

홍수기 사전대응체제 개선을 통한 댐 운영 성과 증대

- 2011년 홍수기 댐 운영 성과를 중심으로 -

황필선, 한광희

본 연구는 기후변화에 따른 우리나라 강우특성의 변화, 그리고 4대강살리기사업 추진에 따른 물관리 여건의 변화에 대해서 알아보고, 이를 대비하기 위한 K-water¹⁾의 홍수기 사전대응체제 개선이 2011년 댐 운영 성과(홍수조절 성과)에 기여한 바를 알아보고자 한다. 기본적으로 우리나라는 한해 강우량의 2/3가 여름철(6월~9월)에 집중되는 매우 어려운 물관리 여건에 놓여있다. 더불어 기후변화의 영향은 기상예측의 불확실성(uncertainty)을 증가시키고 극한 홍수 및 가뭄을 발생, 물관리의 어려움을 더욱 가중시키고 있다. 2011년 홍수기에는 <장마전선과 6월 태풍으로는 48년 만에 우리나라에 상륙한 제5호 태풍 “메아리”의 내습>, <서울지역 관측사상 역대 최대의 3일 강우량(587.5mm²)을 기록한 중부지방 기습폭우(7월)>, <제9호 태풍 “무이파”와 기압골 영향(8월)> 등 크게 세 번에 걸친 홍수가 있었다. 특히, 태풍 “무이파”와 기압골 영향으로 인해 섬진강댐은 유례없는 홍수를 맞아 댐 상하류 주민들의 대피령이 내려지는 등 일촉즉발의 상황이었으나 개선된 사전대응체제를 기반으로 계획 방류 이내에서 안정적 홍수조절을 시행한 바 있다. 결과적으로, 2011년 홍수기 다목적댐은 홍수기 총 유입량(197억m³)을 효과적으로 댐 내에 저류하고 69억m³(유입량 36%)만을 하류수위가 저하된 후 점진적으로 방류함으로써 하천 주요지점 수위를 1.6~4.6m 저하시키는 등 우리나라 치수방재에 그 역할을 충실히 수행하였다.

주제어: 기후변화, 다목적댐 운영, 홍수대응시스템, 치수방재

1. 서론

치수방재에 있어서 댐의 역할은 매우 중요하다. 우리나라 수자원 총량(1,240억m³/년) 중 홍수시에 유출되는 양이 약 42%(522억m³/년)이고, 댐 시설은 이 물을 가두어 하류 홍수피해를 저감하는 대표적인 치수시설이기 때문이다(국토해양부, 2006). 최근 기후변화의 영향으로 강우량이 증가하는 추세에 있는 반면 강우일수는 줄어드는 등 강우의 집중도가 증가하고 있다. 이로 인해 유역 내 발생하는 홍수량을 분담하기 위한 수단으로서 효율적인 댐 운영의 필요성이 강조되고 있다. 우리나라에는 1,200여

1) 한국수자원공사.

2) 본 논문에서 인용된 일부 기상자료는 기상청 공개자료(방재기상정보 포털서비스시스템)이며, 댐 관련 수문자료 및 댐 유역 강우자료는 K-water(한국수자원공사)가 자체적으로 계측하여 취득한 자료입니다.

개의 댐이 있으며, 사용 목적에 따라 다목적댐, 생공용수댐, 수력발전댐, 농업용수댐, 홍수조절댐으로 나뉘게 된다(국토해양부, 2009). 현재 K-water는 16개의 다목적댐과 14개의 용수댐, 2개의 홍수조절댐을 운영하고 있다. 특히, 다목적댐 등 홍수조절을 용도로 하는 댐은 모두 K-water에서 관리하고 있으므로 K-water의 댐은 우리나라 치수방재에 매우 중요한 역할을 하고 있다.

2011년 홍수기는 장마전선과 기압골, 그리고 두 번의 태풍 영향으로 크고 작은 국지적인 피해가 발생하였으며, 댐 운영에도 어려움이 많았다. 수치로 보면 홍수기 시작부터 9월 14일까지의 강우일수는 총 86일 중 55일에 해당하고, 양적으로도 예년 759.2mm 보다 300mm가량 더 많은 1,087.9mm의 비가 내렸다. 우리나라 한해 평균 강우량이 약 1,250mm 정도인 것을 감안하면 얼마나 많은 비가 단기간에 집중적으로 내렸는지 알 수 있다. 그리고 안정적인 댐 운영에 있어서는 강우의 총량뿐만 아니라 강우의 공간 및 시간 분포가 매우 중요하다. 국지적 집중호우가 많았던 올해는 일부 댐 유역에 시간당 30mm 이상, 하루 동안 80mm 이상의 집중호우가 빈번하게 내려 매순간 긴박한 상황이 연출되었다. 더불어 대기불안정 상태가 지속되면서 댐 운영에 있어 중요한 강우예측 또한 매우 어려웠다.

본 연구에서는 기후변화에 따른 우리나라 강우특성 변화, 그리고 4대강살리기사업 추진에 따른 물 관리 여건 변화에 대해 알아보고, 이를 대비하기 위한 K-water의 홍수기 사전대응체제 개선이 2011년 댐 운영 성과에 기여한 바를 알아보려고 한다.

II. 기후 및 물관리 여건변화와 홍수대비 사전 대응체제

1. 지구촌 기후변화

20세기 이후 엘니뇨·라니냐의 잦은 주기 변동의 영향으로 지구촌 곳곳에서는 극한 홍수와 가뭄 등 기상재해 발생 횟수가 급격히 증가하고 있다. 이렇게 기상재해가 증가하는 현상에 대해서는 통계에 의해 분명해 졌지만, 대처가 어려운 것은 불확실성(uncertainty)이 높기 때문이라고 할 수 있다. 한 예로, 지난해 겨울 영국날씨는 300년 만에 가장 혹독한 한파를 경험했으나, 이어 찾아온 봄철에는 100년 만에 가장 더웠다고 한다. 그리고 최근 잉글랜드와 웨일스 곳곳이 가뭄지역으로 선포된 반면, 바로 옆에 위치한 스코틀랜드의 올해 5월 강우량이 사상 최고를 기록하면서 기상의 불확실성이 얼마나 높은지 보여주었다. 더욱이 기후변화에 따른 재해로 인해 많은 인명 및 재산 피해가 발생하였다. 지난해 동유럽과 러시아에서는 평년보다 6°C나 높은 이상고온이 장기간 지속되면서 폭염으로 인한 많은 사망자가 발생하였다. 호주는 올해 최악의 홍수로 300억 달러 이상의 경제적 피해를 입었고 중국은 '100년 만에 최악의 가뭄'을 겪었다. 더불어, 미국에서는 올해 약 600건의 토네이도가 발생해 미주리강 범람으로 138명이 숨지는 유례없는 규모의 물난리가 났다. 외국의 한 유명 재보험사의 발표자료에 따르면 재해로 인한 연간 손실액은 지난 1980년대에 250억 달러이던 것이 20년이 지난 오늘날 1300억 달러

수준으로 상승했다. 그리고 국제구호단체 비정부기구 옥스팜(Oxfam)에 의하면 지진이나 화산폭발 등 지구의 판에 의한 물리적 재해의 발생정도는 큰 변화가 없으나, 홍수나 가뭄으로 인한 기상재해는 지난 20년 동안 급증했다고 한다. 또한 약 10년 전부터 나타난 비정상적 기후현상이 앞으로 더욱 극심해 질 것이라고 세계기상기구(WMO)는 예측하고 있다(Vidal, 2011).



<그림 1> 영국 한파(2010.12)



<그림 2> 호주 홍수(2011.01)



<그림 3> 미국 미주리강 범람(2011.06)

2. 2011년 우리나라 강우특성

이러한 기후변화의 양상은 우리나라도 예외가 아니어서, 2011년에는 기록적인 폭우가 많았다. 2011년 우리나라 홍수기의 몇 가지 강우특성을 살펴보면, 첫째, 올해는 1980년 이래 두 번째로 많은 강우량을 기록하였다. 9월 14일까지의 홍수기 총 강우량은 1,087.9mm로 1,139.1mm를 기록한 2003년을 제외하고는 가장 많은 비가 내렸다. 홍수기 초반 북태평양 고기압이 조기 확장하면서 장마가 최대 13일 빨리 시작되었을 뿐만 아니라, 장마 초반을 제외하고는 장마기간 내내 많은 비가 내렸고, 특히 이 기간 중에는 제5호 태풍 「메아리」가 48년 만에 우리나라에 상륙하는 6월 태풍으로 기록을 남기기도 하였다. 장마기간 동안의 강우량은 예년의 2배에 가까운 629.5mm를 기록하였다.

둘째, 전국적으로 국지성 집중호우가 빈발하였다. 7월 말 수도권에는 하루 동안 400mm가 넘는 강한 폭우가 내렸고, 이 때 서울지역은 7월 27일 하루에 301.5mm의 기습폭우가 내려 작년에 이어 올해 또 최대 일강우량을 기록한 바가 있다. 8월 7일은 제 9호 태풍 「무이파」가 서해상으로 북상하면서 남해안을 중심으로 한 남부지방에 집중호우가 내렸으며, 이를 뒤인 8월 9~10일에는 「무이파」의 후면에서

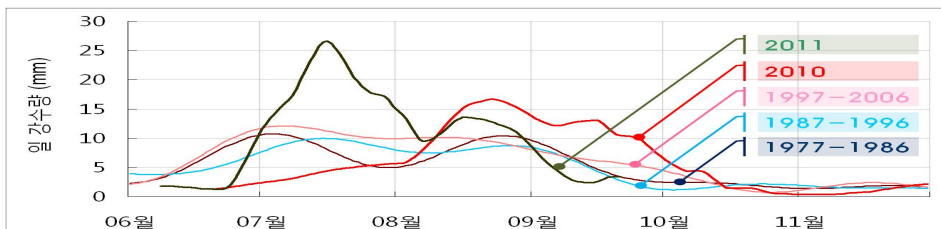
유입되는 강한 수증기가 우리나라 남서지역에서 상층의 한기를 만나면서 단 시간동안 섬진강댐 263.2 mm, 부안댐 251.0mm의 기록적인 폭우가 내렸다. 특히, 정읍지역에서는 8월 9일 420mm의 폭우가 발생하여 홍수 피해가 발생하기도 하였다.

<표 1> 홍수기 기간 중 주요지점별 일 최대 강우량

지점	일 최대 강우량(mm) (관측일)	지점	일 최대 강우량(mm) (관측일)
동두천	449.5 (7.27)	군산	308.5 (7.10)
정읍	420.0 (8. 9)	고흥	305.5 (7. 9)
광양시	357.5 (7. 9)	서울	301.5 (7.27)
문산	322.5 (7.27)	제주	299.0 (8. 7)
진주	318.0 (7. 9)	영광군	297.0 (8. 9)

셋째, 강우량의 기간별 편차가 크게 나타났다. 홍수기 초반 장마기간의 강우량이 예년보다 많았고, 장마가 끝난 뒤에도 홍수기 중반까지 태풍과 대기불안정에 의한 국지성 집중호우 영향으로 많은 강우를 기록하였다. 반면에 8월 21일 홍수기 중후반에는 북쪽의 대륙 고기압이 남쪽으로 확장하면서 맑은 날씨가 이어져 9월 초까지는 비가 없는 날씨가 지속되는 등 홍수기동안의 기간별 강우량 편차가 컸다.

<그림 4>는 홍수기 강우패턴의 변화를 나타내고 있다. 2011년 강수 패턴은 홍수기 강수의 집중도가 크게 높아지고, 그 정도는 장마기간이 포함된 7월에 가장 두드러지게 나타났다. 그러나 8월 중순부터는 강우량이 급격히 줄어들어 평년보다도 적은 강우량 패턴을 보이고 있다. 이러한 강수의 불확실성이 홍수기 물관리를 더욱 어렵게 만드는 중요한 요인으로 작용하고 있다.



<그림 4> 홍수기 강우패턴의 변화

3. 물관리 여건변화

물관리 여건변화의 가장 큰 요소로 2009년부터 시작된 4대강살리기사업을 말할 수 있다. 기존 K-water의 홍수관리는 <표 2>과 같이 16개의 다목적댐과 6개 하천 주요지점을 연계하여 시행하였으나, 4대강살리기사업을 수행하면서 댐 하류 하천에 16개 보공사를 포함한 전체 170여개소의 하천공사를 고려해야 하는 등 홍수관리 요소가 크게 증가하였기 때문이다(황필선 외, 2010). 그리고 준설 등으로 인한 하천환경의 변화가 기존 수위-유량곡선식 기반의 홍수분석 신뢰도 저하를 초래하면서 많은

시행착오를 겪기도 했다. 2011년에는 4대강살리기사업이 막바지에 다다르고, 준설공사가 완료단계에 접어들어 따라 홍수기 이전에 홍수분석모형 개선 등 사전준비가 더욱 철저히 요구되어졌다.

<표 2> 기존 홍수관리 요소 및 하천공사 현황

구분		계	한강	낙동강	금강	섬진강	기타
기 존	댐	17	4	6	2	2	3
	주요지점	6	2 (여주, 한강대교)	2 (왜관, 진동)	1 (공주)	1 (구례)	-
추 가	하천공사	170	27	92	28	17	6
	(보 건설)	(16)	(3)	(8)	(3)	(2)	-

4. 사전 대응체제 구축 및 개선

전국 30여개 다목적댐 및 용수댐, 홍수조절댐 운영을 담당하고 있는 K-water에서는 이러한 변화된 물관리 여건에 맞추어 홍수예보설비의 실시간 모니터링이 가능한 「실시간수문정보시스템」, 댐 수문 자료를 연계 제공하는 「댐통합정보시스템」, 슈퍼컴퓨터를 기반으로 30개 댐 및 16개 보 구역의 강우예보가 가능한 「기상분석·예측시스템」, 이수기에 최적의 댐 공급량 결정을 돕는 「용수공급시스템」, 홍수시 최적방류량을 결정하는 「홍수분석시스템」, 중앙에서 원격 통합제어가 가능한 「발전통합운영시스템」, 마지막으로 GIS를 기반으로 한 실시간 영상 표출과 위기기준 도달 시 자동 알람이 작동되는 「상시물재해감시시스템」 총 7개의 물관리시스템을 전면 개선하였다. 이를 기반으로 댐 하류 주민과 공사현장에 한발 앞선 기상 및 홍수예측정보를 제공하여 홍수에 사전 대비할 수 있도록 조치하였다. 또한, 보 시설 및 하천공사의 재난관리를 위해 지난해부터 구축 운영중인 상시 예·경보 체제를 2011년에는 보 시설 공사 진행 상황을 반영하여 가물막이 철거 전후의 위기단계로 구분 설정하여 운영하였다.



<그림 5> 물관리시스템 현황



<그림 6> 기상예보자료(5일 예보)

더불어 국가 홍수관리기관인 국토해양부와의 협의 하에 관계기관 및 하천 공사현장 등이 참여하는 합동 모의훈련을 시행하여 관계기관간 유기적인 협조체계를 확립하였으며, 돌발홍수 등 갑작스런 홍수상황에 신속히 대처하기 위해 365일 24시간 상시 물감시체제를 지속 유지하였다.

<표 3> 물관리 시스템 현황

구분	시스템 개요	비고
실시간수문정보시스템 (HDAPS)	<ul style="list-style-type: none"> 전국 450여개 홍수예보설비 대상 강우, 수위 및 유량자료 취득제공 수문자료 1분 간격 실시간 모니터링(DB화) 	
댐통합정보시스템 (DIIS)	<ul style="list-style-type: none"> 댐 수문자료 연계 제공 (제원 관리, 일월보 생성 및 제공) 아치수 관련 시스템 연계 	
기상분석-예측시스템 (K-PPM)	<ul style="list-style-type: none"> 30개 댐 유역 강우확률예보 슈퍼컴퓨터 기반 3km×3km 고해상도 강우예보 제공 ※ 5일 예보 신뢰도 향상 	
용수공급(이수)시스템 (IWRM)	<ul style="list-style-type: none"> 하천 수문 예측자료 제공 댐 하류 하천 수질상황 제공 기간별 최적 댐 공급량 결정 	
홍수분석(치수)시스템 (COSFIM)	<ul style="list-style-type: none"> 댐 상하류 하천 및 댐 홍수량 모의 수위 예측 정보 제공 (지형자료 기반의 수치해석) 	
발전통합운영시스템 (GIOS)	<ul style="list-style-type: none"> 전국 31개 수력발전기 원격 통합운영 ※ 충주를 제외한 8개댐 무인운영 발전기 운영 및 감시, 자료 관리 등 	
상시물재해감시시스템 (Smart Eagle Eye)	<ul style="list-style-type: none"> 댐, 보, 접경지역 등 상시 물감시 GIS기반 실시간 영상 표출 위기기준 도달시 자동 알람 	

III. 결과 및 분석

1. 댐 운영 현황

1) 강우량

2011년 9월 14일 기준, 다목적댐 유역 평균 강우량은 1,497mm로 예년(1,097mm)의 137% 수준으로 많았고, 홍수기(6.21~9.14) 강우량은 예년(741mm)의 153% 수준이었다. 특히, <표 6>의 기간별 강우현황을 살펴보면 기간별 편차가 컸다는 것을 확인할 수 있다.

<표 4> 2011년 다목적댐 유역 강우현황(1.1~9.14)

구 분	평균	소양	충주	횡성	안동	임하	합천	남강	밀양	군위	용담	대청	섬진	주암	부안	보령	장흥
금 년 (mm)	1,497	1,483	1,736	1,672	1,462	993	1,179	1,658	1,308	1,035	1,404	1,320	1,402	1,335	1,808	1,300	1,860
예 년 (mm)	1,097	1,068	1,055	1,347	989	878	1,163	1,316	1,373	1,035	1,299	1,021	1,122	1,236	1,332	1,159	1,173
대 비 (%)	137	139	165	124	148	113	101	126	95	100	108	129	125	108	136	112	159

<표 5> 2011년 홍수기 다목적댐 유역 강우현황(6.21~9.14)

구 분	평균	소양	충주	횡성	안동	임하	합천	남강	밀양	군위	용담	대청	섬진	주암	부안	보령	장흥
금 년 (mm)	1,130	1,136	1,319	1,333	1,053	649	866	1,236	882	724	1,072	1,028	1,065	984	1,336	1,002	1,576
예 년 (mm)	741	756	728	973	651	581	775	843	887	724	889	686	740	804	841	753	783
대 비 (%)	153	150	181	137	162	112	112	149	101	100	121	150	147	122	159	133	201

<표 6> 기간별 강우현황

구 분	계	1.1~6.20	6.21~8.20	8.21~9.14
금 년 (mm)	1,497.2	367.4	1,057.4	72.5
예 년 (mm)	1,097.2	356.8	557.7	182.7
대 비 (%)	136.5	103.0	189.6	39.7

2) 유입량, 방류량

2011년 다목적댐의 유입량은 총 242억^m³으로 예년 154억^m³의 157% 수준이며, 홍수기(6.21~9.14) 유입량은 197억^m³으로 예년 116억^m³의 170% 정도로 많았다. 예년보다 1.7배가량 많은 유입 상황에서 댐에서는 하류 홍수피해 최소화를 위해 하천 유행상황이 안정화된 후 홍수기 유입량의 77%인 152억^m³만을 방류하였다. 특히, 용수공급 등을 제외한 수문방류량(무효방류량)은 총 방류량의 46%인 69억^m³에 불과하다.

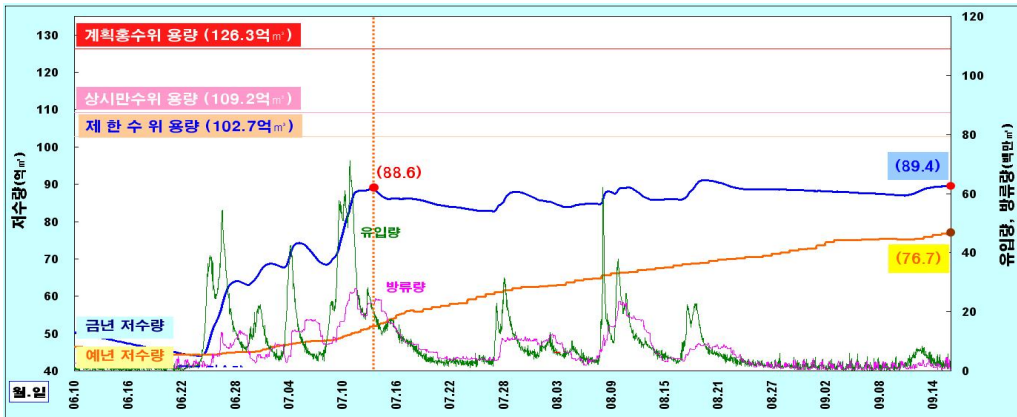
<표 7> 기간별 유입량 및 방류량 현황

구 분		유입량 (백만㎥)	방류량 (백만㎥)		
			공급량	수문 방류량	계
홍수기 전 (1.1~6.20)	2011년 (예년)	4,521 (3,814)	7,487	242	7,729 (5,743)
홍수기 (6.21~9.14)	2011년 (예년)	19,655 (11,591)	8,264	6,944	15,208 (8,631)
총 량	2011년 (예년)	24,176 (15,405)	15,750	7,187	22,937 (14,374)

※ 공급량: 총 방류량 중 수문 방류량을 제외한 값으로 생공, 농업, 하천유지수 방류량을 의미함.

3) 저수량

2011년 다목적댐은 9월 15일 기준으로 예년 76.7억³m(61%)의 117% 수준인 89.4억³m(저수율 71%)의 저수량을 확보하였다. 특히, 홍수기 중후반인 8월 중순 이후, 적은 강우로 인해 저수량 확보가 쉽지 않은 여건이었으나, 장단기 기상전망을 기반으로 수시 방류량 조정 등의 조치를 통해 예년보다 많은 저수량을 확보할 수 있었다.


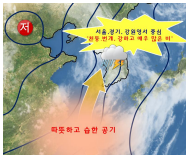
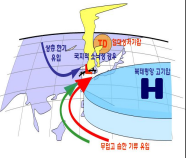


<그림 7> 2011년 홍수기 댐 저수량 변화

4) 홍수조절 현황

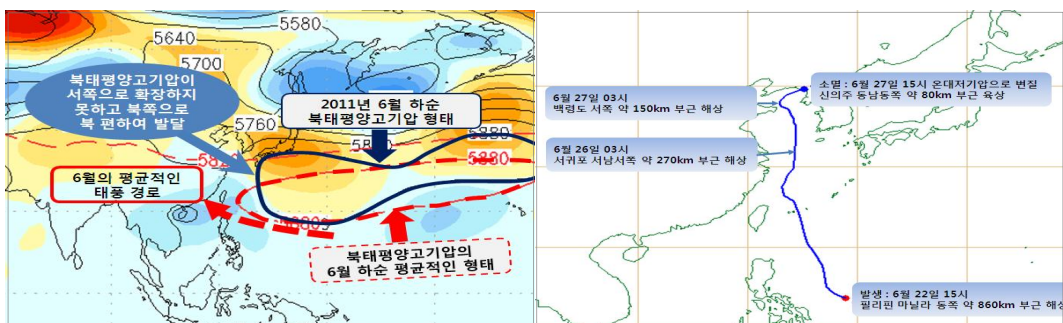
6월 10일 장마 시작 이후, 2회의 태풍과 기압골 등의 영향으로 2011년 댐의 홍수관리는 어느 해보다 어려운 한해였다. 다목적댐에서는 예년 18회보다 많은 총 29회의 수문방류를 시행하였다. 그러나 강우예보를 고려한 사전 예비방류 등을 선제적으로 시행하여 댐의 방류규모를 줄여 하류 홍수피해 저감에 기여하였다. 아래 <표 8>은 기간별 주요 댐 홍수조절 현황을 나타내었다.

<표 8> 기간별 주요댐 홍수조절 현황

구분	태풍 "메아리"+장마전선 활성화 (6.10~7.17)	저기압 영향 (7.26~7.28)	태풍 "우이파"+기압골 영향 (8.7~8.11)
기상 개요	 필리핀 부근 발생 →서귀포 접근 →신의주 소멸 남동해안지방 중심	 다량의 수증기 유입 장마전선 활성화 중남부지방 중심	 미국 광 부근 발생 →서귀포 접근 →강계 북쪽 소멸 남동해안지방 중심
주요 홍수조절댐	남강댐 ※수문방류(9): 충주, 황성, 남강, 밀양, 용담, 대청, 주암, 보령, 장흥	소양강댐 ※수문방류댐(3): 소양강, 황성, 남강	성진강댐 ※수문방류댐(7): 황성, 남강, 용담, 대청, 성진강, 주암, 장흥
강우량(mm) (유역평균)	777.4 (617.0)	263.6 (134.7)	377.4 (269.8)
최고수위 (EL.m)	44.6	193.3	196.7
최대유입량 (m³/초)	7,095	5,948	4,434
최대방류량 (m³/초)	3,696	1,568	1,794
홍수조절율(%)	47.9	74	60
홍수조절효과	진동 3.6m 수위 저하 (6,264m³/초↓)	한강대교 0.9m 수위 저하 (4,200m³/초↓)	구례 2.0m 수위 저하 (2,796m³/초↓)

(1) 장마기간(6.10~7.17)

우리나라 물관리 특징은 홍수기(6.21~9.20)에 물을 댐에 저류하고 이 물을 갈수기인 이듬해 6월까지 이용하는 것이다. 따라서 6월말의 댐 저수량이 가장 낮게 유지되고 그만큼 홍수조절용량을 많이 확보할 수 있다. 올해 장마기(6.10~7.17)에는 이러한 홍수조절용량을 최대로 활용해 예년(319mm)보다 2.1배나 많은 671mm의 비가 내렸지만 대부분의 홍수를 댐에 저류할 수 있었다.



<그림 8> 태풍 「메아리」의 서해복상 원인 및 경로도

이로 인해 전체 댐 저수율은 39.9%(6.10)에서 68.1%(7.17)로 상승했으며, 하류지역 홍수피해를 최소화하는 등 이·치수면에서 댐의 역할을 제대로 수행했다고 할 수 있다. 장마기동안 댐 하류 홍수피해

가 없이 성공적인 댐 운영을 시행하는 중에 일부 언론에서 안동댐 수위가 높아 댐 안전이 우려된다는 지적이 있었다. 하지만 6월 22일 장마전선 활성화와 연이은 제5호 태풍 「메아리」의 북상으로 총 237mm의 강우가 유역에 내려 하류의 하천수위는 매우 높은 상태였고, 반면에 댐 수위는 여유가 많은 상황이었다. 이 상황에서 만약 안동댐 수위를 낮추기 위해 추가적인 방류를 시행했다면 하류에 큰 홍수피해를 안겼을 것이다.



<그림 9> 6월21일~7월15일 안동댐 수문 그래프

따라서 안동댐은 하류 하천수위가 안정화가 될 때까지 최대한 저류시킨 후 7월 7일부터 기본계획공급량의 4배 수준인 초당 160m³으로 점진적 증가 방류를 실시하면서 하류 홍수피해가 발생하지 않도록 하는 댐의 기능을 충실히 수행하였다. 이후에도 안동댐 유역에는 7월 11일까지 예년(192mm)의 3배가 넘는 590mm의 강우가 내려 수위가 해발 142.9m에서 해발 155.7m로 12.8m 상승되었지만, 이 수위는 홍수기 제한수위(EL.160m)보다 4.3m 여유가 있는 수치였으므로 댐 체의 안전이나 홍수조절에 문제가 없었다. 결과적으로 보면 안동댐은 홍수기에 단 한 번의 수문 방류도 없이 안정적으로 홍수조절을 시행하였으며, 9월 15일의 수위 해발 154.5m는 예년보다 4.7m 높은 상태로서 이·치수 측면에서 성공적으로 운영하였다고 볼 수 있다.

그리고 7월 9일부터 10일에는 남강댐에 48시간 동안 315mm의 폭우가 쏟아져 초당 5,361m³(7.9 15시)과 7,095m³(7.10 07시)의 double peak 유입이 발생하였다. 당시 유입량을 홍수총량 기준으로 볼 때 약 200년 빈도의 홍수량에 해당하며, 댐 수위는 준공 이래 두 번째로 높은 해발 44.59m까지 상승하였다. 댐 운영관리에 있어 쉽지 않은 double peak 유입이 발생했지만 <그림 10>에서 보는 바와 같이 남강댐은 사전 방류를 적절히 시행하여 계획방류량(4,050m³/초) 이하인 초당 3,695m³로 안정적인 홍수조절을 수행하였다.



<그림 10> 7월7일~12일 남강댐 수문 그래프

올해 장마기(6.10~7.17) 수계별 다목적댐 홍수조절 현황에 대해 <표 9~12>과 같이 분석하였다. 아래 표에서 유출율은 해당 댐 유역면적에 내린 강우량 대비 총 유입량을 말하고 다음 (1)식에 의해 계산되며, 홍수조절율은 첨두유입량 대비 저류량으로서 다음 식 (2)와 같이 나타낸다.

$$(1) \quad \text{유출율}(\%) = \frac{\text{총유입량}}{\left(\frac{\text{유역면적} \times \text{누적강우량}}{1,000} \right)} \times 100$$

$$(2) \quad \text{홍수조절율}(\%) = \frac{(\text{최대 유입량} - \text{최대 방류량})}{\text{최대 유입량}} \times 100$$

일부 다목적댐의 유출율은 80~90%에 가깝고, 이 값은 홍수기 평균 유출율이 70% 정도인 것을 감안하면 많은 양의 비가 단시간에 내렸음을 보여주는 결과이다. 더불어, 장마기 동안은 댐의 홍수조절 용량을 최대한 활용하여 소양강·안동·임하·합천·밀양·군위·용담·섬진강·부안·장흥댐의 홍수조절율이 90~98%에 달하는 것을 확인할 수 있다.

<표 9> 한강수계 홍수조절 현황

구 분		단위	계	소양강댐	충주댐	횡성댐
강 우 량		mm	772.8	695.0	801.1	877.5
수 위	초기(6.10일)	EL.m	-	166.7	123.8	168.5
	최 고	EL.m	-	188.6	140.1	174.1
	최종(7.17일)	EL.m	-	188.6	134.9	173.6
유 량	최대유입량	m³/초	-	2,530.2	8,093.4	496.5
	최대방류량	m³/초	-	250.9	3,794.0	127.2
	총 유입량	백만m³	5888.9	1,472.2	4,272.2	144.5
	총 방류량	백만m³	4046.8	438.0	3,485.4	123.4
	수문방류량	백만m³	1949.9	-	1,842.3	107.6
저 수 율	초기(6.10일)	EL.m	-	1,179.4	1,029.6	35.4
	(저수율)		39.1	40.7	37.4	40.7
	최종(7.17일)	EL.m	-	2,190.0	1,750.4	54.7
	(저수율)		69.6	75.5	63.7	62.9
평 가	수 위 증 ▽ 감	m	-	22.0	11.1	5.1
	저 수 율 증 ▽ 감	%	30.5	34.8	26.3	22.2
	저 류 량	백만m³	1842.1	1,034.2	786.8	21.1
	유 출 율	%	79.7	78.4	80.2	78.9
	홍수조절율	%	-	90.3	53.1	80.2
수문방류 횟수		회	4	-	3	1

<표 10> 낙동강수계 홍수조절 현황

구 분		단위	계	안동댐	임하댐	합천댐	남강댐	밀양댐	군위댐
강 우 량		mm	617.0	616.8	364.9	509.9	777.4	590.9	465.4
수 위	초기(6.10일)	EL.m	-	145.7	143.7	149.5	37.4	196.6	188.8
	최 고	EL.m	-	155.7	153.2	163.6	44.6	205.6	199.5
	최종(7.17일)	EL.m	-	155.4	152.0	163.6	39.0	199.9	197.9
유 량	최대유입량	m³/초	-	2,459.9	1077.7	1,268.9	7,095.0	422.4	190.9
	최대방류량	m³/초	-	165.9	120.5	110.4	3,695.5	32.4	15.0
	총 유입량	백만m³	2,938.2	715.8	314.2	291.1	1547.3	42.3	27.5
	총 방류량	백만m³	2,116.5	310.9	182.2	78.9	1499.8	35.8	8.9
	수문방류량	백만m³	1,310.7	0.0	0.0	0.0	1291.2	19.5	0.0
저 수 율	초기(6.10일)	백만m³	1,195.4	592.3	194.7	239.4	103.6	49.0	16.4
	(저수율)	%	38.5	47.5	32.7	30.3	33.5	66.6	33.7
	최종(7.17일)	백만m³	1,983.2	985.7	319.8	448.3	141.7	54.4	33.3
	(저수율)	%	64.7	79.0	53.8	56.8	45.8	74.0	68.5
평 가	수 위 증 ▽ 감	m	-	9.7	8.3	14.1	1.6	3.4	9.1
	저 수 율 증 ▽ 감	%	26.2	31.5	21.1	26.5	12.3	7.4	34.8
	저 류 량	백만m³	821.6	405.0	131.9	212.1	47.5	6.5	18.6
	유 출 율	%	-	73.3	63.3	61.7	87.1	75.1	67.5
	홍수조절율	%	-	95.0	89.6	91.7	47.9	97.5	92.2
수문방류 횟수		회	5	-	-	-	4	1	-

<표 11> 금강수계 홍수조절 현황

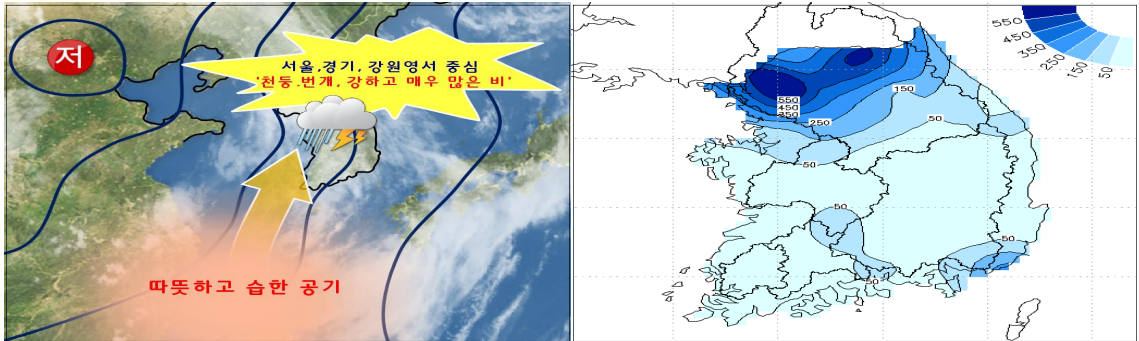
구 분		단위	계	용담댐	대청댐
강 우 량		mm	567.7	527.0	579.4
수 위	초기(6.10일)	EL.m	-	249.5	66.1
	최 고	EL.m	-	257.3	77.6
	최종(7.17일)	EL.m	-	256.0	74.2
유 량	최대유입량	m³/초	-	2860.3	6521.0
	최대방류량	m³/초	-	217.7	1517.0
	총 유입량	백만m³	970.3	338.7	1471.6
	총 방류량	백만m³	85.2	164.8	1034.7
저 수 량	수문방류량	백만m³	1,544.2	76.5	479.6
	초기(6.10일)	EL.m	970.3	360.8	609.5
	(저수율)	%	42.1	44.3	40.9
	최종(7.17일)	EL.m	1,544.2	515.5	1028.7
	(저수율)		67.0	63.3	69.0
평 가	수 위 증 ∇ 감	m	-	6.5	8.2
	저 수 율 증 ∇ 감	%	24.9	19.0	28.1
	저 류 량	백만m³	0	173.9	436.9
	유 출 율	%	-	69.1	79.3
	홍수조절을	%	-	92.4	76.7
수문방류 횟수		회	2	1	1

<표 12> 섬진강수계 및 기타수계 홍수조절 현황

구 분	단위	섬진강수계			기타수계				
		계	섬진강댐	주암댐	계	부안댐	보령댐	장흥댐	
강 우 량		mm	574.6	480.4	645.8	709.6	569.0	925.2	570.2
수 위	초기(6.10일)	EL.m	-	186.0	95.2	-	35.3	61.5	69.6
	최 고	EL.m	-	192.8	106.6	-	41.5	74.0	77.1
	최종(7.17일)	EL.m	-	192.7	103.5	-	41.1	71.8	76.8
유 량	최대유입량	m³/초	-	1622.4	2235.5	-	151.7	826.6	613.4
	최대방류량	m³/초	-	41.9	326.0	-	15.2	397.6	62.3
	총 유입량	백만m³	599.0	239.8	359.2	240.3	25.3	133.0	82.0
	총 방류량	백만m³	321.8	111.9	209.9	108.3	6.8	76.3	25.2
저 수 량	수문방류량	백만m³	137.4	0.0	137.4	71.0	0.6	63.7	6.8
	초기(6.10일)	EL.m	-	214.2	153.3	-	26.0	39.0	79.2
	(저수율)		41.3	46.0	33.5	40.3	51.6	33.4	41.5
	최종(7.17일)	EL.m	-	335.1	294.9	-	41.2	92.3	133.7
	(저수율)		69.5	71.9	64.5	74.6	82.0	78.9	70.0
평 가	수 위 증 ∇ 감	m	-	6.8	8.3	-	5.9	10.3	7.1
	저 수 율 증 ∇ 감	%	28.2	25.9	31.0	34.3	30.4	45.5	28.5
	저 류 량	백만m³	277.2	127.9	149.3	132.0	18.5	56.7	56.8
	유 출 율	%	-	65.4	55.1	-	75.4	87.9	74.5
	홍수조절을	%	-	97.9	85.4	-	92.4	51.9	89.9
수문방류 횟수		회	1	-	1	3	1(월류)	1	1

(2) 중부지방 기습폭우(7.26~7.28)

7월 17일 장마가 북한지역으로 물러나면서 예년처럼 소강상태가 당분간 지속될 것이라 예상했었다. 그러나 장마종료 직후인 7월 26~28일 사이 중부지방과 부산지역에 기습폭우가 몰아쳤다. <그림 11> 과 같이 당시 북태평양 고기압의 가장자리를 따라 다량의 따뜻하고 습한 공기가 유입되었고 우리나라 상공으로 한랭 건조한 공기가 남하하면서 대기불안정 상태가 지속되었다. 특히 사할린 부근에 위치한 고기압이 정체하고 저기압의 이동속도가 느려지면서 많은 강우가 서울 등의 좁은 지역에 집중되었다.



<그림 11> 7월 26~28일 기압계 특성 모식도(좌) 및 전국 누적 강우량(우)



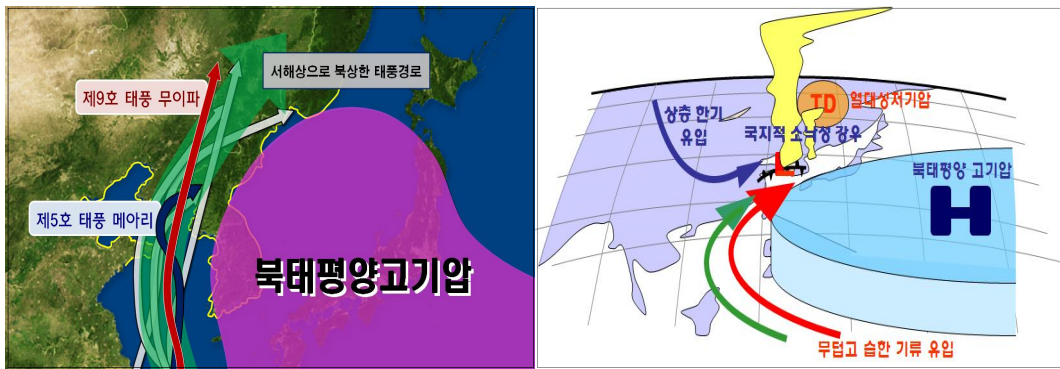
<그림 12> 7월26일~8월1일 소양강댐 수문 그래프

동두천 675mm, 서울 588mm, 춘천 502mm, 문산 494mm 등 500~600mm의 기록적인 폭우였다. 특히 서울은 작년 추석 기습폭우(303mm)의 2배에 달하는 양이었으며, 서울지역은 관측사상 역대 최대의 3일 강우량(587.5mm)을 기록했다. 이로 인해 서울, 강원 등지에는 산사태 등의 재해가 일어나 서울 우면산 16명, 춘천 신북면 13명, 포천 8명, 동두천 3명 등 총 사망자 52명, 이재민 16,988명이 발생하였

다. 당시 한강수계 다목적댐 유역에 내린 강우 134.7mm로 인해 소양강댐, 충주댐, 횡성댐에는 각각 6.7억 m^3 , 4.4억 m^3 , 0.3억 m^3 의 홍수가 유입되었다. 장마기 종료 후 얼마 지나지 않아 댐 수위가 높은 상태였으나, 하류 피해 최소화를 위해 댐의 여유공간을 최대한 활용하고 7.6억 m^3 만을 방류했다. 특히, 충주댐은 수문방류 없이 홍수조절을 수행하였고, 소양강댐과 횡성댐은 강우 종료 이후 하천수위가 안정된 상황에서 수문방류를 실시해 한강대교의 수위를 약 0.9m 저감시키는 등 하류 홍수피해를 막을 수 있었다.

(3) 태풍 「무이파」 및 강우전선(8.7~8.11)

제9호 태풍 「무이파」는 우리나라 서·남해안 지역에 직접적인 영향을 미쳤다. 뿐만 아니라, 태풍이 지나가자마자 기압골의 영향으로 호남지방에는 연속적으로 많은 강우가 내렸다. 이 기간 동안 서·남해안 중심으로 내린 강우는 정읍 484mm, 고창군 357mm, 임실 355mm, 장수 354mm, 순천 282mm이고, 최대강우강도는 광양 99mm(8.7 23시), 순천 74mm(8.7 21시)이었다.



<그림 13> 8월7일~8일 태풍 무이파의 경로(좌) 및 기압계 특성 모식도(우)

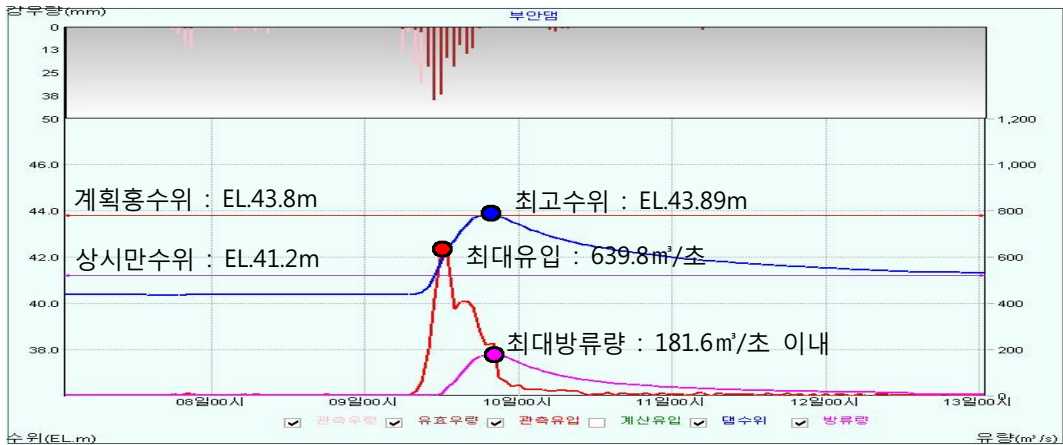
태풍 「무이파」의 영향은 장흥댐, 주암댐, 수어댐, 남강댐 순으로 진행되었는데, 특히 수어댐에는 일강우 259mm(8.7)와 역대 최대강우강도인 95.5mm(8.7 23시)를 기록하면서 수위가 계획홍수위 초과 직전까지 상승했다. 수어댐에 이어 남강댐에도 설계홍수량(10,400 m^3 /초)을 초과한 초당 10,648 m^3 의 홍수가 유입되어 장마기 이후 또 한 번의 위기가 찾아왔지만 예비방류와 적기의 수문방류로 설계방류량(4,050 m^3 /초) 보다 적은 초당 2,482 m^3 의 방류를 통해 안정적인 홍수조절을 수행하였다.

이후, 태풍은 우리나라의 영향권에서 벗어났지만 태풍의 빈자리를 채우려는 상층 한기와 고온 다습한 공기가 동시에 유입되면서 부안댐에 244mm(8.9)의 국지적 소낙성 강우가 내렸다. 이로 인해 500년 빈도의 홍수가 발생하였고, 댐 수위가 계획홍수위(EL.43.8m)를 초과하여 역대 최대인 해발 43.89m까지 상승하였다. 이례적인 상황이었지만, 준비된 위기관리 매뉴얼에 의한 관계기관 통보 및 주민 대피를 시행하여 홍수피해가 전혀 발생하지 않았다. 당시 부안댐 수문그래프 및 현황을 <표 13>와 <그림

14>에 나타내었다.

<표 13> 무이파 내습 이후 부안댐 홍수조절현황

구분	현 재(강우전→후)	최 대 (시간)	비 고
유입량(㎥/초)	1.2 → 10.5	639.8 (8.9 12:00)	계획홍수량 : 585㎥/초
방류량(㎥/초)	1.2 → 30.2	181.6 (8.9 20:00)	계획방류량 : 150㎥/초
수 위(EL.m)	40.38 → 41.87	43.89 (8.9 20:00)	계획홍수위 : EL.43.8m



<그림 14> 무이파 내습 이후 부안댐 수문그래프

부안댐의 상황이 마무리되기도 전에 강우전선이 섬진강댐 유역으로 이동하면서 8월 9일 단시간(18시간)동안에 251mm의 강우가 내렸다. 이로 인해 500년 빈도에 해당하는 초당 4,434㎥(계획홍수량 3,268㎥/초)의 홍수가 발생하였으나, 섬진강댐에는 정확한 기상 및 홍수예측을 통해 계획방류량 (1,868 ㎥/초) 이내인 초당 1,795㎥으로 안정적 홍수조절을 수행하였다. 당시 댐의 수위는 역대 최대인 해발 196.7m을 기록하였다. 섬진강댐 홍수조절 현황을 <표 14>, <그림 15>에 자세히 나타내었다. 섬진강댐은 유례없는 홍수에도 불구하고 국가재난 관리체계에 따라 정부 및 지자체 등 관계기관과 협력하여 댐 상·하류 주민 55마을 4,597명을 신속하게 대피시킨 결과, 인명피해가 단 1건도 발생하지 않았다.

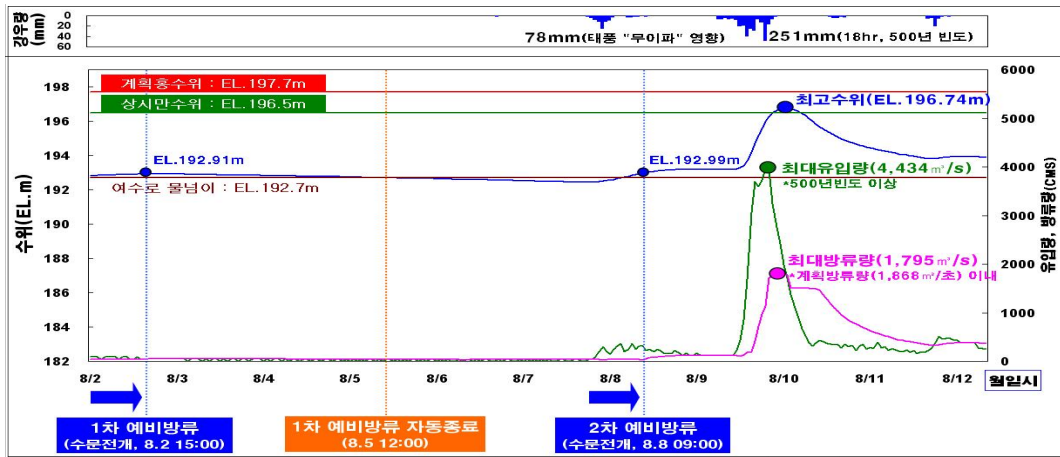
<표 14> 무이파 내습 시 섬진강댐 홍수조절현황 및 유입량 빈도

구분	현 재(강우전→후)	최 대 (시간)	비 고
유입량(㎥/초)	35.8 → 274	4,434 (8.9 18:30)	계획홍수량 : 3,268㎥/초
방류량(㎥/초)	35.8 → 499	1,795 (8.9 22:00)	계획방류량 : 1,868㎥/초
수 위(EL.m)	192.5 → 194.2	196.7 (8.9 24:00)	계획홍수위 : EL.197.7m

분포형 빈도(년)	MOM※		ML		PWM	
	GAM2※※	GUM	GEV	GUM	GAM3	LN3
100	3,243.0	3,255.3	3,276.8	3,277.7	3,246.9	3,307.4
계획홍수량	3,268.0 (100년 빈도 기준)					
150	3,439.2	3,467.3	3,490.6	3,492.1	3,436.3	3,521.0
200	3,576.8	3,617.5	3,642.1	3,644.0	3,569.0	3,672.9
300	3,769.0	3,829.0	3,855.4	3,857.9	3,753.7	3,887.5
500	4,008.3	4,095.3	4,123.8	4,127.3	3,983.2	4,159.3

※ 확률분포형을 구성하는 매개변수추정방법으로서 모멘트법(MOM, METHOD OF MOMENTS), 최우도법(ML, METHOD OF MAXIMUM LIKELIHOOD), 확률가중모멘트법(PWM, METHOD OF PROBABILITY WEIGHTED MOMENTS)이 있음.

※※ 확률분포형으로서 GAM(Gamma), GEV(Generalized extreme value), GUM(Gumbel), LN(Log-normal) 등이 있음.



<그림 15> 루미파 내습 시 섬진강댐 홍수조절현황

<표 15> 2011년 홍수기 계획 홍수량 초과 댐 현황

댐 명	관측 최대 홍수량(관측 일시)	계획 홍수량	비 고
수 어 댐	627m³/s(8.7 24시)	499m³/s	200년 빈도 이상
남 강 댐	10,648m³/s(8.8 03시)	10,400m³/s	200년 빈도 이상
부 안 댐	640m³/s(8.9 12시)	585m³/s	500년 빈도 이상
섬진강댐	4,434m³/s(8.9 18시)	3,268m³/s	500년 빈도 이상

5) 기타 조치사항

'09년 9월, 북측 황강댐 무단방류에 따른 인명피해 발생으로 접경지역 위기관리에 대해 국가적인 관심이 많아졌다. 이후, 임진강에 군남홍수조절지를 계획보다 14개월 앞당긴 '10년 6월 조기 준공하여

댐 운영을 시행하였다. 2011년은 북측 황강댐 방류 등으로 황산수위국 3.0m 이상의 위기상황이 총 7회 발생하였으나, K-water에서는 군남조절지의 홍수조절, 관계기관 비상연락, 하류 경보방송 등을 적기에 시행하여 국민의 재산과 인명을 보호할 수 있었다.

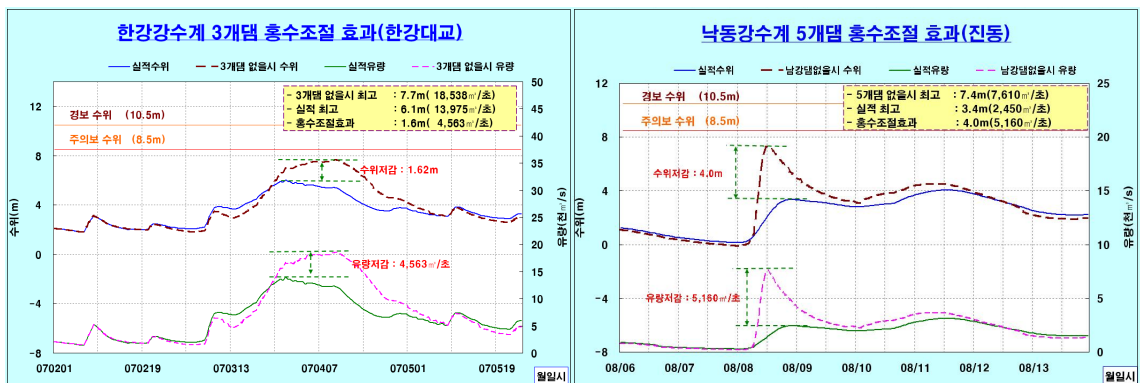
또한, 4대강 공사현장의 원활한 공정관리 및 홍수피해 저감을 위해 기상 및 수위예측정보를 SMS 및 E-메일을 통해 총 124회 제공하였다. 이러한 예측정보를 바탕으로 공사현장에서는 장비 및 인력대피, 가물막이 충수 등을 선제적으로 시행함으로써 홍수로부터 안전할 수 있었다.

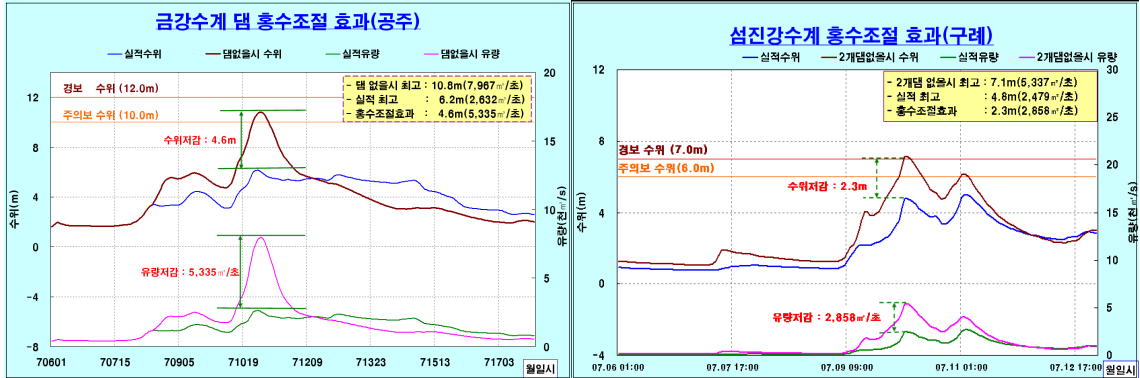
2. 홍수조절 성과

2011년 다목적댐의 홍수조절 성과를 알아보기 위해 홍수발생 시 침두수위 및 홍수량 저감 정도를 분석한 후, <표 16>와 <그림 16>에 나타내었다. 분석 지점은 각 수계의 하천주요지점인 한강대교(한강수계), 진동(낙동강수계), 공주(금강수계), 구례(섬진강수계)으로 설정하였다. 먼저, 홍수조절 효과분석 결과를 보면 댐 홍수조절을 통해 수위를 1.6m~4.6m까지 저하시켰으며, 홍수량은 2,858m³/초~5,335m³/초까지 저감시켰다.

<표 16> 댐 홍수조절 효과분석(하천 주요지점 기준)

수계명	지점명	수위저하	홍수량저감	비고
한 강	한강대교	1.6m↓	4,922m ³ /초↓	태풍 「메아리」 영향(6.22~27)
낙동강	진 동	4.0m↓	5,160m ³ /초↓	태풍 「무이파」 영향(8.7~8)
금 강	공 주	4.6m↓	5,335m ³ /초↓	장마기 후반 장마전선 영향(7.6~17)
섬진강	구 례	2.3m↓	2,858m ³ /초↓	장마기 후반 장마전선 영향(7.6~17)





<그림 16> 홍수조절효과 그래프(한강, 낙동강, 금강, 섬진강 수계)

또한, K-water의 댐·하천 유역의 5일 정량 강우예보를 토대로 선제적 예비 방류를 시행하여 댐 방류 규모를 최소화 하였다. 아래 <표 17>은 예비방류를 통한 댐의 방류규모 감소효과를 분석한 결과이다.

<표 17> 댐 예비방류 효과분석

구 분	장마전선 + 태풍 「메아리」 영향			태풍 「무이파」 + 기압골 영향		
	남 강 댐	총 주 댐	남 강 댐	남 강 댐	주 암 댐	장 흥 댐
예비방류량	0.26억m ³	2.56억m ³	0.84억m ³	0.52억m ³	0.18억m ³	0.036억m ³
방류규모 감소량	905m ³ /초 (3,100→2,195 m ³ /초)	706m ³ /초 (4,500→3,794 m ³ /초)	340m ³ /초 (4,035→3,695 m ³ /초)	2,218m ³ /초 (4,700→2,482 m ³ /초)	146m ³ /초 (553→407 m ³ /초)	121m ³ /초 (168→47 m ³ /초)

위와 같은 댐의 홍수조절 효과 등으로 2011년은 제5호 태풍 「메아리」와 제9호 태풍 「무이파」, 한강 수계 기습폭우 등에 의한 국지적 홍수피해는 있었지만 댐이 위치한 하천에서의 홍수피해는 거의 발생하지 않았다. 아울러, 다목적댐에서 홍수기말에 89.4억m³(9월 15일 기준)의 풍부한 저수량을 확보하였다. 이러한 저수량은 예년 76.7억m³보다 12.7억m³ 많은 수치로 내년 갈수기에 안정적이고 풍요로운 물 공급뿐만 아니라, 수질개선 등에도 활용 가능한 양이다.

IV. 결론

2011년은 이른 장마기의 시작, 이례적인 6월 태풍내습, 관측 최대치를 경신한 기록적 폭우 등 기후 변화 영향이 뚜렷한 한해였다. 또한 4대강살리기사업이 막바지에 다다르면서 변화된 물관리 여건에 대한 대비가 필요했다. 이에 따라 K-water에서는 홍수기 이전에 「실시간수문정보시스템」, 「댐통합

정보시스템」, 「기상분석·예측시스템」, 「용수공급시스템」, 「홍수분석시스템」, 「발전통합운영시스템」, 「상시물재해감시시스템」 모두 7개의 물관리시스템을 전면 개선하였으며, 특히 댐·하천 유역의 5일 정량 강우예보를 토대로 선제적 예비 방류를 시행하여 댐 방류 규모를 최소화 하였다. 결과적으로 개선된 시스템을 기반한 효율적인 댐 운영을 통하여 하류 주요지점의 수위를 1.6m~4.6m까지 저하시키고 홍수기말에는 90억m³에 가까운 풍부한 저수량을 확보하였다. 이는 예년 76.7억m³보다 12.7억m³ 많은 수치로서 내년 갈수기에 안정적인 물 공급뿐만 아니라, 수질개선 등에도 적절히 활용 가능하다.

더불어, 향후에는 최근 문제가 되는 도심홍수 등 국지성 집중호우에도 능동적으로 대처할 수 있는 국가 재난관리체계의 정비가 필요하다. 이를 위해 앞으로의 홍수대응은 지역의 특성에 따른 구조적인 대책과 병행하여 각 지자체별로 기상과 홍수를 예측·분석하고 사전에 경보체계를 가동할 수 있는 도시형 재난방재시스템 구축이 반드시 필요하며, 배수펌프장, 하수관거 등의 방재시설물도 댐과 같이 실시간 개념의 자동 수위 및 유량관측설비 설치를 통해 홍수예측 및 대응 등 사전 예측적 재난관리로의 변화가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

국토해양부. 2009. 물과 미래. 2009 제17회 세계 물의 날 자료집. 66-71.

국토해양부, 한국수자원공사. 2006. 수자원장기종합계획:2006~2020.

황필선·박종택·김종래. 2010. 2010 홍수기 댐 운영현황 및 성과. 한국수자원학회지. 43(12): 71-78.

Vidal John. 2011. *Warning: Extreme Weather Ahead*. THE GUARDIAN.

黃必善: 전남대학교 토목공학과를 졸업하고, 현재 K-water(한국수자원공사) 물관리센터 실장으로 재직중이다. 주요 논문으로는 “하류수위를 고려한 조정지댐 방류량 산정방안 검토(2007)”, “강우-유출모형과 연계한 낙동강 수리학적 하도추적 모형(2007)” 등이 있으며, “한국기상학회 부회장”, “한국대댐회 기획위원회 부위원장”, “한국방재협회 이사” 및 “국가위기관리학회 감사”를 역임하고 있다(jesus@kwater.or.kr).

韓光熙: 연세대학교 토목환경공학과를 졸업하고, 현재 K-water(한국수자원공사) 물관리센터 남부통합물관리팀에 재직중이다. 주요 논문으로는 “상호정보량 기법을 적용한 인공신경망 입력자료의 선정(2010)” 등이 있다(kh0930@kwater.or.kr).

투 고 일: 2011년 11월 24일

수 정 일: 2011년 12월 12일

게재확정일: 2011년 12월 20일

Increase of Dam Operation Efficiency by the Improved Flood Response System Ahead of Rainy Season

– Focused on the Result of Dam Operation in Rainy Season of 2011 –

Phil Sun Hwang, Kwang Hee Han

This study examines changes of the rainfall condition in Korea according to Climate Change around world and the result of dam operation in this year. As the result, we try to figure out importance of multi-purpose dam for preventing water-related disasters and discuss how much the Flood Response System contributed to dam operation efficiency.

Basically, it is very difficulty to manage water resources in Korea, because two-third of annual rainfall amount pour down during rainy season(June~September). Moreover, Climate Changes continue to increase uncertainty for weather prediction. In rainy season 2011, for the first time in Korean history, directly being affected by typhoon "MEARI" in June, and recorded the highest precipitation ever for three days. Besides, Seomjin-river multi-purpose dam was placed at risk from the worst floods ever recorded, but flood damage was minimized with the improved Flood Respose System before the rainy season. As a result, multi-purpose dams which are operated by K-water carried out the flood control duties faithfully.

Key words: climate change, multi-purpose dam operation, flood respose system