

태풍 앤과 바트기간의 낙동강 유역 다목적 댐 홍수조절 현황

황만하 (한국수자원공사 물관리종합상황실 선임연구원)

1. 유역 현황

낙동강 유역은 유역 면적 23,326km², 유로연장 509.7km, 유역 평균폭 45.36km으로 우리나라 동남부에 위치한다. 유역의 북쪽으로 한강 유역, 서쪽으로 금강 및 섬진강 유역과 접하고 동쪽으로 태백산맥이 동해안 유역과 분수령을 형성하고 있다. 낙동강 본류의 유로는 산악으로 인하여 최단거리로 유하하지 못하고 유향이 급변하면서 남해안으로 유입한다.

낙동강 유역의 기후변동은 지역적인 특성으로 인해서 변화가 심한 편이다. 6월 중순부터 불어오는 덥고 습한 기단이 안정되어 있을 때는 강수량이 적어 심한 한발을 초래하는 경우도 있지만, 불안정해지면 돌발적인 집중호우를 유발하는 경향이 강하여 이 기간 중에는 강우일수도 많고, 기상예측을 불허할 만큼 변화가 심하다. 특히 유역의 상류와 중류, 하류지역의 강

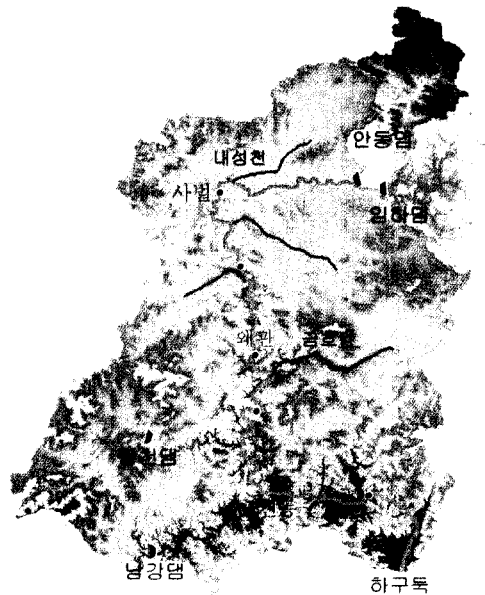


그림 1. 낙동강 유역 현황

표 1.1 낙동강 유역의 다목적 댐 현황

구 분	단위	안동댐	임하댐	합천댐	남강(보강)댐
수계면적	km ²	23,326			
유역면적	km ²	1,584	1,361	925	2,285
수계점유율	%	6.8	5.8	4.0	9.8
계획홍수위	EL.m	161.7	164.7	179.0	46.0
상시만수위	EL.m	160.0	163.0	176.0	41.0
홍수기제한수위	EL.m	-	161.7	-	-
저수위	EL.m	130.0	137.0	140.0	32.0
용수공급가능수위	EL.m	121.0	124.0	115.0	29.0
총 저수용량	10 ⁶ m ³	1,248	595	790	309
유효저수용량	10 ⁶ m ³	1,000	424	560	300
홍수조절용량	10 ⁶ m ³	110	80	80	270
저수(抵水)용량	10 ⁶ m ³	248	124	150	28

수량 편차가 크며, 6월에서 9월 사이에는 월최대 강우량이 500mm 안팎으로 내리는 경우도 있어 막대한 홍수피해가 발생하기도 한다.

현재 유역의 용수공급과 홍수조절은 낙동강 하구로부터 본류 340km 상류지점에 위치한 총저수용량 1,248백만m³의 안동 다목적 댐, 반변천에 위치한 총 저수용량 595백만m³의 임하 다목적 댐, 황강에 위치한 총저수용량 790백만m³의 합천 다목적 댐, 남강에 위치한 총 저수용량

309백만m³의 남강 보강 댐에 의해 주로 이루어지고 있으며, 본류 최하류에는 낙동강 하구둑이 있다.

4 개 다목적 댐이 건설되었음에도 불구하고 낙동강 유역은 다른 유역과는 달리 적은 강우에도 홍수에 매우 취약한 구조를 갖고 있다. 표 1.2.에 나타난 바와 같이 낙동강의 유역 면적은 23,326km²로 한강의 유역 면적 26,018km²와 비슷하나 홍수 조절 능력을 나타내는 홍수 조절용량은 한강에 비해 매우 적다. 한강의 경우 소양강, 충주, 화천등 3개댐의 홍수 조절용량이 1,599백만m³에 이르고 있으나 낙동강 유역은 안동댐, 임하댐, 합천댐, 남강댐 등 4 개 댐의 홍수 조절용량이 313백만m³정도로 이는 한강의 20%정도에 불과하다. 또한 홍수를 조절할 수 있는 댐의 유역면적은 한강유역의 경우 13,252km²로 전체 유역의 50.9%에 이르나 낙동강 유역은 6,155km²로 전체 유역 면적의 26.4%정도에 지나지 않는다.

아울러 낙동강은 하천 연장이 길며, 하류의 하도경사가 완만하여 홍수 배제에도 오랜시간이 소요된다. 상류에 있는 안동 댐에서 낙동강 하구까지의 총 연장은 344.6KM에 이르며, 이로 인해 상류의 안동 댐에서 1,000CMS정도의 홍수량이 발생할 경우 낙동강 본류를 따라 왜관까지 30시간, 진동까지 76시간, 최

하류인 하구지점까지는 5 일이 소요될 정도로 홍수 소용이 느리게 일어난다. 따라서 낙동강 상류에서 홍수가 발생하여 본류를 따라 유하하고 있는 중에도 하류에서 홍수가 발생할 수 있으며, 만약 하류에서 홍수가 발생하여 상류의 홍수와 중복될 경우에는 하천수위의 급격한 증가로 인해 하천 제방의 붕괴 등 막대한 침수 피해를 유발할 수 있는 특성을 가지고 있다.

2. 기상 상황

8 월 초 우리나라는 집중호우가 끝나고 한동안 무더위와 비 없는 날씨가 지속되다가 9 월 초부터 “가을장마”가 시작되었고, 이어 17호 태풍 앤(ANN)과 18호 태풍 바트(BART)가 영향을 주면서 많은 강우가 발생하였다. 18호 태풍 바트는 59년 사라 태풍 이후 최대강도(930hPa, 45m/sec)로써 간접적인 영향권에서도 낙동강 유역에 집중적인 호우를 유발하였다. 이번 호우는 17호 태풍 앤전면에서 형성된 호우 전선 영향으로 낙동강 유역에 많은 비가 온 상황에서 연이어 내습한 18호 태풍 바트가 일본 큐슈 지방을 지나며 낙동강수계에 집중호우를 발생시킨 것이다.

집중호우는 낙동강 하구쪽부터 시작되었고, 23일 야간에는 시간당 10~30mm 이상의 집중호우가 발생하였다. 강우가 급변함에 따라 23 일 12 시 낙동강수계에 호우주의보가 발표되었고, 16 시에 경보로 대체되었으며 강우강도가 약화되면서 24 일 02 시 호우주의보로 다시 대체되었고, 동일 06 시 호우주의보가 해제되는 상황을 연출하였다. 이번 태풍으로 인해 대관령에 522.1mm를 최고로 낙동강수계에는 160~370mm의 강우가 내렸다. 낙동강 유역의 주요지점 강우기록을 살펴보면, 안동 261.9mm, 구미 261.0mm, 마산 358.3mm, 산청 385mm, 부산 160.8mm, 의성 206.5mm, 영천 317.0mm, 대구 365.4mm이었으며, 낙동강 유역의 안동댐과 임하 댐, 남강 댐 유역에는 각각 320.6mm, 267.0mm, 272.1mm가 내려 댐유

표 1.2 한강 유역과 낙동강 유역의 홍수조절능력 비교

구분	단위	한강유역(A)	낙동강유역(B)	비고(B/A)
수계면적	km ²	26,018	23,326	89.7 %
댐유역면적	km ²	13,252	6,155	46.4 %
		소양강댐 2,703 충주댐 6,648 화천댐 3,901	안동댐 1,584 임하댐 1,361 합천댐 925 남강댐 2,285	46.4 %
홍수조절용량	백만m ³	1,599	313	19.5 %
		소양강댐 770 충주댐 616 화천댐 213	안동댐 110 임하댐 80 합천댐 80 남강댐 43	남강보강댐 : 270
저수용량	백만m ³	6,668	2,769	41.5 %
		소양강댐 2,900 충주댐 2,750 화천댐 1,018	안동댐 1,248 임하댐 595 합천댐 790 남강댐 136	남강보강댐 : 309



그림 2.1 태풍 바트의 내습시 구름사진과 레이더에코 영상

역에는 평균 252.3mm의 강우가 내렸다.

기상청의 태풍백서(1996)에 의하면 1959년 사라 태풍에서도 낙동강 유역에는 100~200mm 정도의 강우만 보였음을 볼 때 이번 태풍은 의외로 많은 비를 동반한 태풍이었다. 특히 59년 사라 태풍은 부산을 직접 통과했으며 중심최소기압은 905hPa(바트:

930hPa)였던 사례로 볼 때 이번 태풍보다 훨씬 강했으나, 당시의 강우량은 제주의 269mm를 최고로, 울산 174mm, 부산 100.6mm, 대구 148mm를 가져왔을 뿐이다.

3. 저수지 운영 현황

다목적 댐의 홍수조절은 홍수기 제한수위(상시만수위)부터 계획 홍수위까지의 공간을 활용, 유입홍수를 댐 상·하류 영향이 최소화되도록 방류하는 것이다.

이러한 다목적 댐 홍수조절의 의사결정 절차는 집중호우 예보시, 한국수자원공사에서는 이를 토대로 댐으로 유입되는 홍수를 예측, 예상 최고수위 등 댐 안전성에 영향을 주는 인자들을 분석한 후, 유입홍수로 인해 저수지수위가 홍수기 제한수위(상시만수위)를 상회하는가를 검토하며, 계획홍수위에 접근될 것으로 분석되면 수위(저하)조절 조치를 한다. 수위는 우선 최대발전방류를 시행하여 저하시키고, 다음으로 여수로를 통한 수문방류 필요성 여부를 검토한다. 여수로를 통한 수문방류가 필요할 경우에는 각 수계 홍수통제소에 수문방류계획(방류일시, 방류량)에 대하여 승인요

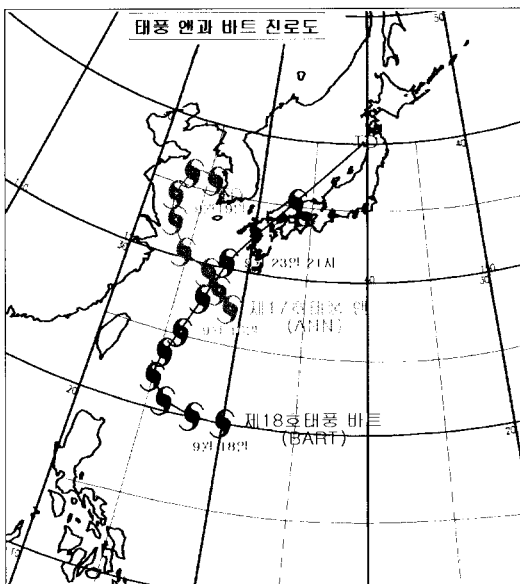


그림 2.2 태풍 앤과 바트의 이동경로

표 2.1 태풍 앤과 바트에 의한 낙동강 유역 강우현황

(기간: 1999.9.17~9.24, 단위 :mm)

지점	9 월								총량 17~24	앤영향 17~21	바트영향 22~24
	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일	24일			
안동	23.5	8.9	3.6	66.0	8.6	22.3	96.6	32.4	261.9	110.6	151.3
대구	45.0	7.0	2.6	93.1	10.2	23.8	87.2	96.5	365.4	157.9	207.5
마산	54.2	0.2	0.9	165.7	5.2	29.2	60.2	42.7	358.3	226.2	132.1
진주	61.5	0.0	8.9	61.0	16.2	49.2	57.8	20.0	274.6	147.6	127.0
춘양	10.5	25.5	27.5	76.0	3.5	13.5	105.0	40.5	302.0	143.0	159.0
영주	12.5	40.5	7.0	79.5	8.5	11.5	101.5	28.0	289.0	148.0	141.0
문경	16.0	22.5	6.0	49.5	10.5	17.0	101.0	20.5	243.0	104.5	138.5
영덕	13.0	11.5	0.5	69.0	11.5	13.5	52.0	62.0	233.0	105.5	127.5
의성	17.0	6.5	4.5	46.0	7.5	12.0	82.0	31.0	206.5	81.5	125.0
구미	31.0	15.0	9.5	50.0	11.0	20.5	105.5	18.5	261.0	116.5	144.5
영천	34.5	2.0	0.5	104.0	10.0	25.0	90.5	50.5	317.0	151.0	166.0
거창	49.0	13.5	60.5	25.5	18.5	35.5	80.0	14.5	297.0	167.0	130.0
합천	48.5	1.5	15.0	36.5	10.5	41.5	67.5	14.0	235.0	112.0	123.0
밀양	49.0	0.5	1.5	144.0	3.0	23.0	68.5	46.0	335.5	198.0	137.5
산청	92.0	2.0	68.0	47.0	18.5	52.0	84.5	21.0	385.0	227.5	157.5
								합계	290.9	146.5	144.5

청한다. 홍수통제소는 댐 방류에 따른 하류영향을 분석한 후 수자원공사에서 요청한 수문방류계획의 승인 여부를 통보하며, 수자원공사는 홍수통제소의 승인에 따라 하류 재해대책관련기관(지자체, 언론기관, 경찰서, 농지개발조합 등)에 통보 후 방류를 시행한다.

이번 호우기간에도 사라(59년) 태풍 이후 최대한 바트의 영향으로 영남지역을 중심으로 140~220mm의 집중호우 발생함에 따라 낙동강 유역의 4개 다목적 댐은 모두 홍수 조절상황체계에 들어갔다. 낙동강 상류 지역인 안동댐 유역에는 평균 320.6mm의 강우가 내렸으나, 수문 분석 결과 상시만수위에 거의 육박할 것으로 분석되어 9월 23일부터 방류량을 최대발전방류(160CMS)로 증가하여 수위조절을 시행하였으며, 유입량의 전량을 저류하였다. 이 기간 안동 댐 수위는 준공이후 최고수위인 EL.159.90m(9/26.13:00)에 도달하였다(기존 최고수위 : EL.159.12m(85.10.15)). 임하 댐은 안동댐과 유역면적은 비슷하나 저수량은 약 50%에 불과하며, 유역형상이 방사형으로 홍수발생시 댐으로 빠르게

유출되어 수위가 급상승하는 특성을 가지고 있다. 금번 임하 댐은 유역평균 267.0mm의 강우가 내렸으며, 제17호 태풍 앤 내습시 내린 강우로 수위가 계속 상승하였고, 제18호 태풍 바트에 대비코자 9월 20일부터 방류량을 최대발전방류(100CMS)로 증가(예비방류)하여 수위조절을 실시하였다. 이후 바트의 영향으로 임하 댐 유역에 많은 비가 내려 저수지 수위가 상시만수위를 초과할 것으로 분석되어 9월 23일 18:00부터 800CMS(발전방류 포함) 범위내에서 수문방류를 시행하였다. 또한 계속되는 강우로 저수지 수위가 계획홍수위에 육박할 것으로 예상되어 9월 24일 03:00부터 1,200CMS로 증가 방류를 실시하였으며, 계속되는 수위상승에 따라 다시 10:00부터 1,700CMS로 단계별로 증가하여 하류에 미치는 영향이 없도록 홍수조절을 시행하였다. 이후 유입량이 감소함에 따라 낙동강 하류지역 홍수상황을 감안하여 9월 24일

표 3.1 임하 댐 방류량 조정 현황

구분	1차	2차	3차	4차	비고
방류 승인량 (CMS)	800	1,200	1,700 수준방류	유입량	수문방류종료
조정일시	9/23 18:00	9/24 03:00	9/24 10:00	9/24 19:00	9/27 00:30

표 3.2 남강 댐 방류량 조정 현황

구분	1차	2차	3차	4차	비고
방류승인량 (CMS)	1,200 (본류300, 사천만900)	300 (본류, 제수문 방류종료)	1,900 (본류, 300, 사천만1,600)	1,600 수문방류종료 방류 종료)	
조정일시	9.17 17:00	9.19 06:45	9.20 03:00	9.25 10:30	9.27 17:30

19:00부터 유입량 수준으로 방류를 실시하였으며, 9월 27일 00:30에 수문방류를 종료하였다.

중류지역의 합천 댐은 유역 평균 276.9mm의 강우가 내렸으며, 수문분석 결과 상시만수위까지는 여유가 있어 9월 23일부터 방류량을 최대발전방류(100CMS)로 증가하여 수위조절을 함으로써 유입량의 전량을 저류하였다. 이 기간 합천댐의 최고수위는 EL.172.89m(9.28.08)를 기록하였다. 남강 댐은 유역 평균 272.1mm의 강우가 내렸다. 이에 따라 9월 17

일에 수문방류중(기승인량 본류 300CMS)에 있었으며, 유입량 감소와 본류측 방류로 수위조절이 가능하여 제수문 방류를 19일 06:45에 종료한 상황이었다. 이후 제

17호 태풍 앤 내습으로 유입량이 증가하여 제수문 방류를 20일 03:00부터 1,600CMS 범위내에서 재개하여 홍수조절을 실시하였으며, 연이은 제18호 태풍 바트의 영향으로 낙동강 하류지역에 홍수경보 및 임하 댐 수문방류 상황을 감안하여 본류측 일류문 방류를 25일 10:30부터 종료하고 제수문으로 방류를 실시하여 낙동강 본류의 수위저하에 크게 일조하였으며, 27일 17:30에 모든 수문방류를 종료하였다.

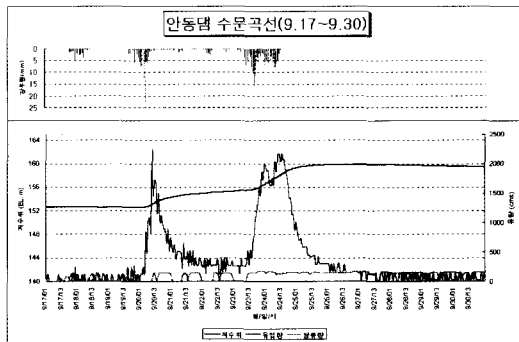


그림 3.1 안동 댐 유역의 강우량과 저수지 유입량 및 저수위, 방류량

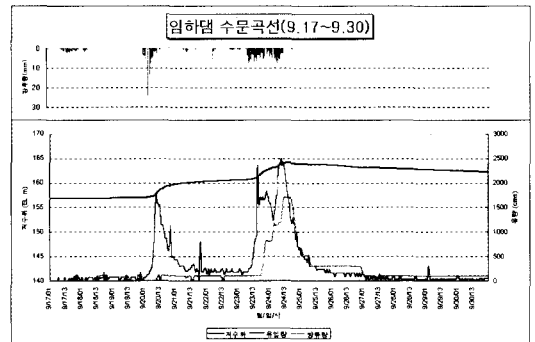


그림 3.2 임하 댐 유역의 강우량과 저수지 유입량 및 저수위, 방류량

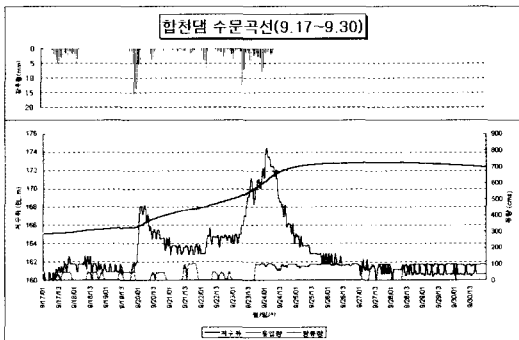


그림 3.3 합천 댐 유역의 강우량과 저수지 유입량 및 저수위, 방류량

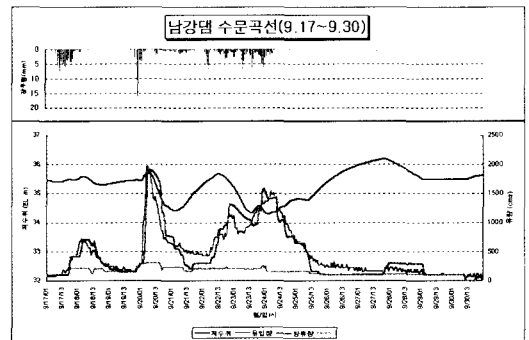


그림 3.4 남강 댐 유역의 강우량과 저수지 유입량 및 저수위, 방류량

표 4.1 낙동강 유역 4개 다목적 댐의 홍수조절 현황

항 목 별	안 동 댐	임 하 댐	합 천 댐	남 강 댐
강우량(mm)	320.6	267.0	276.9	272.1
최대 유입량 (m ³ /초)	2176 (9/24 13:00)	2553 (9/24 11:00)	855 (9/24 02:00)	1913 (9/20 08:00)
최대 방류량 (m ³ /초)	166(발전방류)	1713 (9/24 12:00)	103(발전방류)	300(낙동강본류) (9/20 09:00)
총 유입량(백만m ³)	366	326	168	469
총 방류량(백만m ³)	50(발전방류)	156	23(발전방류)	98.8(낙동강)

4. 홍수조절 효과

이번 호우에도 낙동강 유역의 4개 다목적 댐은 댐 간 연계 운영을 통해 낙동강 하류의 홍수위 상승을 억제하는데 결정적 역할을 한 것으로 나타났다. 이번 호우 기간 동안 낙동강 수계의 안동 댐, 합천 댐은 유입 전량을 댐에 저류시켜 100% 홍수조절을 실시하였으며, 임하댐은 초당 약 2,553m³이 댐에 유입되었으나 초당 1,700m³로 조절 방류, 낙동강 진동수위가 경계수위 8.50m 보다 약 1m 낮은 7.52m 시점에서 단계적으로 예비방류를 실시하여 급격한 수위상승을 방지하였다.

임하 댐의 홍수조절이 없었다면 왜관지점 수위는 실측 최고 7.3m보다 0.8m 높은 8.1m가 되었을 것이다. 낙동강 유역 4개 댐의 연계 운영으로 이번 홍수동안 하류지점인 진동수위는 0.92m정도를 낮추는 효과를 발휘하여 2,400억원의 홍수피해경감은 물론 하류 홍수피해를 방지하는데 중요한 역할을 하였다.

이번 호우에 낙동강 상류 지역 댐들의 홍수조절에도 불구하고 중류지역의 지방 2급 하천인 신천의 제방이 무너져 농경지가 침수되는 등 물난리를 겪었다. 낙동강 유역은 다른 유역에 비해 홍수 대처능력이 매우 취약한 유역임에도 불구하고 그 동안 유역의 체계적

인 치수관리를 소홀히 함으로써 제18호 태풍 바트의 내습에 홍수피해가 되풀이된 것이다. 낙동강 수위 상승으로 인한 주된 피해원인은 댐 유역외 지역의 260~360mm의 집중호우가 단시간에 걸쳐 내렸기 때문인 것으로 파악되고 있으나, 낙동강은 유

역 특성 때문에 만약 하류에서 홍수가 발생하여 상류의 홍수와 중복될 경우에는 하천수위가 급격히 증가하여 하천제방 붕괴등 막대한 침수피해를 유발할 수 있으므로, 원활한 홍수소통을 위해서는 낙동강 유역의 홍수특성에 적합한 하천제방의 정비와 하도개수 및 관리대책이 시급히 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한 유역 전반의 홍수피해를 경감하기 위해서는 내수 배제시설과 홍수 조절용 댐의 건설 등 구조적인 대책 못지 않게, 강우 및 유출의 관측에서부터 관측자료의 분석, 홍수 방어시설의 설계기준 강화, 응급 재해 시스템의 구축 등 종합적인 치수대책이 체계적으로 추진되어야 할 것이다. ●

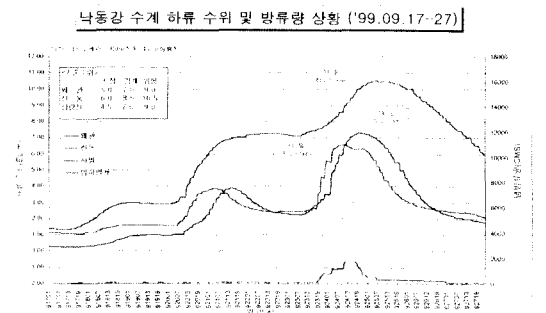


그림 4.1 낙동강 유역 4개 댐의 홍수조절과 하류 수위 현황