



최 병 습
K-water
수자원사업본부장
bschoi@kwater.or.kr

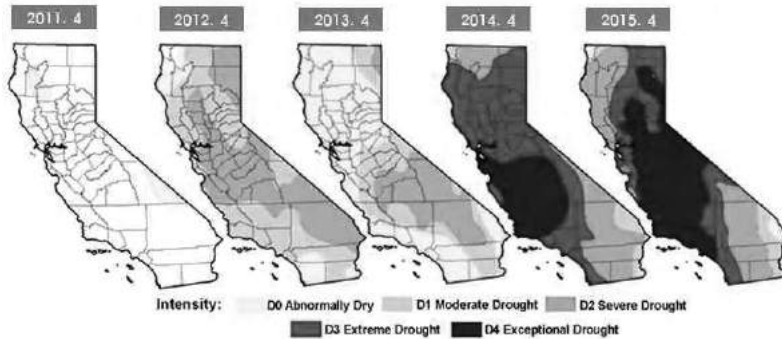
JOURNAL OF DISASTER PREVENTION

2015년 가뭄 현황과 대책

1. 머리말

우리나라에서는 2~3년 마다 지역적으로 크고 작은 가뭄이 반복되어 발생해 왔다. 기존의 가뭄은 주로 계곡수나 지하수를 수원으로 사용하는 산간, 도서지역에서 농업용수나 생활용수가 부족하여 불편을 겪는 수준이었으나, 올해는 수도권의 용수공급이 위태로울 정도로 한강수계에 대규모 가뭄이 지속되고 있으며, 낙동강 수계, 금강 수계 등으로 점차 확장되며 새로운 국면으로 접어들고 있다.

세계적으로 예외가 아니어서 1,200년 만에 최악의 가뭄이 이어지고 있는 캘리포니아는 2011년부터 가뭄이 해마다 계속되는 메가 가뭄 피해가 심각해지고 있다.



〈그림 1〉 미국 캘리포니아 가뭄 현황

돌이켜보면 우리나라의 가뭄도 3년 전부터 시작되었다. 지난 2013년도 대부분의 강우가 중부지방에 편중된 반면 남부지방은 극심한 가뭄을 겪었다.

이후 남부지방은 2014년 22년만의 마른장마로 인하여 가뭄이 지속 되다가 8월 이후 강우로 낙동강, 금강, 섬진강수계의 댐 저수량은 예년수준으로 호전 되었다.

〈표 1〉 유역별 저수율 (*14.10.15 07시)

구 분(%)		한강	낙동강	금강	섬진강	기타	전국
저수율	현재	45.5	56.4	60.4	62.4	50.6	52.7
	예년	63.4	55.5	63.4	56.3	63.2	60.8
	대비	71.8	102.0	95.2	110.8	80.1	86.6

그러나 이번에는 수도권에 속한 중부지방에 현재(8월26일)까지 댐 강우량이 528mm로 예년의 57% 수준에 머물러 가뭄이 지속되고 있는 실정에 있고, 낙동강 수계 등 다른 수계로 확장되고 있는 실정이다.

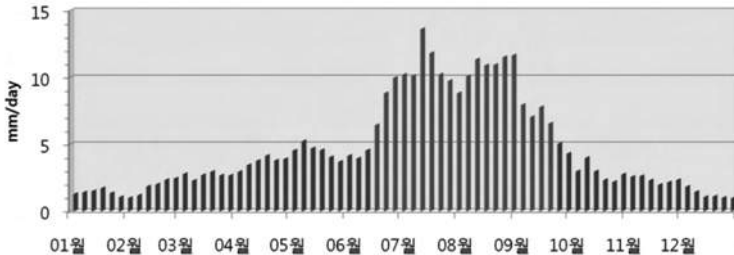
이와 같이 여러 해 지속되고 있는 가뭄을 극복하기 위해 K-water에서는 2013년 8월 가뭄대책반을 구성하였고, 2014년 7월에는 전사적인 가뭄대책본부로 확대 편성하였다. 이후 9번의 대책본부 회의를 통해 댐 용수공급 중단이라는 국가적 재난을 미연에 방지하기 위해 탄력적 저수지운영 및 발전댐 간 연계 운영 등 저수량을 비축하고 있다. 또한 가뭄 지역에 병물과 물차를 공급하는 등 비상급수를 통해 가뭄피해가 최소화되도록 지속적으로 노력하고 있다.

본 고에서는 금번 가뭄의 현황과 특성을 알아보고 국가적인 가뭄극복 방안으로 근본적이고 지속 가능한 장단기 대책들을 제시하고자 한다.

2. 우리나라 기상 및 강우량

2.1 우리나라 강우 특성

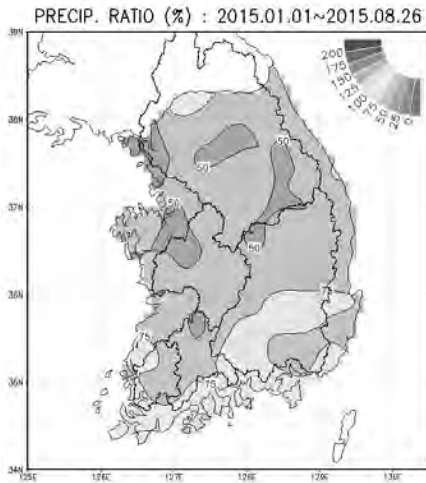
우리나라는 유라시아대륙 동안의 중위도에 위치해 있어 계절풍 기후에 속한다. 따라서 계절적 기온, 강수의 편차가 크게 나타나는 특징이 있다. 30년 기후평균자료에 의하면, 우리나라의 총강수량은 1,307.7mm이고 그 중 여름철 강수량이 723.1mm로서 연강수량의 절반 정도인 49%가 여름철 3개월에 집중되는 특성을 보이고 있다. 이러한 사실은 우리나라가 홍수와 가뭄에 매우 취약한 자연적 조건을 가지고 있음을 시사하고 있다.



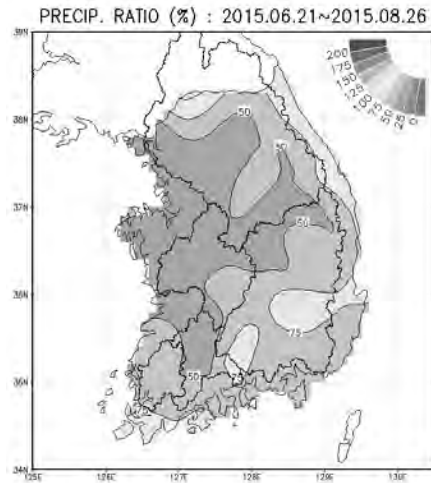
〈그림 2〉 우리나라 기후평균(1981~2010) 및 5일 평균 강수량(mm/day)

2.2 금년 강우 현황

금년도 전국 평균 강수량은 현재까지 666mm로 평년¹⁾의 66% 수준에 머무르고 있으며, 남해안 지역을 제외한 전국이 평년보다 적은 강수량을 보이고 있다. 특히 가뭄이 심한 수도권·강원·충청지역의 경우 평년의 54% 수준으로 본격 강우관측이 시작된 1973년 이래 최저 수준을 보이고 있다. 연 강수량의 70%가 집중되는 여름철(6~9월) 강우상황을 비교하면 더욱 심각한 상황이다. 금년 홍수기(6.21~8.26일)의 전국 강수량이 348mm로 평년의 57% 수준이고, 서울·경기지역의 경우는 1973년 이래 역대 최저인 40% 수준에 머무르고 있다.



〈그림3〉 평년대비 강수량(1.1~8.26)



〈그림4〉 평년대비 강수량(6.21~8.26)

3. 가뭄대비 댐 운영 방안

3.1 가뭄의 체감

도시, 산간의 생활용수 미급수 지역은 계곡수, 우물 및 샘을 이용하기 때문에 강우 부족시 매년 상습가뭄이 발생한다. 같은 개념으로 농업용수도 강우를 통해서 공급받고 있고, 부족한 양은 저수지 및 하천을 통해 공급받고 있음에 따라 수지시설이 없는 도시, 산간 지역은 봄철강우가 부족할 경우 매년 상습가뭄을 체감한다.

1) 평년 : 1981~2010년까지의 평균 값

그러나 대다수의 인구가 모여 있는 도시지역은 다목적댐(용수댐)을 수원으로 하는 상수도에서 물 공급을 받고 있기 때문에 설계빈도의 가뭄이 오기 전에는 가뭄피해를 체감하지 못한다.

3.2 물공급안전도를 고려한 다목적댐 운영

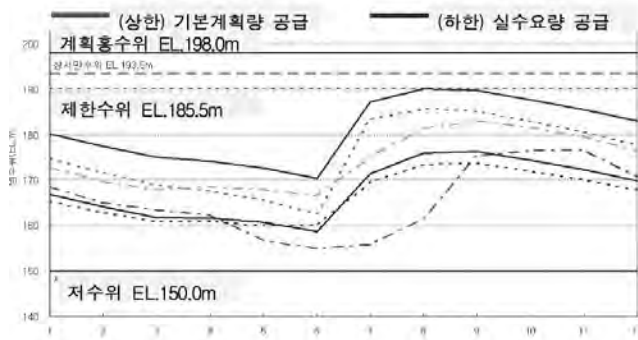
물공급안전도란 하천의 ‘기준 가뭄에 대한 발생 확률’ 개념에서 유량이 확보되도록 계획 확률규모를 결정하는 것으로서 보통 생기빈도로서 정의하고 있다. 다목적댐을 예로 들면 설계당시 댐의 이 수용량을 결정하는데 기준으로 삼았던 갈수규모를 물공급안전도라고 할 수 있을 것이다.

댐의 관리단계에서는 아래 <표 2>과 같은 물공급안전도를 제시할 수 있다. 현재 운영 중인 댐 중 주요 9개댐에 대하여만 정리하였다.

<표 2> 관리단계에 적용중인 댐별 물공급안전도

댐명	소양강	충주	안동	임하	합천	남강	대청	섬진강	주암
물공급안전도 (빈도)	100년	20년	20년	20년	20~50년	100년	20년	20년	20~50년

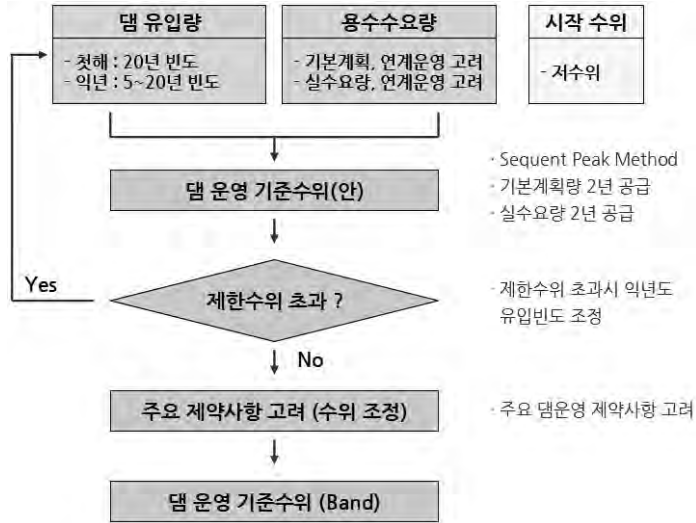
갈수 유입량을 기준으로 다목적댐 관리를 위한 ‘댐 운영 기준수위’를 설정하여 적용하고 있다. 물공급안전도를 기준으로 댐의 용수공급을 위해 확보해야 할 저수량에 해당하는 댐 운영의 기준수위를 한국수자원공사 내부적으로 설정·적용되고 있다. <그림 5>는 2013년 개선 적용된 소양강댐의 댐 운영 기준수위의 예를 보여 주고 있다.



<그림 5> 다목적댐 운영기준수위 (예) 소양강댐

설정 하는 방법은 <그림 6>의 그림에서 볼 수 있듯이 댐 유입량은 첫해는 20년 빈도, 다음 년도는 5~20년 빈도 갈수유입조건을 고려하여 용수수요량은 기본계획 공급량과 실수요 공급량을 충족할

수 있도록 Band형 확보수위를 설정하여 마른 장마 등 수문 기상의 불확실성에 대비 탄력적인 댐 운영을 위한 참조수위로 활용하고 있다.



〈그림 6〉 댐 운영 기준수위 산정

3.3 저수지 용수공급 시스템 구축 · 활용

댐 운영은 각 댐 개별적으로 방류량을 결정하기보다 본류 주요 제어 지점에서 상류 댐들의 수문상황과 유역의 용수 수요를 고려하여 여러 댐들을 연계해 댐 방류량을 최적 배분하는 방식의 실시간 저수지 용수공급 시스템 (RWSS, Reservoir Water Supply System)을 개발하여 연간, 월간 댐 운영에 활용하고 있다.

이 시스템은 장기 유출분석을 통한 유량예측, 댐간 연계운영, 수질분석 등으로 구성함으로써 유역 내 수량과 수질을 통합 운영하여 수자원 이용 효율을 극대화하고 하천의 수질 개선에도 큰 역할을 담당하고 있다.

3.4 홍수기 댐 운영방식 개선

홍수기간 중에 댐 하류 주요 수위 관측국과 보 지점의 하천 유량이 평수량 이상으로 풍부한 시기에 댐의 하천유지용수 공급을 일부 감량하여 댐의 저수량을 추가 확보하는 방안을 도입하였다. 우선 작년에도 가뭄에 취약한 낙동강수계의 안동, 임하, 합천댐에 대하여 시험 적용하여 8.9백만m³을 추가 확보할 수 있었다.



* (안동 · 임하댐) : 구담 · 상주보 · 합천창녕보 · 창녕함안보

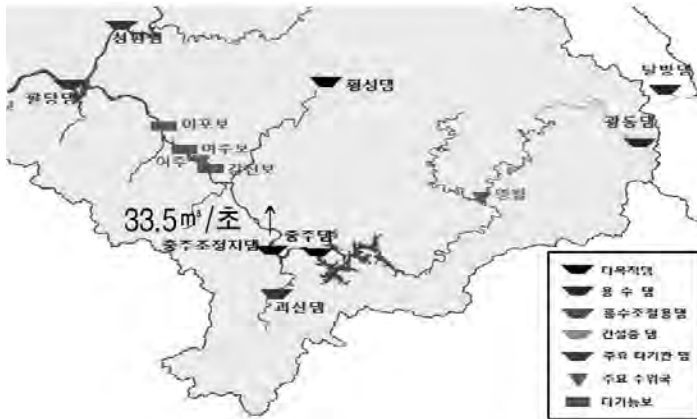
* (합천댐) : 합천창녕보-죽고 · 창녕함안보

구 분	구담	상주보	합천보	죽고	함안보
기준유량 (m³/s)	62	92	150	25	220

* 낙동강 평균갈수량(m³/s) : 지보(20.8), 사벌(34.9),적모교(52.0), 죽고(8.6), 진동(61.0)

〈그림 7〉 낙동강 홍수기 유지용수 체계 개선 주요 지점 및 기준 유량 (평수량)

금년도에는 한강수계로 가뭄이 심각해 충주댐의 용수비축을 위해 달천유역의 유입량과 괴산댐 연계운영 등 고려 충주조정지댐 방류량 초당 33.5m³ 기준에 만족하도록 충주댐의 방류량을 탄력 조정하여 댐에 비축하는 등 확대 적용하고 있다.



〈그림 8〉 충주조정지댐 공급 개요도

4. 가뭄극복 대책

4.1 가뭄 단계별 댐 용수 공급대책

이상가뭄에 대비한 다목적댐의 감량운영은 〈그림9〉의 '댐관리규정(제7조)'에 따라 적용되고 있다.

제 7 조 (용도별 우선순위) 댐의 저수는 수문상황에 따라 다음 각 호에서 정한 우선순위에 따라 이용한다.

1. 홍수기에는 홍수조절이 타 용도에 우선한다.
2. 이상 갈수시에는 댐의 저수를 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수, 환경개선용수, 발전용수의 순으로 공급 한다.

〈그림 9〉 댐 관리규정(제7조)

〈표 3〉는 댐관리규정에 언급된 각 용수 목적별 우선순위를 나타내며, 사회경제적인 영향을 고려하여 부여되고 있다.

〈표 3〉 단계별 용수공급 조정 순위

(근거 : 2015년 국가안전관리 세부집행계획)

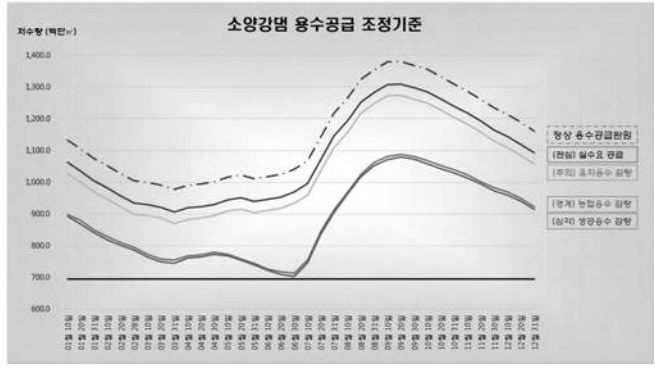
단계	관심	주의	경계	심각
조정 기준	생공용수 여유량 감량 (실수요 공급)	→ 유지용수 감량	→ 농업용수 감량	→ 생공용수 감량 및 비상용량 활용

금년도에는 단계별 용수공급 조정순위를 고려하여 당초 용수공급 조정기준을 댐별 기준저수량을 특정시점별, 단계별로 설정하고, 저수량이 이에 미달할 경우 수계별 댐-보 연계운영협의회의 의결을 거쳐 용수공급량을 감축하고, 비상 용수공급 대응체계로 전환하도록 아래와 같이 기준을 개선하였다.

〈표 4〉 단계별 용수공급 조정 순위

당 초	개 선
익년 홍수기(6.20일)까지용수공급가능 여부 *조정판단시마다 복잡한 계산	⇒ 시점별 기준저수량 확보여부 *특정시점에서 신속한 판단 가능
공급 필요 감축량 산정 후 연계운영협의회에서 논의 * 판단까지 많은 시간이 소요	⇒ 사전에 산정된 필요 감축량을 기준으로 연계운영협의회에서 논의 * 신속한 감축량 결정

작년부터 지속된 가뭄으로 인한 댐 용수공급 중단이라는 국가적 재난을 미연에 방지하기 위하여, 소양강댐-충주댐의 총 용수공급량은 유지하고, 댐 공급비율은 탄력적으로 조정하는 댐간 연계운영을 실시하는 한편, “선제적 용수비축방안”을 마련하여 소양강댐, 충주댐, 횡성댐의 하천유지용수를 감축·비축 중에 있다.



〈그림 10〉 댐 별 시점별 기준저수량(소양강댐)

또한, 한강수계 다목적댐과 화천댐 등 발전댐을 비상 연계운영하여 발전댐에서 초당 50m³을 추가 방류하고, 소양강·충주댐에서는 초당 50m³을 비축하여 물손실을 최소화 될 수 있도록 비상연계를 실시하고 있다.



〈그림11〉 한강수계 댐간 연계운영 현황도

그리고 한강홍수통제소 등 관계기관 협의를 통하여 한강하류 용수수요량에 맞추어 팔당댐 의무방류량을 당초 초당 124m³에서 80m³으로 실제 소요량으로 조정 공급하고 그 양만큼 소양강·충주댐 공급량을 추가 비축 시행하여 일 3.8백만m³을 비축하는 등 조치를 통하여 8월 26일 현재까지 9.6억 m³을 비축하였다.

또한 낙동강 수계 안동 및 임하댐은 댐하류 에 배분되어 있는 생공용수를 댐 저수량이 상대적으로 풍부한 남강댐, 합천댐, 군위댐 등에서 공급하는 댐 간 연계운영을 실시중인 한편, 안동·임하댐의 하천유지용수를 감량하여 비축 중에 있다.

앞으로 최악의 가뭄이 발생한다면 단계적으로 농업용수 등을 추가로 감량하는 한편, 저수위 이하의 댐 비상용량도 활용하는 등 용수공급에 차질이 최소화 되도록 할 계획이다. 그리고 가뭄이 더욱 악화되어 생·공용수 조차 원활한 공급이 어려울 경우에는 4대강 보에서 저장된 약 4억m³을 물을 비상용수로 활용하는 방안을 검토할 계획이다.

4.2 가뭄지역 지원 등 가뭄대응 단기대책

K-water는 공공기관으로서 국가적인 가뭄 피해 최소화를 위하여 다양한 지원방안을 마련하여 추진 중에 있다. 우선 가뭄지역 지자체 등의 협조 요청 시에는 자체 보유중인 급수차량 15톤 차량 21대와 병물 일 12만병 생산시설을 활용하여 지난해 7월부터 '15년 8월 25일 현재까지 가뭄지역인 경기도 파주시, 강원도 화천군 등 46개 시군에 병물 426천병과 경기·강원·경북 10개 시군에 물차 13,726m³ 지원 중에 있고, 광역상수도 이토벨브 및 임하댐-영천댐 연결 도수로를 통한 농업용수 55만m³을 지원하고 있다.



〈그림12〉 가뭄지역 병물, 광역상수도 지원 사진

〈표5〉 가뭄지역 급수지원 실적 누계('14.7~'15.8.26)

구분	계 (천m ³)	병물 (천병)	급수차 (천m ³)	상수도(이토벨브) · 도수로(천m ³)	댐 방류(천m ³)		관정(천m ³)	4대강보(천m ³)
					부안	거제		
계	1275	426	13.7	545	472	222	3.9	18.7

또한, 댐하류 관개지역에 농업용수를 694천m³을 추가로 공급하였고, 국가지하수관측망을 이용 가뭄지역에 총 3,970m³을, 한강수계 이포보 등 4대강 보의 물을 인근 가뭄지역 농업용저수지와 논에 18,700m³의 물을 지원하는 등 가뭄지역에 비상급수를 지원하고 있으며, 향후에도 지자체에서 요청 시 지속적으로 지원할 예정이다.



〈그림13〉 가뭄지역 지하수관측망, 4대강 보 물 지원 사진

4.3 항구적인 중장기 가뭄대책

반복되는 가뭄의 근본적 해결을 위해서는 기존 수자원의 효율적이고 공평한 활용을 위한 통합물 관리(IWRM)의 본격 도입이 필요한 상황이다. 즉 관계 기관 간 수자원 정보를 폭넓게 공유하고 활용하는 한편, 물 관리 기술을 고도화하고, 수자원 시설물의 최적 활용을 위해 기존 댐 용수공급 능력 재평가하여 남은 물의 효율적으로 배분하는 수리권 조정 강화가 필요하다. 또한, 한국전력공사에서 예비 전력을 확보하는 것 같이 수자원 예비율 제도를 도입하여 장기적으로 물 공급의 안정성을 높이는 방안 등 다양한 비구조적 대책 추진이 필요하다.

이러한 비구조적 대책으로도 수자원의 부족의 한계를 극복하기 위하여 상습 가뭄 지역에 대하여는 이해당사자가 합의를 통한 구조적인 대책을 지속할 예정이다. 먼저 지자체가 요청하는 지역간의 댐을 개발하되, 이해당사자의 합의가 전제가 되는 댐 건설 절차 개선 방안에 따라 금년도 가뭄지역인 강원, 경기 지역의 지역 수용성을 협의하여 지역간의 댐을 추진할 예정이며, 장기적으로는 댐 건설 희망지 공모를 통하여 지역의 수요를 반영하여 수자원 확보가 지속되도록 노력할 예정이다.



〈그림14〉 댐 건설 절차 개선 개념도

두 번째, 금년에는 물차를 이용하여 4대강 보의 용수를 공급 하였는데, 향후 용수공급을 확대하는 방안을 마련하여 4대강 보 인접지역에 직접 활용토록 하고 원거리 지역은 지자체 저수지 재개발과

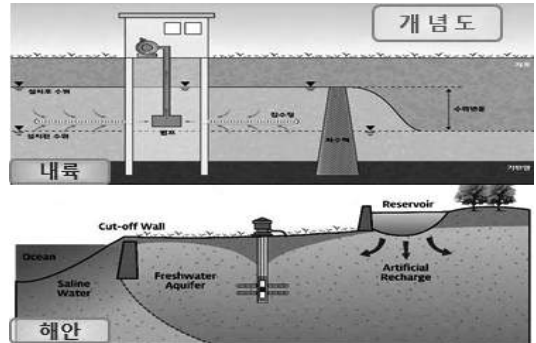
연계하여 용수를 공급하는 방안을 추진할 예정이다.

셋째로 광역상수도 인근(2km) 미급수지역에 지방상수도를 거치지 않고 광역상수도를 직접공급하는 사업을 추진 중이며, 환경부·지자체·K-water간 협의를 통해 전국적으로 확대해 나갈 예정이다.

넷째 산간, 도서지역 등 상습 가뭄지역의 항구적인 물 복지 실현을 위해 지하수자원 확보시설을 금년도 가뭄지역 2곳에 시범적으로 착수할 예정이다.



〈그림15〉 광역상수도 미급수지역 공급 개념도



〈그림16〉 지하수댐 개념도

또한 가뭄, 홍수 재해 취약지역에 대한 맞춤형 개선대책 마련과 극한 가뭄 대비 인공강우 활용 수 자원 확보 기술 연구를 추진할 예정이며, 가뭄 통합모니터링 및 조기 경보체계 구축을 위한 “국가 가뭄정보센터 설립”과 남북 공유하천 공동 활용을 통한 가뭄 공동대응을 목표로 “남북 Water Detente 협력” 추진 등 장기적인 가뭄대책에도 더욱 힘을 예정이다.

5. 결론

지금까지 그 간의 가뭄 현황과 이를 극복하기 위한 과학적인 댐 운영 방안 등을 댐운영은 댐간 연계 운영, 수질 등을 고려한물관리시스템을 이용, 연간·월간 및 수시로 계획을 수립하여 시행되고 있다.

또한, 이상 가뭄 및 녹조에 선제적 대응을 위해 홍수기 댐 운영방식 및 공급체계 개선 방안 등 효과적인 가뭄 대응을 위한 댐운영 기준 도입사례도 소개하였다.

가뭄 극복을 위한 기존의 대책들은 일시적인 대응을 위한 단기대책 위주로는 기후변화가 일상화 되어가는 현실에서 2년 연속 가뭄 등 극심한 가뭄에는 한계가 있다.

앞으로는 통합물관리 개념의 장기적인 가뭄 극복 대책을 체계적으로 준비해야만 조용히 시작돼 선제적 대응은 어려운 반면, 일단 발생하면 끝을 알 수 없으며, 막대한 피해를 야기 시키는 가뭄으로부터 안정할 수 있을 것이다.