



Blue dam을 활용한 기존 댐 시설물 상수도 원수 추가 확보 방안

The method of securing water supply resources of existing dam by using Blue dam

추태호¹·윤현철¹·윤관선¹·권용빈¹·심수용¹·채수권^{2*}

Tai-Ho Choo¹·Hyeon-Cheol Yoon¹·Gwan-Seon Yun¹·Yong-Been Kwon¹·Su-Yong Shim¹·Soo-Kwon Chae^{2*}

¹부산대학교 사회환경시스템공학과, ²울지대학교 보건환경안전학과

¹Dept. of Environmental and Civil Engineering, Pusan National University, ²Dept. of Environmental Health and Safety, Eulji University

ABSTRACT

To improve stability of the water resources that were seriously affected by climate change and various environmental effects and to supply the clean water always, continuous efforts are essential.

Provision of measures with respect of hardware is basically essential to improve the water resources stability due to the topographic characteristic in Korea. However, building a new dam becomes gradually very difficult because of a hardship in selecting right places, opposition forces such as environment and local residents, negative publicity for large civil engineering projects, and so on. The present study, therefore, proposes the Blue dam as an alternative for securing the water resources of a new concept considering domestic conditions. To evaluate the effect of the Blue dam, the Hec-ResSim model is used and the probabilistic discharge flow rate is applied. As a result, when Dam Yeongcheon is applied as a study area, securing water resources of 14 million tons are predicted be secured and the flood control of 15.4 million tons is expected, in comparison with operation of the existing dam only. Consequently, Blue dams are supposed to carry out the function of securing water resources, controlling flood, maintaining eco-environmental instream flow, generating hydroelectric power, and providing spaces for recreational activities.

Key words: Blue dam, Dam operation rule, HEC-ResSim, Water resources, Water supply resources

주제어: 블루 댐, 댐 운영률, HEC-ResSim, 수자원, 상수원수

1. 서 론

상수도는 국민 누구나 최소한의 비용으로 동등한 혜택을 누릴 수 있어야 하는 국민 생활과 직결되는 중요한 시설 및 서비스이며 국민 모두에게 맑고 깨끗한 물을 공급하기 위해서 그 동안 각고의 노력을 기울여 왔으며 특히 광역상수도 시스템과 상수도 정화 및 시설의 경우 세계 최고 수준의 기술력을 보유하고

있다. 상하수도 시스템은 물을 생산하고 공급하며 사용 후 처리하는 일련의 과정을 위한 시설로서 크게 상수도과 하수도로 구성되며 쾌적한 생활 환경을 조성하는 데에 그 목적이 있다(Kim, 2011). 이렇게 중요한 상수도 및 물 공급은 경제적인 효율성과 함께 공공의 이익과 물 복지 차원에서 강조되어야 한다. 사실 과거 물은 공공재로서 모든 국민에게 형평성을 고려하여 제공해야 하는 것으로 인식되어 왔다. 하지만 기후변화에 따른 수자원에 대한 불확실성 증대, 물 산업의 선진화 등에 따라 물에 대한 접근은 단순히 물 관

Received 26 January 2015; Revised 14 April 2015; Accepted 15 April 2015

*Corresponding author: Soo-Kwon Chae (E-mail: cskwen@eulji.ac.kr)

pp. 155-163
pp. 165-169
pp. 171-182
pp. 183-192
pp. 193-202
pp. 203-209
pp. 211-222
pp. 223-231
pp. 233-241
pp. 243-249
pp. 251-259
pp. 261-269
pp. 271-281

리 차원을 넘어서 이제는 물 안보의 시대에 들어서고 있다. 실제로 수자원 패러다임도 국가 물 안보를 역설하고 있고 석유의 Peak oil 개념을 이제는 물에 적용시켜 Peak water 개념이 등장하기도 하였다(Gleick and Palaniappan, 2010). 즉, 물은 이제 공공재가 아닌 자원이라는 인식을 가지고 체계적이고 효율적인 확보 및 관리, 운영이 이루어져야 함을 알 수 있다. 물 안보는 결국 국민을 보호하는 것을 의미하며 이는 물에 대해서 누구나 평등한 권리를 누릴 수 있는 물 복지 개념이 상통한다. 이러한 물 복지와 물 안보의 실현을 위해서는 무엇보다도 맑고 풍부한 원수의 확보가 우선이 되어야 한다. 원수가 부족하면 좋은 상수도 시설과 기술이 있어도 적지 적소에 물을 공급할 수가 없다.

우리나라의 수자원에 대한 지리적 공간적인 현황을 살펴보면 기후변화 추세는 연 강수량이 1970년대 1,230 mm에서 최근 1,432 mm로 약 16% 이상이 증가하였으며 가뭄은 1970년 이후 5년에서 7년 주기로 빈번히 발생하고 있다. 기본적으로 연 강수량은 여름철에 집중하여 발생하고 있으며 강우 발생형태 역시 과거의 쌍봉 형태에서 단봉 형태로 변하고 있다. 즉 단기간 내에 좁은 지역 혹은 특정 지역에 집중되는 현상을 보이고 있으며 그 발생빈도 또한 불규칙하여 예측하기 어려워 원수 확보 및 재해예방에 어려움을 겪고 있다. 원수를 확보하는 방법에는 댐, 저수지, 지하댐, 강변여과수 등 다양한 방법이 있다. 그러나 다양한 방안과 노력에도 불구하고 사실 가장 직접적이고 적극적인, 그리고 효율적인 수자원 확보 방법은 댐을 활용하는 방법이다. 실제로 강변여과수 혹은 지하댐 등은 그 노력에 비하여 확보할 수 있는 물의 양은 매우 제한적이며 관리가 어렵다는 단점을 가지고 있다. 하지만 국내의 여건을 살펴보면 새로운 추가 댐의 건설은 댐의 적지감소, 환경 및 지역주민의 반대, 대형토목사업에 대한 부정적인 여론 등 점차 그 추진이 어려움을 알 수 있다. 따라서 최근의 연구를 살펴보면 댐 운영률 조정, 보와 댐의 연계운영, SWG(Smart Water Grid) 기술 개발 등 주어진 조건 내에서 최대한 물을 확보하고 이용할 수 있는 연구가 주를 이루고 있다.

Choi et al. (2014)은 댐 운영방식에 따른 댐의 이수 안전도의 변화를 분석하였고, Chae et al. (2012)은 수계의 미래 유입량에 대한 정보가 있는 경우와 그렇지

않은 경우의 결과를 금강 수계에 적용하여 비교함으로써 유입량 정보가 용수공급능력에 미치는 영향을 평가하였다. 또한 HEC-ResSim 모형을 이용하여 Jiroft 댐의 현재 조건에서 다양한 시나리오, 침전을 고려한 다른 기간, 확장 프로젝트 및 증가된 효율을 고려하여 모의하여 저수지 운영을 재평가하였다(Babazadeh et al, 2007). 이디오피아에 설치된 Melka Wakana Hydropower Plant를 대상으로 기록된 터빈의 유량, 저수지 수위는 시계열 자료를 이용하여 모델링의 보정을 하였으며, 상세한 분석은 전기 생산을 위해 저수지의 방류를 조절함으로써 수행하였다(Bosona and Gebresenbet, 2010). 또한 이란(Iran)의 Zayandeh Rud Reservoir 시스템에 대한 월별 저수지 운영률을 결정하기 위해 최적화(LINGO)와 모의운영(HEC-ResSim)을 결합하여 단일 목적 체계에서 결정된 최적화된 유량을 토대로 모의하여 Zayandeh Rud Reservoir의 운영을 최적화하였다(Ziaei et al, 2012). 그리고 smart Water Grid는 기존 수자원 관리 시스템의 한계를 극복하는 ICT기반 차세대 물관리 시스템으로, 빗물이나 재이용수, 해수 등 다양한 수원을 활용하고 물을 효율적으로 배분, 관리, 운송하여 수자원의 불균형 해소를 목적으로 활발한 연구가 진행중에 있다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2011).

하지만 우리나라의 기상과 지형적 요소를 살펴보면 결국 하드웨어적인 대책이 뒷받침 되지 않는다면 위의 연구 내용만으로는 한계가 올 수 밖에 없다. 따라서 하드웨어적인 대책과 함께 위와 같은 연구내용이 함께 적용된다면 그 시너지 효과는 더욱 커질 것으로 판단된다. 실제로 댐 운영 사례를 보면 통상적으로 다목적댐은 홍수기 전 6월에 댐 수위가 가장 낮고 홍수기에 발생하는 강우를 댐에 담수하여 저수량을 확보한다. 즉, 이는 곧 홍수기(하절기) 댐 용량을 초과하는 물은 모조리 하류로 흘러 보내야 한다는 것을 의미한다. 결국 ‘매년 되풀이되는 겨울 혹은 봄철 가뭄 발생 시 홍수기에 댐의 용량을 초과하여 무의미하게 바다로 흘러 보낸 물의 양을 활용할 수 있다면’이라는 가정을 무수히 남기게 된다. 다르게 말하면 댐을 많이 지으면 간단하게 해결할 수 있다는 결론에 도달할 수도 있다. 하지만 국내의 여건을 살펴보면 새로운 추가 댐의 건설은 댐의 적지감소, 환경 및 지역주민의 반대, 대형토목사업에 대한 부정적인 여론 등 점차 그 추진이 어려움이 있다.



따라서, 본 논문에서는 이러한 국내의 상황을 고려하여 새로운 개념의 수자원 확보 방안으로서 Blue dam을 제안하였다. Blue dam은 기존 하도를 이용하여 저비용 고효율을 목표로 다양한 기능을 수행할 수 있으며 사회적 공감대 형성을 목적으로 하고 있으며, 본 연구에서 제안한 블루댐 설치 기법을 영천댐 하류에 가상 적용을 통해 그 성과를 나타내었다.

2. Blue dam

Blue dam의 기본적인 아이디어는 기존의 조정지 댐에서 가져왔으나 기존 조정지와는 접근 방법에서 정반대의 개념으로 확연한 차이가 있다. 즉, 이수기간동안 침투 발전하는 수량을 가두는 조정지 댐과는 정반대로 취수기간(홍수기)동안 무의미하게 하류로 방류되었던 수량을 가두어 최대 활용이 Blue dam의 역할이다. 무엇보다 기존 조정지와 다른 특징은 기존의 조정지는 본 댐에서 침투 발전하는 수량을 가두었다가 24시간에 걸쳐 하류로 균등하게 방류하는 역할만을 수행한다. 반면 Blue dam은 무의미하게 하류로 흘러가는 홍수기의 방류량을 활용하여 홍수저감 효과와 함께 유역 내 수자원 확보를 위한 물그릇을 제공한다. 또한 하천유지유량 개념을 넘어 생태환경보존유량을 하류로 균일하게 방류할 수 있고 냉해피해를 방지하여 하천의 건전성 회복 및 생태계 안정성 확보에 도움을 줄 수 있다. 그리고 자체 발전을 통한 전력수급 및 담수된 물을 지역 레크리에이션에도 활용할 수 있는 등 많은 순기능을 가지고 있다. 즉 아래의 Fig. 1과 같은 5가지 역할을 기본적으로 수행할 수 있다.

Blue dam은 기본적으로 다목적댐, 용수공급댐, 발전 전용댐 같이 다양한 목적을 가지는 댐의 직하류의 하도에 온라인으로 설치되는 형식을 취하게 된다. 그 이유는 이러한 대형 시설물의 직하류는 실제로 생태계의 파괴가 이미 발생되어 있기 때문이다. 그리고 하류

에 적용하는 또 다른 장점으로 Blue dam이 설치되더라도 기존 댐의 운영률은 그대로 보장하면서 위에서 언급한 5가지의 다양한 기능을 가질 수 있다는 데에 있다. 또한 기존 댐의 운영률을 반영하여 자체적인 운영률을 설정할 수 있는 장점이 있다. 무엇보다도 Blue dam은 기존의 하도를 그대로 활용하여 건설비가 적고 공사기간이 빠르므로 환경훼손을 최소화 할 수 있는 장점을 가진다.

Wolff and Gleick(2002)는 환경훼손이 덜한 댐을 이용하여 자연과 조화를 이루면 잠재적으로 매우 긍정적인 기회를 제공해 줄 것이라고 제안하였다. 더불어 Blue dam은 실향, 보상문제, 문화재 문제 등 환경단체 및 지역주민의 반대, 사회적 부정적 인식을 가진 대형 수자원 구조물에 대한 해결책을 제시할 수 있을 것으로 기대하고 있으며, 점차 댐의 적지가 감소하는 현재 상황에서 좋은 대안이 될 것으로 생각된다. 본 논문에서는 금호강 유역 내 존재하는 영천댐 유역을 대상으로 HEC-ResSim에 가상 적용하여 Blue dam의 효과를 제시하였다.

3. 연구대상지역

본 연구에서는 대한민국의 경상북도 금호강 유역에 위치한 용수전용댐인 영천댐 하류에 Fig. 2와 같이 적용하였다. 영천댐은 경상북도 영천시 자양면에 위치하며, 댐체의 높이 42m, 길이 300m, 총저수량 96,400천 m^3 으로 1974년 10월에 착공하여 1980년 12월에 준공하였다. 농업용수 및 생활용수 공급, 댐 하류지역의 관개용수 및 하천 유지용수 공급을 목적으로 건설되었다. 또한 특이사항으로 영천댐은 다른 유역에 위치한 임하댐에서 용수를 공급받아 사용하고 있으며 타 지역으로 도수로를 통하여 물을 공급하며, 발전용량 1MW로 소수력 발전을 하여 연간 6GWh의 전기를 생산하고 있다.



Fig. 1. The purposes of Blue dam.

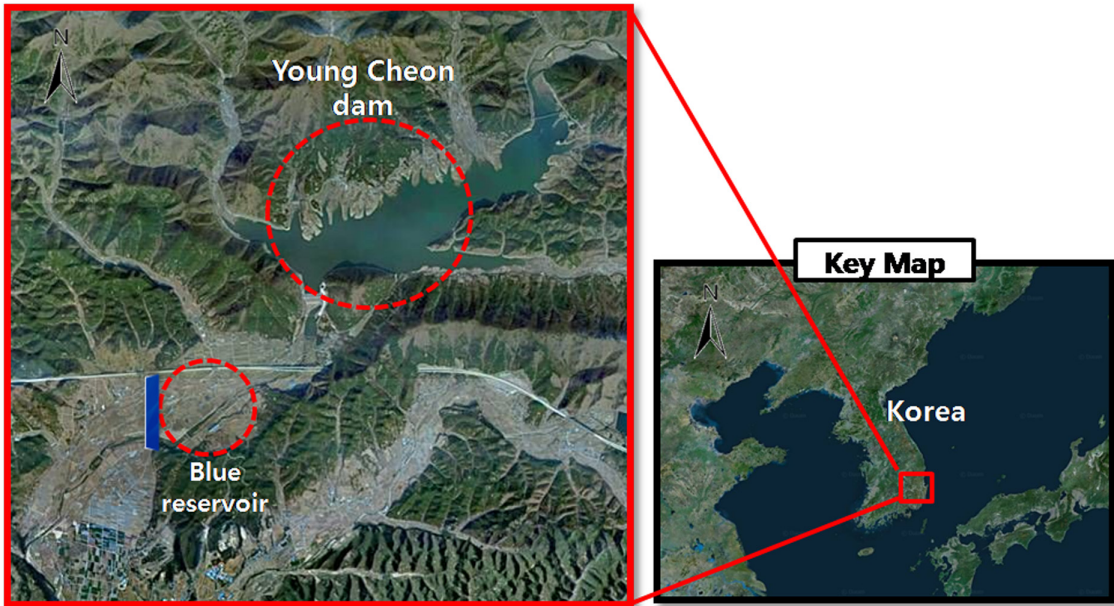


Fig. 2. Study area.

4. 연구방법

4.1 Blue dam 연구 진행순서

Blue dam 설치 및 운영을 위한 전체 과정은 위의 Fig. 3과 같다. 댐 운영실적 자료 중 댐에서 하천으로 직접 방류되는 하류방류량을 산정하여 하류로 무의미하게 방류되는 잉여물량의 여부를 판단한다. 그리고 GIS 분석, 인공위성 사진 혹은 현장답사, 수치지형도 등을 바탕으로 지형적인 요소와 사회 문화적으로 문제 발생 제기가 가장 적은 가능성을 지닌 지역을 우선적으로 지정한 후 준설량 및 확률방류량을 고려하여 Blue dam의 용량을 정량적으로 산정한다.

강우 및 홍수자료에 적용하는 수문현상과 관련 있는 모든 변수들에 대한 확률론적 분석은 동일하기 때문에 강우 및 홍수사상 등 수문자료들을 확률통계적으로 분석하여 수문현상의 특성을 규명하고 장래의 거동을 예측할 수 있는 확률통계학적 수문분석이 필요하다(Lee, 2006). 따라서 본 연구에서는 기존 댐 운영실적을 바탕으로 연최대 방류량을 FARD모형에 적용하여 수문학적 확률방류량을 산정한다.

댐 제원, 월별 댐방류량, 용수공급량 및 일별 댐유입량을 HEC-ResSim 모형에 적용하여 댐수위를 대상으로 보정하였다. 그리고 영천댐 하류에 온라인으로 Blue dam를 설치한 후 영천댐에서 기존에 공급하였던

생공용수, 관개용수, 하천유지용수를 만족시키면서 추가로 생태환경을 고려한 하류하천의 유황을 개선시키기 위해 Blue dam에서 하천으로 추가용수의 공급 가능 여부를 평가하였다.

모의를 위해 사용된 HEC-ResSim 모형은 미공병단에서 개발한 Hec-5 모형의 발전된 모형으로 GUI화가 이루어졌으며 여러 개의 저수지와 조절점(Control point)으로 구성된 저수지시스템의 특성 및 문제점에 따라 부과되는 각종 경계조건 하에서 주운, 수력발전, 용수공급 등의 이수목적과 홍수 조절 등 치수목적의 요구를 최대한 충족시킴으로써 수자원 활용전반에 걸친 저수지 시스템운영을 최적화하는데 그 목적이 있으며, 분석 가능한 작업용량의 제한 없이 홍수 및 비홍수사상에 대하여 모의운영이 가능하다.

4.2 HEC-ResSim 모의

본 댐의 유입량은 임하댐에서 도수로를 통한 용수 공급 및 자체유역의 유출로 인하여 물을 담수하며, 소수력발전, 생·공용수, 관개용수, 하천유지용수를 공급하는 방식으로 운영 중에 있다. 용수공급계획과 실제 운영실적을 비교하기 위해 Table 1과 같이 댐운영실무편람(Korea Water Resources Corporation, 2013) 연간용수공급량과 운영실적자료를 이용하였다. 연간용수공급량과 운영실적자료를 비교한 연간 133Mm³의 물을

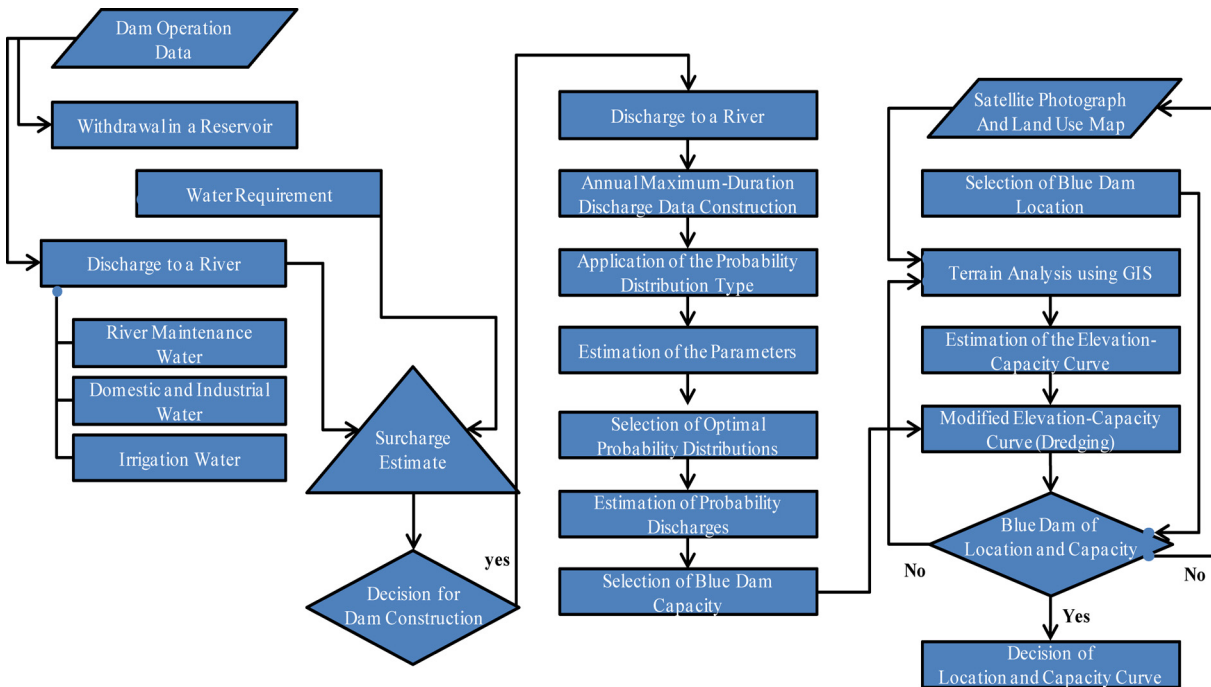


Fig. 3. The process of building the Blue Dam.

확보 가능한 것으로 분석되었다. Blue dam의 용량을 산정하기 위해서 항공사진 검토를 통하여 Blue dam 설치지점을 산정하였으며, 그 지점을 유역의 출구로 지정하여 DEM을 재생성 하였다. Blue dam은 상시만수위와 홍수기 제한수위가 2m 차이가 있으며, 그 용량은 9.36Mm³으로 홍수조절용량에 해당한다. 본 연구에서 결정된 운영수위는 아래의 Table 2와 같다.

Table 1. Annual water supply volume (Youngcheon dam)

| Municipal and industrial water (Km ³) | Agricultural water (Km ³) | Maintenance water (Km ³) | Total (Km ³) |
|---|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| 80,300 | 12,400 | 14,600 | 107,300 |

Table 2. Division of reservoir water level

| Water Levels | Blue dam operation level (E.L. m) |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| M. W. L. (Maximum Water Level) | 130.0 |
| F. W. L. (Flood Water Level) | 129.5 |
| N. H. W. L. (Normal High Water Level) | 129.0 |
| R. W. L. (Restricted Water Level) | 127.0 |
| L. W. L. (Low Water Level) | 113.0 |
| I. W. L. (Inactive Water Level) | 111.0 |

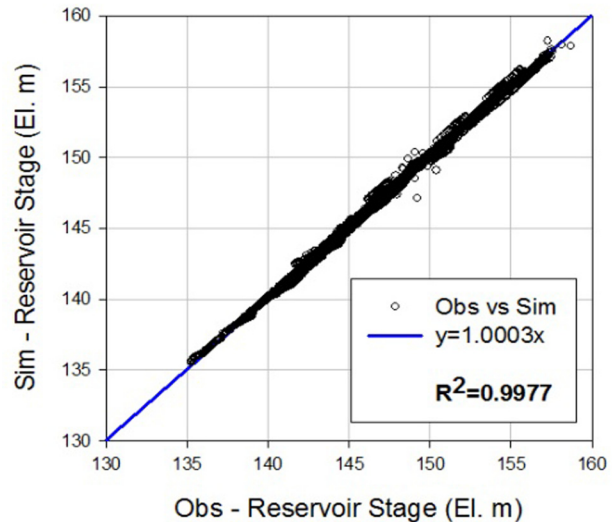


Fig. 4. Linear regression analysis of observation and simulation reservoir stage.

HEC-ResSim 모형의 구축을 위해 본 댐의 운영실적 자료 중에서 일단위의 저수위를 보정 대상으로 지정하였으며, 그 기간은 영천도수로가 준공된 시점인 2001년부터 2013년까지이다. 댐 유역에서 발생한 유출과 도수로를 통한 일단위의 유입량은 상류 경계조건, 월단위의 용수공급량 및 발전방류량은 하류 경계조건, 그리고 수문을 통한 일단위의 월류량을 매개변수로 본 댐의 수위를

- pp. 155-163
- pp. 165-169
- pp. 171-182
- pp. 183-192
- pp. 193-202
- pp. 203-209
- pp. 211-222
- pp. 223-231
- pp. 233-241
- pp. 243-249
- pp. 251-259
- pp. 261-269
- pp. 271-281

Table 3. Scenarios for the Blue dam operation rules

| Scenario No. | Frequency & Duration | Blue dam Capacity (Mm ³) | Additional downstream discharge plan |
|--------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 100-year 7-day | 30.45 | + 10% |
| 2 | | | + 20% |
| 3 | | | + 30% |
| 4 | | | + 40% |
| 5 | 200-year 6-day | 34.79 | + 10% |
| 6 | | | + 20% |
| 7 | | | + 30% |
| 8 | | | + 40% |
| 9 | 200-year 10-day | 39.78 | + 10% |
| 10 | | | + 20% |
| 11 | | | + 30% |
| 12 | | | + 40% |

Table 4. Comparison of Youngcheon dam and the Blue dam

| Division | Water use benefit (Mm ³) | | | | Flood benefit (m ³ /sec) | | Hydropower benefit (Mm ³) | | Water securing (Mm ³) | |
|------------------------|--------------------------------------|-------|----------------------------|-------|-------------------------------------|--------|---------------------------------------|-------|-----------------------------------|------|
| | Water supply | | Q355 (m ³ /sec) | | Peak discharge | | Plant discharge | | Reservoir volume | |
| | Or | S9 | Or | S9 | Or | S9 | Or | S9 | Or | S9 |
| Annual average 13years | 120.7 | 120.7 | 1.591 | 1.720 | 77.071 | 68.534 | 94.9 | 187.4 | 39.2 | 50.3 |

여기서, Or은 영천댐 단독운영, S9은 시나리오 9이다.

보정하였다. 그리고 발전방류와 용수공급을 입력자료로 구축하였고, 수문조작에 의한 방류량을 매개변수로 모델을 보정하였다. 본댐의 관측치와 모의 수위수문곡선에 대한 선형 회귀분석을 실시하였고 아래의 Fig. 4와 같이 결정계수는 0.9977로 매우 높은 정확성을 보여주었다.

Blue dam은 본 댐의 운영을 그대로 유지하면서 하류 하천에서의 초과량을 확보하여 하천유지용수 및 발전수량을 추가적으로 공급할 수 있는지에 초점이 맞춰져 있다. 가장 이상적인 용량 및 추가 방류량을 결정하기 위해 Table 3과 같이 12개의 시나리오를 구성하였다.

일년 중 355번째에 해당하는 갈수량을 도시화한 유허곡선으로 10%를 추가하여 모의한 시나리오 9의 갈수량(Q355)이 가뭄해에 해당하는 2008년, 2009년, 2010년에 다른 시나리오에 비해 추가용수의 공급이 가능한 것으로 분석되어 본 연구에서는 시나리오 9로 결정하였다.

5. 결과분석

Blue dam에 확보되는 저수량, 발전 방류량, 총 방류

량, 하류하천의 유허변동에 대하여 Table 4와 같이 13년(2001~2013) 평균 값으로 요약하였다. 기존 용수공급은 그대로 유지하면서 하류하천의 갈수량이 13년 평균 약 8%증가되어 하천의 유허를 개선시켰다. 또한, 치수편익에 해당하는 첨두방류량은 13년 평균 약 8.5m³/sec 감소하였으며, 발전편익에 해당하는 발전방류량은 단독운영 대비 92.5 Mm³가 증가된 것으로 분석되었다. 이는 본 댐에서 농업용수 및 유지용수를 방류할 시 소수력발전소를 통하여 발전 방류되며, Blue dam에서도 마찬가지로이기 때문이다. 마지막으로 Blue dam에 의해 13년 평균 약 11.1 Mm³의 수량을 추가로 확보하였다.

6. 결 론

본 연구에서는 기후변화 및 다양한 환경적 영향에 의해 많은 영향을 받은 수자원에대한 안정성을 향상시키고 항상 맑은 물을 공급할 수 있도록 원수의 안정적인 확보를 위해 Blue dam을 제안하였다. 이를 검



증하기 위해 실측자료를 바탕으로 확률방류량을 산정 하였고 HEC-ResSim 모형을 활용하여 12개의 시나리오를 바탕으로 Blue dam의 효과 및 성능을 분석하여 제시하였다.

1) 일단위 연최대 하류하천으로 방류량을 산정하여 확률방류량을 추정하였으며, 확률방류량은 저수지의 용량을 정량화하기 위하여 적용한 기법으로 자연상태에서 결국 침투치 발생은 강우 같은 자연현상에 따르므로 이러한 원리에서 확률방류량 개념을 도입하여 적용하였다.

2) 12개의 시나리오 중 시나리오 9는 영천댐의 단독운영에 비해 갈수량이 13년 평균 약 8%가 증대되었으며, 동시에 92.5 Mm³의 수력발전수량이 증대되었으며, 전 기간평균 11.1 Mm³의 물을 추가로 확보 할 수 있는 것으로 모의되었다.

3) 본 연구에서 제안한 Blue dam은 새로운 구조적 수량확보 방안으로서, 물그릇 증대에 기여, 청정에너지인 수력발전수량 증대, 기존 하천에 흐르던 물에 추가 용수를 공급함으로써 더 나은 하천 수량 공급 및 녹조 발생 저감, 홍수조절을 통한 하류 지역주민의 홍수피해저감, 확보된 저수지를 이용한 레크리에이션 제공으로 지역경제에 활성화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

4) 향후 본 연구에서 제안한 Blue dam 설치 기법 및 저수지 운영률을 최적화하여 다목적 댐 및 농업용 저수지 등에 적용할 예정이다.

사 사

본 연구는 국토교통부 건설기술혁신사업의 연구비 지원(11기술혁신C06)에 의해 수행되었습니다.

References

- Babazadeh, H., Sedghi, H., Kaveh, F. and Jahromi, H. M. (2007). PERFORMANCE EVALUATION OF JIROFT STORAGE DAM OPERATION USING HEC-RESSIM 2.0, Eleventh International Water Technology Conference, pp.449-459.
- Bosona T.G. and Gebresenbet, G. (2010). Modeling hydropower plant system to improve its reservoir operation, Int. J. Water Res. Environ. Eng., 2(4), 87-94.
- Chae, S.I., Kim, H.H., Kim, S.K. (2012). A study on evaluation of water supply capacity with coordinated weirs and multi-reservoir operating model, JKWRA Journal of Korea Water Resources Association, 45(8), 839-851.
- Choi, S.J., Lee, D.R., Moon, J.W. (2014). Comparison of water supply reliability by dam operation methods, JKWRA Journal of Korea Water Resources Association, 47(6), 523-536.
- Gleick, P. H. and Palaniappan, M. (2010). Peak water: conceptual and practical limits to freshwater withdrawal and use. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 107(25), 11155-11162.
- Kim H.S. (2010). The Future Intelligent Smart Water Grid, Magazine of Korea Water Resources Association, 44(8), 10-13.
- Lee J.S. (2007). *Hydrology*. 2nd Ed., Goomiseogwan, Seoul-si, Korea. pp.447.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2011). A Study on the planning of Water Grid Intelligent Technique. Seoul-si, Korea. pp.186.
- Wolff, G. and Gleick, P.H. (2002). The soft path for water. P.H. Gleick(ed.) *The World's Water : The Biennial Report on Freshwater Resources, 2002-2003*. Washington DC, Island Press, pp.1-32.
- Ziaei, M., Shui, L.T. and Goodarzi, E. (2012). Optimization and simulation modelling for operation of the Zayandeh Rud Reservoir, Water Int., 37(3), 305-318.

pp. 155-163

pp. 165-169

pp. 171-182

pp. 183-192

pp. 193-202

pp. 203-209

pp. 211-222

pp. 223-231

pp. 233-241

pp. 243-249

pp. 251-259

pp. 261-269

pp. 271-281