

# 지하댐 설치 시 섬진강 하류 염수침입 방지 효과의 모델기반 분석

## Effect of Underground Dam for the Prevention of Seawater Intrusion at the Seom-jin River

김성윤<sup>1)</sup> · 김규범<sup>†</sup> · 박준형<sup>2)</sup> · 신선호<sup>3)</sup>

Kim, Sungyun · Kim, Gyoobum · Park, Joonhyeong · Shin, Seonho

**ABSTRACT** : Surface water at the lower part of the Seom-jin river has a high salinity because the erosion at river bottom has made sea water move upstream continuously since 1978. The effect of underground dam on the prevention of sea water intrusion was modelled in this study. Present chloride concentration in surface water decreases exponentially along a river and in groundwater is about one-tenth of surface water's. The finite element method model, FEFLOW, was conducted on the assumption that the underground dam with a height of 25m over a bedrock is located under a water surface at the site of 4.6km from an estuary. The result shows that the position with chloride concentration of 0.25psu moves downstream from the sites of 25km to 22km, if an enough sedimentation with 5m thickness happens in the upper reservoir of underground dam. On the other side, the underground dam is little effective for the prevention of sea water intrusion in case of non-sedimentation.

**Keywords** : Groundwater, Stream, Seawater intrusion, Underground dam

**요 지** : 섬진강 하류지역은 1978년 이후 지속적인 하상 세굴로 인하여 염수 침입이 확대된 지역으로서, 본 연구에서는 지하댐 설치 시의 염수침입 차단 효과를 수치모델로서 평가하였다. 현재 섬진강 하류 지표수의 염소이온농도는 상류로 가면서 지수함수적으로 감소하며, 지하수내 농도는 지표수의 1/10 이내로 나타난다. 하구로부터 4.6km 지점에 암반 상부로부터 25m 높이의 지하댐을 설치하는 조건으로 FEM 모델인 FEFLOW를 수행한 결과, 지하댐 상류의 퇴적 작용으로 현재보다 총적층의 두께가 5m 정도 두꺼워진다면 하구로부터 25km 지점에서의 염소이온농도(0.25psu)가 하류로 약 3km 정도 이동하는 것으로 나타났다. 반면에, 지하댐 상류에 퇴적물이 쌓이지 않을 경우에는 지하댐 설치 효과가 미미한 것으로 해석되었다.

**주요어** : 지하수, 하천, 염수 침입, 지하댐

## 1. 서 론

해수침투에 대한 국내 조사는 주로 해안 및 도서지역을 중심으로 이루어져 왔으며, 농림수산식품부 주관으로 1991년 제주도 지역의 해수침투 조사 사업을 시작으로 1998년부터는 육지 해안지역에서의 해수 침투에 대한 조사 분석이 시작되었다. 2008년까지 해수침투 관측정은 제주도에 56개, 육지부에 95개소가 설치되어 운영 중에 있다. 농림수산식품부 등(2008)의 해수침투조사 사업 보고서에 의하면, 섬진강 하류 지역인 전라남도 광양의 해안지역에는 해안으로부터 수 백 m 떨어진 지하수 관측정에서 측정된 전기전도도와 염소이온의 함량이 높지 않은 것으로 분석되었으나, 경상남도 하동의 해안지역에서는 비교적 높은 전기전도도로 해수 침입 영향이 있는 것으로 평가된 바 있다.

해수 침입에 대한 연구는 1990년대 중반부터 본격적으로

수행되었는데, 김천수 등(1997)은 임해지역에서 지하수를 이용하거나 지하 공동을 설치할 경우 해수-담수 경계면의 이동에 의하여 염수의 유입이 발생할 수 있음을 분석하였고, 심병완 등(2002)은 부산시 동남 해안 지역에서 지하수 모니터링 자료와 지구통계학적 방법을 활용하여 해수침입의 지역적 특성 및 범위를 파악한 바 있다. 이봉주 등(2008b)은 전라남도 영광군 지역을 대상으로 지표수와 지하수의 수위 변동 특성을 토대로 조석에 따른 지하수 염분의 기원을 규명하는 연구를 수행하였고, 이봉주 등(2008a)은 서천-군산 지역을 대상으로 시계열 및 요인 분석을 활용하여 해수 침입 여부를 평가하였다. 박화석 등(2008)은 해안 지질 매체의 층상 불균질성과 지하수 양수 형태가 해안 대수층 내에서의 지하수 유동과 염분 이동에 미치는 영향을 정량적으로 분석한 바 있다. 최근에는 보다 발전된 모델링 방법을 이용하여 염분의 확산을 정량적으로 평가하고 있는데, 조현조 등(2009)은 부산광역시 수

1) 비회원, 국립환경과학원 연구원

† 정회원, K-water 연구원 수석연구원(E-mail : gbkim@kwater.or.kr)

2) 비회원, K-water 연구원 대리

3) 비회원, 한국지질자원연구원 연구원

연구 지역 해안 대수층 내의 밀도 의존적 지하수 유동 및 염분 이동에 대한 도시화의 영향을 다차원 수리동역학적 분산 수치모델을 이용하여 모사하고 정량적으로 평가한 바 있다.

섬진강 하류는 염수의 침입으로 지하수의 염화 현상이 발생하여 광양시 진월면과 하동군 고전면 인근 주민들의 지하수 이용이 불가하고 농업용수로 공급 시 농작물의 염해가 발생하고 있으며, 섬진강내 재첩 생태계의 변화가 나타나고 있다. 염수의 영향을 받는 지역은 섬진강을 따라 상류 약 20km 지점에 이르고 있는 실정이다. 염분 확산 분석을 위하여 다양한 모형이 사용될 수 있으나 본 연구에서는 FEM(Finite Element Method) 모델로서 밀도 흐름, 열 흐름, 오염물질 이동 등이 모사 가능한 FEFLOW 프로그램을 사용하여 하구에 지하댐을 설치할 경우 하천을 통한 염수 침입 차단 효과를 평가하고자 하였다.

## 2. 연구 지역

연구지역은 그림 1과 같이 경상남도와 전라남도가 만나

는 섬진강 하류 지역으로서 섬진강 하구로부터 상류 방향으로 약 25km 지점까지를 대상으로 하였다. 섬진강 하구로부터 25km 지점에는 용수를 공급하는 상수원인 다압 취수장이 위치하고 있어 염수의 유입 여부가 취수원 기능에 중요한 요인이 되고 있다. 연구지역 내 섬진강은 북에서 남으로 유하하고 있는데, 하구로부터 약 2.5km 지점의 섬진강 대교를 지나면서 6km 지점까지 섬진강의 동서 제내지에는 평야가 분포하고 있으며, 하동읍이 포함되는 8~12km 지점에도 넓은 평야가 발달하고 있다. 이후 상류지역은 산지 지형 사 이로 섬진강이 흐르고 있다.

연구지역의 광역 지질은 주로 선캠브리아기 소백산 육괴에 해당하는 지리산편마암복합체로서, 화강암질편마암, 반상변정화강암질편마암, 안구상편마암 및 호상편마암 등으로 구성되어 있다. 섬진강 하류 서측의 광양시 지역은 화강암질편마암이 우세하고 동측인 하동군 지역은 반상변정화강암질편마암이 우세하게 발달되어 있다. 섬진강과 남해가 만나는 하류는 역암, 사암, 그리고 셰일로 구성된 중생대 백악기지층인 경상누층군의 신동층군에 대비되는 지층이 분

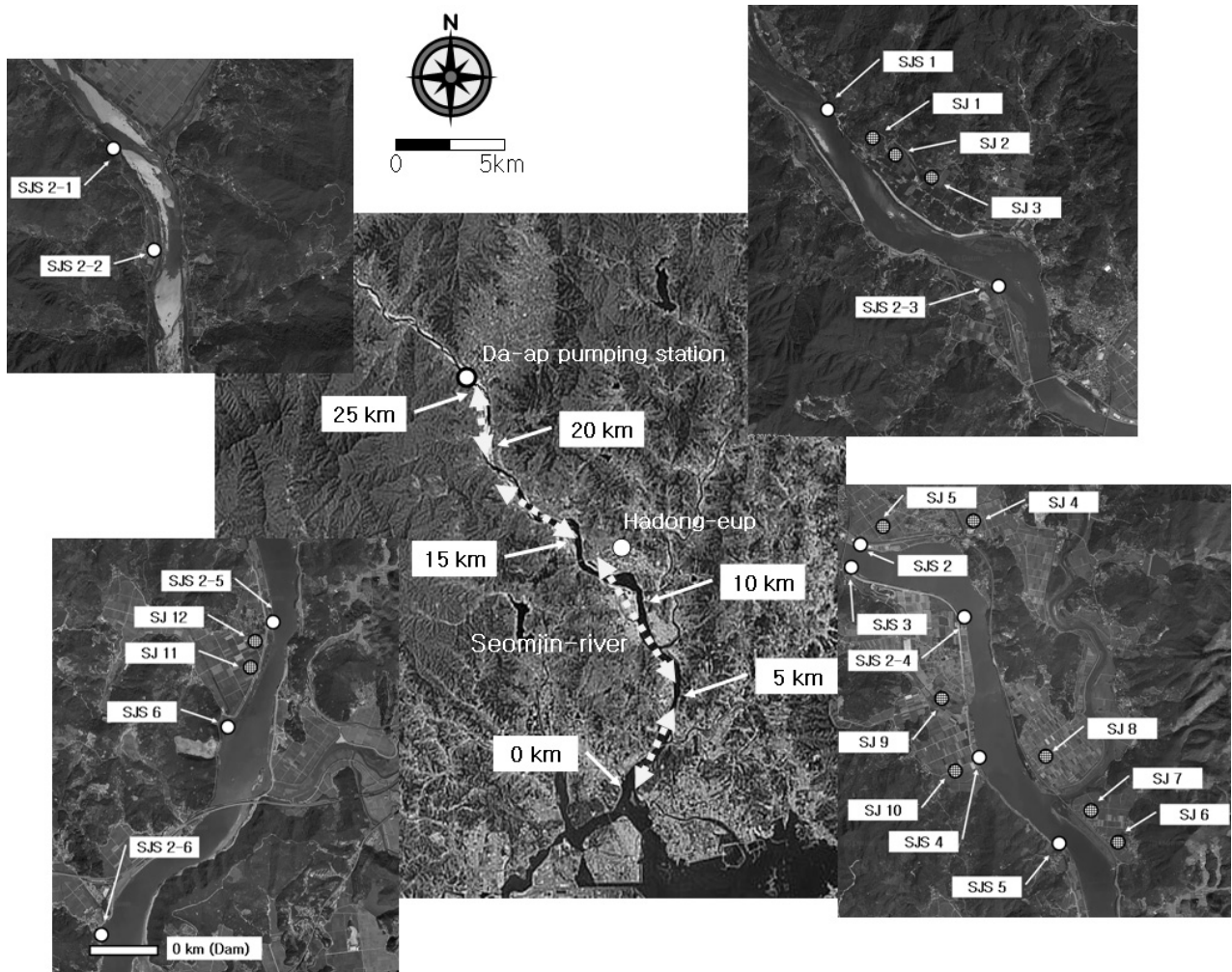


그림 1. 연구 지역 및 조사지점 위치

포한다. 하상은 부분적으로 기반암이 노출되어 있는 경우도 있으나 대부분 자갈과 모래 같은 충적층으로 덮여 있다.

### 3. 염수침입 특성

하천을 따른 염수의 침투 여부를 파악하기 위하여 섬진강 및 주변지역의 지하수 관정을 대상으로 현장 수질조사를 수행하였다. 1차 조사(2009년 7월 9일~11일)에서는 상류로부터 하류로 가면서 하천구간 6개소, 인근 지하수 관정 12개소에서 지하수 수위, pH, EC, DO 등을 측정하고 시료 채취 및 실내 분석을 통하여 염소이온농도를 포함하는 주요

음이온 함량을 파악하였으며, 그 결과는 표 1과 같다.

2차 조사(2009년 9월 9일~11일)에서는 1차 조사 결과로부터 수행한 모델링 결과의 검증 및 보완을 위하여 하천 구간을 따라 총 6개 지점(25km, 20km, 15km, 10km, 5km, 0km 지점)에서 만조 및 간조 시 수질 분석을 각각 실시하였으며, 그 결과는 표 2와 같다.

대부분의 지점에서 2차 조사 시의 EC 및 염소이온농도의 함량이 높게 나타나는데, 이는 1차 조사 시 상류지역에서 강우가 발생하여 하천 유량이 증가된 것에 기인하고 있다. 또한 전체적으로 지표수의 EC가 지하수에 비하여 높게 나타나고 있으나, 일부 충적층인 SJ-8 지점에서는 매우 높은 염소이온농도와 브롬이온이 포함되어 해수 기원의 염수가

표 1. 7월의 하천수 및 지하수의 지구화학 특성 분석 결과(SJ: 지하수, SJS: 지표수)

Sample No.	Temp (°C)	pH	EC (µS/cm)	DO (mg/L)	이온 농도(mg/L)					
					HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
SJ-1	20.2	6.61	351	3.10	64.07	0.09	14.35	0.26	150.92	7.10
SJ-2	19.9	6.56	171	5.22	42.71	0.09	9.70	0.20	37.58	9.07
SJ-3	23.2	6.18	147	9.47	33.56	0.05	6.21	0.16	39.61	4.46
SJ-4	19.7	6.76	400	2.57	125.09	0.27	89.68	0.55	0.06	1.09
SJ-5	20.3	7.29	1,331	5.70	172.38	0.40	331.81	0.70	0.39	124.60
SJ-6	20.8	6.23	264	6.24	68.65	0.07	26.05	0.52	28.06	17.06
SJ-7	20.2	7.10	2,380	5.74	143.40	0.51	677.29	0.72	0.00	51.29
SJ-8	19.9	6.32	14,300	3.84	83.90	0.33	6,327.50	35.54	71.79	838.53
SJ-9	16.6	6.07	888	6.40	50.34	0.09	164.62	0.70	61.78	86.66
SJ-10	22.4	7.22	712	2.20	125.09	1.04	152.06	0.63	0.53	9.08
SJ-11	19.3	6.01	1,551	3.88	180.01	0.42	311.64	0.80	25.76	142.33
SJ-12	19.5	6.11	1,836	4.54	96.11	0.21	482.84	0.67	40.04	237.82
SJS-1	27.7	6.89	114	7.71	35.09	0.12	9.70	0.16	5.71	7.30
SJS-2	23.8	6.92	267	7.46	36.09	0.14	61.56	0.13	5.51	13.26
SJS-3	25.6	6.86	765	7.08	36.61	0.14	175.46	1.01	5.83	36.25
SJS-4	25.1	6.90	4,300	7.19	38.61	0.39	1,376.50	2.25	5.04	175.01
SJS-5	24.6	7.04	7,740	7.19	48.82	2.75	3,362.08	14.95	8.97	388.01
SJS-6	24.2	7.29	8,540	6.77	54.92	2.64	3,409.45	19.46	11.05	449.29

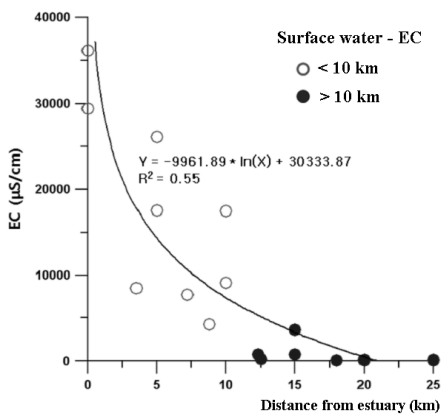
표 2. 9월의 하천수의 지구화학 특성 분석 결과(SJS: 지표수)

Sample No.	Temp (°C)	pH	EC (µS/cm)	DO (mg/L)	이온 농도(mg/L)						
					HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
High tide	SJS 2-1	28.1	6.9	130	5.18	54.9	0.45	8.47	0.09	2.66	7.48
	SJS 2-2	28.0	6.81	128	5.19	51.9	0.45	12.80	0.09	3.02	7.95
	SJS 2-3	26.9	6.69	3,630	5.54	51.9	0.39	879.00	11.28	0.00	202.00
	SJS 2-4	27.0	6.87	17,450	4.69	76.3	0.39	5,328.00	92.33	0.00	1,528.00
	SJS 2-5	28.4	7.08	26,100	5.25	101.0	0.39	8,013.00	101.49	0.00	1,873.00
	SJS 2-6	28.6	7.86	36,200	4.26	131.0	0.39	12,329.00	116.88	0.00	2,396.00
Low tide	SJS 2-1	25.1	6.93	138	5.56	51.9	0.45	8.90	0.20	2.71	7.56
	SJS 2-2	23.8	6.85	137	4.33	51.9	0.45	8.70	0.20	2.80	7.46
	SJS 2-3	24.3	6.84	784	4.80	45.8	0.40	164.00	1.43	11.2	33.70
	SJS 2-4	24.3	6.35	9,120	5.16	58.0	0.39	2,600.00	15.72	0.00	401.00
	SJS 2-5	22.8	6.31	17,520	5.08	67.1	0.39	5,624.00	94.14	0.00	1,585.00
	SJS 2-6	22.6	6.27	29,400	5.01	119.0	0.39	8,965.00	103.97	0.00	1,999.00

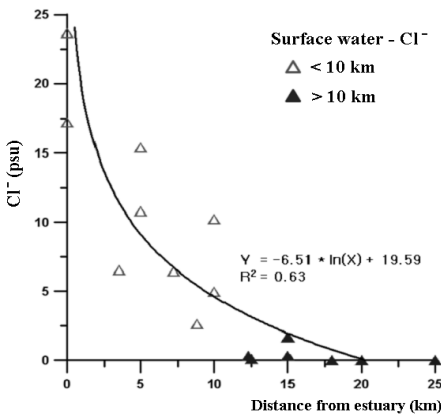
지하수 양수에 의하여 유도되고 장기간 축적된 것으로 보이나, EC 및 일부 음이온의 농도도 높게 나타나 주변에서의 국부적인 인위적 요인 가능성도 무시할 수 없을 것으로 보인다.

섬진강을 따라 분석된 지표수의 EC와 염소이온농도는 그림 2와 같이 상류로 가면서 지수함수적으로 낮아지는 경향을 보이며, 하류로부터 10km 지점을 경과하면서 급격히 감소하고 있다. 조수 간만에 따른 하천수의 수질 차이는 상류 지역에서는 간조와 만조에 따라 큰 차이를 보이지 않으나 하류지역에서는 1.2~1.5배 정도의 농도 차이가 나타난다. 하구로부터 거리와 EC의 상관관계에서 R<sup>2</sup>는 0.55, 하구로부터 거리와 염소이온농도의 관계는 R<sup>2</sup>가 0.63으로 나타났다.

섬진강 주변의 지하수에서의 EC 및 염소이온농도의 분포는 그림 3에서 보는 바와 같이 상류로 가면서 SJ-8 지점을 제외하고는 하구로부터의 거리와 선형관계의 농도 분포를 보이는데, 하구로부터 거리와 EC의 관계는 R<sup>2</sup>가 0.43, 하구로부터 거리와 염소이온농도의 관계는 R<sup>2</sup>가 0.39로 나타났다으며, SJ-8 지점의 이상값이 설명력을 떨어뜨리고 있다.



(a) EC



(b) Chloride

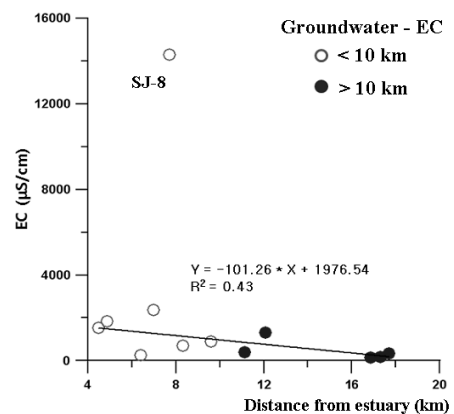
그림 2. 하구로부터 거리에 따른 지표수내 EC와 염소이온농도 분포

## 4. 지하댐 효과 분석

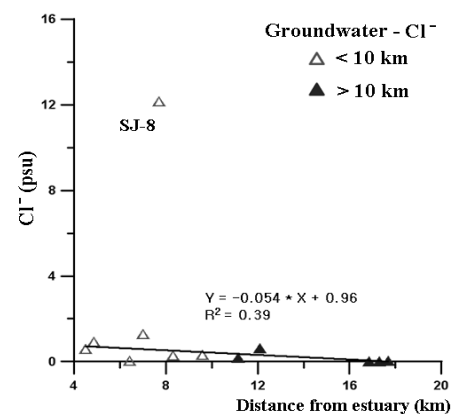
### 4.1 모델링 조건

현장 지하수 수질 조사 결과를 활용하여 섬진강 하구 4km 지점에 지하댐 설치 시 하천내에서의 염수 변화를 모사하였으며, 염수와 담수의 밀도차 모델링을 위하여 FEM 모델인 FEFLOW를 이용하여 2차원 모델을 수행하였다. 모델 영역은 하구로부터 25km 지점까지로 설정하였으며, 총 7,300일(20년)을 모사하였다. 모델의 구성을 위하여 레이어는 총 3개로서 하천, 충적층, 암반으로 구성하였으며, 모델링 예측 인자는 염수침입을 대변할 수 있는 염소이온농도를 대상으로 하였다. 모델 입력자료는 표 3과 같으며, 하천의 유속은 한국수문조사연구(국토해양부, 2008)의 화개지점 자료, 지층의 투수계수는 국가지하수정보센터의 DB 자료를 활용하였다.

섬진강 하구 4km 지점에 설치하는 지하댐은 그림 4와 같이 암반 상부로부터 25m의 높이로 가정하고 선박의 운행을 고려하여 3.7m의 수심을 유지하도록 하였으며, 투수계수



(a) EC

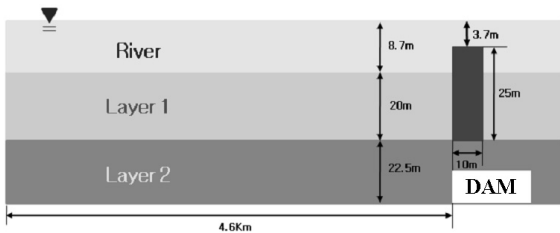


(b) Chloride

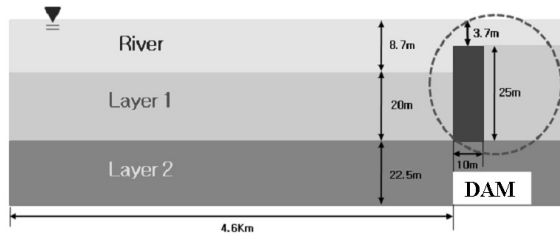
그림 3. 하구로부터 거리에 따른 지하수내 EC와 염소이온농도 분포

표 3. 지하댐 모델링 입력 자료

입력 인자	지층 구분		지하댐 조건
	Hydraulic Conductivity ( $10^{-4}$ m/s)	River	
Layer 1		12.96	
Layer 2		0.053	
Density ratio ( $10^{-4}$ )	250		-
Porosity	River	1.00	0.043
	Layer 1	0.43	
	Layer 2	0.19	
Molecular diffusivity ( $10^{-9}$ m <sup>2</sup> /s)	River	1.68	0
	Layer 1	1.68	
	Layer 2	1.68	



(a) Case 1



(b) Case 2

그림 4. 모델에 적용된 지하댐 상류 퇴적의 유형

$10^{-13}$  m/s의 불투수성 재료로 축조토록 설정하였다. 아울러, 지하댐의 효과를 모사하기 위하여 지하댐 설치 이후 상류층의 퇴적 상황을 다음 2가지 조건으로 설정하였다.

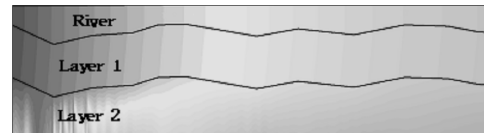
- Case 1 : 지하댐 설치 후 상류층에 퇴적물이 퇴적되지 않은 경우
- Case 2 : 지하댐 설치 후 상류층에 퇴적물이 지하댐 높이까지 퇴적되는 경우

## 4.2 분석 결과

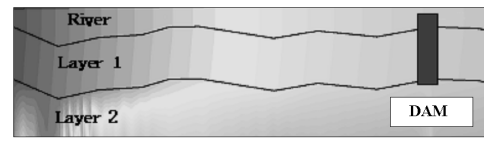
지하댐 건설 이후 하구에서부터 거리에 따른 염소이온농도의 분포를 FEFLOW 프로그램으로 모델링 한 결과, 표 4에서 보는 바와 같이 지하댐 상류지역에서는 퇴적층이 형성된 경우(Case 2)와 그렇지 않은 경우(Case 1)에 현저한 차이가 있으며, 하류지역에서는 미세한 차이가 있는 것으로 나타났다.

표 4. 지하댐 건설 이후의 염소이온농도 변화(단위: psu)

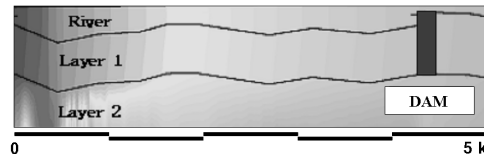
하구에서 거리	지하댐 건설 이전	지하댐 건설 이후			
		Case 1		Case 2	
		Chloride	Ratio	Chloride	Ratio
0 km	22.87	22.86	99.96%	21.20	92.70%
5 km	8.89	8.79	98.88%	7.19	80.88%
10 km	2.70	2.64	97.87%	2.26	83.70%
15 km	0.92	0.88	95.65%	0.75	81.52%
20 km	0.32	0.31	96.88%	0.27	84.38%
25 km	0.25	0.24	96.00%	0.22	88.00%



(a) Present condition



(b) Underground dam : case 1



(c) Underground dam : case 2

그림 5. 섬진강 하구부(0~5km)에서의 염소이온농도 변화 예측

지하댐 직상류 지점(5km)에서는 2가지 Case에 대한 상대적인 농도 차이가 가장 크고 지하댐의 효과가 잘 나타난다. 즉, 5km 지점은 현재 8.89psu인 농도가 Case 1에서는 8.79psu, Case 2에서는 7.19psu로서 Case 2에서 감소 비율이 19.1%로 훨씬 크다. 반면에 상류지역은 하류에 비하여 염수 침입이 크지 않아 염소이온농도가 높지는 않으나, 지형적인 요인에 의한 빠른 하천 유속으로 유사한 감소 효과가 나타난다. 즉, 25km 지점은 현재 0.25psu이며 Case 1인 경우 0.24psu, Case 2인 경우 0.22psu 등으로 예측되어 Case 1은 약 4%, Case 2에서 약 12.0%의 감소 효과가 나타났다.

지하댐을 기준으로 지하댐 하류 구간(0~5km)과 상류층 10~15.5km 구간에 대하여 염소이온농도의 구간별 분포를 파악하고자 그림 5의 단면을 작성하였다. 지하댐 하류인 0~5km 구간에서의 염소이온농도를 분석한 결과, Case 1의 경우에는 지하댐 하류지역의 염소이온농도가 지하댐 설치 이전과 큰 변화가 없는 것으로 나타났으나, Case 2의 경우에는 염소이온농도가 약하게 줄어든 것을 알 수 있다. 이는 지하댐 건설 이후 상류층에서 퇴적작용이 완료된 이후에는

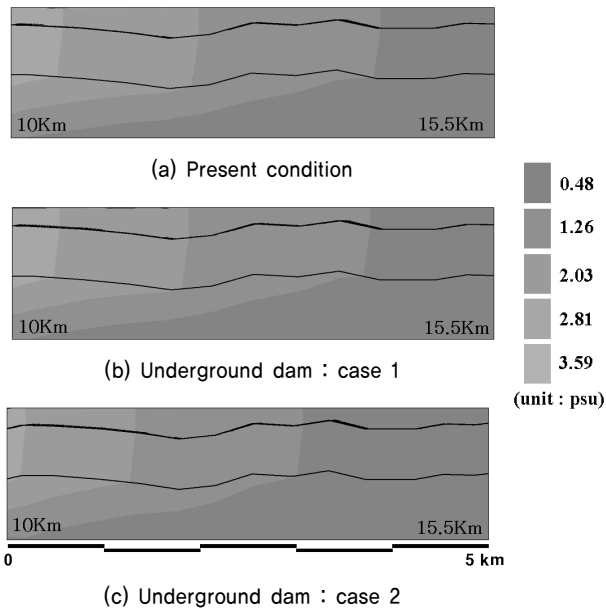


그림 6. 섬진강 중류부(10~15.5km)에서의 염소이온농도 변화 예측

하류부에서도 염수의 상류 침입이 미약하나마 약화됨을 의미한다.

하구로부터 10~15.5km 구간은 먹는물 수질 기준의 염소이온농도가 나타나는 곳으로서, 지하댐 건설 전후의 염소이온농도 변화를 그림 6에 도시하였다. 지하댐을 설치하기 전의 상태에서 모사한 결과, 하류로부터 15~15.5km 지점에서의 지표수의 염소이온농도는 250~650mg/l(0.48~1.25psu) 범위로서 현장조사 지점(SJS-2-3 : 약 15km 지점)의 농도인 879mg/L(만조)와 164mg/L(간조)의 범위내에 존재한다. 지하댐 설치 이후, Case 1의 경우에는 지하댐을 설치한 효과가 명확하지 않으나 Case 2의 경우에는 지하댐의 설치 효과가 잘 나타나고 있으며, 지하댐 설치 시 15km 지점에서의 염소이온농도 분포가 하류측으로 약 1km 정도 이동함을 보여준다.

## 5. 토 론

지하댐 상류에 모래가 퇴적되는 것은 섬진강의 하상이 과거 일정 수준으로 복원되는 것을 의미한다. 섬진강 하천 정비기본계획(건설부, 1978), 섬진강 수계 종합정비계획(건설부, 1989) 및 섬진강 수계 하천정비기본계획(보완)(건설교통부, 2003)을 토대로 하상의 변화를 그림 7에 도시하였다. 1979년부터 1989년까지 하상의 많은 부분이 골재채취 및 광양제철소 건설 등으로 세굴되었으며, 하구로부터 6.51km 지점에서는 최대 12.58m, 0.5km 지점에서는 최대 8.88m 낮아진 것으로 파악되었다. 이후 2003년까지는 섬진강 중상류로부터의 침식과 퇴적물 이동에 의하여 16km 상류는 세굴

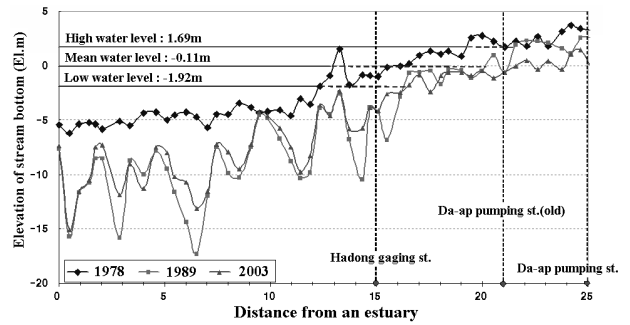


그림 7. 섬진강 하류 최심하상고의 변화

표 5. 섬진강 하류부의 하상변동으로 인한 감조구간의 변화(단위: km)

구 분	1978년 단면	1989년 단면	2003년 단면
최고고조위	18.2	21.5	24.5
평균 해면	13.0	20.0	21.5
최저고조위	12.3	16.2	16.5

양상이 지속되었고 그 하류는 부분적으로 퇴적 작용이 발생하였다. 최종적으로 1970년대에 비하여 하류에서는 약 5.0m, 상류에서는 2~3m 정도의 세굴이 나타났다.

하상 변동은 조수간만에 의한 감조구간의 변화를 초래하였는데, 여수 조위관측소 및 하상변동 자료를 활용하여 최고 고조위 시의 감조구간을 분석해 보면, 표 5에서 보는 바와 같이 1978년 대비 1989년에는 3.3km 상류쪽으로 확장되었음을 알 수 있다. 아울러, 1989년 이후에는 16km 이상 상류에서는 세굴이 발생하여 감조구간이 상류쪽으로 3km 추가로 확장되었다. 16km를 기준으로 하류부에서는 세굴된 퇴적물이 이동하여 쌓임으로써 부분적인 퇴적작용으로 상대적으로 평행한 하상 유지가 지속되었다. 즉, 최고 고조위 시에는 섬진강 상류 24.5km 지점에서 해수면과 동일 표고가 나타나는 결과를 초래하였다. 이와 같은 하천 바닥 세굴로 인한 해수면의 내륙 침투는 염분의 유입을 촉진시키는 결과를 가져오고 있으나, 그림 7에서 보듯이 10km 지점을 기준으로 상하류의 하상 기울기 차이 및 이로 인한 하천 유속의 차이로 상류에서의 염수 농도는 현저히 감소하여 그림 2와 같은 이수함수의 형태를 갖는 것으로 보인다.

본 모델에서는 현재의 충적층 상부에서 5m 높이로 지하댐이 축조되는 것으로 가정하였으며, Case 2는 지하댐 건설 이후 댐 상류측에 퇴적물이 약 5m 쌓이는 것을 가정한 것이다. 이 경우는 하상고 약 -5.0El.m인 1978년 수준으로 퇴적층이 완전히 회복되는 것은 아니나 2003년과 1978년의 중간 정도인 하상고 약 -8.7El.m 수준으로 퇴적이 발생하는 것이 가정된 것이다. 따라서, 본 예측 모형에서 제시된 염소이온농도의 하류쪽으로의 이동은 지하댐 설치 이후 상류측에 퇴적이 발생할 경우 이 퇴적층이 염분 침입을 완화하는 역

할을 하고 있음을 지시하며, 퇴적이 없는 경우에 비하여 차단 효과가 높음을 알 수 있다.

모델링 결과를 토대로, 다압취수장이 위치한 25km 지점의 현재 0.25psu 농도가 지하댐 건설 이후에 몇 km 정도 하류로 이동하는지 분석한 결과, Case 1에서는 약 500m, Case 2에서는 약 3km 정도로 나타났다. 다압취수장에서는 하천수를 상수원으로 사용하고 있기 때문에 먹는물 기준 이하로 유지되는 것이 필요하며 지하댐에 의하여 하류방향으로 농도 분포가 이동한다면 안정적 취수에 도움이 되므로 지하댐의 효과는 커지게 된다.

본 연구는 하천을 따른 2차원 모델로서 지하댐의 염수 차단 효과를 간접적으로 평가한 것으로서, 주변 지하수와 하천수의 상호 작용에 의한 영향은 고려되지 않았다. 추가적으로 섬진강 주변 충적층 및 암반층의 다양한 수리적 특성을 활용하여 지표수와 지하수가 연계한 3차원 모델링을 수행한다면 보다 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

## 6. 결 언

본 연구는 섬진강 하류지역을 대상으로 지하댐 건설 시의 염수 침입 효과를 평가하고자 하였으며 다음과 같은 결과를 도출하였다.

- (1) 섬진강 하류 지표수의 염소이온농도는 최대 약 24psu 정도를 보이며, 상류로 가면서 지수함수적으로 감소하는데, 하상 기울기가 변하는 10km 지점을 중심으로 농도의 감소가 두드러진다. 또한, 주변 충적층내의 지하수의 염소이온농도는 지표수보다 훨씬 낮고 직선 형태로 감소하는 특징을 갖는다.
- (2) 하구로부터 4.6km 지점에 지하댐 건설 전후의 염수 침입에 대한 모델링을 수행한 결과, 지하댐의 건설 후 장기간에 걸쳐 상류지역에 퇴적물이 형성된다면 현 25km 지점에서의 염소이온농도가 하류로 약 3km 이동하여 나타날

것으로 예상되어 지하댐의 효과가 있는 것으로 나타났다. 반면에, 지하댐 상류에 퇴적물이 쌓이지 않을 경우에는 지하댐 설치 효과가 미미한 것으로 해석되었다.

- (3) 본 연구에서는 FEM을 활용한 하천 및 하상퇴적층 중심의 2차원 모델을 수행하였으나, 지표수와 주변 충적층내 지하수의 상호 작용이 충분히 고려되지 않은 한계를 갖고 있어 향후 지형 지질 및 수리지질학적 데이터를 활용한 3차원 모델 분석을 통하여 보다 정확한 결과 도출이 필요할 것으로 본다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부(2003), *섬진강 수계 하천정비기본계획(보완)*, pp. 111~155.
  2. 건설부(1978), *섬진강 하천정비기본계획*, pp. 13~52.
  3. 건설부(1989), *섬진강 수계 종합정비계획*, pp. 3-83~3-114.
  4. 국토해양부(2008), *한국수문조사연보: 수위편 2007*, pp. 670~671.
  5. 농림수산식품부, 한국농어촌공사(2008), *해수침투조사 사업 보고서*, pp. 1~549.
  6. 김천수, 김경수, 배대석, 송승호(1997), 임해지역 주변에서의 해수침투 특성, *대한지하수환경학회지*, Vol. 4, No. 2, pp. 61~72.
  7. 박화석, 김종휘, 염병우, 김준모(2008), 해수 침투에 대한 층상 불균질성 및 지하수 양수 방식의 영향 삼차원 수치 모의, *지하수토양환경*, Vol. 13, No. 4, pp. 8~21.
  8. 심병완, 정상용, 김희준, 성익환, 김병우(2002), 지구물리 탐사 자료의 지구통계학적 분석에 의한 부산 동남해안 지역의 해수 침투 특성, *지하수토양환경*, Vol. 7, No. 3, pp. 3~17.
  9. 이봉주, 문상호(2008a), 시계열 및 요인분석을 이용한 해수침투 특성 평가: 서천-군산 지역, *대한지질학회지*, Vol. 44, No. 2, pp. 219~232.
  10. 이봉주, 황세호(2008b), 지하수위 변동 특성에 근거한 해수침투 특성 평가: 영광 백수지역, *대한지질학회지*, Vol. 44, No. 2, pp. 233~240.
  11. 조현조, 김준모(2009), 한국 부산광역시 수영구 지역 해안 대수층 내의 지하수 유동 및 염분 이동에 대한 도시화의 영향 삼차원 수치 모의, *지하수토양환경*, Vol. 14, No. 6, pp. 1~18.
- (접수일: 2011. 5. 2 심사일: 2011. 5. 13 심사완료일: 2011. 7. 13)