

지하수 해수침투로 인한 농경지 염분피해 모델링 연구

2019. 9. 2

동아대학교 토목공학과 박남식

목차

1. 지하수 염분 침투로 인한 농작물 등 영향
분석 및 평가 방안 마련
2. 포화-불포화대 염분 침투 복합 모델링
3. 지하수 해수 침투 저감대책
4. 요약



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

개요

과업 명:

낙동강 하굿둑 운영개선 및 생태복원
방안 연구용역(I)

지하수 분야 소과제 명:

지하수 염분침투로 인한 농작물 등
영향 분석 및 평가 방안 마련

소과제 세부 내용:

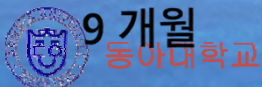
- 자료 수집
- 모델링 방안
- 모니터링 계획

대상 구간:

하굿둑~창녕함안보

과업 기간:

9 개월



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

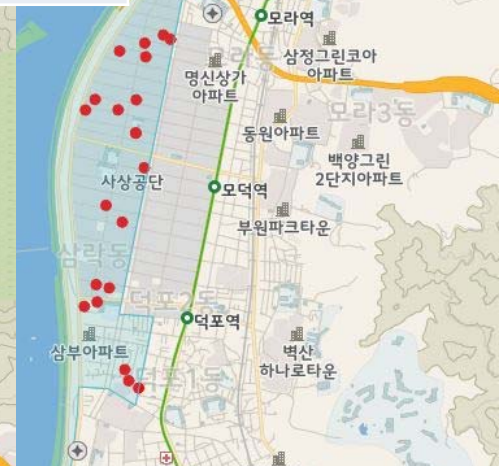
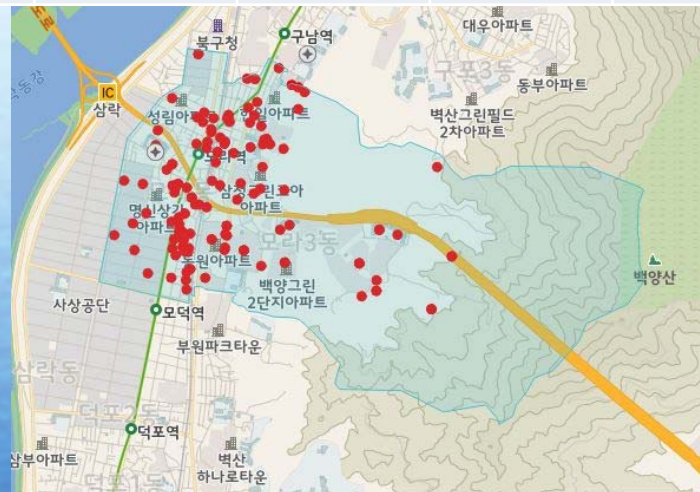
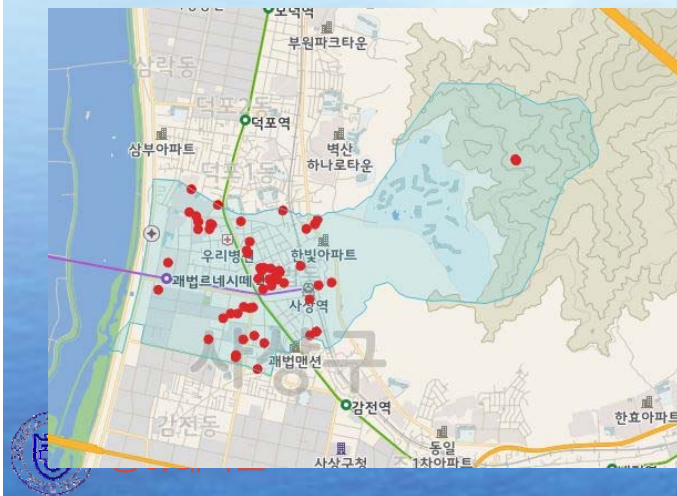
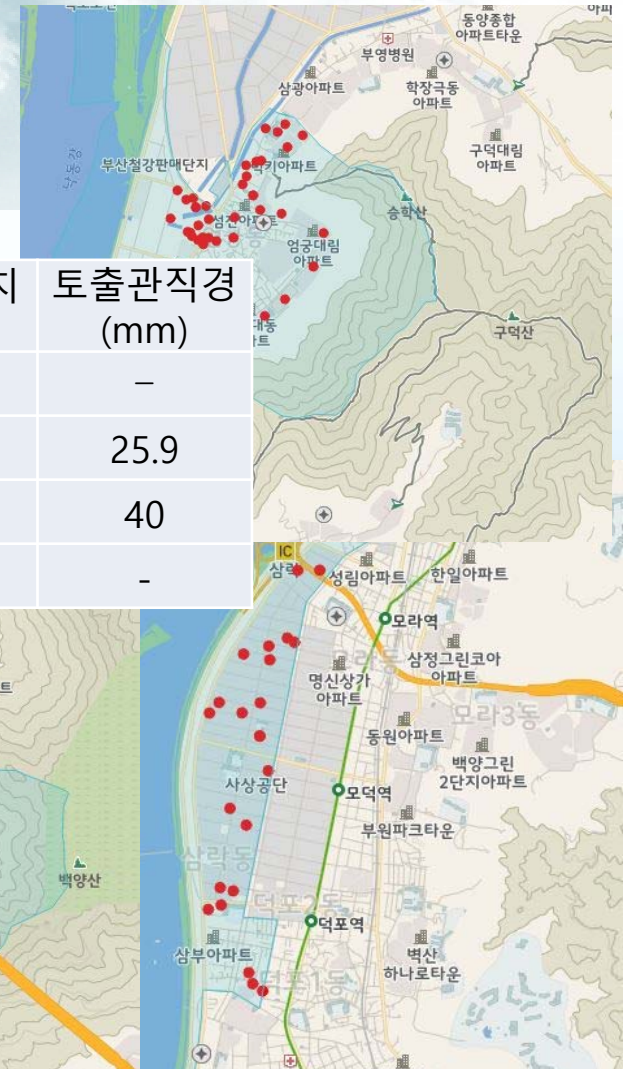
지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

● 자료수집 및 현황조사

- 염분 침투 시 피해가 우려되는 지역 및 시설 파악

○ 지하수 관정: 강서구, 사하구, 사상구 소재 지하수 관정 (1912개소, 국가지하수정보센터)

	굴착심도 (m)	굴착직경 (mm)	설치심도 (m)	취수계획량 (m³/일)	양수능력 (m³/일)	동력장치 (마력)	토출관직경 (mm)
합계	224,891	304,873	-	17,257	27,946	885.19	-
평균	118.2	165.2	74.4	38.6	62.0	2.0	25.9
최대	1,100	1,500	720	200	380	15	40
최소	-	-	-	-	7	-	-



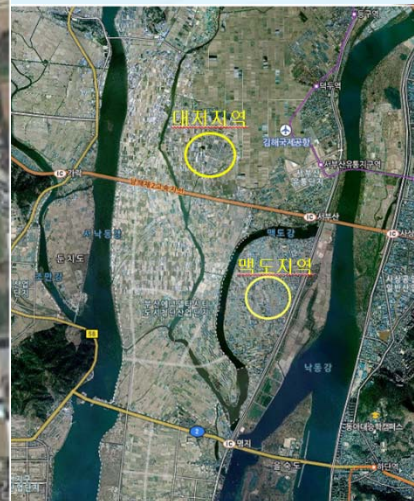
1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

● 자료수집 및 현황조사

- 염분 침투 시 피해가 우려되는 지역 및 시설

○ 집계 되지 않은 지하수 간이 이용 시설: 강서구에 다수 존재



- 염 지하수 상부에 렌즈 형태로 형성된 저염도 지하수 (EC 1000~6000)
- 농업용수 공급이 중단되는 가을~봄 기간에 이용하고 있음
- 두 개의 샘플 조사 지역에서 110 개의 간이 시설 파악 및 수질 등 조사
- 관정 심도는 4~7m
- EC 1000~5000

1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

• 자료수집 및 현황조사

- 염분 침투 시 피해가 우려되는 지역 및 시설 파악

o 부산시 강서구 작물별 재배 현황 (ha, 강서구 전체 면적의 24.7%)

구 분	계	벼	맥류	잡곡	두류	서류	채 소			화훼	과수	특작	기타
							소계	노지	시설				
계	3,727.4	2,579 (2,053)	7.8 (-)	4.5 (7)	7.1 (18)	6.8 (11)	1,002 (1,837)	398.4 (834)	603.6 (1,003)	86.2 (188)	27 (91)	7 (41)	- (-)
대저1동	471.1	372 (286)	3	-	2 (6)	1.2 (3)	80 (108)	14.3 (8)	65.7 (100)	4.5 (10)	6.4 (23)	2 (4)	-
대저2동	1,077	700 (699)	-	-	1 (2)	0.5 (1)	371 (698)	45.4 (130)	325.6 (568)	2.1 (4)	1.4 (4)	1 (7)	-
강동동	724.7	356 (317)	-	1.5 (3)	0.9 (2)	4 (5)	281 (503)	159 (235)	122 (268)	66.6 (154)	10.7 (32)	4 (30)	-
명지동	240.4	82 (111)	-	-	0.2 (1)	-	155 (296)	128 (261)	27 (35)	1.3 (1)	1.9 (10)	-	-
가락동	1,073.8	947 (397)	4.8	-	0.8 (2)	0.4 (1)	108 (227)	51.7 (142)	56.3 (85)	11.7 (19)	1.1 (1)	-	-
녹산동	123.6	110 (207)	-	3.0 (4)	1.2 (2)	0.3 (1)	7 (5)	-	7 (5)	-	2.1 (10)	-	-
가덕도동	16.8	12 (36)	-	-	1 (3)	0.4 (1)	-	-	-	-	3.4 (11)	-	-



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

• 자료수집 및 현황조사

- 염분 침투 시 피해가 우려되는 지역 및 시설 파악

- o 전체 과업구간 내 경작지: 총 20개 구역에 대한 자료 수집
- o 보고서 <첨부 3-1>



구분		세부사항
행정소재지		경상남도 김해시 대동면리
개략 면적 (km ²)		6.2km ²
하천수직거리 (m)	최소	255m
	최대	364m
하굿둑까지의 거리 (km)		15.8km



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

● 자료수집 및 현황조사

- 지하수 염분 침투 모델 구축을 위한 기본 자료

○ 염해가 우려되는 지하 구조물: 지하철

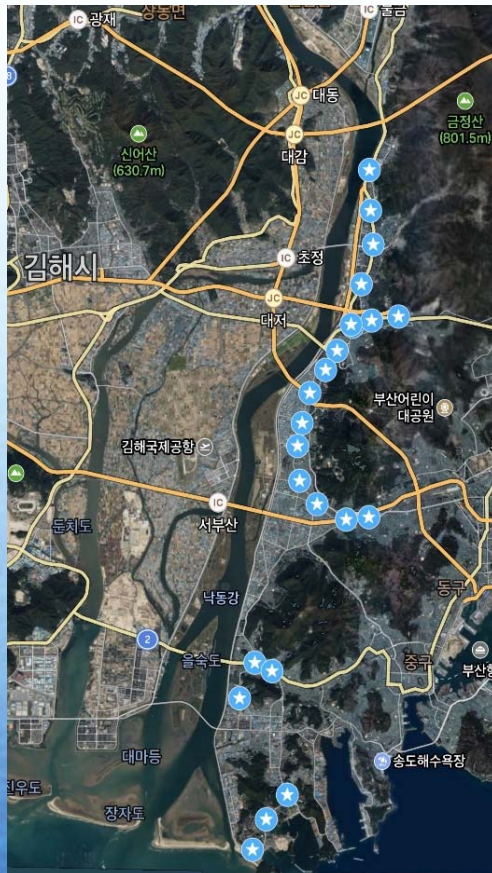


표 3-8 낙동강변 부산 지하철 1~3호선 역사 유출 지하수

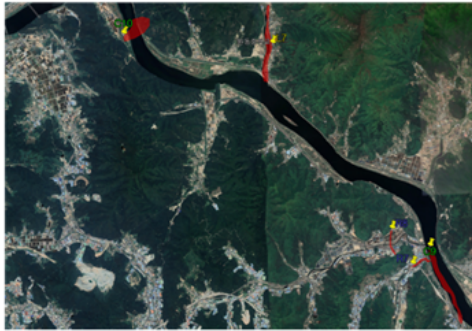
노선	개수	역명	배수량(m ³ /d)	수온[°C]	전기전도도 [mS/cm]
3	3	덕천역	35		
		숙등역	5		
		남산정역	840		
2	14	동원역	25		
		율리역	3		
		화명역	30		
		수정역	543		
		덕천역	5		
		구명역	3		
		구남역	0		
		모라역	351		
		모덕역	5		
		덕포역	0		
		사상역	156		
		감전역	0		
		주례역	0		
		냉정역	97		
1	6	당리역	1		
		하단역	320	24.4	0.55
		신평역	17		
		낮개역	410	24.4	0.55
		다대포환역	519	22.3	1.43
		다대포해수욕장역	37		
계	23		3402		

1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

• 자료수집 및 현황조사

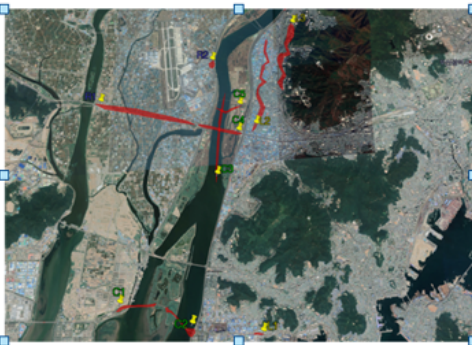
- 지하수 염분 침투 모델 구축을 위한 기본 자료



양산시 인근



창녕함안보 하류구간



하굿둑 인근



대저수문 인근

- GIMS 지층 자료 분석
 - 총 26개 단면,
 - 525개 시추공,
 - 19.6 km의 시추 자료 분석



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

● 자료수집 및 현황조사

- 지하수 염분 침투 모델 구축을 위한 기본 자료

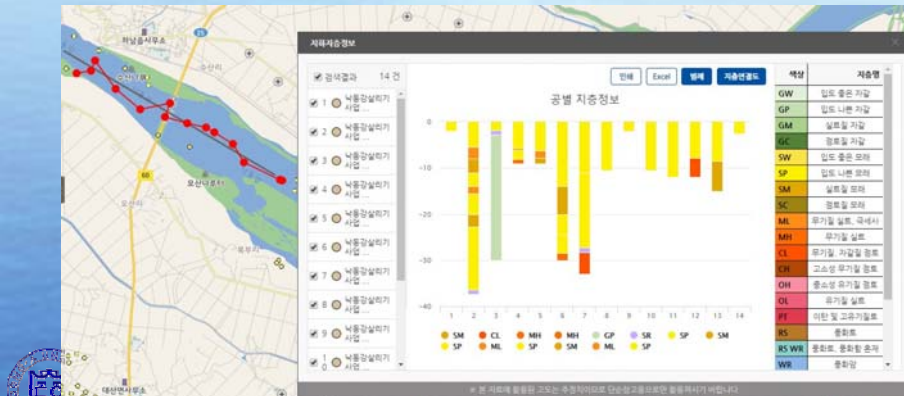
○ 지층 단면 분석 자료의 예:

표 3-68 C11-하남읍사무소(서동); 시추공 갱수: 7

구분	층별 특성			층별 최상위층 특성						층별 최하위층 특성					
	층별 개수			두께		두께		바닥 표고		두께		바닥 표고		두께	
	평균	표준편차	유효율(%)	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
C	1.00		28.57	4.45	0.25	4.45	0.25	-16.45	2.25						
M	2.50	1.50	28.57	3.95	2.45	2.00	0.50	-15.50	10.50	1.50		14.29	-10.80		
S	4.29	4.95	100.00	24.41	23.87	7.07	4.73	-7.07	4.73	7.00	3.49	57.14	-12.00	1.87	
G	1.00		14.29	27.20		27.20		-31.20							
R	1.50	0.50	28.57	1.50	0.50	1.00		-37.95	1.95	1.00		14.29	-34.00		
TOT	5.43	6.65	100.00	9.60	4.88										

○ 해당 단면의 시추공별 자료

Cross Section ID: 3; File Name: C11-하남읍사무소(서동).csv; # of BHs: 7										
===Seq. IDs for Cross Sections & Number of layers for each soil type (ST) for each CS										
ST	Average	StdDev	%NonZro	1	2	3	4	5	6	7
C	1.00		28.57		1			1		
M	2.50	1.50	28.57	4	1					
S	4.29	4.95	100.00	15	8	1	1	2	2	1
G	1.00		14.29	1						
R	1.50	0.50	28.57	2	1					
TOT	5.43	6.65	100.00	20	10	1	1	3	2	1
===Total thickness for each soil type										
C	4.45	0.25	28.57		4.70			4.20		
M	3.95	2.45	28.57	6.40	1.50					
S	24.41	23.87	100.00	53.80	67.30	2.00	10.50	19.80	15.00	2.50
G	27.20		14.29	27.20						
R	1.50	0.50	28.57	2.00	1.00					
TOT	9.60	4.88	100.00	12.00	11.00	2.00	10.50	14.20	15.00	2.50
===Thickness of the uppermost layer for each ST										
C	4.45	0.25	28.57		4.70			4.20		
M	2.00	0.50	28.57	2.50	1.50					
S	7.07	4.73	100.00	2.00	14.00	2.00	10.50	12.00	6.50	2.50
G	27.20		14.29	27.20						
R	1.00		28.57	1.00	1.00					
===Bottom elevation of the uppermost layer for each ST										
C	-16.45	2.25	28.57		-18.70			-14.20		
M	-15.50	10.50	28.57	-5.00	-26.00					
S	-7.07	4.73	100.00	-2.00	-14.00	-2.00	-10.50	-12.00	-6.50	-2.50
G	-31.20		14.29	-31.20						
R	-37.95	1.95	28.57	-39.90	-36.00					
===Thickness of the lowermost layer for each ST										
C										
M	1.50		14.29	1.50						
S	7.00	3.49	57.14	1.20	10.50			7.80	8.50	
G										
R	1.00		14.29	1.00						
===Bottom elevation of the lowermost layer for each ST										
C										
M	-10.80		14.29	-10.80						
S	-12.00	1.87	57.14	-12.00	-11.00			-10.00	-15.00	
G										
R	-34.00		14.29	-34.00						



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

• 자료수집 및 현황조사

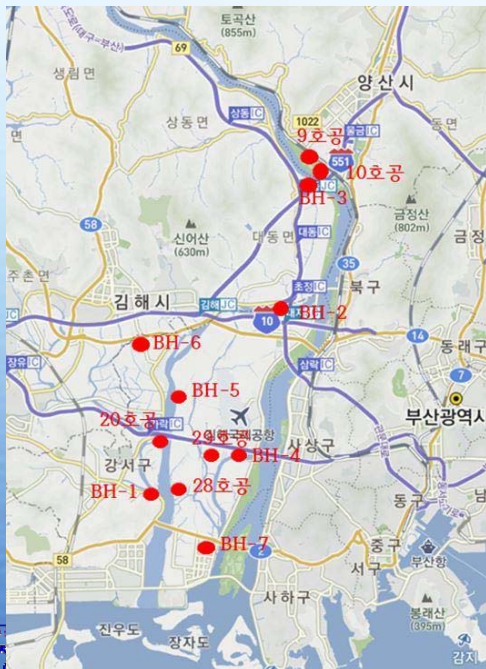
○ 용도

- 지하수 해수침투 모델 매개변수(투수계수, 확산지수 등)의 검토정

○ 가용 관측자료

- 사하구와 사상구 보조 관측망 31개

- k-water 관측정 7개



공번	위치	수위 (ELm)	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	수온 ($^{\circ}\text{C}$)	염도 (psu)
BH-1	강서구 생곡동 13-8	0.8	6.29	2,090	1,020	20.5	1.111
BH-2	김해시 대동면 초정리 1123	0.8	7.35	1,374	674.5	17.6	0.729
BH-3	김해시 대동면 월촌리 88-1	1.7	6.51	983.4	482.5	16.9	0.529
BH-4	강서구 대저2동 4059-3	-0.1	7.60	26,050	12,720	18.4	15.71
BH-5	강서구 강동동 3344	0.4	7.81	11,180	5,479	16.5	6.310
BH-6	강서구 죽동동 38-23	1.5	6.75	2,959	1,462	18.5	1.590
BH-7	강서구 명지동 1336	0.4	7.57	46,010	29,897	16.0	30.425

1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

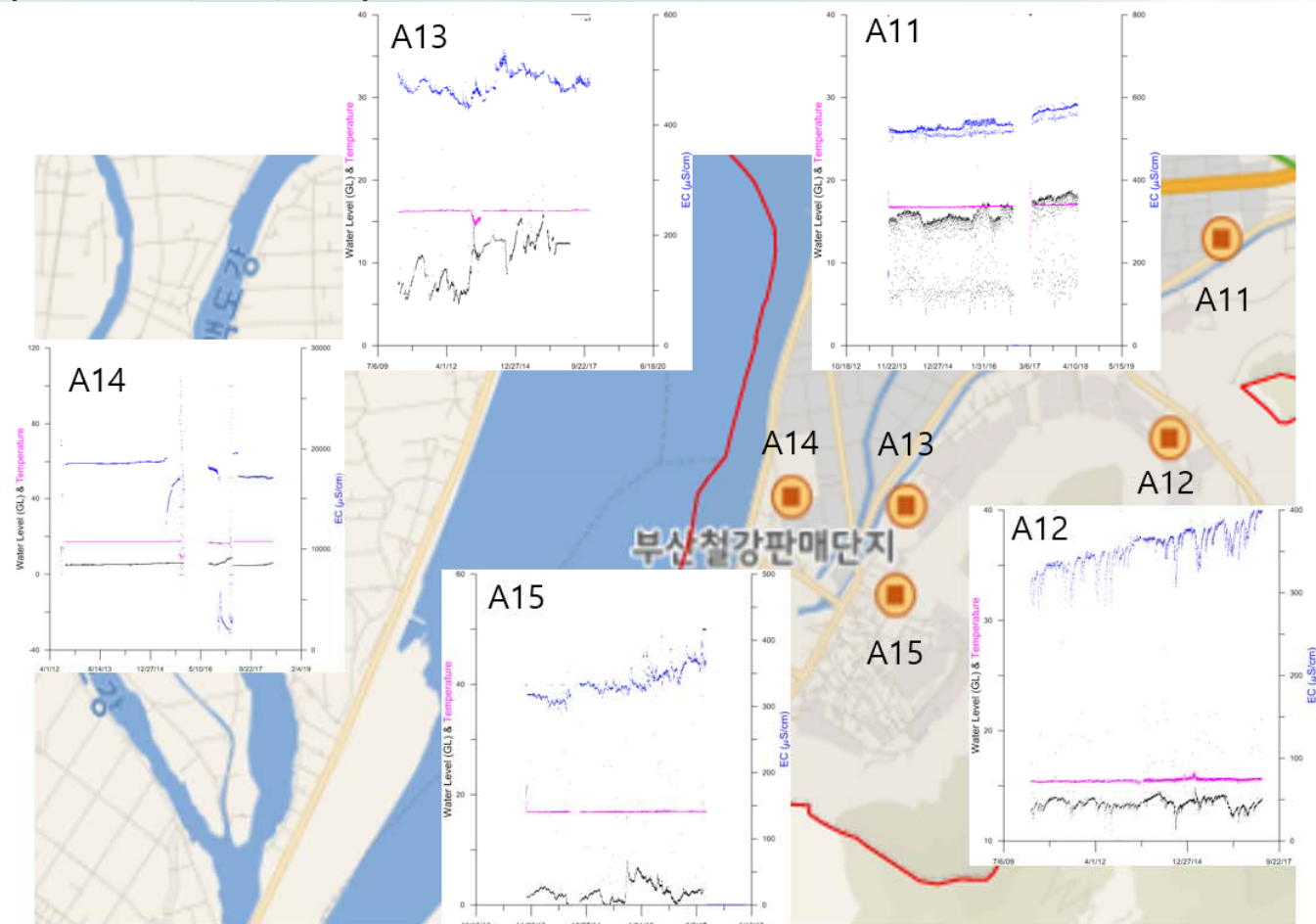
지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

● 자료수집 및 현황조사

○ 보조 관측망 자료 사례 (전기전도도, 온도, 수위)

A11 : 다누림센터
 A12 : 학장
 A13 : 엄궁중학교
 A14 : 감전사토장
 A15 : 엄궁아파트

전기 전도도
 온도
 WL



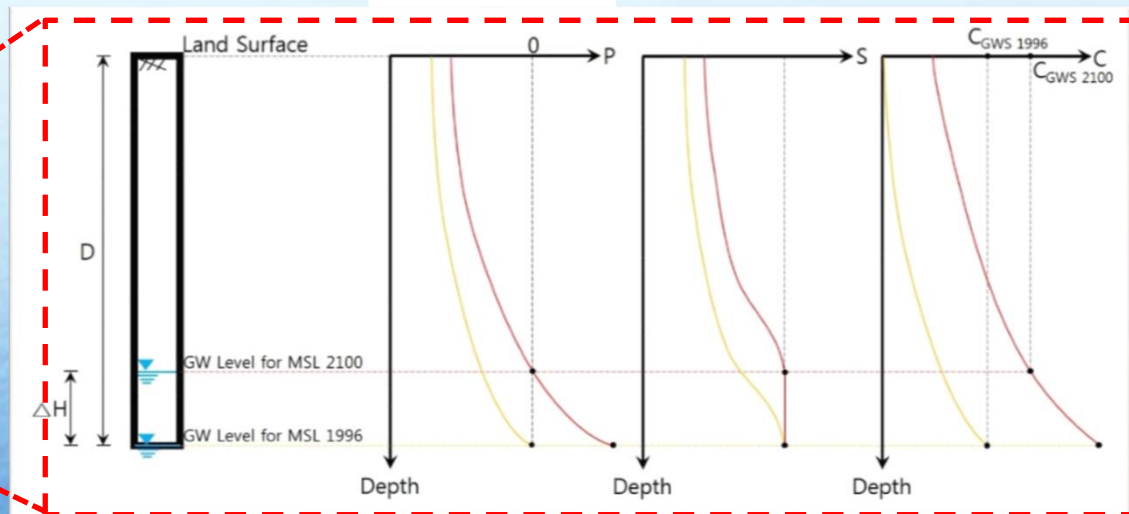
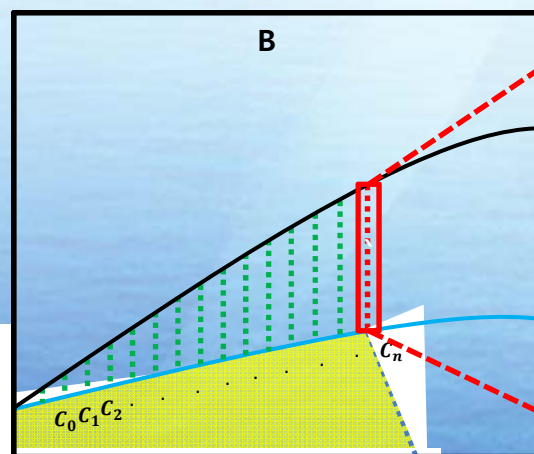
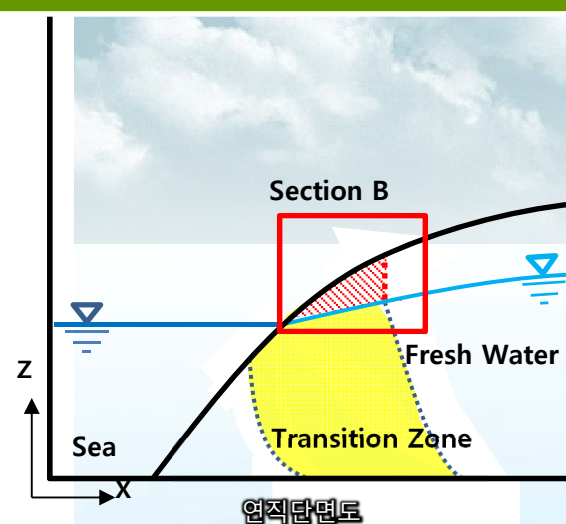
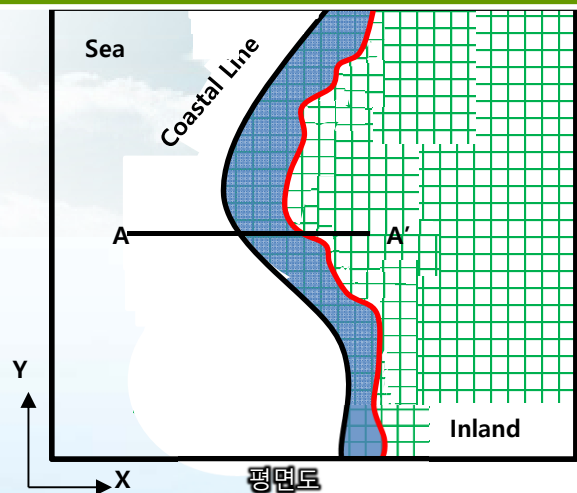
사상구 보조관측망 데이터
 2012년~2018년

A1 : 모래초등학교
 A2 : 백양그린아파트
 A3 : 모래주공4단지
 A4 : 옛사상구보건소
 A5 : 왕소차차고지
 A6 : 사상군관공원
 A7 : 주암중학교
 A8 : 관천 관측망 007
 A9 : 주례여자중학교
 A10 : 주례중학교
 A11 : 다누림센터
 A12 : 구덕고등학교
 A13 : 엄궁중학교
 A14 : 감전사토장
 A15 : 엄궁아파트



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

3차원 포화 지하수 모델링

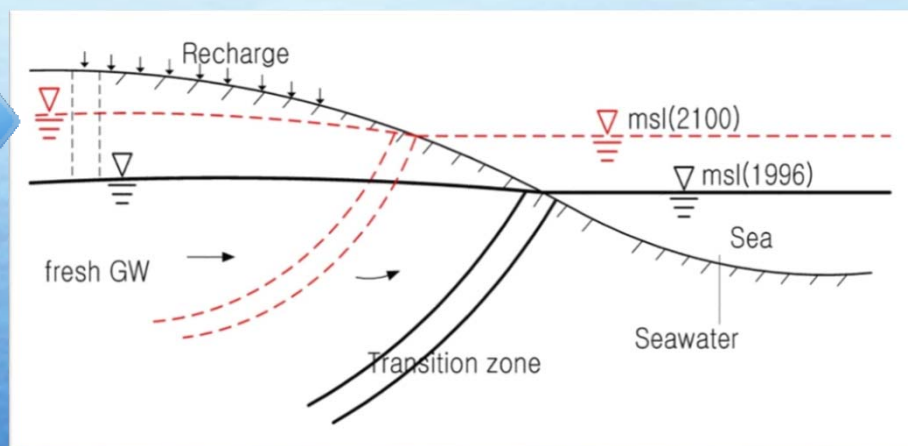
- 초기조건 : 1996 MSL
- 지하수대 염분량의 변화 산정 : 1996년과 2011년의 지하수 염분 농도 분포를 비교

Transient flow

$$(S_w \rho S_{op} + \varepsilon \rho \frac{\partial S_w}{\partial p}) \frac{\partial p}{\partial t} + (\varepsilon S_w \frac{\partial \rho}{\partial U}) \frac{\partial U}{\partial t} - \nabla \cdot [(\frac{k k_r \rho}{\mu}) \cdot (\nabla p - \rho g)] = Q_p$$

Transport modeling

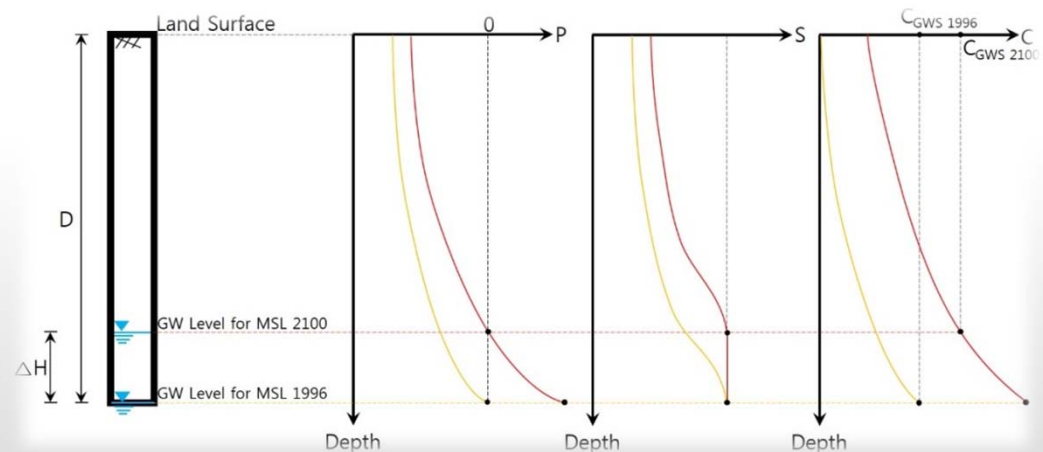
$$\frac{\partial (\varepsilon S_w \rho C)}{\partial t} + \frac{\partial [(1 - \varepsilon) \rho_s C_s]}{\partial t} = - \nabla \cdot (\varepsilon S_w \rho \underline{v} C) + \nabla \cdot [\varepsilon S_w \rho (D_m \underline{I} + \underline{D}) \cdot \nabla C] + \varepsilon S_w \rho \Gamma_s + Q_p C^*$$



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

연직 1차원 불포화 지하수 모델링

- 초기조건 : 1996 해수위로 인한 간척지 위치별 지하수위 상부 불포화대의 흐름 및 염분 분포
- Transient Modeling : 하부 경계에 해수면 상승으로 증가되는 수압 및 염분 농도를 시간변화 경계조건으로 적용
- 불포화대 염분량의 변화 산정 : 1996년과 2100년의 지하수 염분농도 분포를 비교
- 토양 염류화 판단기준
: 뿌리심도 (지표아래 1m)에서 보통작물의 생육 상한 염농도 2.5ds/m (0.16%)



평가의 제약

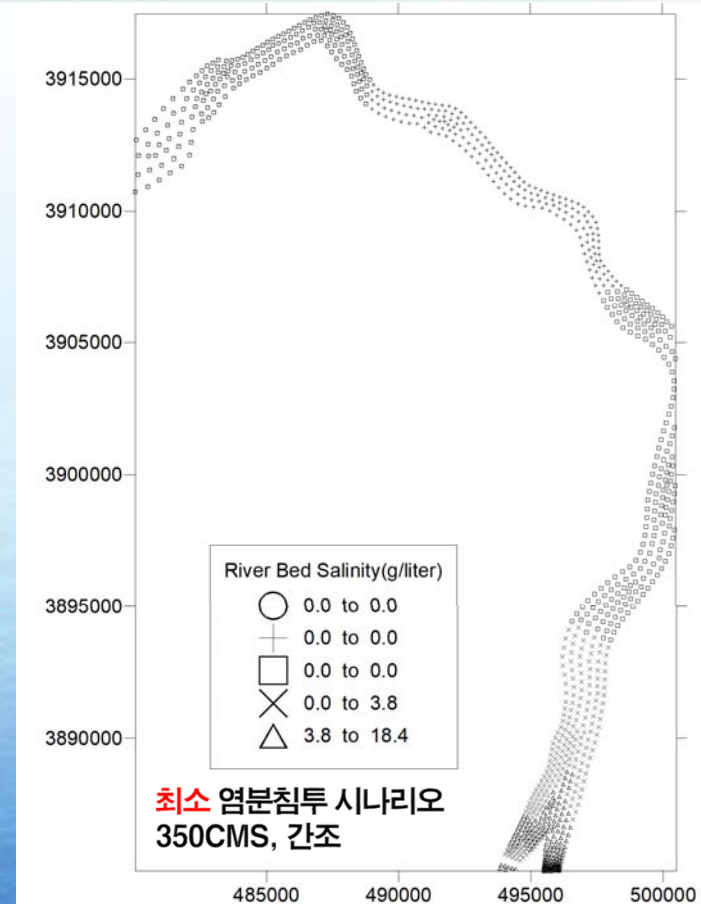
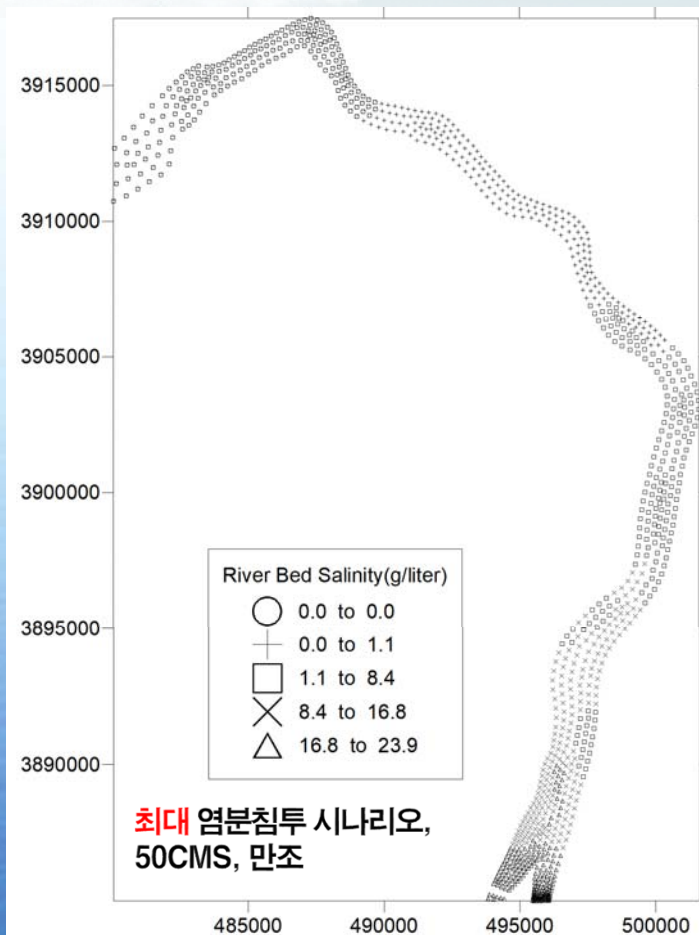
- 평가 대상 간척지 개수가 91개
- 모델링 입력 자료 (간척지 지표 표고, 대수층 층서 자료, 투수계수, 확산지수, 지하수 이용량 등) 확보가 제한적
- 개별 평가 결과의 검증이 어려움

1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

• 낙동강 염수 농도분포-경계조건

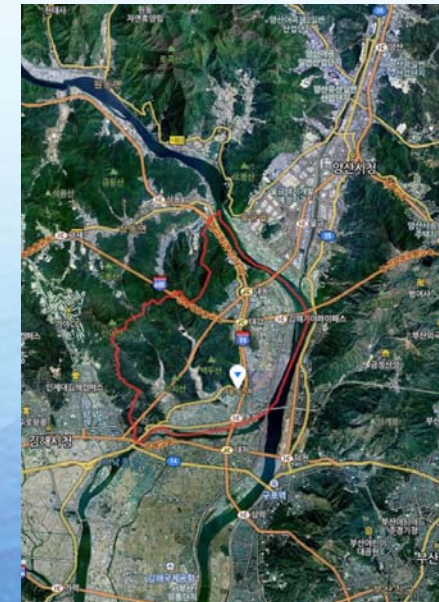
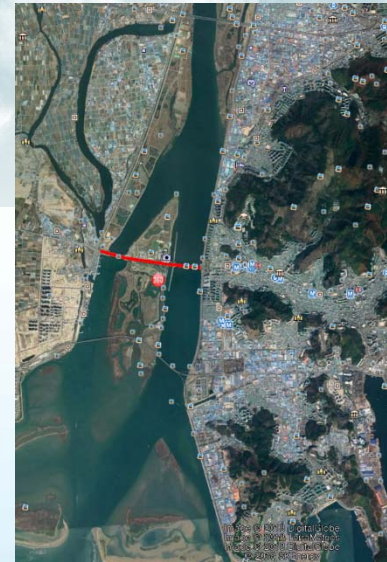
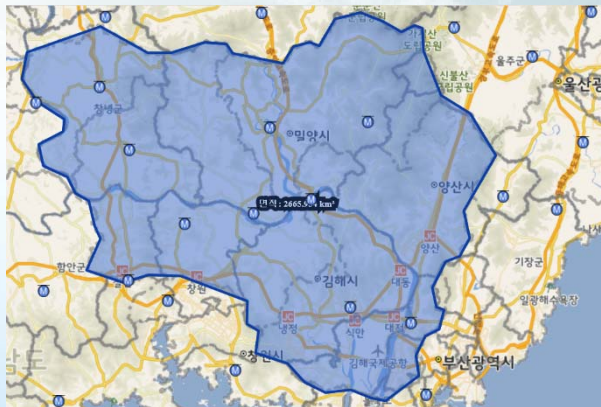
o 하상 염분 농도 분포를 지하수 모델에 경계조건으로 적용



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

● 지하수 해수침투 모델링 방안 마련-포화 지하수 평가



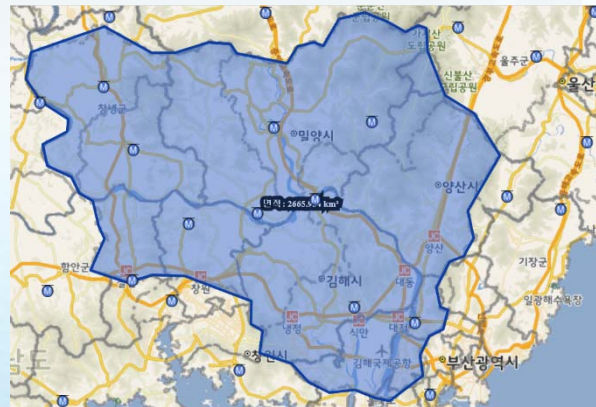
1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

● 지하수 해수침투 모델링 방안 마련-포화 지하수 평가

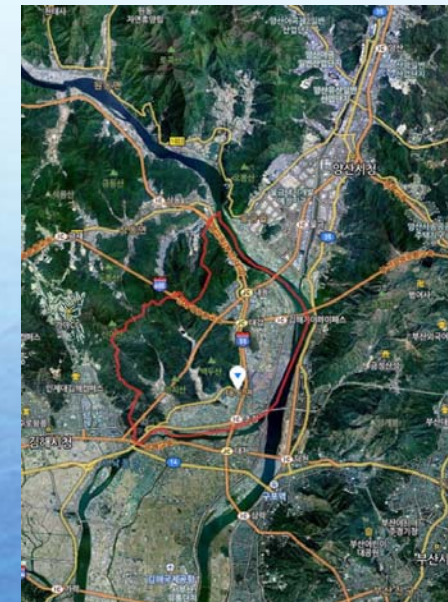
○ 격자 구성 방안

- 지하수 관정 해수 침투의 사전 감시 (대상: 사하구와 사상구 관정 밀집 지역)
- 농경지 및 지하 구조물에 대한 해수 침투의 사전 감시 (대상: 강서구 영농 지역)
- 격자 구성 시 유의 사항
grid Peclet No. 조건,
Courant No. 조건,
upstream weighting 사용 자제



○ 기존 관측정의 적정성 평가

- 공공 관측망 (보조관측망 및 수질관측망)
- k-water 관측정 (2016년)
- 지하수 모델의 검보정에는 유용하나
- 해수침투 사전 감시에는 효용성이 부족함
- 신규 관측정이 필요함



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

○ 지하수 모니터링 계획 수립

○ 지하수 모니터링 고려 사항

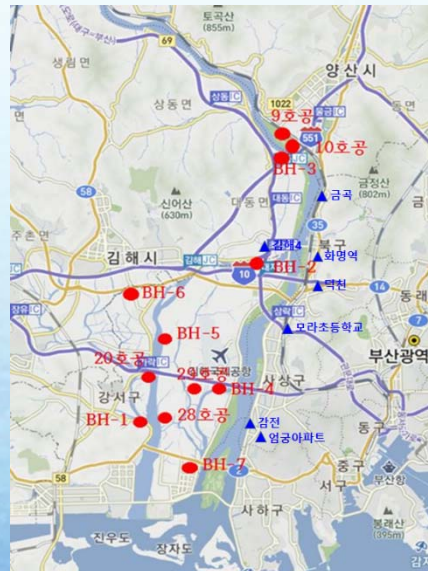
- 지하수 관정 해수 침투의 사전 감시 (대상: 사하구와 사상구 관정 밀집 지역)
- 농경지 및 지하 구조물에 대한 해수 침투의 사전 감시 (대상: 강서구 영농 지역)

○ 기존 관측정의 적정성 평가

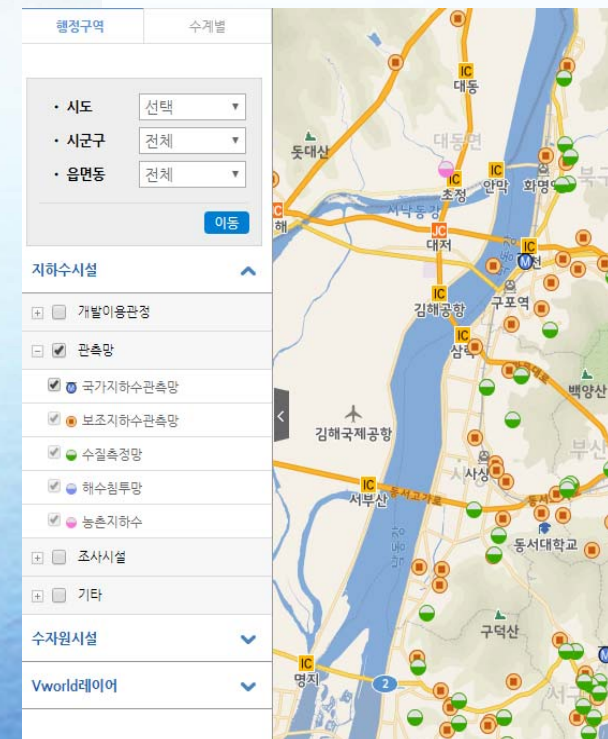
- 공공 관측망 (보조관측망 및 수질관측망)
- k-water 관측정 (2016년)

- 지하수 모델의 검보정에는 유용하나
- 해수침투 사전 감시에는 효용성이 부족함

- 신규 관측정이 필요함



○ k-water 관측정



○ 공공 관측정

1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

○ 지하수 모니터링 계획 수립

- 지하수 모니터링 고려 사항
 - 지하수 관정 해수 침투의 사전 감시 (대상: 부산시(사하구, 사상구)와 경상남도 (김해시와 양산시) 관정 밀집 지역)
 - 농경지 및 지하 구조물에 대한 해수 침투의 사전 감시 (대상: 강서구 영농 지역 및 사하구와 사상구)
- 모니터링 계획의 주요 사항
 - 강서구에는 천부 지하수만 감시
 - 사하구와 사상구, 김해시와 양산시에서는 충적층과 암반층 지하수 감시
 - 각 관측정에는 다 심도 (2개 심도) EC 센서 및 정밀 지하수위 센서 설치
- 모니터링 지점 선정 주요 사유
 - 강서구: 농경지 렌즈형태 저 염도 지하수의 염분 증가의 사전 감시 및 고염도 지하수 해수침투 감시
 - 사상구/사하구: 지하수관정 및 지하구조물 염해 사전감시 및 고염도 해수침투 감시
 - 경상남도 (김해시, 양산시): 최대 염수침투 범위에 포함, 하천과 지근 거리에 지하수 이용 관정 다수 분포



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수 모니터링 계획 수립

구분	지점	관측정 계획(안)		기존 공공관측정		신설 관측정		비고
		총적	암반	총적	암반	총적	암반	
좌안	L1A	1	1	0	0	1	1	
	L1B	1	1	0	0	1	1	
	L2A	1	1	0	0	1	1	
	L2B	1	1	0	0	1	1	
	L3	1	1	0	0	1	1	
	L4	1	1	0	1	1	0	
	L5A	1	1	0	0	1	1	
	L5B	1	1	0	0	1	1	
	L6	1	1	0	0	1	1	
	L7	1	1	0	0	1	1	
	L8	1	1	0	1	1	0	
	L9	1	1	0	0	1	1	
	L10	1	1	0	1	1	0	
	L11A	1	1	0	1	1	0	
	L11B	1	1	0	1	1	0	
우안	L12	1	1	0	0	1	1	
	L13	1	1	0	0	1	1	
	R1A	1	0	0	0	1	0	
	R1B	1	0	0	0	1	0	
	R2	1	0	0	0	1	0	
	R3	1	0	0	0	1	0	
	R4	1	0	0	0	1	0	
	R5	1	0	0	0	1	0	
	R6	1	0	0	0	1	0	
계		24	17	0	5	24	12	



1. 지하수 염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

지하수염분침투로 인한 농작물 등 영향 분석 및 평가 방안 마련

○ 지하수 염분침투 분석 및 평가 방안-결론

○ 자료 수집

- 하천 염분 침투 최대 범위: 하굿둑으로부터 약 20km
- 낙동강 양안의 기초 지자체: 부산시(사하구, 사상구, 북구)와 경상남도 (김해시와 양산시)
- 지하수 수질 및 이용 특성: 강서구 (고 염도 지하수 상부의 렌즈 형태 저염도 지하수, 4~7m 깊이의 **간이 관정 다수**), 나머지 지역 (담수 지하수, **충적 및 암반 관정 다수**)
- 농경지 및 지하 구조물: 양안에 분포
- 모델링 평가를 위한 수리지질 자료 수집/분석

○ 모델링 방안

- **광역 모델링**을 통한 지하수 염분 침투 범위 개략 평가 및 국부 모델링 영역 도출
- 복합 포화-불포화대 **국부 모델링**을 통한 지하수 3차원 염분 농도 평가 방안 제시
- 격자 구성 시 유의 사항과 모델 검보정 방안 제시

○ 모니터링 계획

- 강서구: 렌즈형태 저 염도 지하수의 염분 증가 감시를 위한 충적 관측정 필요, 나머지 지역: 충적 및 암반 지하수 염분 침투 감시 필요
- 관정, 농경지, 지하 구조물, 그리고 하천 염분 농도를 고려하여 관측지점 선정
- **기존 공공 관측정과 신설을 포함한 모니터링 계획 도출**



2. 포화-불포화대 염분침투 복합 모델링

개요

과업 명:

해수면 상승에 따른 농경지 범람.피해 영향 평가 및 적응 대책 개발

지하수 분야 소과제 명:

해수면 상승에 따른 지하수 염분 침투 및 농경지 염류화 평가

소과제 세부 내용:

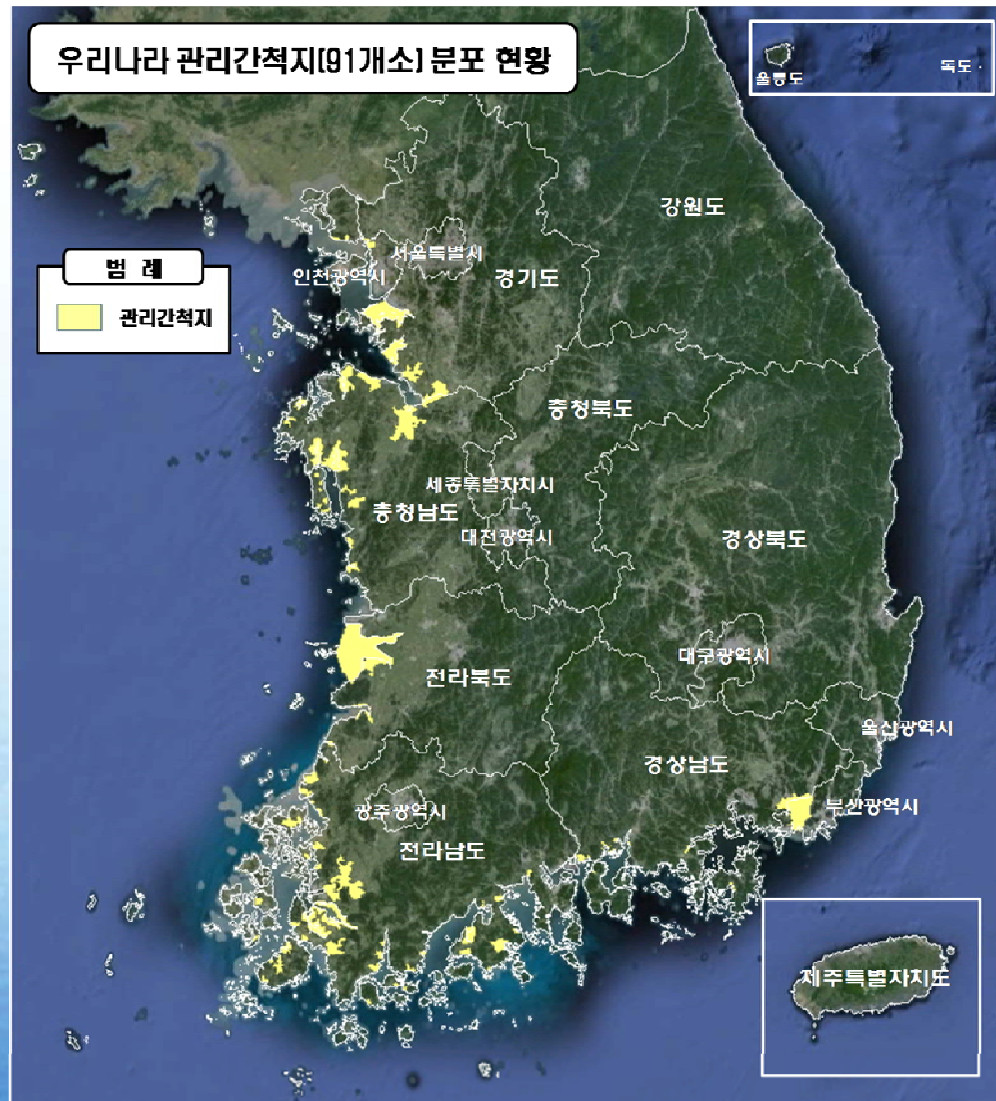
- 선진국 사례 조사
- 지하수 염분 침투, 염류화 민감도 및 현장 적용성 연구
- 91개 간척 농경지 대상 지하수 염분 침투 및 토양 염류화 평가

대상 구간:

농촌진흥청 관리 91개 간척지

과업 기간:

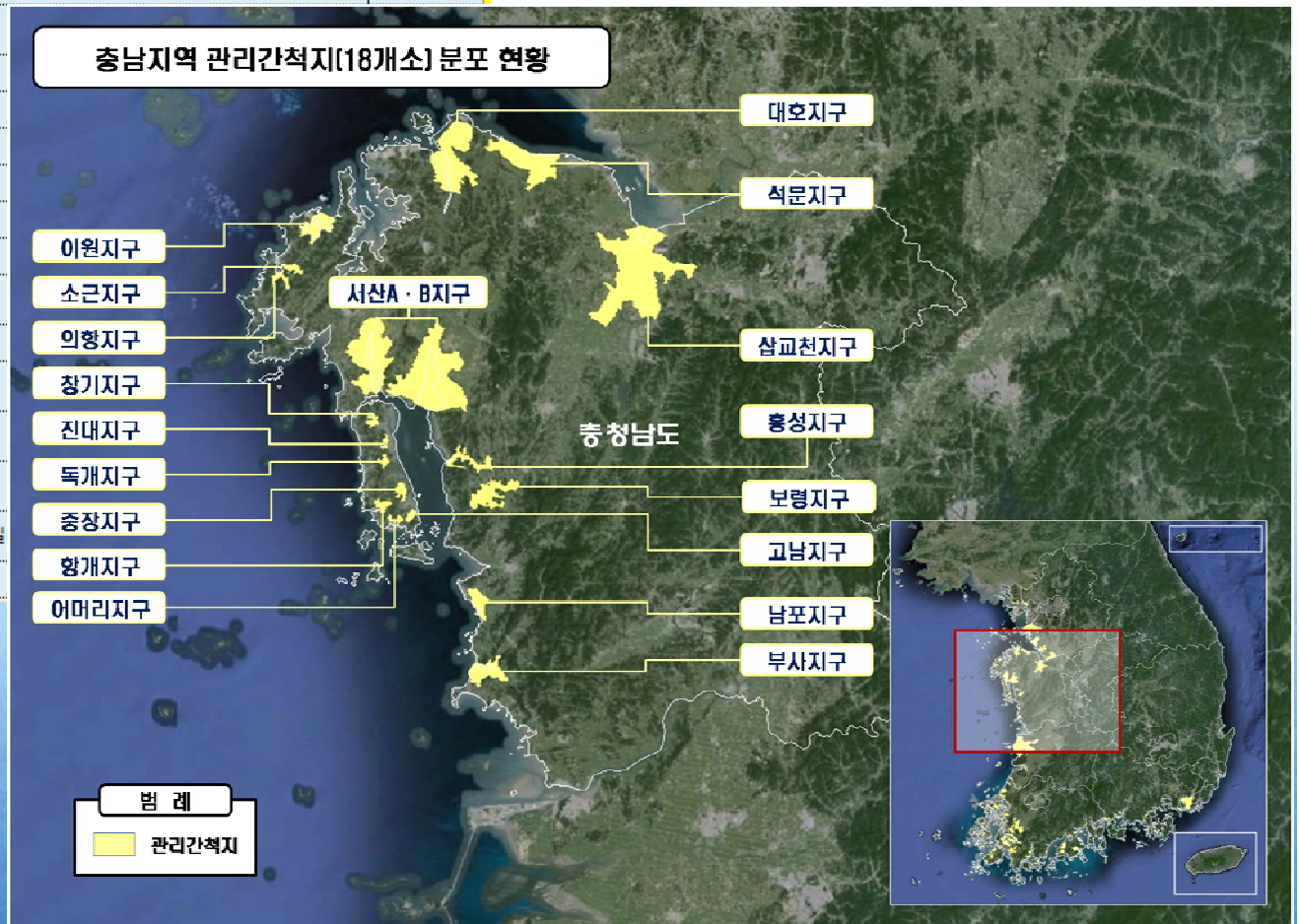
36 개월



2. 포화-불포화대 염분침투 복합 모델링

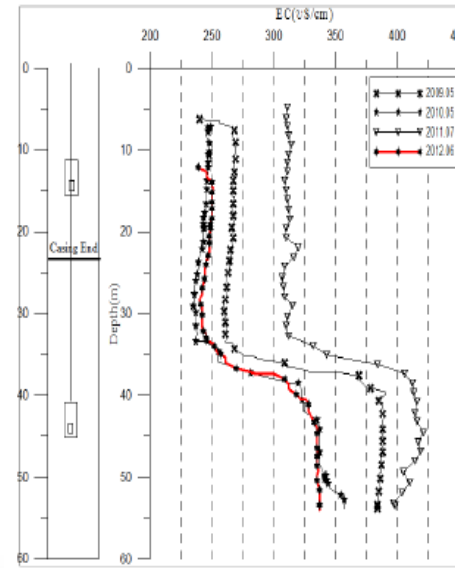
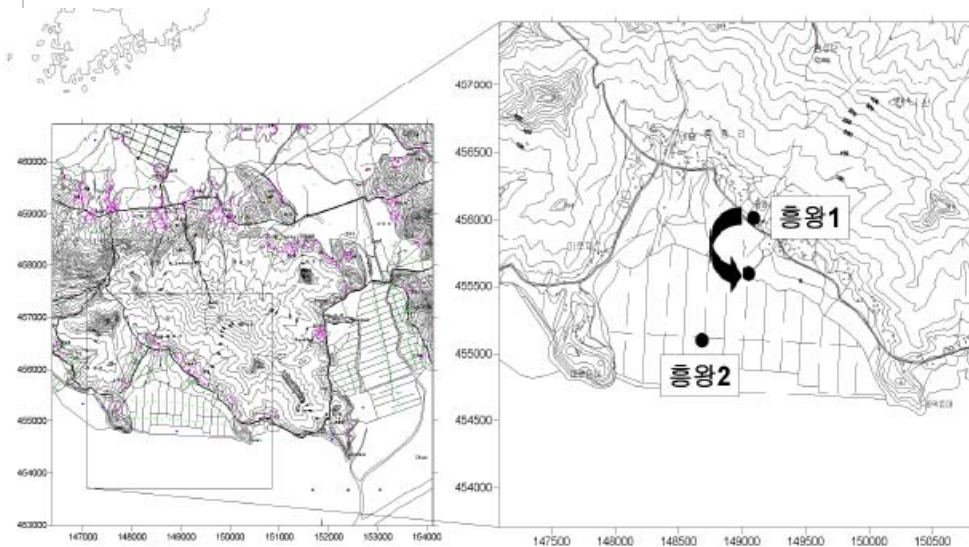
번호	시도	시도 별번호	행정구역	지구명
9	충남	1	충남 당진시 신평면, 우강면, 아산시 인주면 일원	삼교천
10	"	2	충남 당진시 석문면 삼화리, 통정리 일원	석문
11	"	3	충남 당진시 석문면 교로리, 대호지면 출포리, 서산시 대산을 화곡리 일원	대호
12	"	4	충남 서산시 부석면, 해미읍, 고북면, 홍성군 갈산면, 태안군 태안읍, 안면읍, 고남면 일원	서산A-B지구
13	"	5	충남 태안군 이원면 포지리, 원북면 방갈리 일원	
14	"	6	충남 태안군 소원면 소근리	
15	"	7	충남 태안군 의항리, 웅도 일원	
16	"	8	충남 태안군 안면읍 창기리	
17	"	9	충남 태안군 안면읍 정당리	
18	"	10	충남 태안군 안면읍 승언리	
19	"	11	충남 태안군 안면읍 중장리	
20	"	12	충남 태안군 안면읍 신야리, 고남면 장곡리 일원	
21	"	13	충남 태안군 고남면 고남리	
22	"	14	충남 태안군 고남면 고남리 어머니마을	
23	"	15	충남 보령시 천북면, 오천면 일원	
24	"	16	충남 보령시 남포면 양항리, 삼현리 일원	
25	"	17	충남 서천군 서면 부사리, 보령시 웅천읍 증산리 일	
26	"	18	충남 홍성군 서부면 신리	

충남지역 관리간척지(18개소) 분포 현황

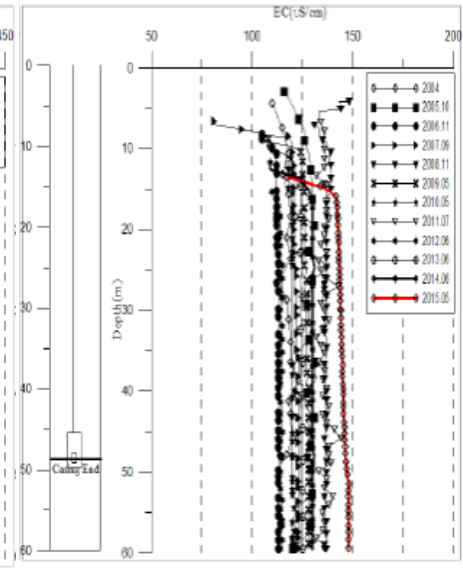


2. 포화-불포화대 염분침투 복합 모델링

■ 인천광역시 흥왕지구



<흥왕1 관측공>



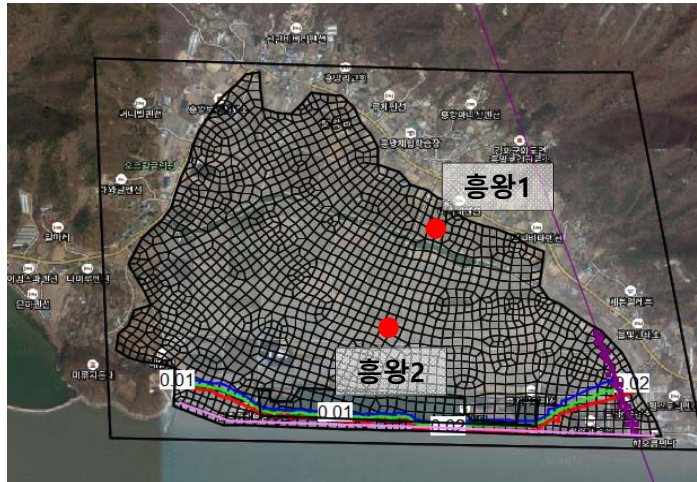
<흥왕2 관측공>

관측공	주 소	좌 표(TM)			해안 거리 (m)	개발 년도	개발당시 지하수 수위 (m)
		Easting(Y)	Northing(x)	Z			
흥왕1	강화군 화도면 흥왕리 1314	149048.617	455581.722	4.113	870	2009	6.17
흥왕2	강화군 화도면 흥왕리 1014	148850.686	455104.156	1.543	230	2001	0.653
투수계수(m/d)		함양량(mm/year)		담수호 수위(m)		담수호 농도(kg/kg)	
4.237		180		2		0	
						간척년도	
						1800	

2. 포화-불포화대 염분침투 복합 모델링

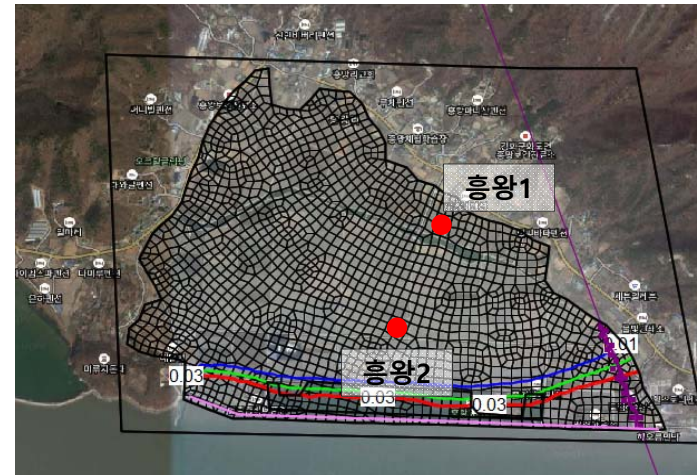
■ 시나리오별 지하수 염분농도 증가량 및 면적 변화량

인천광역시 흥왕지구



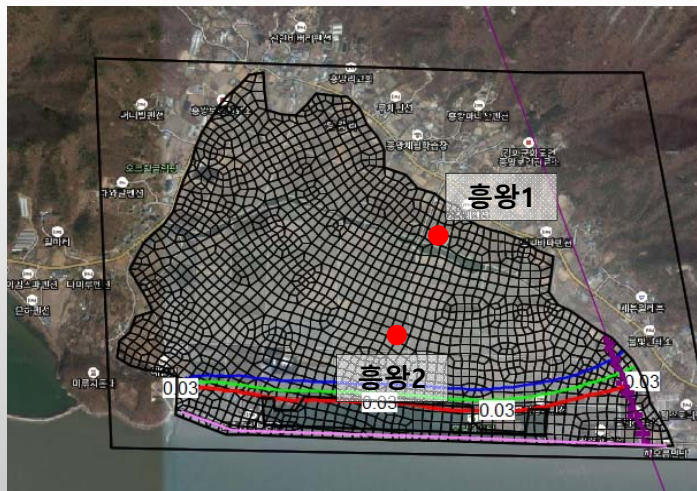
1996

• 지하수 염류화 면적 : 484,623.7 m²



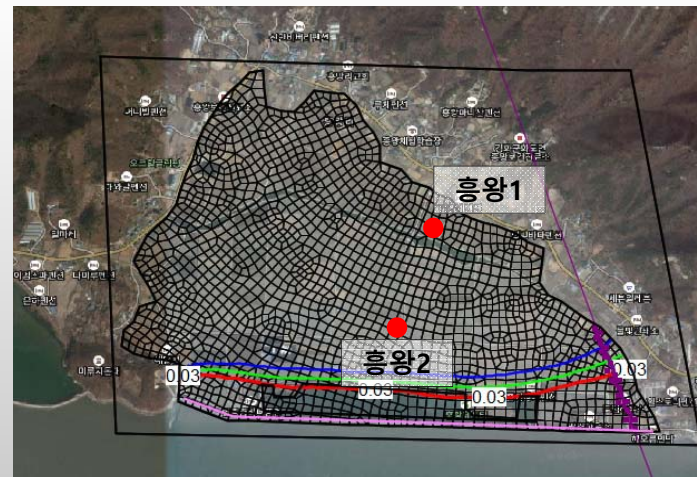
2050

• 지하수 염류화 면적 : 523,622.1 m²



RCP 4.5 2100

• 지하수 염류화 면적 : 696,836.7 m²



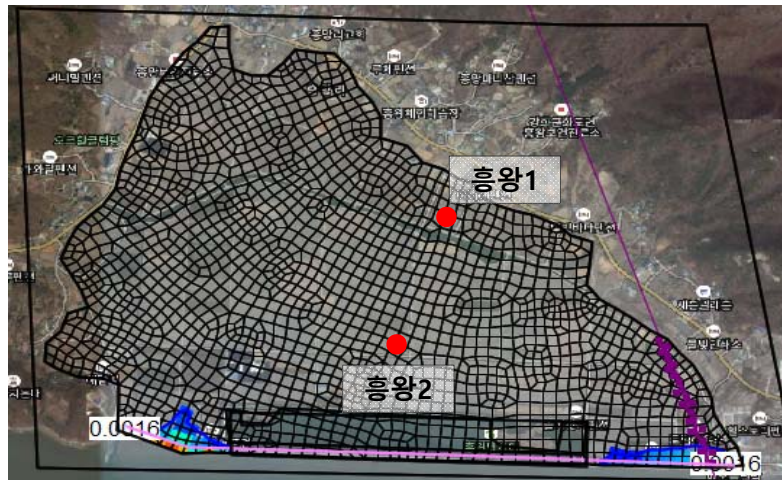
RCP 8.5 2100

• 지하수 염류화 면적 : 756,282.4 m²

2. 포화-불포화대 염분침투 복합 모델링

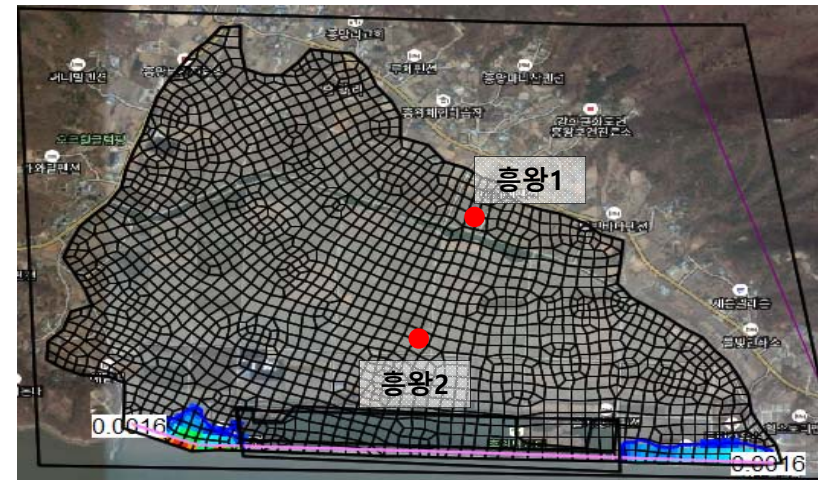
■ 시나리오별 뿌리심도 토양 염분농도 증가량 및 면적 변화량

인천광역시 흥왕지구



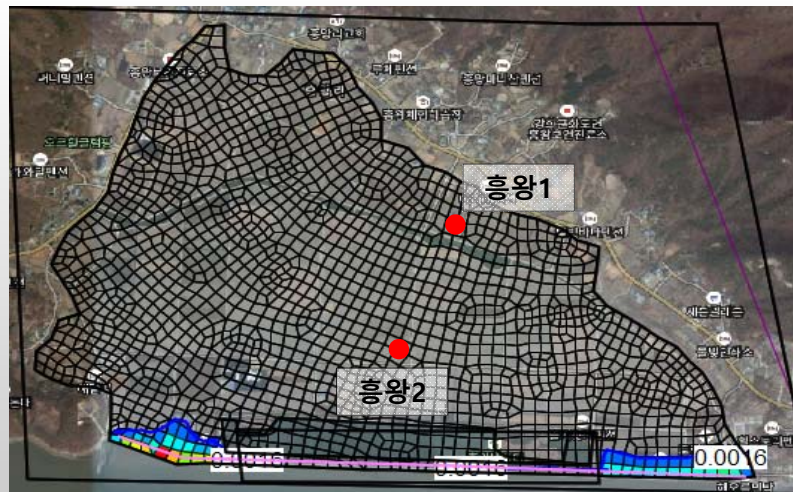
1996

토양 염류화 면적 : 105,307.1 m²



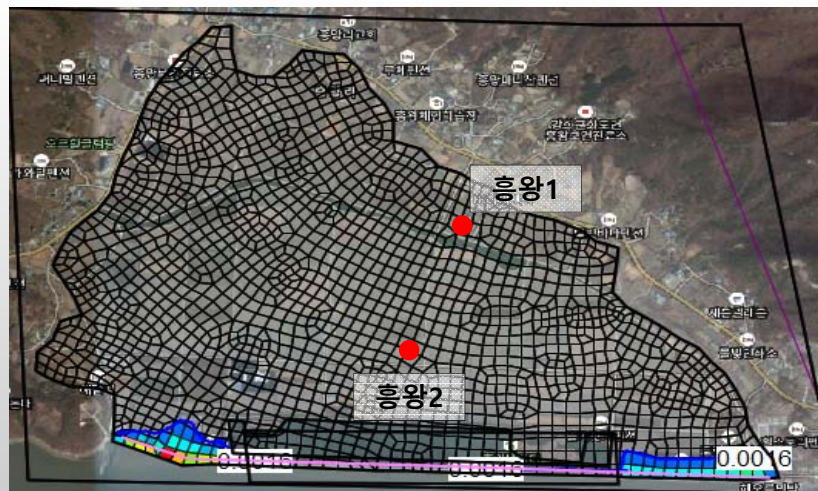
2050

토양 염류화 면적 : 117,922.7 m²



RCP 4.5 2100

토양 염류화 면적 : 135,263.1 m²



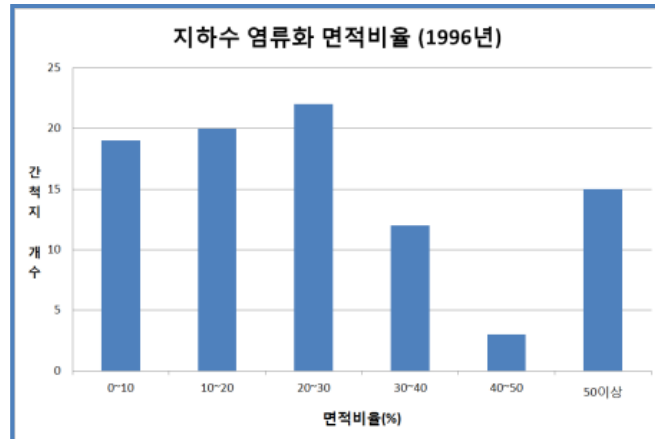
RCP 8.5 2100

토양 염류화 면적 : 139,574.8 m²

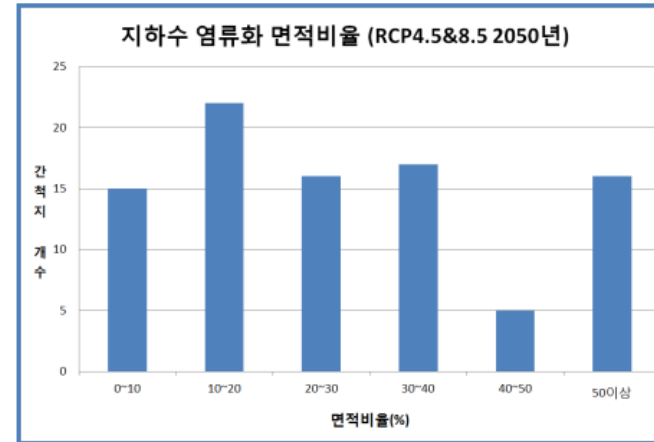
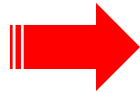
2. 포화-불포화대 염분침투 복합 모델링

■ 91개 간척지 특성&지하수염류화&토양 염류화&지하수위 통계

■ 지하수 염류화



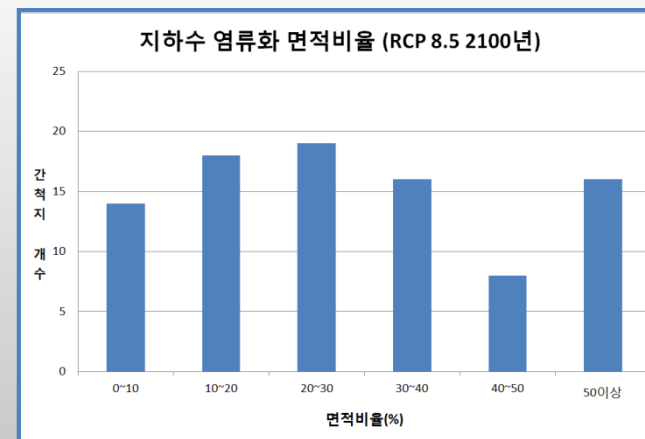
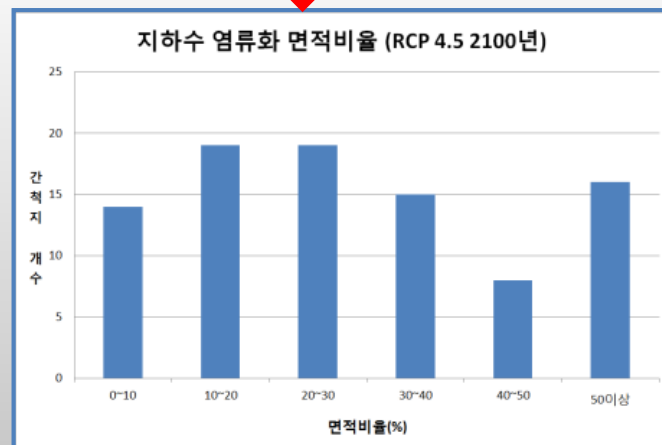
담지하수 총 감소량
346.6 백만 m³



담지하수 총 감소량
657.7 백만 m³



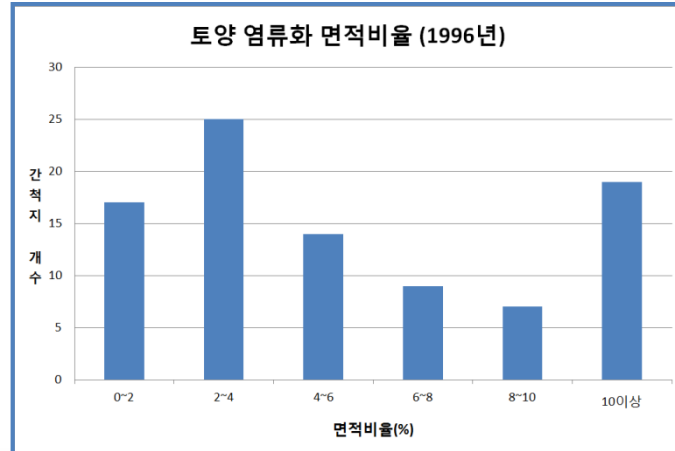
담지하수 총 감소량
657.8 백만 m³



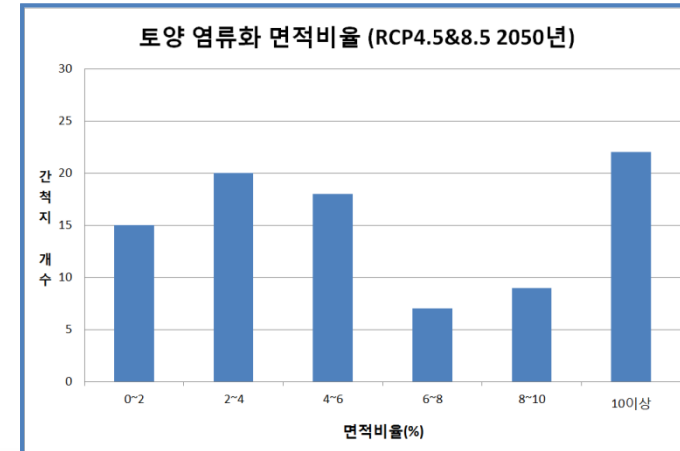
2. 포화-불포화대 염분침투 복합 모델링

■ 91개 간척지 특성&지하수염류화&토양 염류화&지하수위 통계

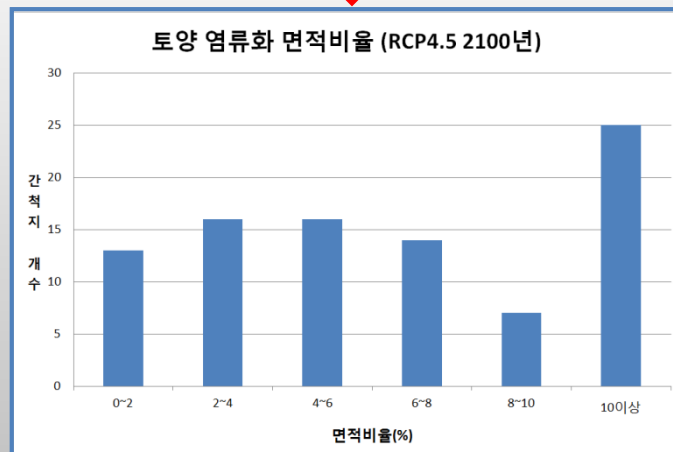
■ 토양 염류화



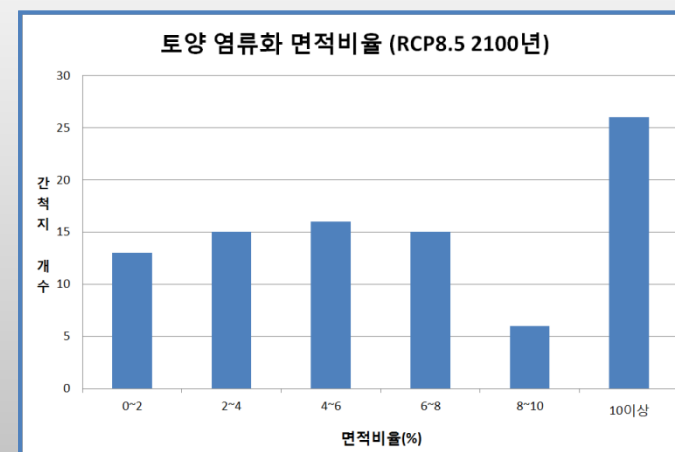
토양염류화 총 증가량
1,885ha



토양염류화 총 증가량
3,231.5ha



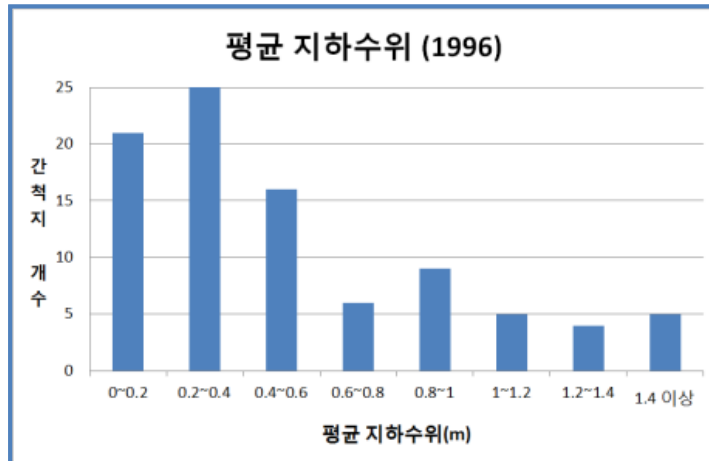
토양염류화 총 증가량
3,460.9ha



2. 포화-불포화대 염분침투 복합 모델링

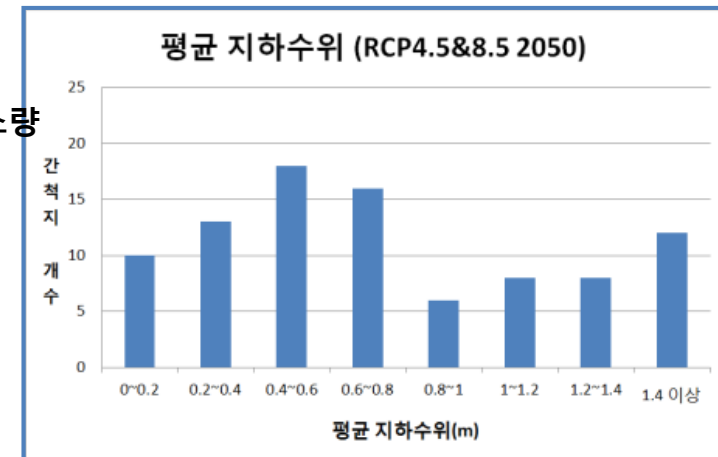
■ 91개 간척지 특성&지하수염류화&토양 염류화&지하수위 통계

■ 지하 수위 상승량



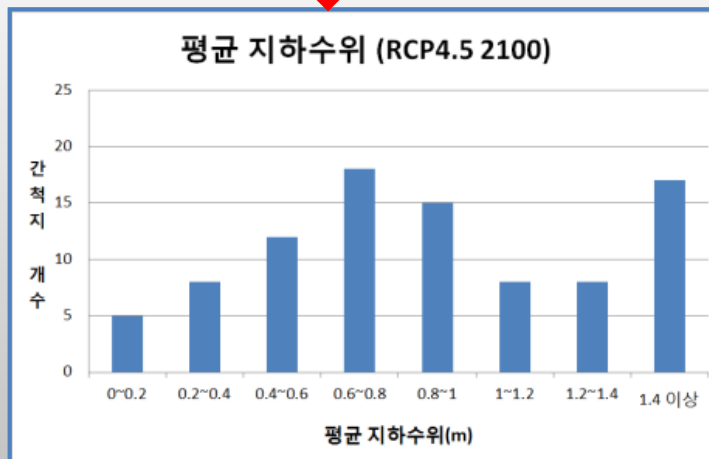
불포화대 두께 평균 감소량

0.192 m



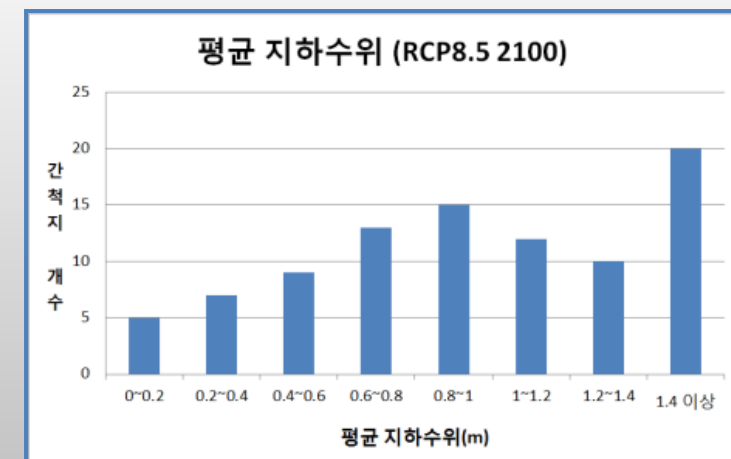
불포화대 두께 평균 감소량

0.405 m



불포화대 두께 평균 감소량

0.516 m



3. 지하수 해수침투 저감대책

▪해안 지역 농경지의 지하수 관련 문제

- 지하수 관개 용수의 염분 농도
- 작물 뿌리 심도의 염분 농도
- 불포화대 토양 두께

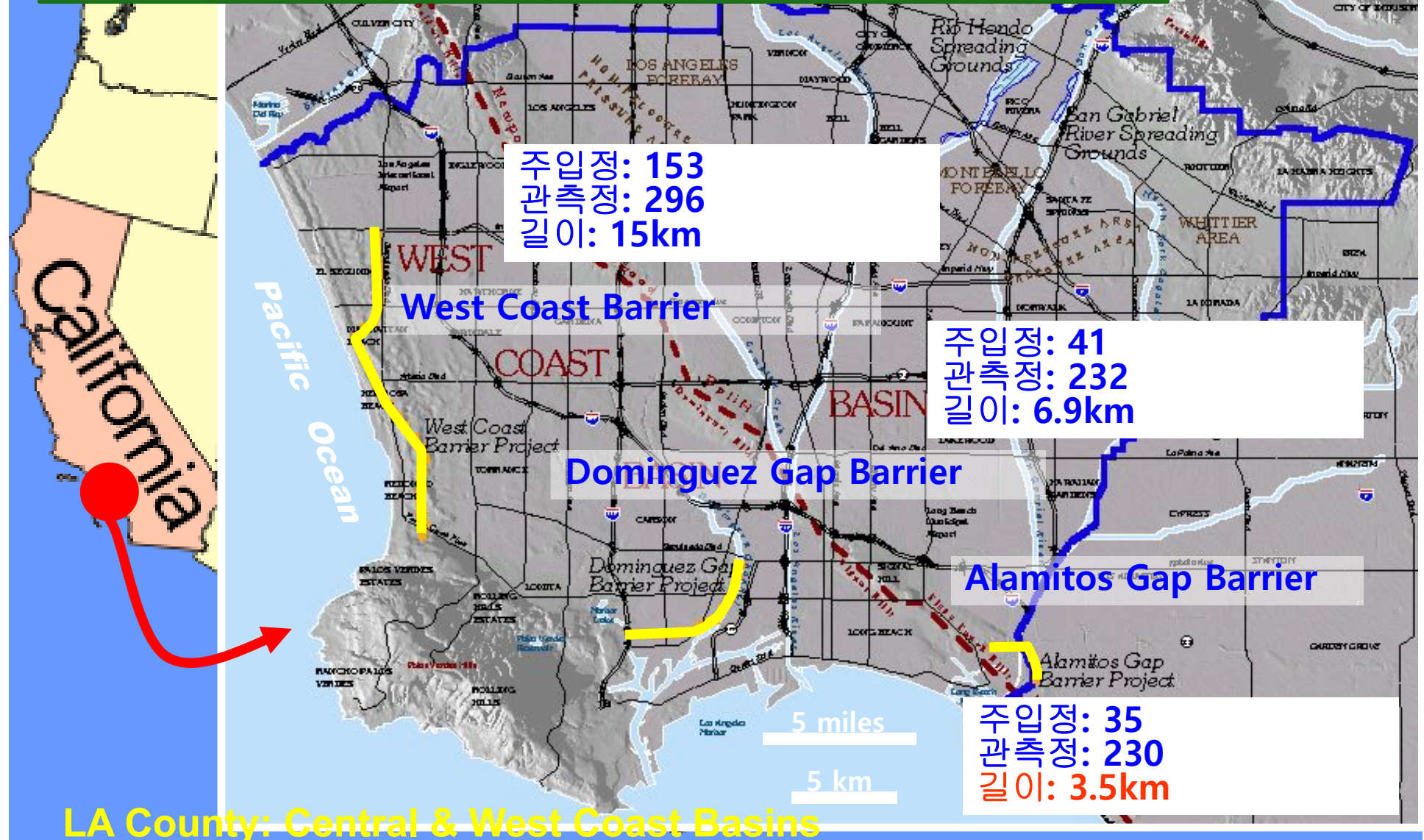
▪지하수 해수침투 저감 대책

- 지하수 개발량 축소
- 담수 인공 함양
- 지하 해수 양수
- 지하댐

부남호 지역?

3. 지하수 해수침투 저감대책

·담수 인공 함양 기술

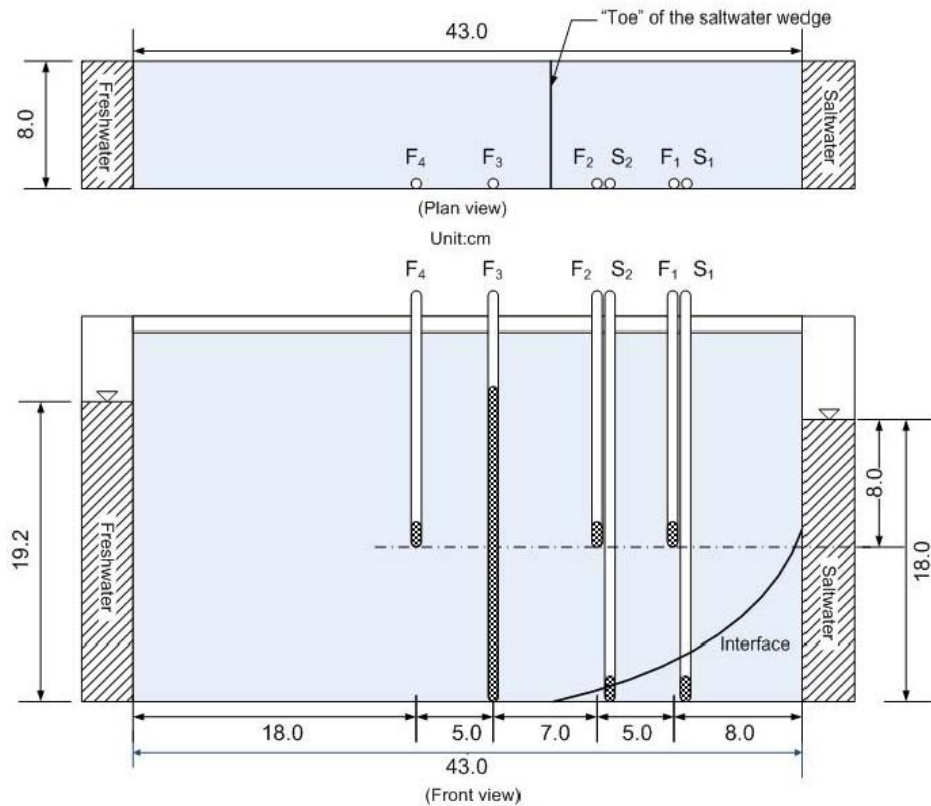


3. 지하수 해수침투 저감대책

·담수 인공 함양 기술

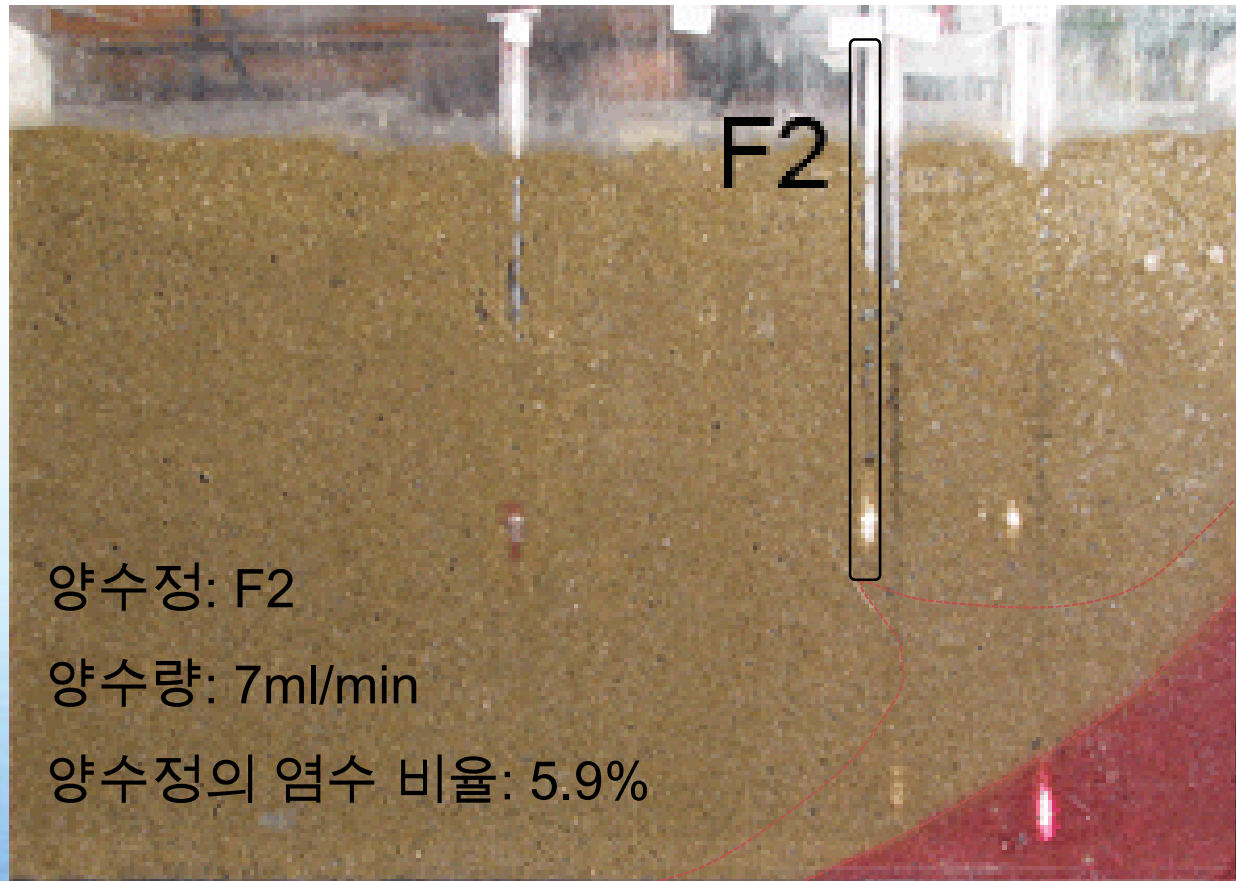


Sand tank length (x)	1.75 m
Width (y)	1.60 m
Thickness of sand	0.58 m



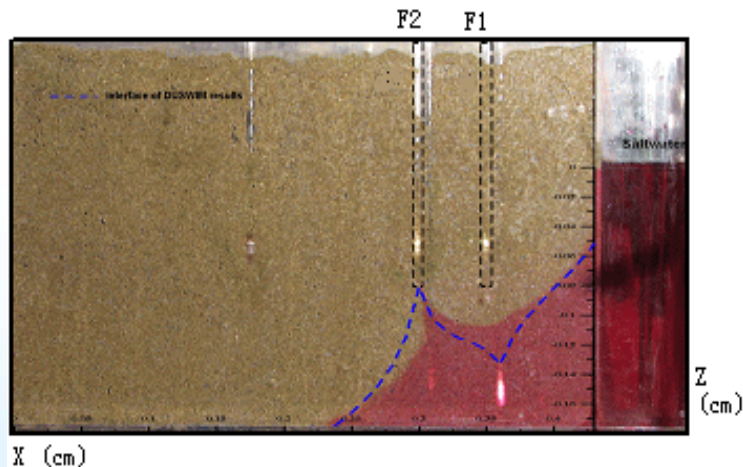
3. 지하수 해수침투 저감대책

▪담수 인공 함양 기술



3. 지하수 해수침투 저감대책

·담수 인공 함양 기술

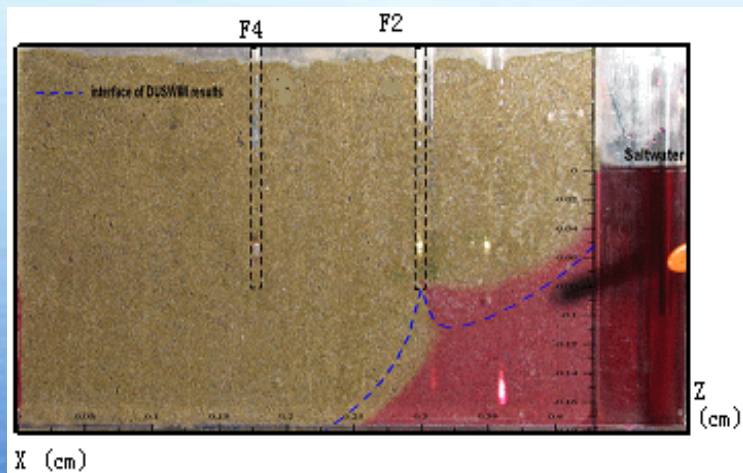


주입실험 1

과잉 양수정 (F2) : 7ml/min

주입정 (F1) : 3ml/min

	염수비율 (%)
	F2
실험	0.00
모델링	0.00



주입실험2

과잉양수정(F2) : 7ml/min

주입정 (F4) : 4ml/min

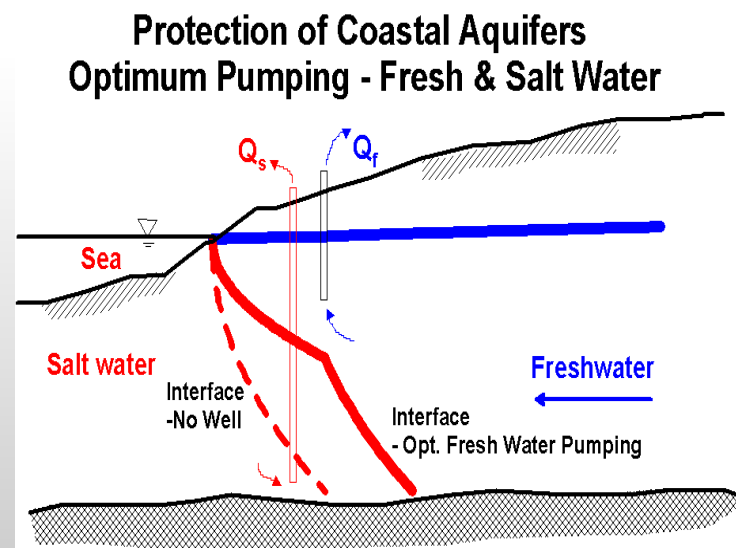
	Saltwater Content(%)
	F2
실험	0.11
모델링	0.00



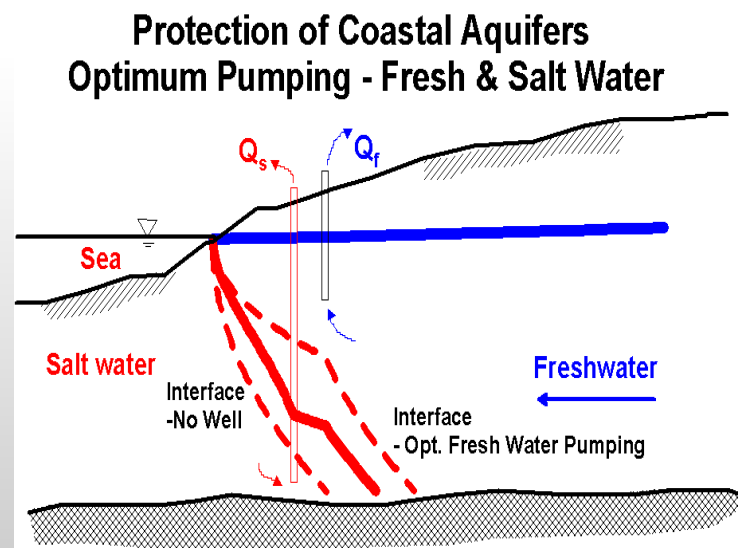
3. 지하수 해수침투 저감대책

▪해수 양수 기술

- 간척지의 높은 지하수위, 염류화된 지하수 및 토양은 경작 가능 작물 선정 및 농업 생산성에 큰 저해요인임.
- 간척지 지하에서 우물 등을 통하여 해수를 양수하면 지하수위를 낮추는 동시에 지하수와 토양의 염류화를 방지할 수 있음.



지하수를 양수할 때 내륙으로 침투하는 해수샘기
(>0 , $=0$)



해수를 양수하여 크기가 축소된 해수샘기 (>0 , >0)

3. 지하수 해수침투 저감대책

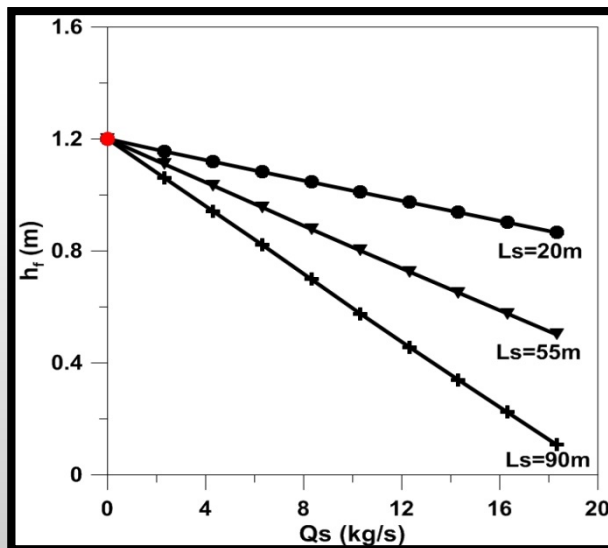
▪해수 양수 기술

․ 양수저기 해아서 큰 부피 머시지스로 지층사이로 지나가지만 양수저기 다스 나비기 시

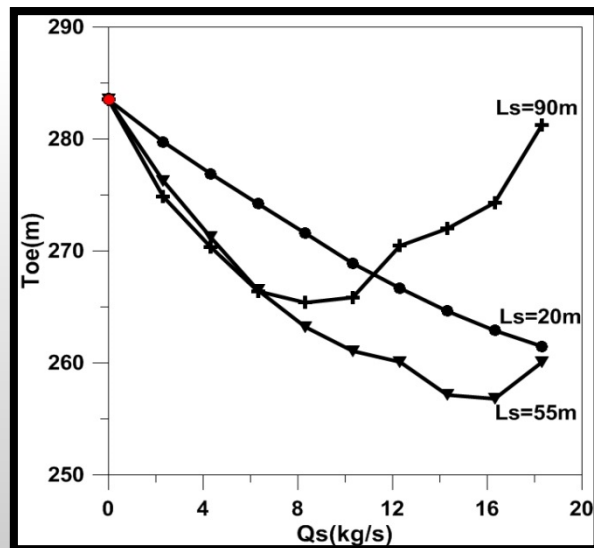
해수양수 효과는 해수 양수정의 위치와 양수량의 선정에 따라 크게 다름.

관정 위치와 양수량의 최적 선정이 중요함.

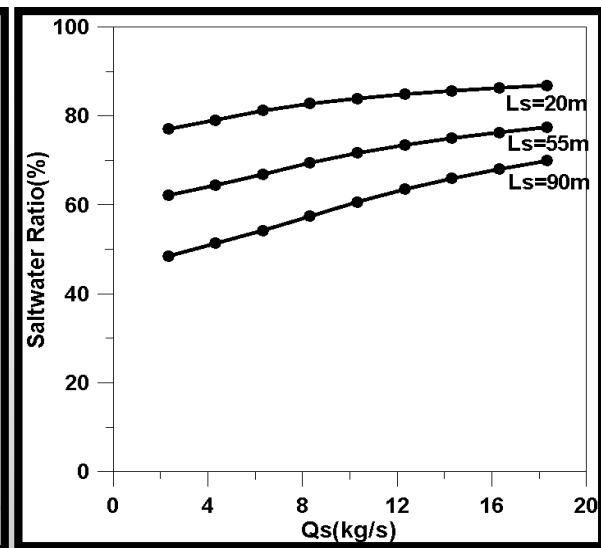
외식양수당은 해수침투거리가 가장 낮은 시험으로 줄 수 있음.



해수양수량에 따른 지하수위 저감



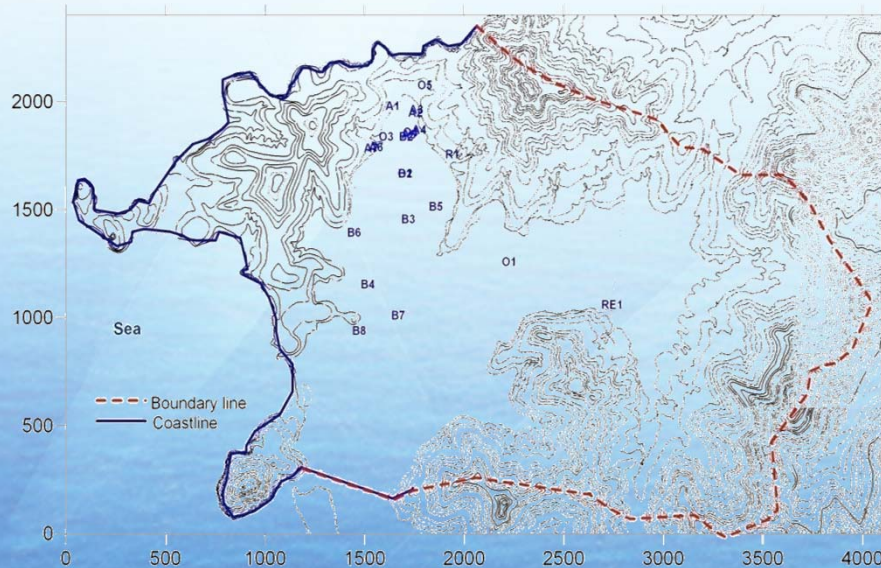
해수 양수량에 따른 해수침투 거리



해수 양수량에 따른 양수정에서의
해수비율

3. 지하수 해수침투 저감대책

▪해수 양수 기술

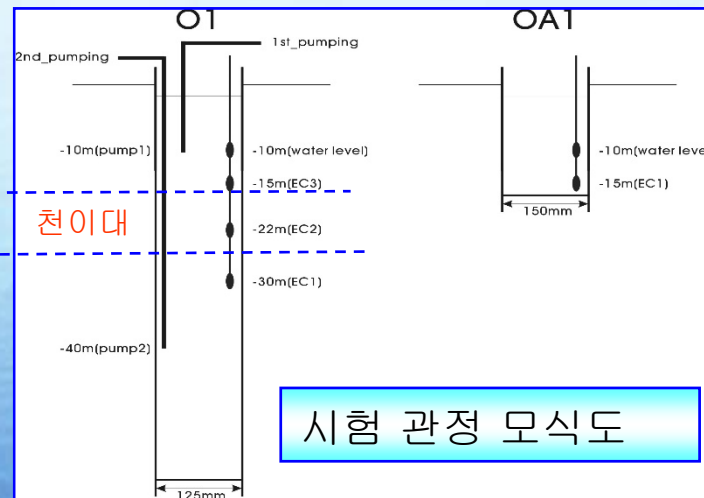
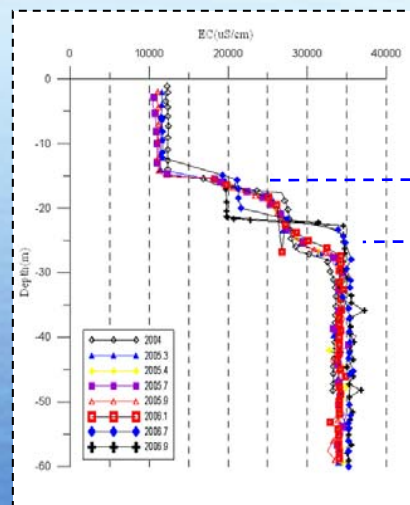
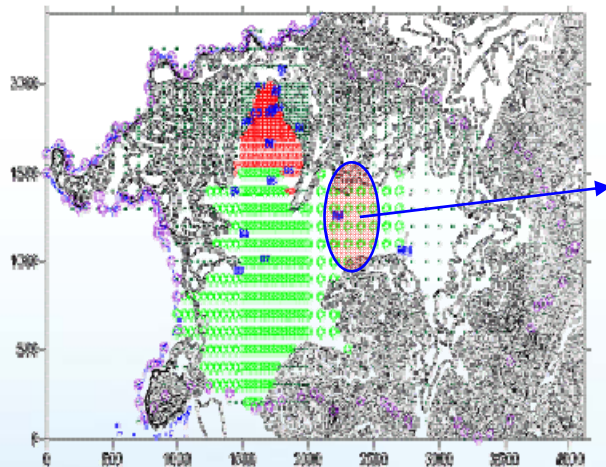


Well No.	GW Elevation		Error (%)
	Observed (m)	Calculated (m)	
Well 02	0.269	0.8735	9.02
Well 03	0.838	0.8870	0.73
Well 04	1.501	0.8876	9.16
Well 05	6.696	6.513	2.7
B01	0.310	0.8735	8.42
B02	0.600	0.8876	4.30

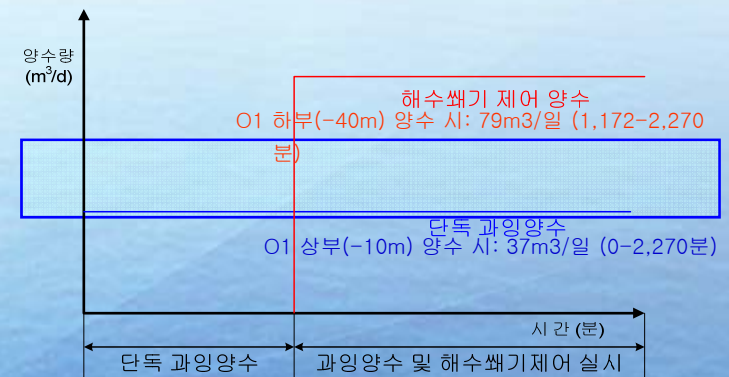


3. 지하수 해수침투 저감대책

▪해수 양수 기술



양수시나리오

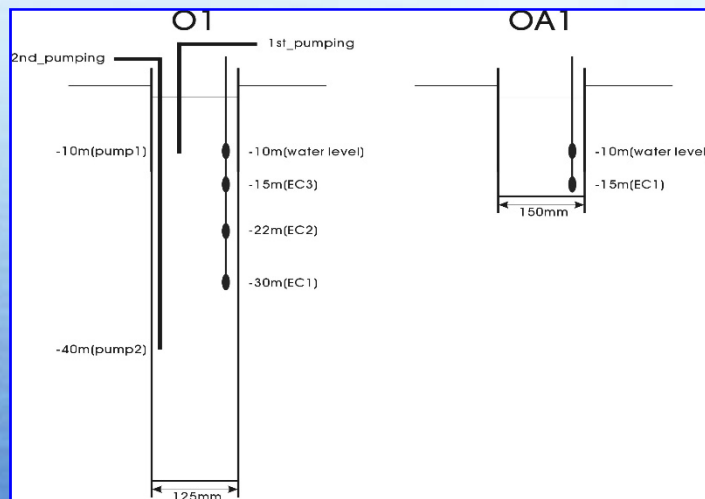
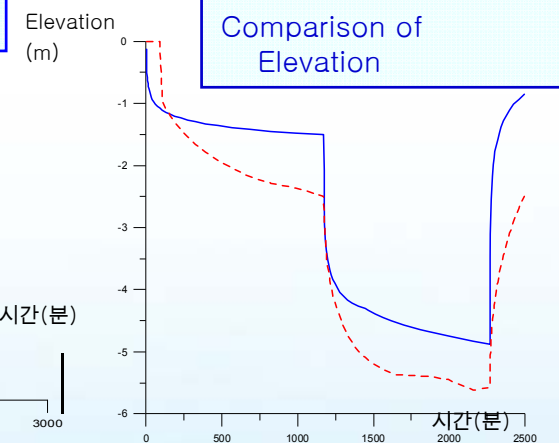
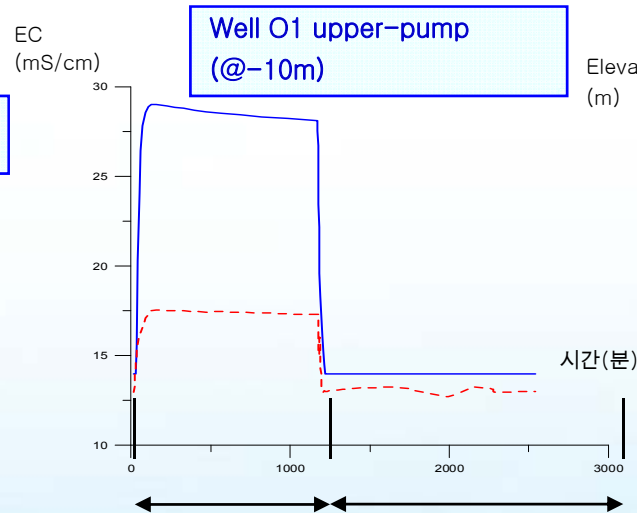
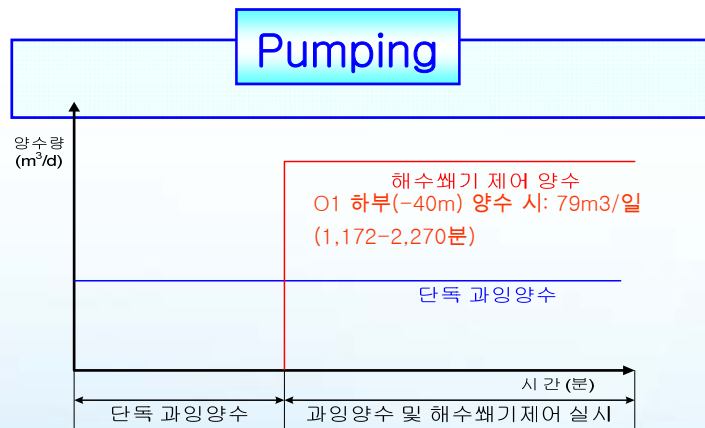


3. 지하수 해수침투 저감대책

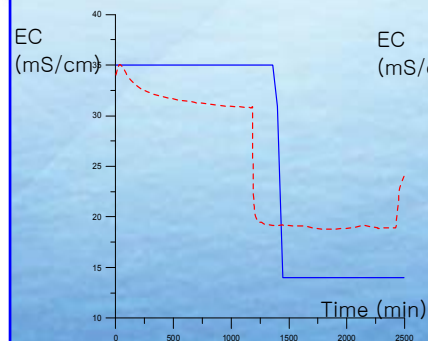
▪해수 양수 기술

— 계산자료

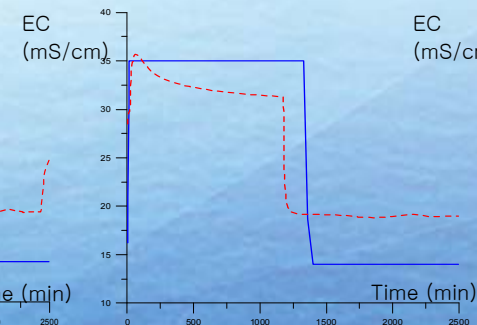
----- 현장관측자료



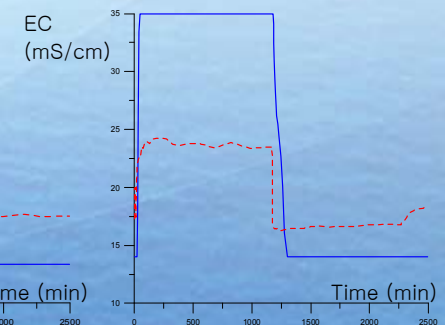
Well O1-EC 1



Well O1-EC 2



Well O1-EC 3



4. 요약

- ❖ 해수면 상승 등의 조건 변화에 대한 지하수 변화 평가
- ❖ 지하수 해수 침투 저감 대책 제시



감사합니다.

