

주암조절지댐 방류수에 따른 하천 및 순천만 일대 수온변화 조사분석 A Investigation and Analysis of Water Temperature by Juam Regulation Dam Outflow in Downstream and Suncheon Bay

이 현 노* / 정 관 수** / 천 근 호*** / 허 영 텍****

Lee, Hyeon No / Jung, Kwan Sue / Cheon, Geun Ho / Hur, Young Teck

Abstract

Lately multipurpose dam is required to consider various interests such as quality, ecological environment as well as flood control, water supply, hydropower generation, etc. The objective of this study is to investigation and analysis of water temperature in the areas where there are social conflicts due to cold water outflow. In this study, we monitored water temperature of Juam regulation dam, downstream river, Suncheon bay in a long term period and performed comparative analysis on a change of water temperature in downstream river and Suncheon bay by using three-dimensional numerical mode (EFDC) considering various external factors such as water outflow amount. The result of monitoring and numerical modelling indicates that effects of cold water outflow takes place from april to september. Also effects of the low temperature discharge of dam was complicatedly altered by various factors such as outflow time and amount, weather and tide level conditions etc. The result of this study can be utilized as a basic data for establishing improvement of dam operation plan to minimize negative effects of dam's cold temperature water outflow to downstream river and coastal area.

Keywords : multipurpose dam, Suncheon bay, water temperature monitoring, numerical analysis

요 지

최근의 다목적댐 운영은 기존의 홍수조절, 용수공급, 수력발전과 같은 수량뿐만 아니라 수질, 생태환경 등 다양한 이해관계자를 고려하도록 요구받고 있다. 본 연구의 목적은 주암조절지댐의 저온 심층수 방류로 인해 사회적 갈등이 있는 지역을 대상으로 수온을 조사하고, 수온변화 특성을 분석하는 것이다. 본 연구에서는 주암조절지댐, 하류하천, 순천만 지역에 대해 장기간에 걸쳐 수온을 모니터링 하였으며, 3차원 수치모형(EFDC)을 활용하여 방류량과 같은 다양한 외부 인자들을 고려하여 하류하천 및 순천만에서의 수온변화를 비교 분석하였다. 모니터링 및 수치모의 결과 댐의 저온 방류수 영향은 대체적으로 4월~9월 기간에 나타나는 것을 알 수 있었으며, 또한 댐 저온수 방류 영향이 방류시기, 방류수온, 방류량, 기상, 조위 등 다양한 인자에 의해 복잡한 형태로 변화한 것을 알 수 있었다. 본 연구의 결과는 댐의 저온수 방류로 인한 하류하천 및 연안지역 악영향을 최소화하기 위한 댐 운영 개선방안 수립시 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 다목적댐, 순천만, 수온 관측, 수치모의

* K-water 주암댐관리단 단장 (e-mail: bongdong@kwater.or.kr)

Director, Juam-Multipurpose Dam Office, K-water, Jeonnam 540-861, Korea

** 충남대학교 토목공학과 교수 (e-mail: ksjung@cnu.ac.kr)

Prof, Dep. of Civil Eng., Chungnam National Univ., Daejeon 305-764, Korea

*** K-water 주암댐관리단 차장 (e-mail: root1000@kwater.or.kr)

Manager, Juam-Multipurpose Dam Office, K-water, Jeonnam 540-861, Korea

**** 교신저자, K-water연구원 책임연구원 (e-mail: korcivil@hanmail.net, Tel: 82-42-870-7414)

Corresponding Author, Principal Researcher, K-water Institute, K-Water, Daejeon 306-711, Korea

1. 서론

다목적댐은 홍수, 가뭄 등 물 재해를 효과적으로 방어할 수 있도록 하천에 건설한 시설물로 여름철의 큰비를 댐에 가두어 홍수를 조절하고, 홍수기에 댐에 저류한 물을 그 외의 기간에 안정적으로 공급함으로써 홍수와 가뭄 등 수재해를 최소화하는데 주된 목적이 있다. 따라서 그간 댐의 운영은 본래의 건설 목적에 맞게 홍수조절, 용수공급, 수력발전과 같은 수량 중심으로 이루어져 왔다. 그러나 최근의 댐 운영은 수량만이 아니라 수질, 생태환경 및 다양한 이해관계자들의 요구사항 등을 고려하도록 요구받고 있다. 특히, 본 연구 대상지역인 주암조절지댐은 저온수 방류가 하류하천 및 순천만 갯벌에 악영향을 미쳐 농업 및 어업 생산량을 감소시킨다는 사회적 갈등이 있는 지역으로, 이러한 물 갈등을 해소 또는 저감을 위해서는 현재의 댐 운영을 수량만이 아니라 수질, 생태환경 및 다양한 이해관계자들의 요구사항까지 고려할 필요가 있고, 이와 함께 공간적으로도 기존의 댐 시설물 중심에서 하류하천, 연안까지 확장하는 새로운 댐 운영 방안에 대한 연구가 필요한 실정이다.

국내에서 댐 방류 및 하류 수환경 영향과 관련된 연구는 그간 방류에 따른 영향평가 위주의 여러 연구가 진행되었으며, 대부분의 연구가 하천유지유량 등 댐 운영을 중심으로 하류하천 환경변화 및 수질분석을 위해 제한적으로 수행되고 있다. Chung (2004)은 대형댐 하류구간에 대한 방류 영향을 실측자료와 수치모형 실험을 이용하여 분석하였으며, 댐 방류에 따른 하류하천의 수리, 수질 영향 분석을 시행하였다. Cho et al. (2008)은 하천 환경개선을 위해 4대강 수계 총 9개 다목적댐에서 시행한 증가방류(flush discharge) 및 사후 효과를 평가하였으며, 또한 방류로 인한 수질측면의 개선효과를 제시하였다.

연구 대상지역인 이사천 및 순천만지역에 대한 연구로는 순천만의 수질환경, 퇴적물, 습지변화 등에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다. Kim (2009)은 순천만과 유입하천을 대상으로 주요 수질인자를 조사하였으며, 이를 통해 순천만의 오염 원인을 파악하고 가장 크게 영향을 미치는 오염원에 대한 오염도를 평가하였고, Kim et al. (2011)은 순천만습지의 관리 및 보존을 위하여 해양환경자료를 수집분석을 실시하였고, 항공사진을 활용하여 순천만 습지의 시공간적 변화특성을 예측하였으나, 순천만에 유입되는 수위 즉 댐 방류량에 따른 정량적 수온변화에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 궁극적으로 댐 저온수 방류로 인한 하류

하천 및 연안지역 악영향을 최소화하기 위한 댐 운영개선 방안 수립, 즉 비구조적 대책 수립을 위해 장기간에 걸쳐 저수지, 하류 하천 및 연안지역에 대한 수온을 모니터링 및 비교 분석하여 수온변화 특성을 파악하고, 3차원 수치모형(EFDC)을 활용하여 댐 방류에 따른 하류 및 연안 수온변화를 분석하기 위하여 방류수온, 방류량을 다양하게 변화시켜 하류하천과 연안에서의 수온변화를 비교 분석하였다.

2. 본론

2.1 대상지역 특성

본 연구 대상지는 주암조절지댐 유역과 하류 하천 및 순천만 일대의 연안을 포함하고 있다. 주암조절지댐은 전남 동부지역에 용수를 공급하기 위해서 1991년에 주암다목적댐 사업의 일환으로 건설되었다. 주암다목적댐은 보성강에 위치한 주암 본댐과 이사천에 위치한 조절지댐, 조절지댐 하류에 위치한 역조정지댐, 그리고 본댐의 풍부한 물을 조절지댐으로 유수전환하기 위한 도수터널로 구성되어 있다. 특히, 다목적댐의 기능중 하나인 청정전력 생산을 위한 주발전소가 조절지댐에 위치하고 있으며, 발전방류를 위한 취수구가 상시만수위 EL. 108.5m보다 56.5m 낮은 EL. 52.0m에 위치하고 있어 댐에서는 심층 저온수 방류가 이루어지고 있다(K-water, 2013b). 하류하천인 이사천은 지방하천으로 유역면적이 193.5km², 유로연장 37.14km로 전라남도 순천에 위치한 유치산에서 발원하여 조절지댐 직하류 지점에 이르게 되며 댐 하류 지점에서 동천과 합류 후 순천만에 이른다. 이사천에는 댐의 저온 방류수로

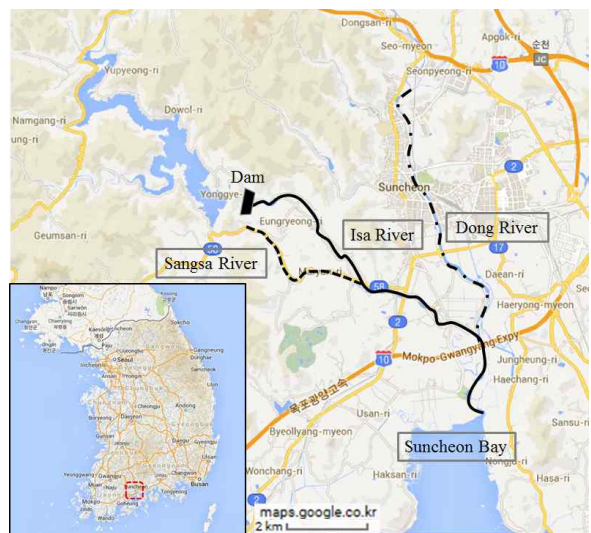


Fig. 1. Study Area

인한 농작물 피해 방지를 위해 총 3개의 온수지가 설치되어 있으나, 용량의 한계로 인해 일부 농경지는 냉해피해가 일부 나타나고 있다(K-water, 2013a).

순천만은 갈대밭과 광활한 갯벌로 이루어져 있으며, 1991년 주암조절지댐 건설이후 하천의 흐름이 조절되어 순천만 퇴적환경이 전면적으로 변화하였다. 이는 댐 건설 이후 유량이 조절되고 범람 현상이 중단되자 미립질 퇴적물이 퇴적되고, 수로 양안의 고도가 높아지면서 식생이 정착하고 있다(Park, 2000). 2012년부터 순천만의 맛조개가 주암조절지댐의 저수온 심층수 방류로 인해 폐사한다는 주민 민원이 발생하는 등 댐 건설 및 운영에 따른 사회적 갈등이 내재되어 있다.

2.2 저수지 및 하천 수온측정 및 분석

2.2.1 댐 저수지 수온 분석

한국수자원공사에서 2011년 1월부터 2014년까지 시행한 댐 축 지점의 수심별 수질 측정망 자료를 활용하여 주암조절지댐의 저수지 수심별 수온특성을 분석하였다. 저수지의 층별 수온은 표층수가 4.8~30℃ 범위로서 평균 16.6℃이며, 일반적으로 월별로는 8월이 가장 높고(27.9~30.2℃) 3월이 제일 낮은 값(4.8~8.8℃)을 나타냈다. 취수

층 수온은 4.7~19.70℃이며 평균 10.8℃로써 표층보다 평균 5.8℃ 낮았으며, 월별로는 대체적으로 10월이 제일 높고(18.9~19.7℃), 3월이 가장 낮았다(4.7~6.3℃). 시기별 온도변화 추이를 보면, 11월부터 3월까지는 표층부와 취수층의 수온이 거의 일정한 상태를 유지하다가, 4월에 표층 수온은 급격히 상승하여 10월까지 표층과 심층의 수온차가 발생하였다. 즉 심층 저온수가 방류되는 시기는 4~10월까지의 기간인 것으로 분석되었다.

2.2.2 하루 하천 및 연안 수온관측 및 분석

댐 방류량 및 시기별 하루하천 및 연안지역 수온변화 분석을 위해 댐 방류수, 이사천 및 유입지천, 그리고 순천만 지역 7개소에 대해 다항목 수질분석기 YSI를 사용하여 2012년 4월부터 2014년 7월까지 주당 1회 간격으로 총 103회의 수온조사를 시행하였다.

조사기간 동안, 역조정지댐 방류수 평균 수온은 11.3℃로써, 유입하천인 상사천 17.0℃, 동천 17.9℃에 비해 5.7, 6.6℃ 가량 낮았다. 유입 하천 중에서 동천이 상사천에 비해 0.9℃ 높은 이유는 동천에 설치된 보의 영향인 것으로 판단된다.

또한, 댐 방류수는 이사천을 유하하는 동안 외기온도 및 지천유입으로 인해 연평균 수온이 Table 2와 같이 상

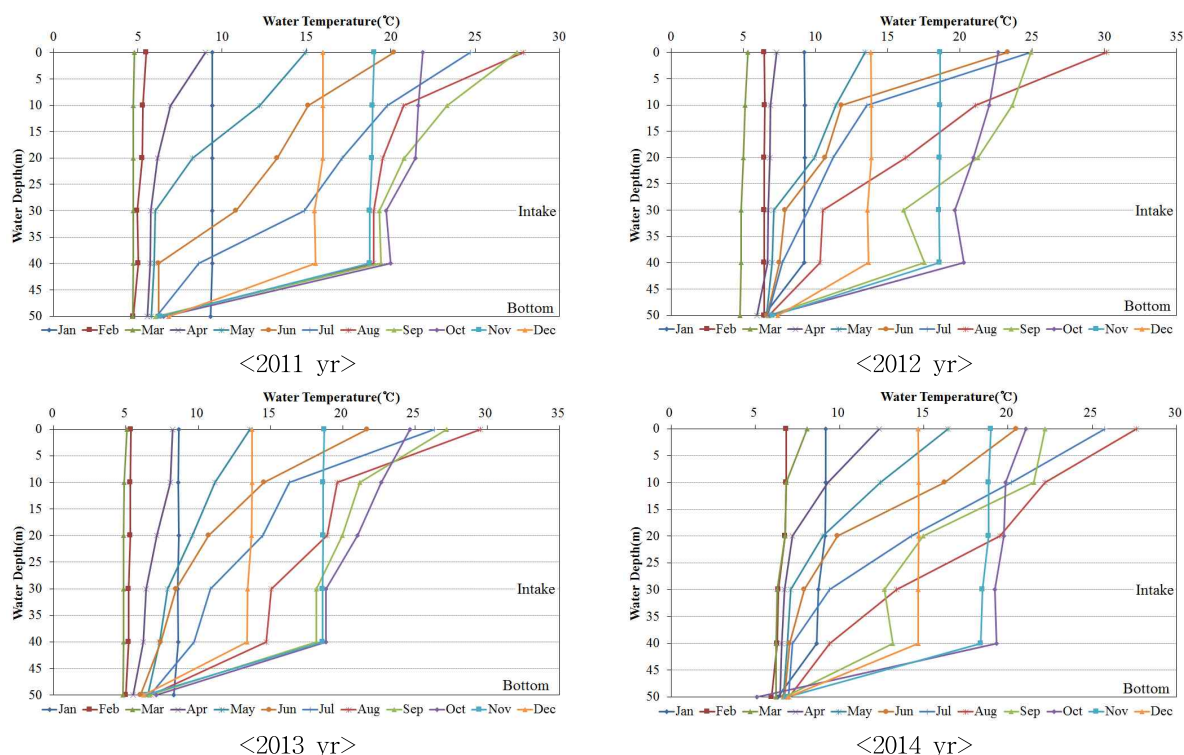


Fig. 2. Reservoir Water Temperature by Depth

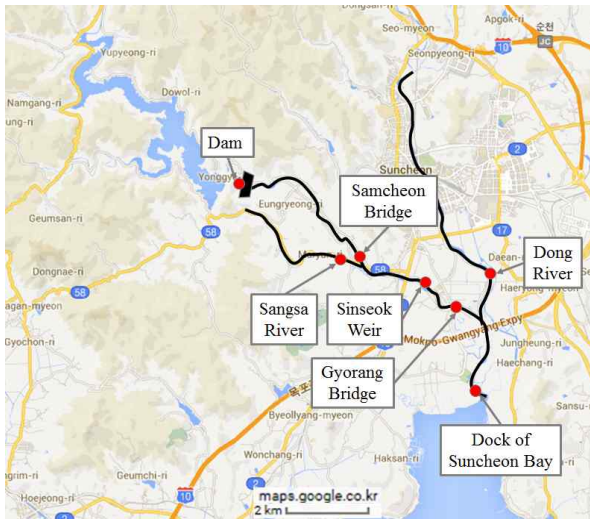


Fig. 3. Locations of Water Temperature Observation

승하는 것으로 분석되었다.

시기별 수온변화를 살펴보면 가을, 겨울철인 10월부터 2월까지의 댐 방류수 수온이 유입하천인 상사천 수온보다 높았다. 이는 낮은 외기 온도의 영향으로 상대적으로 하천수 수온이 저하한 원인으로 댐의 저온수 영향이 나타나는 시기는 3월부터 9월까지로 분석되었다.

2.3 댐 방류 시나리오별 하류 영향분석

2.3.1 모형의 선정

댐 방류량, 방류수온 및 조위 영향에 따른 하류하천 및 연안지역 수온 변화 분석을 위해 Ji et al. (2014)이 본 연구 대상지역으로 기 구축하여 재현성 검토를 완료한 3차원 동수역학 모형인 EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code) 모형을 활용하였다. EFDC 모형은 Virginia Institute of Marine Science (Hamrick, 1992)에서 개발된 모형으로

3차원 다변수 유한차분 모형이다. EFDC 모형은 3차원 동수역학 모형 중에서 하천내 구조물에 대한 모의, wet/dry 모의, 물질추적 등 수리뿐만 아니라 수질, 유사, 염수 등의 밀도류 모의가 통합적으로 연계되어 모의가 가능한 모형으로, 본 연구의 방류 시나리오별 하류 수온 분석을 위해 적합한 것으로 판단되었다.

2.3.2 댐 운영 시나리오 선정

본 연구에서는 댐 운영 개선 방안 수립에 적합한 시나리오 선정을 위해 2.2절의 저수지 및 하류 수온조사 결과를 바탕으로 발전시설 규모 및 과거 댐 운영실적 분석을 통해 Table 3과 같이 수치모의의 대표 시나리오를 선정하였다.

CASE1은 조절지댐 최대 발전방류시의 역조정지댐 방류량이며, CASE2는 조절지댐 발전기 1대 full 방류시의 역조정지댐 방류량이다. 특히, 모형의 Calibration 등 신뢰성 확보를 위해 하류지역 연속 관측 자료를 보유하고 있는 시기인 2013년 조건을 Baseline으로 선정하여 CASE 3과 같이 분석하였으며, 방류량 감소에 따른 영향 분석하기 위해 CASE4 시나리오를 선택하였다. 또한 분석시기는 댐의 저온수 방류영향이 나타나는 4월부터 6월까지 선정하였다.

수치모의에 활용한 지형 및 매개변수 등 모형구축 자료는 Ji et al. (2014)에서 수행한 결과를 활용하였으며, 이 연구에서는 4월~6월 동안 실적 방류량 및 수온 관측자료를 바탕으로 모형의 재현성을 검증하였고, 50% 유량 감소에 따른 영향 분석을 수행하였다. 본 연구에서는 보다 다양한 방류량 조건에 따른 하류 영향을 검토하기 위하여 방류량 증가 시나리오를 추가로 분석하였다.

2.3.3 방류량별 하류 및 연안 수온변화 분석

방류량별 하류하천 및 연안의 수온변화에 대해 검토하기 위하여 모의 경계조건으로 2013년도 4월~6월 사이 관

Table 1. Mean Water Temperature in the Dam Outflow and Tributary

Classification	Dam Outflow	Sangsa River	Dong River
Mean Water Temperature (°C)	11.3	17.0	17.9

Table 2. Water Temperature Variation of Dam Outflow in the Main Stream & Bay

Classification	Dam Outflow	Samcheon Bridge	Sinseok Weir	Gyorang Bridge	Dock of Suncheon Bay
Distance from the Dam (km)	-	4.7	7.4	9.5	12.2
Mean Water Temperature (°C)	11.3	13.1	14.8	15.4	17.2

측정정보를 기준으로 상류조건만 변화시키며 모의를 수행하였다. 방류량에 따른 지점별, 기간별 평균수온 분석결과는 Table 4와 같다.

방류량이 감소할수록 지점별 수온은 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 댐의 방류수가 하도구간을 흘러 하구

역에 도달하는 동안 기상조건, 지류 하천수 유입, 해수 혼합 등으로 약 7~12℃ 수온이 상승하였다.

Fig. 5는 지점별 최대방류시(CASE1)와 최소방류시(CASE4)의 수온차를 비교한 그래프이다.

삼천교 지점의 경우 역조정지 직하류에 위치하고 있어

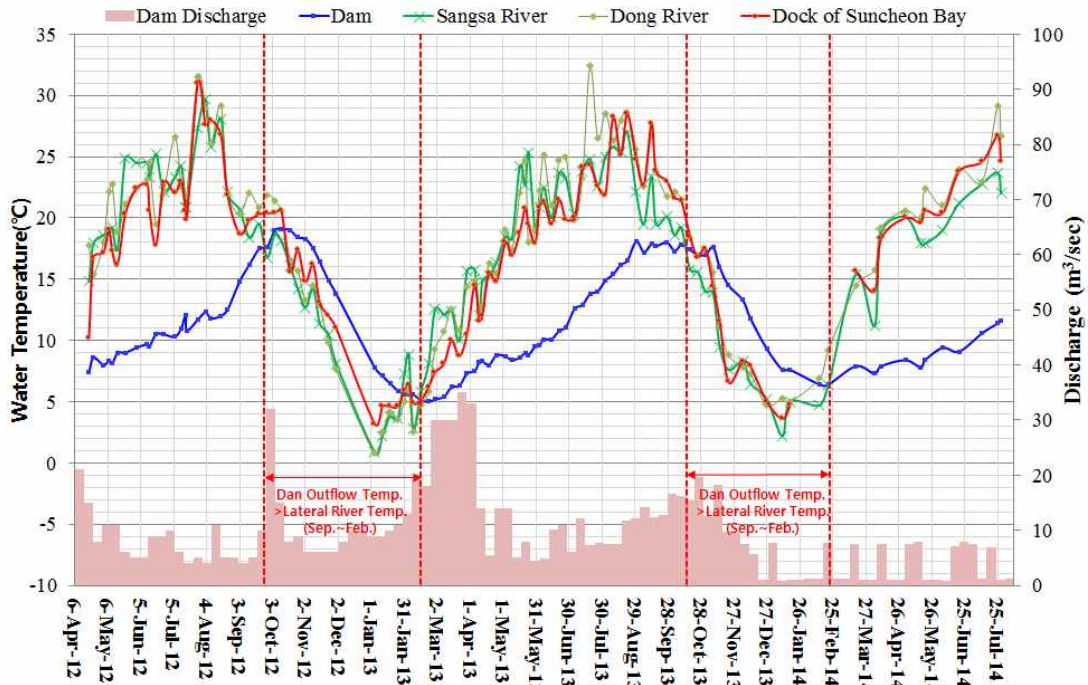


Fig. 4. Annual Water Temperature Variation in the Dam Outflow and Tributary

Table 3. Simulated Cases

Classification		Apr.	May	Jun	Note
Temp. of Dam reservoir (°C)		8.54	9.26	10.24	
Outflow (m ³ /sec)	CASE1	29	29	29	29m ³ /sec Steady discharge
	CASE2	12	12	12	12m ³ /sec Steady discharge
	CASE3	3.0	3.5	6.3	Real discharge (2013)
	CASE4	1.5	1.8	3.2	50% of real discharge (2013)

Table 4. Simulation Result of Water Temperature

Station	Apr. (°C)				May (°C)				Jun (°C)			
	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
Dam	8.54				9.26				10.24			
Samcheon Bridge	8.69	8.88	9.64	10.33	9.55	9.93	11.08	12.38	10.6	11.01	11.58	12.42
Gyorang Bridge	9.34	10.25	12.33	13.14	11.0	12.52	16.35	17.82	12.07	13.45	15.09	16.56
Dock of Suncheon Bay	10.49	12.05	14.14	14.71	13.03	15.24	18.18	19.13	13.9	15.97	17.69	18.95
Suncheon Bay	15.32	16.38	17.28	17.37	18.45	19.65	20.32	20.45	21.07	22.39	22.9	23.0

다른 지점에 비해 방류수의 영향을 빠르게 받게 되어 다른 영향(기상 및 지류 유입수온)을 덜 받기 때문에 수온차이가 크지 않은 것으로 판단되며, 교량교와 선착장의 경우 기상 및 지류 유입수온 영향을 많이 받아 수온차이가 크게 나타나는 것으로 판단된다. 순천만의 경우 수온차이가 약 2°C 내외로 나타나고 있으며, 이는 상류 저온수가 유하하면서 수온이 상승한 상태로 유입하기도 하지만 해수와 혼합하면서 해수온도에 지배받기 때문에 다른 지점에 비해 상대적으로 적은 수온차가 발생하는 것으로 판단된다. 따라서 연안의 조위 영향 또한 댐 운영개선 방안 수립시 고려해야 할 주요 인자로 판단된다.

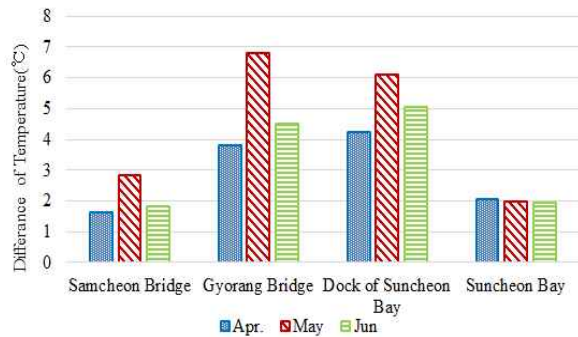


Fig. 5. Difference of Temperature in the Stations by Outflow

2.3.4 연안 조위 변화에 따른 수온변화 분석

외해 조위변화에 따른 수온영향을 검토하기 위해서 Fig. 5에서와 같이 순천만에서의 수온차는 시기별로 유사한 점을 고려하여 장마철 홍수조절을 위한 최대방류의 가능성이 있는 6월을 대상으로 검토하였으며, 방류조건은 6월 최대방류량인 29 m³/sec(CASE1), 실제 방류량인 6.3 m³/sec (CASE3) 조건에 대해 분석하였다. Table 5 및 Figs. 6 and 7은 방류량에 따른 선착장 및 순천만 지점에서 수온 계산결과와 조위를 비교하여 나타내었다.

선착장 지점에서는 29 m³/sec 방류조건에서 6.3 m³/sec에 비해 수온이 낮게 유지되고 있어, 저온수 방류의 영향을 받고 있으나, 순천만지점에서는 방류량과 상관없이 조위에 지배되어 연동하여 영향을 받고 있음을 알 수 있으며, 약 8°C 정도의 폭으로 상승과 하강을 반복하고 있고, 해수온이 외부온도 및 조위변화와 직접적으로 연관되어 변화하고 있다. 즉, 순천만 지역 해수온은 외부온도 및 조위변화에 지배됨을 알 수 있다.

Figs. 8 and 9는 방류량 29 m³/sec, 6.3 m³/sec 조건에서 순천만 일일 평면 수온 변화 분포도를 간조시부터 만조까지 3시간 단위로 나타낸 그림이다. 29 m³/sec 조건에서 간조 시에는 상류 저수온이 선착장을 지나 순천만 입구부 근처 갯골 도달하고 있으나 그 이상 외해까지는 영향이 작게

Table 5. Simulation Results on Tidal Difference

Classification		Low Tide(°C)	Flood Tide(°C)	High Tide(°C)	Ebb Tide(°C)
Outflow : 29 m ³ /sec	Dock of Suncheon Bay	15.0	14.9	14.5	13.6
	Suncheon Bay	15.8	22.3	24.4	20.2
Outflow : 6.3 m ³ /sec	Dock of Suncheon Bay	16.1	15.6	20.7	16.5
	Suncheon Bay	20.0	24.2	24.9	23.5

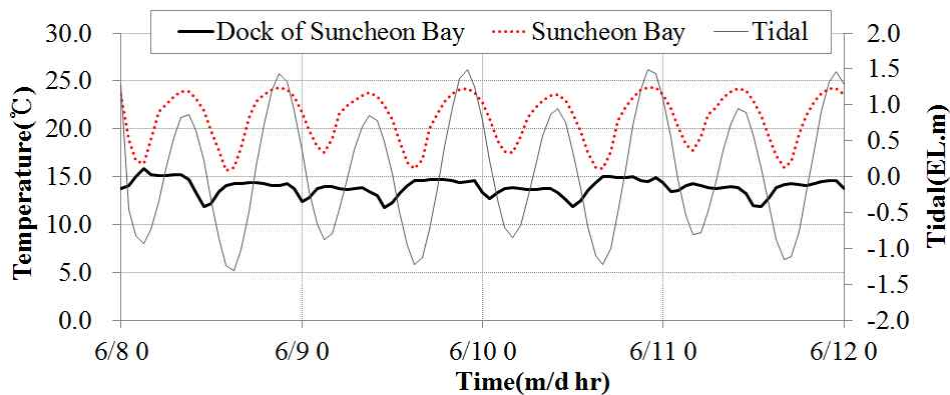


Fig. 6. Comparison of Water Temperature in Case of 29 m³/sec

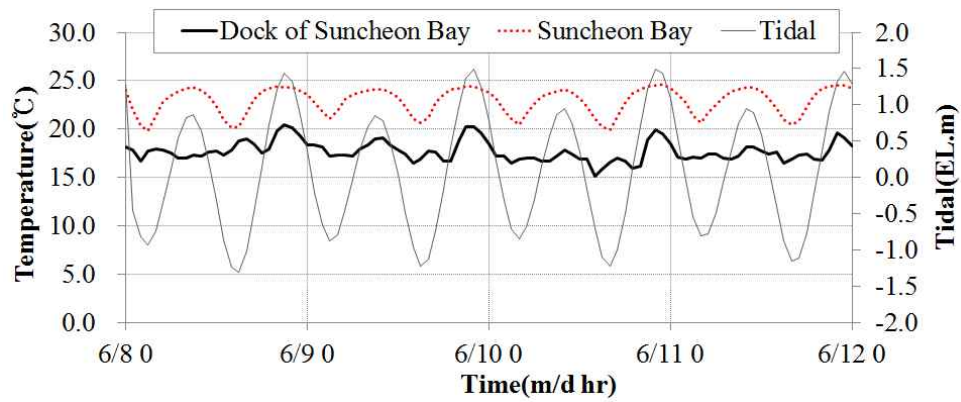


Fig. 7. Comparison of Water Temperature in Case of $6.3 \text{ m}^3/\text{sec}$

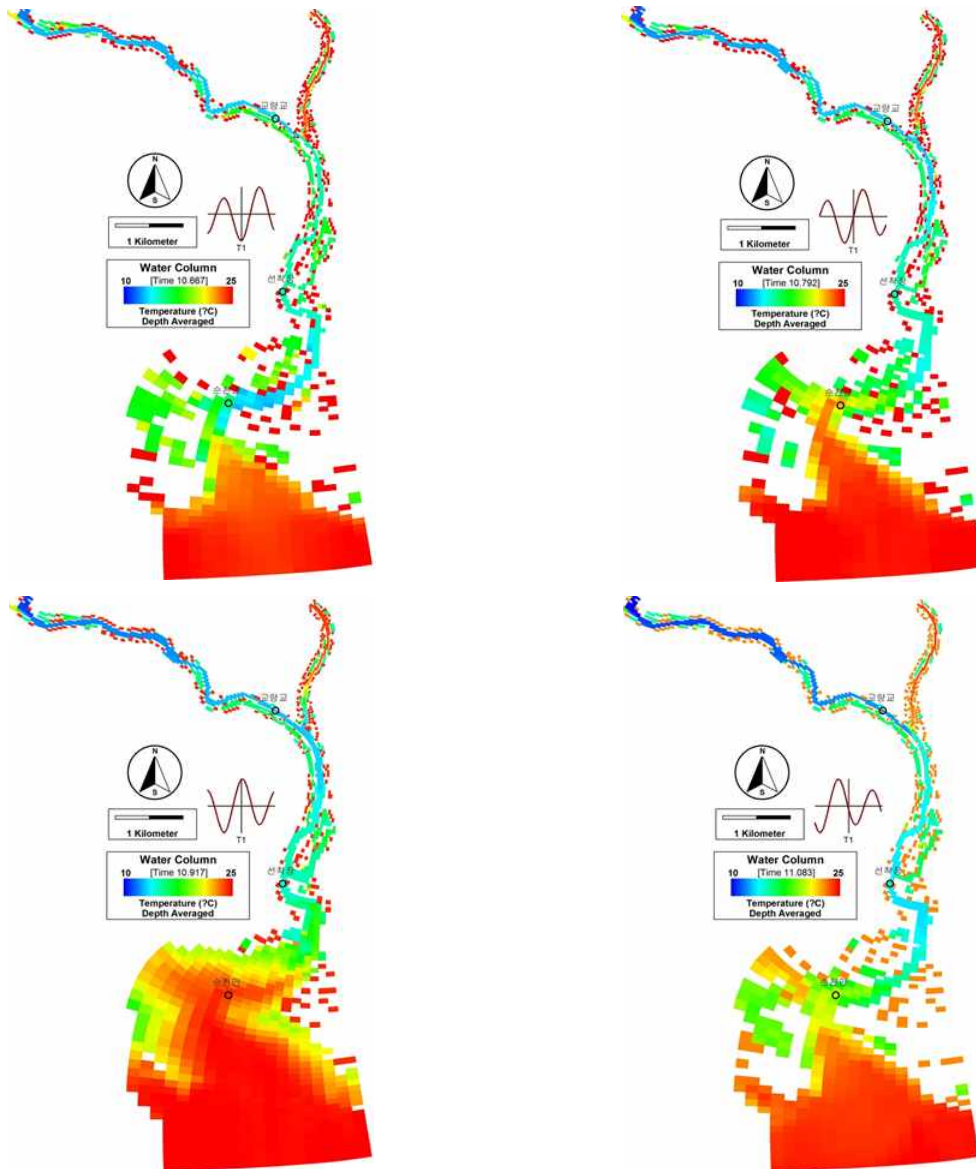


Fig. 8. Simulation Result of Water Temperature Distribution (Outflow : $29 \text{ m}^3/\text{sec}$)

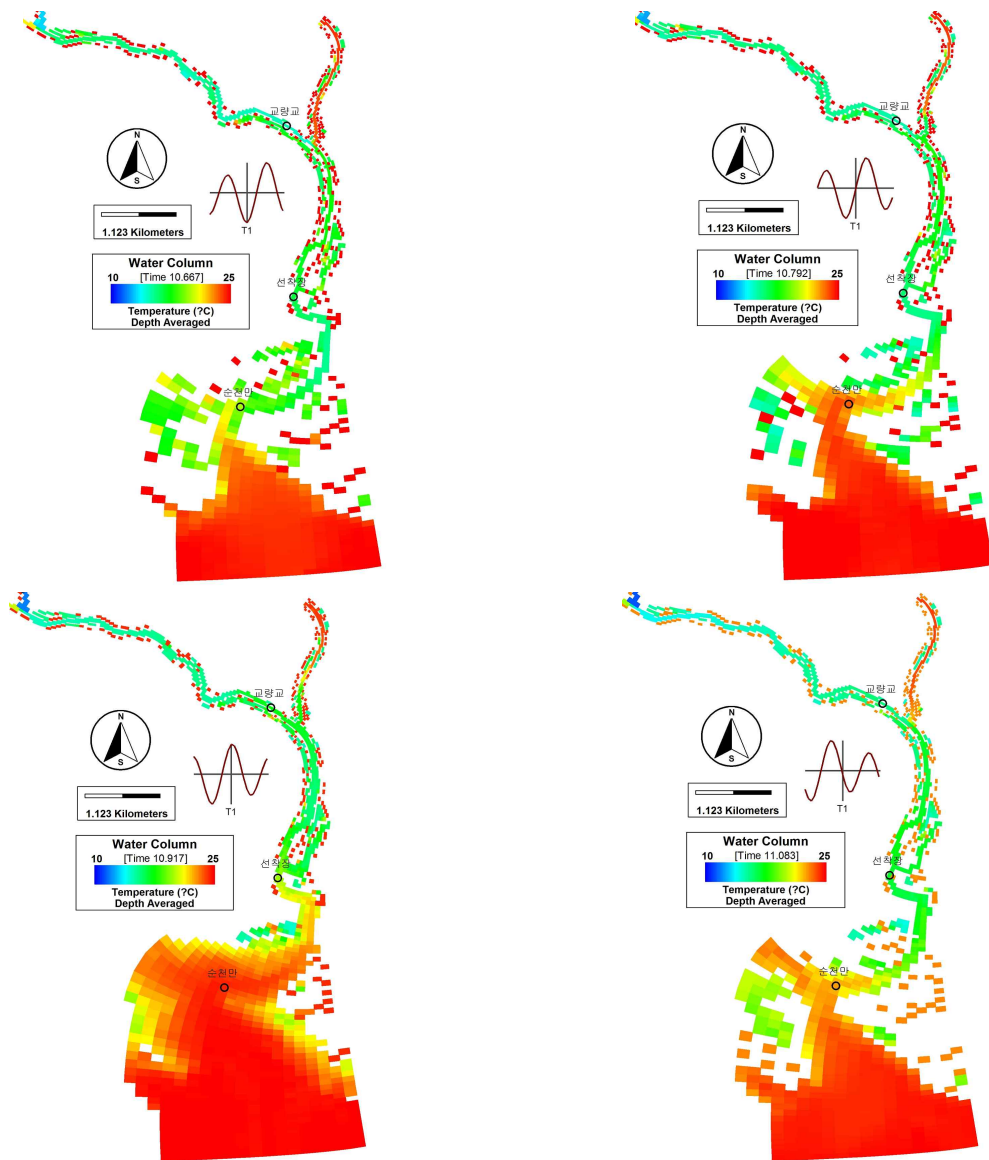


Fig. 9. Simulation Result of Water Temperature Distribution (Outflow : 6.3 m³/sec)

나타나고 있다. 이는 상류 유량이 선착장과 순천만 갯골 까지는 저수온 상태로 상류 유량에 지배를 받지만 외해 수역과 만난 이후로는 해수가 상대적으로 체적이 매우 크기 때문에 해수에 의한 수온 지배를 받기 때문으로 판단 된다. 또한 창조시부터 만조까지 해수가 갯골을 포함하여 선착장 상류까지 침입하게 되어 순천만 일대와 선착장 부근에서의 수온은 해수의 지배를 받게 됨을 알 수 있다. 즉 상류 유량과 해수의 교환은 순천만 입구와 이사천 하도구 간에서 활발하게 이루어지고 비교적 상류에 위치하고 있다. 6.3 m³/sec 조건에서도 29 m³/sec 조건일 때와 유사한 경향을 나타내고 있으나, 이사천 하도 유하 기간 동안 상대적으로 온도 상승이 많고 해수의 지배권역이 상대적으로

로 상류부까지 영향을 미쳐 해수온도에 지배됨을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 주암조절지댐의 저수온 방류에 따른 하류 하천 및 연안 해역에 미치는 수온 영향을 검토하기 위하여 장기간에 걸쳐 댐, 하류하천 및 순천만 지역에 대한 수온변화를 조사, 분석하였으며, 보다 상세한 분석을 위해 3차원 수치모형인 EFDC 모형을 활용하여 방류량 등에 따른 수온변화를 모의하였다. 수온 조사 결과 및 수치모의 결과를 요약하면 아래와 같다.

- 1) 주암조절지댐 저온수 취수층 수온은 4.7~19.70°C이며 평균 10.8°C로써 표층보다 평균 5.8°C 낮았으며, 시기별 온도변화 추이는 11월부터 3월까지의 표층부와 취수층의 수온이 거의 일정한 상태를 유지하다가, 4월에 표층 수온은 급격히 상승하여 10월까지 표층과 심층의 수온차가 발생하였다. 즉 심층 저온수가 방류되는 시기는 4월~10월까지 기간인 것으로 분석되었다.
- 2) 역조정지댐 방류수 평균 수온은 11.3°C로써, 유입하천인 상사천 17.0°C, 동천 17.9°C에 비해 5.7°C, 6.6°C 가량 낮았으나, 저온수 방류수는 하류 하천으로 진행하면서 외기온도 및 지천 유입으로 수온이 상승하였으며 순천만 선착장에서는 평균 17.2°C까지 상승하였다. 시기별로는 3월부터 9월 기간에 댐 저온수 방류 영향으로 방류수가 상대적으로 하천수보다 수온이 낮게 분석되었다.
- 3) 수치모의 결과, 방류량이 감소할수록 지점별 수온은 증가하였으며, 댐의 방류수가 하도구간을 흘러 하구역에 도달하는 동안 태양열, 지류하천수 유입, 해수 혼입 등으로 약 7~12°C 수온이 상승하였다. 순천만의 경우 최대 방류와 최소방류시의 수온차이가 약 2°C 내외로써 하천지점에 비해 낮게 나타나는 데, 이는 해수온도에 지배받기 때문인 것으로 판단된다.
- 4) 선착장 지점에서는 29 m³/sec 방류조건에서 6.3 m³/sec에 비해 수온이 낮게 유지되고 있어, 저온수 방류의 영향을 받고 있으나, 순천만 지점에서는 방류량과 상관없이 조위에 지배되어 연동하여 영향을 받고 있음을 알 수 있으며, 약 8°C 정도의 폭으로 상승과 하강을 반복하고 있고, 해수온이 외부온도 및 조위변화와 직접적으로 연관되어 변화하고 있었다.
- 5) 결과적으로, 댐 저온수 방류 영향은 방류시기, 방류수온, 방류량, 기상, 조위 등 다양한 인자에 의해 복잡한 형태로 변화한다. 따라서 저온수 방류로 인한 하류하천 및 연안지역 악영향을 최소화하기 위한 댐 운영 개선방안 수립을 위해서는 본 연구에서 도출된 수온변화 자료를 바탕으로 다양한 인자들을 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다.

References

Blumberg, A.F., and Mellor, G.L. (1987). "A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. In Three-Dimensional Coastal Ocean Models." *Coastal*

and Estuarine Science, American Geophysical Union, Vol. 4, pp. 1-19.

Cho, Y.H., Lee, H.G., Chong, K.Y., Sung, Y.D., and Noh, J.W. (2008). "Examination on the effect of Dam flush discharge for environmental improvement in downstream river of dam." *Proceedings of the Korean Society of Civil Engineers*, KSCE, pp. 727-730.

Chung, S.W. (2004). "Application of an Unsteady River Water Quality Model for the Analysis of Reservoir Flushing Effect on Downstream Water Quality." *Journal of Korea Water Resources Association*, KWRN, Vol. 37, No. 10, pp. 857-868.

Fluid Dynamics Code User Manual, US EPA Version 1.01. Hamrick, J.M. (1992). *Three-Dimensional Environmental Fluid Dynamics Computer Code: Theoretical and Computational Aspects*, The College of William and Mary, Virginia Institute of Marine Science, Special Report.

Ji, M.G., Hur, Y.T., Park, J.H., and Won, N.I. (2014). "Numerical analysis of influence of dam release condition on coastal temperature and salinity." *Proceedings of Korea Society of Hazard Mitigation*, Vol. 13, pp. 108-108.

Kim, B.M. (2009). *Characteristics of water quality in Suncheon Bay*. MS. dissertation, Suncheon National University, Korea.

Kim, J.K., SIN, K.H., Kim, J.H., and Lim, K.C. (2011). "The Characteristics of Topographic Change and Flow in the Suncheon Bay Wetlands." *Proceedings of society of naval architects of Korea*, Vol. 2011, No. 6, pp. 2268-2273.

K-water (2013a). *Annually report about management of Juam multipurpose dam*, K-water, Korea.

K-water (2013b). *Handbook for Dam Operation*, K-water Water Management Center, Korea.

Park, E.J. (2000) *Spatial and Temporal Variations of Sedimentation Processes in Estuary, Suncheon Bay*. Ph. D. dissertation, Seoul National University, Korea.

paper number : 15-029

Received : 1 April 2015

Revised : 4 May 2015

Accepted : 4 May 2015