

강우유출이 합천호 수온분포에 미치는 영향

Effect of Rainfall Runoff on Temperature Distribution of Hap Cheon Reservoir

이용곤*, 이상욱**, 고덕구***, 민병환****

Yong-Kon Yi, Sanguk Lee, Deuk Koo Koh, Byeong Hwan Min

요지

합천호의 총유역면적은 925 km²이다. 합천호 유역내 주요 하천은 황강본류, 논덕천, 사천천, 유전천 및 하금천이다. 유역면적을 살펴볼 때 합천호 강우유출의 86.3 %는 황강본류 유역으로부터 유입되고 약 13.7 %만이 그 외의 하천들로부터 유입되는 것으로 판단된다. 본 연구에서는 강우유출이 성층화된 합천호의 수온분포에 미치는 영향을 2차원 수치모의를 통하여 검토하였다. 유입지천의 수온은 성층화된 여름철 저수지의 거동에 큰 영향을 미친다. 따라서 합천호 유입지천 3개 지점에 수온계를 설치하여 수온변화를 조사하였다. 2차원 수치모의결과에 의하면, 비강우시의 경우에는 합천호의 수온성층현상을 보이는 구간은 합천댐으로부터 19 km지점까지로 나타났으며, 강우시 유입유량의 증가로 인하여 수온성층현상을 보이는 구간은 감소하는 것으로 나타났다. 이는 강우유출이 증가함에 따라서 유입수의 운동량이 증가하기 때문에 저수지의 수온성층현상의 영향을 상대적으로 작게 받기 때문으로 판단된다.

핵심용어 : CE-QUAL-W2, 수온, 성층, 합천호

1. 서론

저수지의 수온분포는 계절별로 변화하며 성층화된 저수지의 수체는 일반적으로 연직방향의 밀도와 두께가 다른 층으로의 혼합이 제한된다. 여름철에는 높은 기온과 바람의 영향으로 성층화가 최고에 달하여 표층(epilimnion), 수온약층(thermocline) 및 심층(hypolimnion)으로 구분할 수 있다. 성층현상이 심하면 유체는 연직방향운동이 제한되고 상대적으로 수평방향운동이 활발하게 된다. 또한 수표면부근의 표층에서는 바람에 의하여 연직방향 혼합이 활발하게 이루어진다.

본 연구에서는 강우유출이 성층화된 합천호의 수온분포에 미치는 영향을 2차원 수치모의를 통하여 검토하였다. 유입지천의 수온은 성층화된 여름철 저수지의 거동에 큰 영향을 미친다. 따라서 합천호 유입지천 3개 지점에 수온계를 설치하여 수온변화를 조사하였다.

2. 합천호 유역 및 수온분포

합천호의 유역의 총유역면적은 925 km²이다. 합천호 유역내 주요 하천은 황강본류, 논덕천, 사천천, 유전천 및 하금천이다. 유역면적을 살펴볼 때 합천호 강우유출의 86.3 %는 황강본류 유역으로부터 유입되고 약 13.7 %만이 그 외의 하천들로부터 유입되는 것으로 판단된다.

* 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원·E-mail : yongkon@kwater.or.kr
** 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 연구원·E-mail : lsu@kwater.or.kr
*** 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원·E-mail : dkkoh@kwater.or.kr
**** 비회원·한국수자원공사 수자원관리처 과장·E-mail : minbh@kwater.or.kr

합천호의 수질측정지점은 합천댐부근, 저수지중앙 및 봉계의 3지점이다. 2004년 6월 2일 수표면은 24 ℃이고 El. 140 m 부근에서 수온약층이 형성되어 있고 심층은 El. 130 m 이하로서 수온은 8 ℃이다. 2004년 7월 6일 수표면은 26 ℃이고 El. 150 m와 El. 130 m에 수온약층이 형성된 것을 알 수 있다. 심층의 수온은 8 ℃로 거의 변화가 없다. 2004년 6월 2일 수온분포는 합천호 수치모의 검증시 초기조건으로 적용하며 2004년 7월 6일 수온분포는 수치모의결과를 검증하였다.

3. 수치모의

3.1 2차원 수치모형(CE-QUAL-W2)

합천호의 성층현상이 탁도분포에 미치는 영향을 검토하기 위하여 하천이나 저수지의 횡방향으로 적분된 2차원 수리 및 수질모형인 CE-QUAL-W2 모형을 사용하였다. CE-QUAL-W2 모형의 지배방정식은 기본적으로 Navier-Stokes 방정식을 Reynolds 평균한후 폭방향으로 적분한 방정식으로서 수치모의 대상이 길고 좁은 수체에 적용하면 좋은 결과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다(Cole과 Wells, 2003). 지배방정식은 폭방향으로 평균한 연속방정식, 운동량 방정식, 자유수면추적방정식 및 상태방정식, 이송확산방정식 등으로 구성된다.

합천호 지형자료와 수치모형격자는 합천댐 퇴사량 조사 보고서(한국수자원공사, 2001)를 이용하여 구축하였다. 그림 1은 합천호 지형을 보여준다. 수치모형격자의 정확도를 확인하기 위하여 2005년 다목적댐 운영 실무편람(한국수자원공사, 2004)의 수위별 저류량을 비교하였다. 비교결과 수치격자의 수위별 저류량은 2005년 다목적댐 운영 실무편람에 보고된 수위별 저류량에 비하여 최대 2.5%정도 작은 것으로 나타났다.

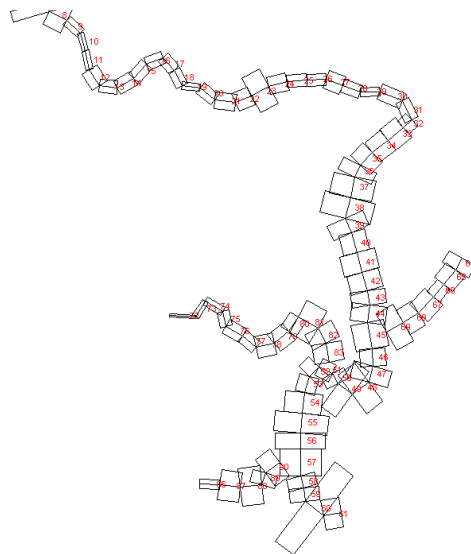


그림 1. 합천호 격자

3.2 수치모형검증

수치모형의 검증을 위하여 2004년 6월 2일에서 7월 6일의 기간동안 수치모의를 수행하였다. 이 기간 동안 80 mm이상의 강우사상은 2번 있었다. 첫 번째 강우사상시 합천호 유역에 내린 강우량은 약 120 mm였다. 합천호의 유입지천을 크게 4개로 구분하였고 각 유입지천별 유입유량은 유역면적비를 적용하여 산정하였다.

유입지천의 수온은 성층화된 여름철 저수지의 거동에 큰 영향을 미친다(이용곤 등, 2005). 따라

서 이에 대한 변화를 입력하여야 한다. 이를 위하여 합천호 유입지천 3개 지점에 수온계를 설치하여 수온변화를 조사하였다.

수치모의기간동안의 수위변화는 합천댐관리단에서 조사한 결과와 상당히 유사하며 모의된 결과가 측정된 것에 비하여 약간 수위가 높게 나타났다(그림 2). 이는 수치격자의 체적이 약 2.5%정도 작기 때문이다. 합천호의 수온변화를 비교한 결과(그림 3), 비교적 유사한 경향을 나타내는 것을 알 수 있지만 전체적으로 약간 높은 것으로 나타났다. 특히 표층 밑의 수온분포가 높은 것은 강우시 수온산정이 약간 높게 된 것으로 볼 수 있다.

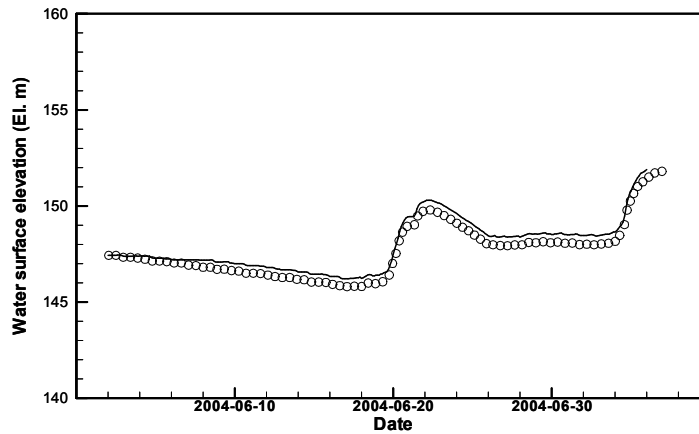


그림 2. 수위변화비교

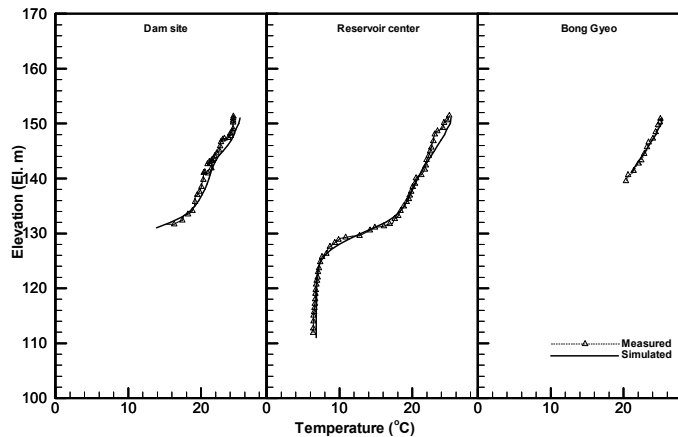


그림 3. 수온변화비교(2004년 7월 6일)

3.3 합천호 2차원 수치모의결과

합천호의 6월 저수위는 El. 150 m에서 El. 160 m로 유지되므로 합천호의 초기수위조건은 El. 150 m로 선정하였으며 유역평균강우량은 80 mm인 경우에 대하여 수치모의를 수행하였다. 강우유출로 발생하는 유입유량변화는 수치모형검증시 유역평균강우량은 120 mm정도이므로 이를 비례적으로 조정하였다.

저수지 유입하천수의 온도 또는 밀도는 성층화된 저수지의 수온 또는 밀도와는 다르다. 유입지

천수는 거의 정체되어 있는 저수지의 물을 댐체 방향으로 밀어내면서 유입하며 저수지의 밀도차에 의하여 발생하는 부력이 충분히 큰 지점에서부터 유입수의 밀도와 동일한 층으로 유입된다 (Fischer 등, 1979). 이렇게 특정한 층으로 유입이 되는 지점은 저수지의 수위, 수온분포와 유입하천수의 유량과 온도에 의하여 변화한다.

비강우시 합천호의 수온 및 유속분포는 그림 4와 같다. 표층과 심층은 수온변화가 상대적으로 작고 수온약층은 수온변화가 크다. 표층은 수면으로부터 약 5 m 정도이고 수온은 22 °C에서 24 °C이다. 심층은 El. 138 m부터 시작되며 수온은 12 °C이하이다. 합천호의 수온성층현상은 합천댐에서부터 19 km 지점까지 발생하는 것으로 나타났다. 유속은 0.05 m/s이하이고 수온성층현상으로 인하여 층(표층, 심층 및 중간층)별로 수평방향으로 거동하며 저수지내의 internal wave로 인하여 저수지의 물은 상·하류로 진동하는 것으로 판단된다. 1.5 km이후부터 10 km구간은 유속이 0.05 m/s이하로 아주 느리게 수평방향으로 이동하는 것으로 나타났다. 합천댐으로부터 10 km 이후 구간은 유속이 최대 0.05 m/s정도로 나타났다.

강우시 합천호의 수온 및 유속분포는 그림 5와 같다. 강우유출의 영향으로 인하여 합천호의 성층화된 구간은 합천댐으로부터 14 km지점까지인 것으로 나타났다. 비강우시는 상대적으로 유량이 작고 또한 수온이 높아서 저수지의 성층구간이 상대적으로 많지만 강우가 시작되면 유입유량이 증가하고 또한 유입수의 온도가 낮으므로 성층구간이 감소하는 것으로 판단된다.

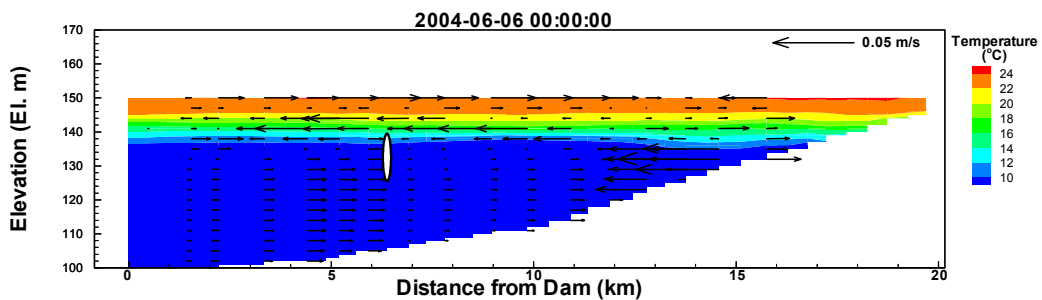


그림 4. 비강우시 합천호 수온 및 유속분포

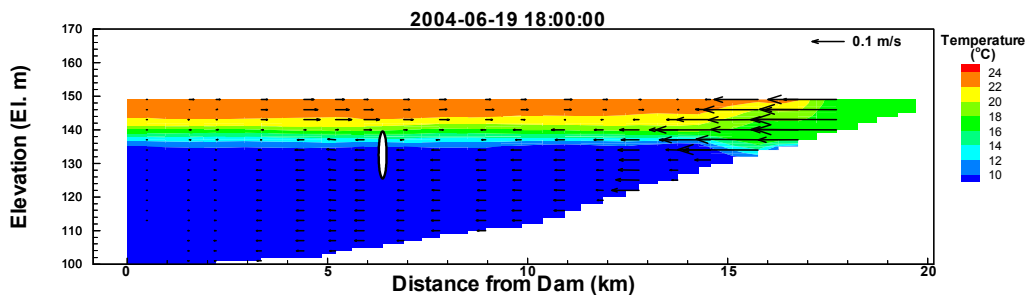


그림 5. 강우시 합천호 수온 및 유속분포

감 사 의 글

합천호에서 수온측정을 하신 합천댐관리단 직원에게 감사를 표합니다.

참고문헌

1. 이용곤, 김영도, 김우구, 박기영 (2005), “임하호탁도변화분석을 위한 2차원 수치모델링”, 대한토목학회 논문집

2. 한국수자원공사, 2001, “합천댐 저수지 퇴사량 조사 보고서”.
3. 한국수자원공사, 2004, “2005년 다목적댐 운영 실무편람”.
4. Cole, T.M. and Wells, S.A. (2003) CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3.1, User Manual, Instruction Report EL-03-1.
5. Fischer, H. B., Imberger, J., List, E. J., Koh, R. C. Y., and Brooks, N. H., 1979, Mixing in inland and coastal waters.