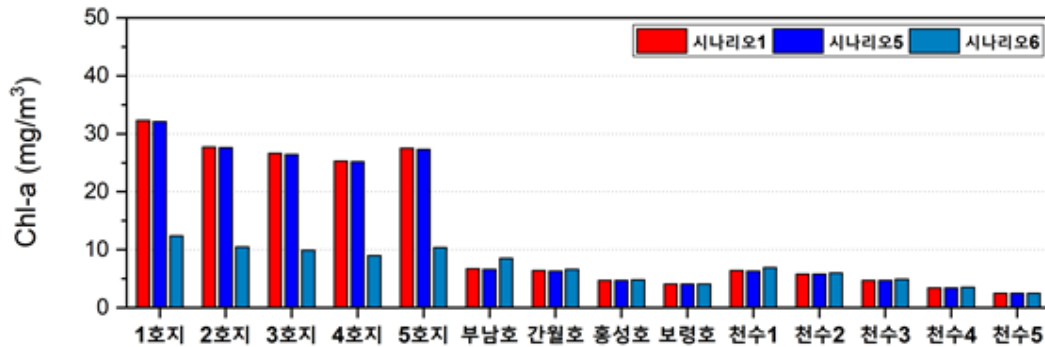
<표 64> 유역 부하량 삭감 시나리오 결과

염분(psu)								
구분		1호지	2호지	3호지	4호지	5호지	부남호	간월호
시나리오 1	농도	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	31.5	31.7
시나리오 5	농도	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	31.5	31.7
	증감율	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
시나리오 6	농도	28.8	29.4	29.6	30.1	29.4	30.5	31.5
	증감율	500.0%	512.5%	516.7%	527.1%	512.5%	-3.2%	-0.6%
구분		홍성호	보령호	천수1	천수2	천수3	천수4	천수5
시나리오 1	농도	31.9	31.8	31.7	31.8	31.9	32.0	32.1
시나리오 5	농도	31.9	31.8	31.7	31.8	31.9	32.0	32.1
	증감율	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
시나리오 6	농도	31.8	31.8	31.3	31.6	31.8	32.0	32.1
	증감율	-0.3%	0.0%	-1.3%	-0.6%	-0.3%	0.0%	0.0%
TOC(mg/L)								
구분		1호지	2호지	3호지	4호지	5호지	부남호	간월호
시나리오 1	농도	5.69	5.08	4.93	4.76	5.04	1.04	0.96
시나리오 5	농도	5.64	5.05	4.90	4.74	5.01	1.03	0.96
	증감율	-0.9%	-0.6%	-0.6%	-0.4%	-0.6%	-1.0%	0.0%
시나리오 6	농도	2.10	1.81	1.71	1.54	1.79	1.43	1.02
	증감율	-63.1%	-64.4%	-65.3%	-67.6%	-64.5%	37.5%	6.3%
구분		홍성호	보령호	천수1	천수2	천수3	천수4	천수5
시나리오 1	농도	0.69	0.55	0.98	0.87	0.70	0.49	0.34
시나리오 5	농도	0.69	0.55	0.97	0.87	0.69	0.49	0.34
	증감율	0.0%	0.0%	-1.0%	0.0%	-1.4%	0.0%	0.0%
시나리오 6	농도	0.71	0.55	1.09	0.92	0.72	0.50	0.35
	증감율	2.9%	0.0%	11.2%	5.7%	2.9%	2.0%	2.9%
T-N(mg/L)								
구분		1호지	2호지	3호지	4호지	5호지	부남호	간월호
시나리오 1	농도	1.619	1.574	1.566	1.559	1.567	0.224	0.213
시나리오 5	농도	1.592	1.548	1.541	1.535	1.542	0.222	0.212
	증감율	-1.7%	-1.7%	-1.6%	-1.5%	-1.6%	-0.9%	-0.5%
시나리오 6	농도	0.417	0.368	0.351	0.317	0.366	0.294	0.226
	증감율	-74.2%	-76.6%	-77.6%	-79.7%	-76.6%	31.3%	6.1%

구분		홍성호	보령호	천수1	천수2	천수3	천수4	천수5
시나리오 1	농도	0.194	0.203	0.211	0.203	0.194	0.186	0.181
시나리오 5	농도	0.194	0.202	0.210	0.202	0.193	0.186	0.181
	증감율	0.0%	-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.5%	0.0%	0.0%
시나리오 6	농도	0.199	0.202	0.235	0.213	0.199	0.189	0.182
	증감율	2.6%	-0.5%	11.4%	4.9%	2.6%	1.6%	0.6%
T-P(mg/L)								
구분		1호지	2호지	3호지	4호지	5호지	부남호	간월호
시나리오 1	농도	0.070	0.063	0.062	0.060	0.063	0.025	0.022
시나리오 5	농도	0.069	0.062	0.061	0.059	0.062	0.024	0.022
	증감율	-1.4%	-1.6%	-1.6%	-1.7%	-1.6%	-4.0%	0.0%
시나리오 6	농도	0.038	0.034	0.033	0.030	0.034	0.029	0.023
	증감율	-45.7%	-46.0%	-46.8%	-50.0%	-46.0%	16.0%	4.5%
구분		홍성호	보령호	천수1	천수2	천수3	천수4	천수5
시나리오 1	농도	0.020	0.022	0.023	0.021	0.020	0.020	0.021
시나리오 5	농도	0.020	0.021	0.023	0.021	0.020	0.020	0.021
	증감율	0.0%	-4.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
시나리오 6	농도	0.021	0.021	0.024	0.022	0.021	0.021	0.021
	증감율	5.0%	-4.5%	4.3%	4.8%	5.0%	5.0%	0.0%
Chl-a(mg/m ³)								
구분		1호지	2호지	3호지	4호지	5호지	부남호	간월호
시나리오 1	농도	32.3	27.7	26.6	25.3	27.5	6.7	6.4
시나리오 5	농도	32.1	27.6	26.4	25.2	27.3	6.6	6.3
	증감율	-0.6%	-0.4%	-0.8%	-0.4%	-0.7%	-1.5%	-1.6%
시나리오 6	농도	12.4	10.5	9.9	9.0	10.4	8.5	6.6
	증감율	-61.6%	-62.1%	-62.8%	-64.4%	-62.2%	26.9%	3.1%
구분		홍성호	보령호	천수1	천수2	천수3	천수4	천수5
시나리오 1	농도	4.7	4.1	6.4	5.8	4.7	3.4	2.5
시나리오 5	농도	4.7	4.1	6.3	5.8	4.7	3.4	2.5
	증감율	0.0%	0.0%	-1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
시나리오 6	농도	4.8	4.1	6.9	6.0	4.9	3.5	2.5
	증감율	2.1%	0.0%	7.8%	3.4%	4.3%	2.9%	0.0%

그림 67 유역 부하량 삭감 시나리오 결과





라. 비점오염원 유입시 수질영향 검토

- 홍수기시 부남호 유역에서 발생한 비점오염물질이 부남호 배수갑문 개방(시나리오1, 2, 3, 4)으로 인해 천수만에 미치는 영향 범위를 검토하였으며, 비점오염물질은 일반적인 수질인 TOC, T-N, T-P, Chl-a를 대상으로 하지 않고 임의의 비반응성 물질(10,000mg/L)을 대상으로 하여 단순 확산 모의만 실시함
- 비점오염원물질은 2017년 중 부남호 총 유입량이 가장 큰 8월 24일에 유입된다고 가정하였으며, 비점오염물질의 영향 범위는 시나리오 1의 천수만 내 부남호 지점 최고농도 3.8mg/L를 기준으로 나타냄
- 부남호 배수갑문 개방 전 시나리오 1에서 비점오염물질 최고 농도는 부남호 지점의 3.8mg/L이며, 비점오염물질은 배수갑문 개방시 천수만으로 유입되기 때문에 천수만의 비점오염물질 영향은 미미한 것을 예측됨
- 부남호 배수갑문 개방 조건이 고려된 시나리오 2, 3, 4에서 비점오염물질의 농도는 부남호 지점에서 16.6~20.3mg/L를 나타내는 것으로 예측되었으며, 천수 1지점에서 3.8mg/L이상의 농도를 나타냄
- 시나리오 1의 천수만 내 부남호 지점 최고농도 3.8mg/L를 기준으로 시나리오 2, 3, 4의 비점오염물질 영향은 천수1지점까지 미치는 것으로 예측되었으며, 비점오염물질이 천수2~천수5지점에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단됨
- 금회 실시한 부남호 배수갑문 개방에 따른 비점오염물질 영향 검토는 비반응성물질을 이용하여 상대적인 비교만 실시하였기 때문에 추후 배수갑문의 다양한 운영조건에 따른 수질변화 예측을 실시하여 비점오염물질의 영향범위를 검토해야함

<표 65> 비점오염원 유입시 수질영향 검토 결과

비점오염물질(mg/L)									
구분	부남호	간월호	홍성호	보령호	천수1	천수2	천수3	천수4	천수5
시나리오 1	3.8	0.2	0.1	0.0	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0
시나리오 2	16.6	1.3	0.7	0.1	3.8	1.2	0.7	0.5	0.2
시나리오 3	20.3	1.7	0.9	0.1	5.2	1.5	1.0	0.7	0.3
시나리오 4	18.9	2.1	1.1	0.1	6.7	1.9	1.2	0.8	0.3

그림 68 비점오염물질 시간별 농도

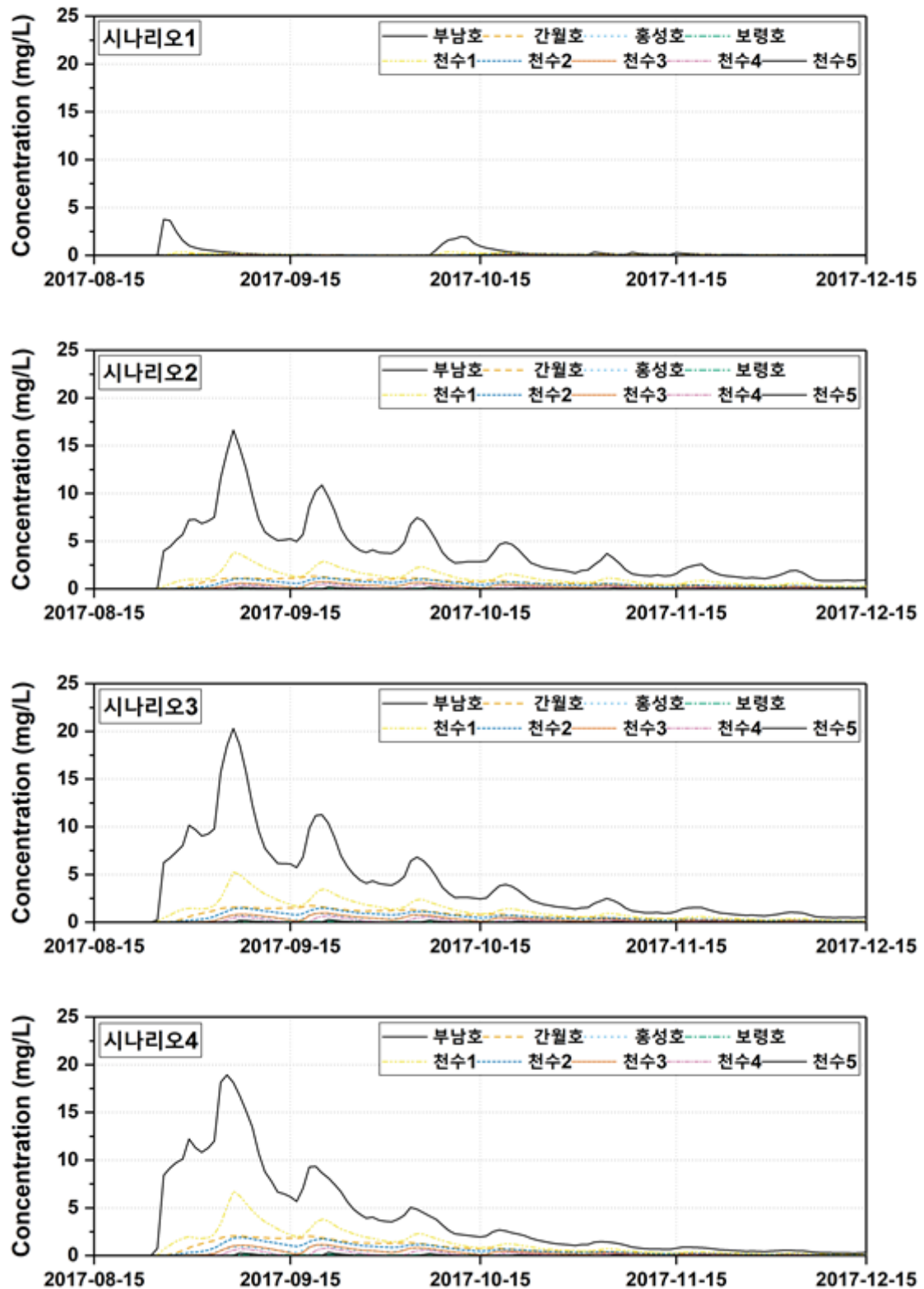


그림 69 비점오염물질 영향 범위 - 시나리오1

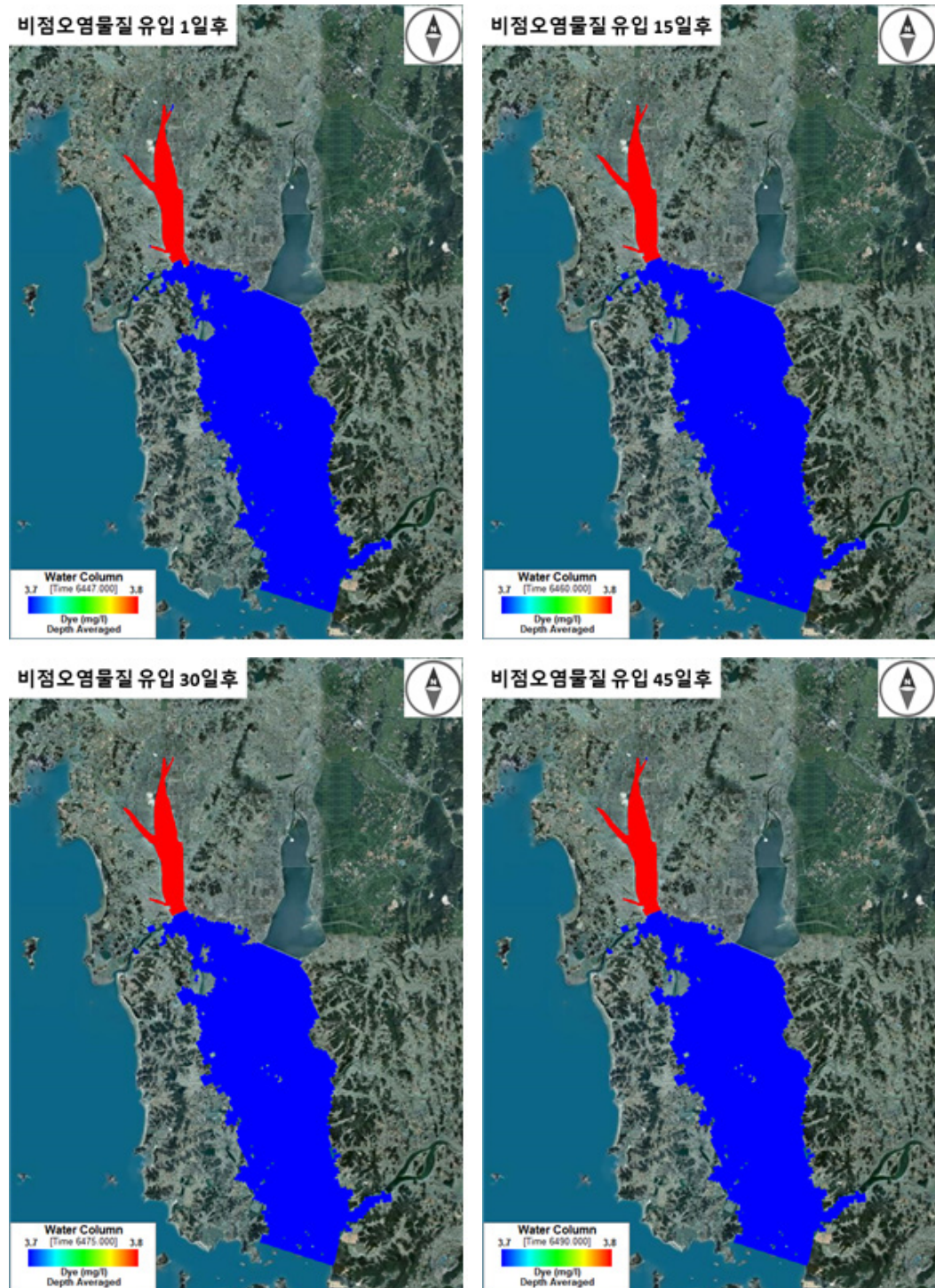


그림 70 비점오염물질 영향 범위 - 시나리오2

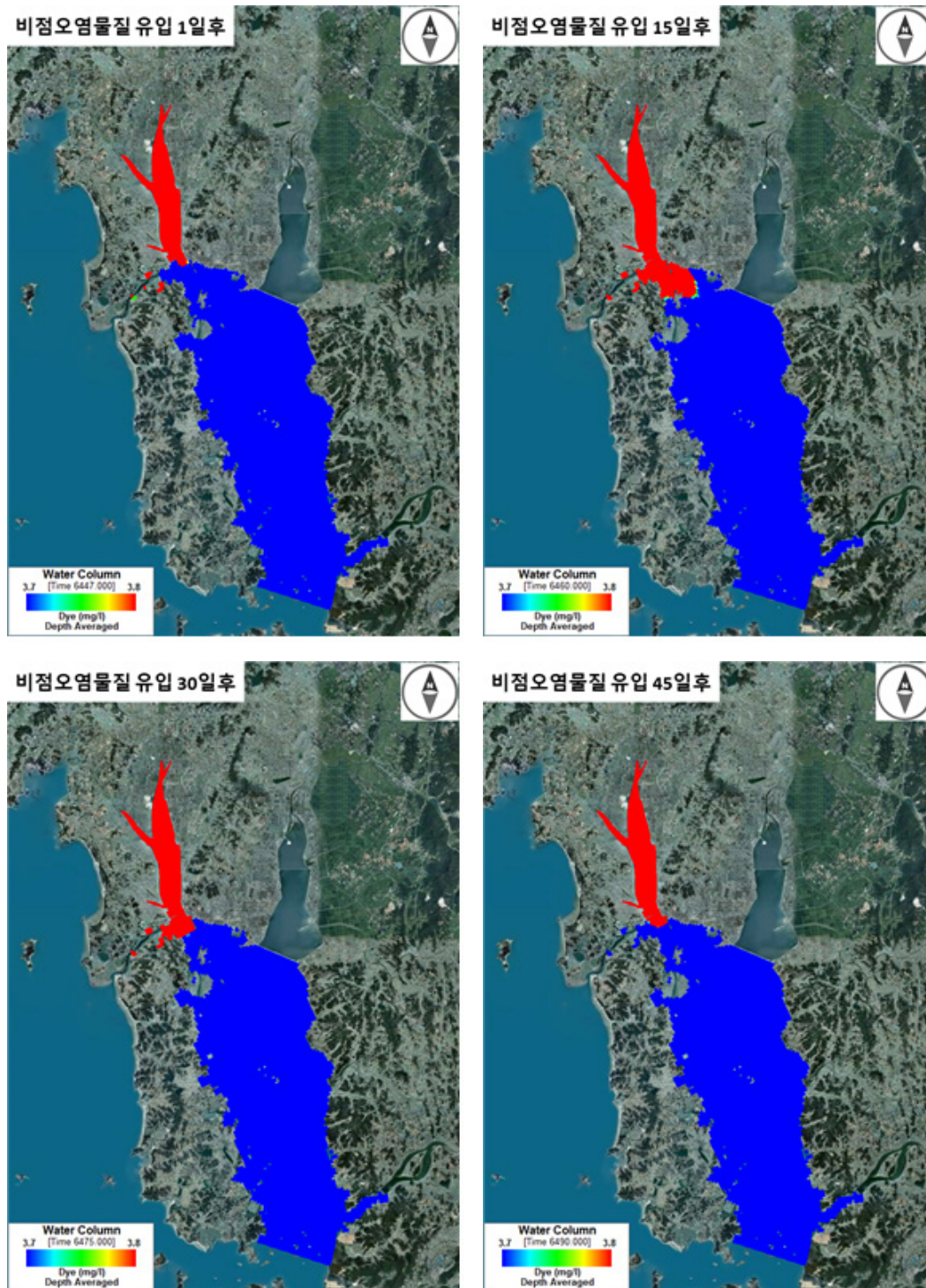


그림 71 비점오염물질 영향 범위 - 시나리오3

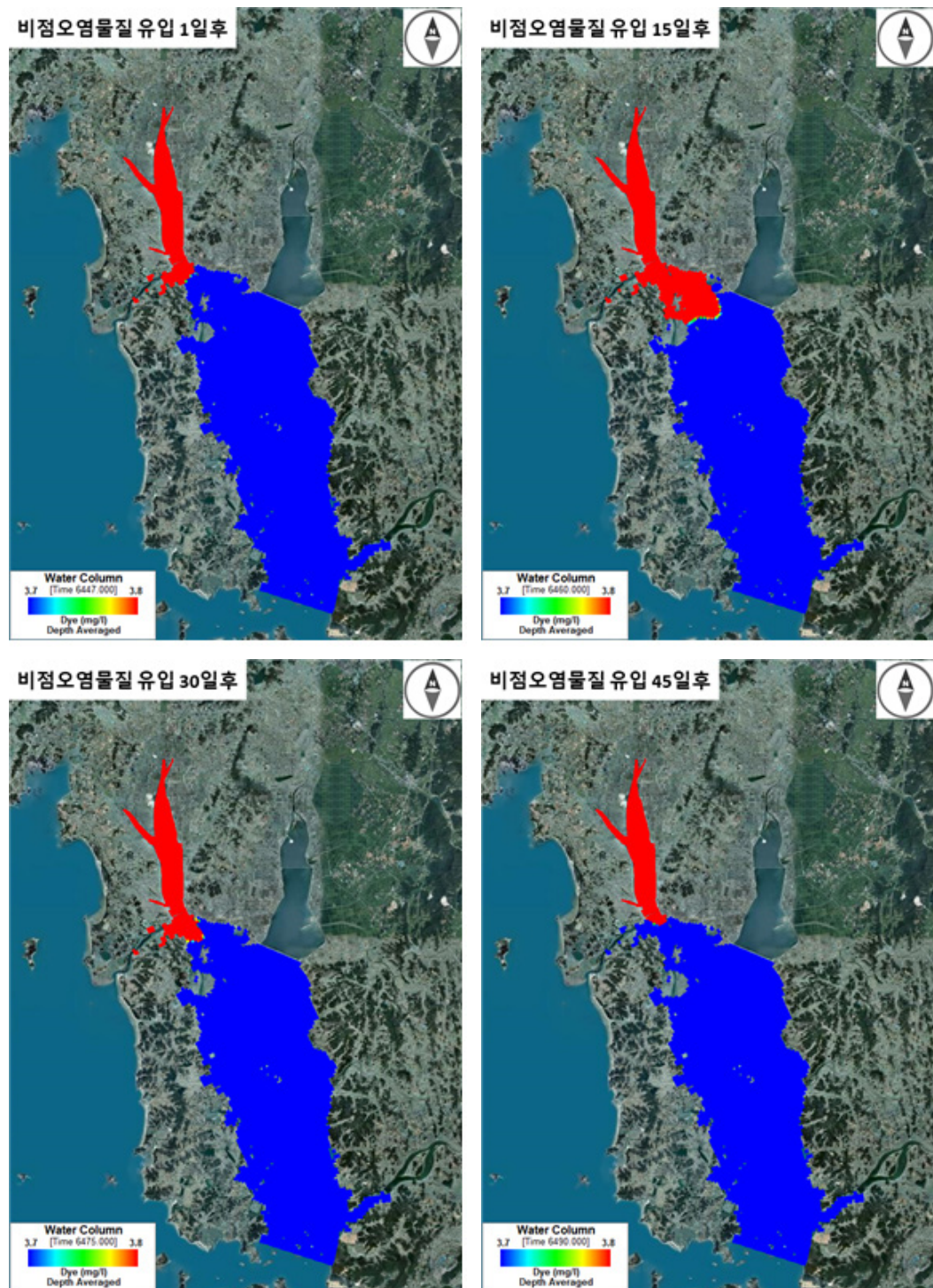
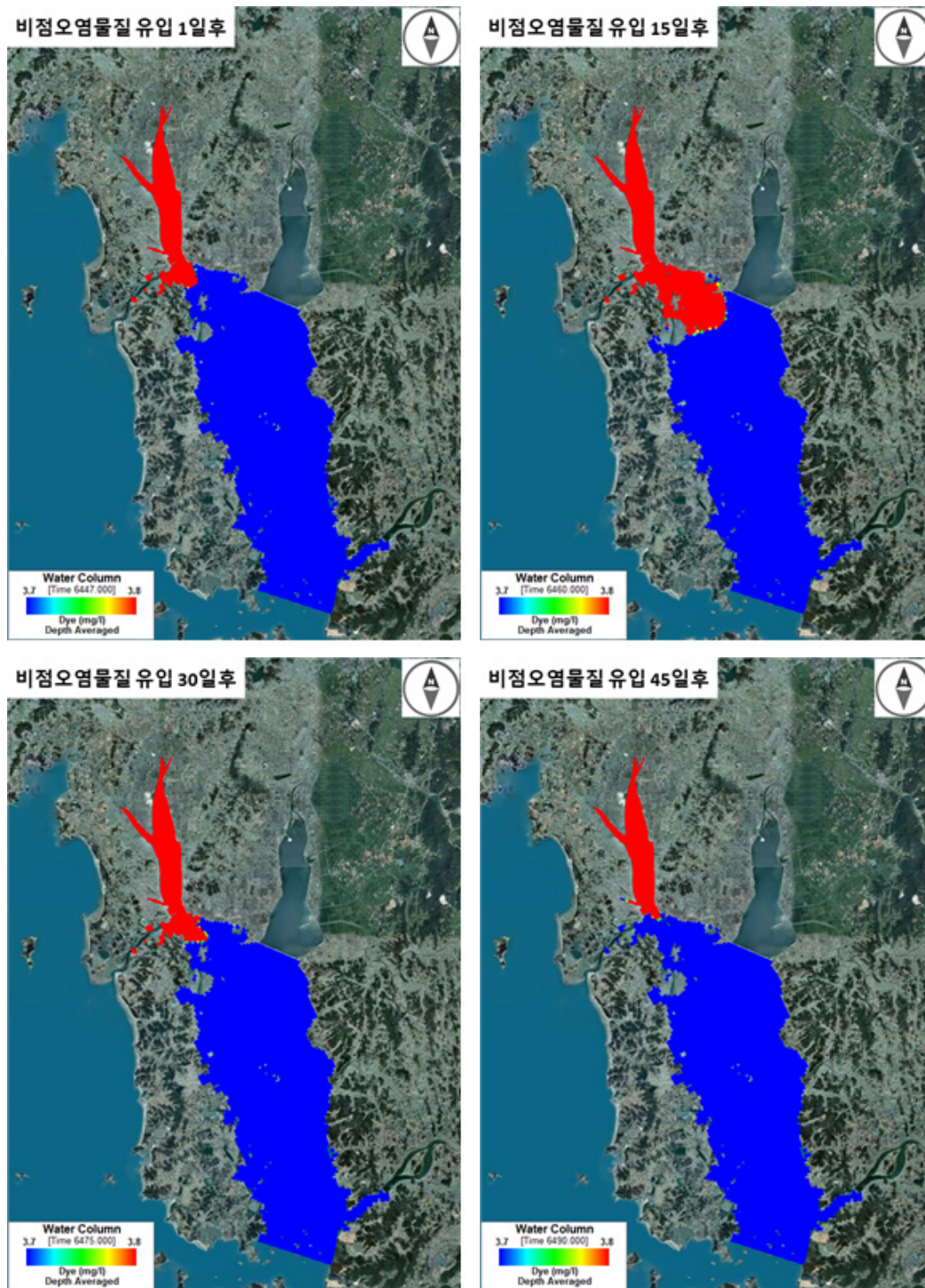


그림 72 비점오염물질 영향 범위 - 시나리오4



천수만권역 종합발전전략 수립연구

수질개선방안

발행일 2019. 2.

발행처 충청남도

참여연구진

충남연구원

조 봉 운 연구위원 (연구책임)
오 용 준 선임연구위원
신 동 호 선임연구위원
한 상 욱 연구위원
임 준 흥 연구위원
정 욱 식 연구위원
임 형 빈 연구위원
김 경 태 연구위원
김 원 철 연구위원
이 상 준 책임연구원
김 형 철 책임연구원
김 종 화 책임연구원
정 지 은 책임연구원
최 돈 정 책임연구원
전 수 광 연구원
최 정 현 연구원
김 윤 식 연구원
정 민 영 연구원
제 수 진 연구원
이 제 이 연구원
유 예 나 연구원
정 우 혁 전임책임연구원
김 지 훈 연구원

충남연구원 서해안기후환경 연구소

김 영 일 연구위원
윤 종 주 책임연구원
신 우 석 초빙책임연구원
윤 영 관 연구원
김 영 준 연구원

휴먼플래닛

최 재 훈 대표이사
황 현 동 이사
윤 진 혁 부장
유 나 영 차장
김 백 중 대리
최 승 우 대리

