



영산강권역 대규모 농업용 저수지의 가용허가수량 추정

Estimation of Available Permit Water for Large Scale Agricultural Reservoirs in Youngsan River Basin

김선주* · 박기춘**† · 박희성***

Kim, Sun Joo · Park, Ki Chun · Park, Hee Sung

ABSTRACT

Agricultural water reservoirs upstream of the intake on the basis of the intaking water volume is being made. Therefore, the supply capacity of reservoirs are not considered when the water balance analysis, storm water reservoirs are based on agriculture and further secured by the reservoir water is not used to using natural river water analysis. To overcome these problems can supply reservoirs are available to permit analysis of how much the quantity of water balance analysis, it should be reflected in the line to help. In this study, the natural daily flow data and apply the dimensions of the reservoir, and for more than 30 years of the long-term water balance analysis conducted by Date Youngsan river basin can supply reservoirs are large quantity of permits available is presented.

Keywords: Large scale agricultural reservoirs; Available permit water

1. 서 론

우리나라에서 댐용수는 댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률에 의한 다목적댐의 '댐사용권'과 한국농어촌공사 및 농지관리기금법 (이하 농어촌공사법)에 의한 농업용수댐의 '농업기반시설관리권'으로 그 권리관계가 규정되어 있다 (Kim et al., 2009, KRCC, 2007). 이에 반하여 하천수는 민법 제234조의 '공유하천용수권'에 의한 관행수리권과 하천법 제50조 '하천수의 사용허가'에 의한 허가수리권으로 구분되어 있다. 그러나 기존의 허가가 능여부 검토를 위한 물수지 분석에서 농업용 저수지는 수리권 공급원으로서 고려되지 못하였다 (Korea Institute of Construction Technology, 2007). 대규모 농업용 저수지는 하루의 농업용수의 취수를 위해 만들어진 것이며, 농업용수의 취수는 상류의 농업용 저수지를 근거로 취수가 이루어지고 있는 상황이다. 따라서 농업용 저수지의 공급능력을 고려하지 않고 물수지 분석을 하게 되면, 농업용 저수지를 근거로 취수하고 있는 농업용수는 저수지

에 의해 추가적으로 확보되는 물을 사용하는 것이 아니라 자연하천에서의 물을 사용하는 것으로 분석됨으로써 물수지 분석과 실제 상황에 괴리가 생기게 된다 (Korea Institute of Construction Technology, 2006). 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 농업용 저수지가 공급 가능한 가용허가수량이 얼마인지 분석하고 이를 물수지 분석에 반영해 줄 수 있도록 해야 할 것이다.

용수공급을 위한 저수지의 기능은 풍수기의 유량을 갈수기로 이월하는 것이다. 유량의 이월을 통해 갈수기에도 저수지의 하류 지역이나 저수지로부터 공급을 받는 지역은 갈수량보다도 더 많은 유량을 사용할 수 있게 된다. 저수지의 이월 능력은 그 용량과 운영방법에 따라 다르다. 저수지의 용량이 클수록 이월능력이 증가하는 경향이 있다. 그러나 저수지의 운영방법에 따라 이월능력은 크게 달라질 수도 있다. 극단적인 예로 유입량을 무조건 방류한다는 운영방법에 따라 저수지를 운영하게 되면, 저수지의 이월능력은 거의 없는 것이나 마찬가지가 된다. 이와 반대로 저수지의 이월능력을 극대화하기 위해서는 미래에 대한 정확한 예측을 기반으로 최적화하여 운영할 필요가 있다. 하지만 일반적인 경우 최적운영은 현실적으로 매우 힘들다. 저수지 공급량을 판단하기 위한 물수지 분석은 가능하면 현실과 유사하도록 모의 (Simulation)해야 하므로 현실에 부합하는 운영방법을 사용해야 할 것이다. 현실에서 저수지의 운영은 저수지가 공급해야하는 수요처의 요구량에 따라 달라진다. 용수공급이 목적인 경우 수요처가 충분한 용수를 획득하도록 저수지가 운영될 것이기 때문이다.

* 건국대학교 사회환경시스템공학전공 정교수
 ** (주)평화엔지니어링 수자원부 대리
 *** 한국건설기술연구원 수자원연구실
 † Corresponding author Tel.: +81-31-420-7876
 Fax:
 E-mail: parkpkc@pec.ne.kr

2011년 4월 5일 투고
 2012년 1월 11일 심사완료
 2012년 1월 13일 게재확정

물수지 분석을 통해 농업용 저수지의 가용허가수량을 평가하고자 하였으며, 이때 저수지에 대한 물수지 분석 모형으로서 K-WEAP (Korea Water Evaluation And Planning System)을 사용하였다. K-WEAP은 21세기 프론티어 연구개발 사업 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단에서 “유역통합물수지분석 및 수자원계획기술 개발” 과제의 성과로 개발된 통합수자원평가계획 모형으로서 용수목적별 수요량 분석, 물 절약, 수리권과 배분 우선순위, 하천유량 모의, 저수지 운영 등 광범위한 부문에 활용이 가능한 종합적인 수자원 계획 도구이다. 특히 K-WEAP은 수자원장기종합계획(2006~2020) 수립 시 권역별로 용수수급을 평가하는 물수지 분석 모형으로 적용되어 그 성능을 인정받은 바 있으며, K-WEAP의 모체인 WEAP은 전 세계에서 수자원계획 및 평가를 위해 널리 활용되고 있다 (Korea Institute of Construction Technology, 2005). 이에 본 연구에서는 K-WEAP을 이용하여 수자원장기종합계획에서 사용된 일별자연유출량 자료와 저수지의 제원을 적용하고, 30년 이상 (1968~2001년)의 장기간에 대한 일별물수지 분석을 실시함으로써 영산강권역의 대규모 농업용 저수지가 공급 가능한 가용허가수량을 제시하였다.

II. 기본 가정

1. 물수지 분석을 위한 기본 가정

본 연구에서는 영산강권역 대규모 농업용 저수지의 가용수량 추정을 위하여 영산강·섬진강 권역 하천유수사용관리시스템 구축 2단계 (Korea Institute of Construction Technology, 2007)에 활용된 물수지 분석방법을 활용하였다. 물수지 분석 네트워크 구축 및 물수지 방정식, 저수지 운영을 위한 제원에 따른 제약, 수요처에서의 수요량과 수요충족률, 실제공급량, 저수지의 가용허가수량의 추정이다. 이를 위해 제시한 아래 가정은 유역전체 물수지에 미치는 영향이 미비할 것으로 가정하여, 물수지 분석을 통해 실제 세계를 그대로 모의할 수는 없으므로 다음과 같은 몇 가지 가정을 통해 실제 세계를 단순화할 수 있을 것이다.

① 저수지의 수면증발량과 저수지 바닥 침투량은 없는 것으로 가정한다.

규모가 작은 저수지의 경우 수표면적과 저수지 바닥면적이 적어 증발량과 침투량에 대한 영향이 적다. 이는 갈수 시의 유량 자체의 불확실성보다 극히 적은 양으로 판단되므로 물수지 분석 시 고려하지 않았다.

② 저수지 조작손실과 하천과 지하수의 상호작용은 없는 것으로 가정하였다.

저수지의 조작손실과 하천의 지하수 상호작용은 매우 복잡한 특성을 갖고 있으나 갈수 시의 유입량에 대한 불확실성과 비교

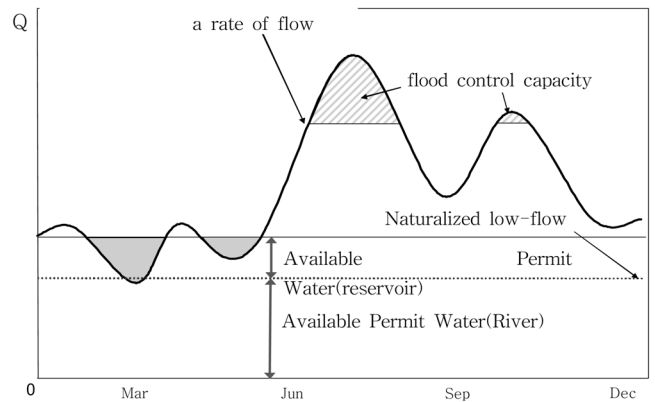


Fig. 1 Available Permit Water

해 크지 않은 양으로 판단되므로 물수지 분석 시 이를 고려하지 않았다.

③ 저수지와 하천에 의해 공급되는 용수수요량은 연중 일정량으로 가정하였다.

하천유수사용허가의 경우 하천에서 기준자연갈수량 내에서 허가를 하고 있는데 이는 안정적인 용수의 공급이 보장되도록 하기 위해서이다. 하천에서 저수지에 의해 추가적으로 확보되는 허가량은 Fig. 1과 같이 갈수기 부족분을 저수지의 이월 능력으로 채워주는 것으로 이해할 수 있다. 이때 가용허가수량이란 연중 일정한 양이 보장되는 수량으로 볼 수 있으므로 물수지 분석에서 용수수요량은 연중일정량으로 가정하였다.

④ 취수는 단일 수요처에서 대규모로 이루어지는 것으로 가정하였으며, 회귀량은 없는 것으로 가정하였다.

실제로는 유역 내의 여러 지점에서 취수가 이루어진다. 이런 경우 취수와 회귀가 반복되어 실제로 취수할 수 있는 양은 더 늘어나게 된다. 하지만 이러한 취수와 회귀는 가용허가수량의 산정에는 불필요한 부분이다. 가용허가수량을 이용하여 허가가능성을 검토하기 위한 물수지 분석을 실시할 때 취수와 회귀 등이 별도로 고려되기 때문이다. 따라서 단일 취수장에서 동일 유량을 지속적으로 취수할 수 있는 경우, 해당유량의 최대치를 하천과 저수지에 의해 공급되는 가용허가수량이라고 볼 수 있다. 그리고 모든 수요량이 가상적인 단일 수요처에서 취수된다고 가정하였기 때문에 회귀량은 가용허가수량 추정에 영향을 미치지 않을 것이므로 수요처에서의 회귀량은 없는 것으로 가정하였다.

⑤ 분석단위는 일단위로 하였으며, 공급량은 저수지유입량만 있는 것으로 가정하였다.

저수지의 가용허가수량을 판단하기 위해서는 갈수량과 동등한 판단기준이 필요하며 이를 위해서는 일별 이하의 단위에서 물수지 분석을 수행해야한다. 공급량은 저수지 유입량만 있는 것으로 하였으므로 실제 분석 영역은 저수지의 일부 하류를 포함한 저

수지 상류로서 전체 유역에 비해 국소적인 규모이다. 따라서 일별로 물수지 분석을 수행하였더라도 하도 추적은 하지 않았다.

⑥ 저수지의 초기 저수량은 만수위로 가정한다.

저수지의 초기 저수량은 모의 시간이 진행됨에 따라 그 영향이 현저히 감소한다. 따라서 장기간의 연속된 자료를 이용해 물수지 분석을 수행하므로 초기저수량은 만수위로 가정하여 초기저수량 부족으로 인한 물 부족의 발생이 결과검토에 영향을 주지 않도록 하였다.

III. 재료 및 방법

1. 대상 저수지 제원

장성댐, 담양댐, 광주댐, 나주댐 등은 한국농어촌공사에서 관리하는 대규모의 농업용저수지로서 해당 저수지의 설계제원은 Table 1과 같다. 농업용 저수지의 조사결과 장성댐에서의 유역면적에 비해 총저수량이 적은 것을 알 수 있으며, 광주댐은 담양댐이나 나주댐에 비하여 총 저수량이 적었다.

Table 1 Specifications of Agricultural Reservoirs

Items	Unit	Value			
		Jangseong	Damyang	Gwangju	Naju
Basin Area	ha	12,280	6,560	4,130	10,460
Reservoir Capacity	ha · m	8,970	6,670	1,740	9,120
Available Reservoir Capacity	ha · m	8,480	6,480	1,524	8,780
Dead Storage	ha · m	490	190	216	340

2. 저수지의 가용허가수량의 추정

주어진 수요량에 대해 앞서 설명한 방법으로 장기간의 모의를 수행하고 나면, 해당 수요량에 대해 장기간 동안 물 부족이 일어나는지 나지 않는지를 살펴볼 수 있다. 만약 물 부족이 발생한다면 이는 수요량이 과다하게 책정된 것이므로 이를 낮추고 물 부족이 발생하지 않는다면 수요량을 증가시킬 수 있을 것이다. 이때 물 부족이 발생하지 않고서는 더 이상 수요량을 증가시킬 수 없는 시점이 발생하는데, 이때의 수요량이 저수지에서 안정적으로 공급 가능한 최대의 유량이 될 것이며, 이것이 저수지와 하천에 의해 공급되는 가용허가수량이 된다. 이 가용허가수량에서 하천의 기준자연갈수량을 빼면, 저수지에 의해 추가적으로 확보되는 가용허가수량을 구할 수 있다.

3. 물수지 분석 네트워크 구축 및 자료입력

물수지 분석 작업을 21세기 프론티어 연구개발 사업 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단에서 개발한 K-WEAP을 이용하여 수행하였다. 개발된 K-WEAP은 수장기장기종합계획 (2006~2020) 수립 시 권역별로 용수수급을 평가하는 물수지 분석 모형으로 적용되어 그 성능을 인정받은 바 있다. 본 연구에서는 K-WEAP 상에 Fig. 2와 같은 모식도를 작성하였다. K-WEAP의 저수지에 관련된 입력 자료는 해당 저수지의 설계제원을 활용하였다. 물수지 분석 시 저수지 유입량 자료로서는 수자원장기종합계획 (2006~2020) 시 사용된 1968년부터 2001년까지 34년간의 일별 자연유량 자료를 기초로 비유량 방법에 의하여 저수지 유역면적에 대한 유출량을 산정하여 적용하였다.

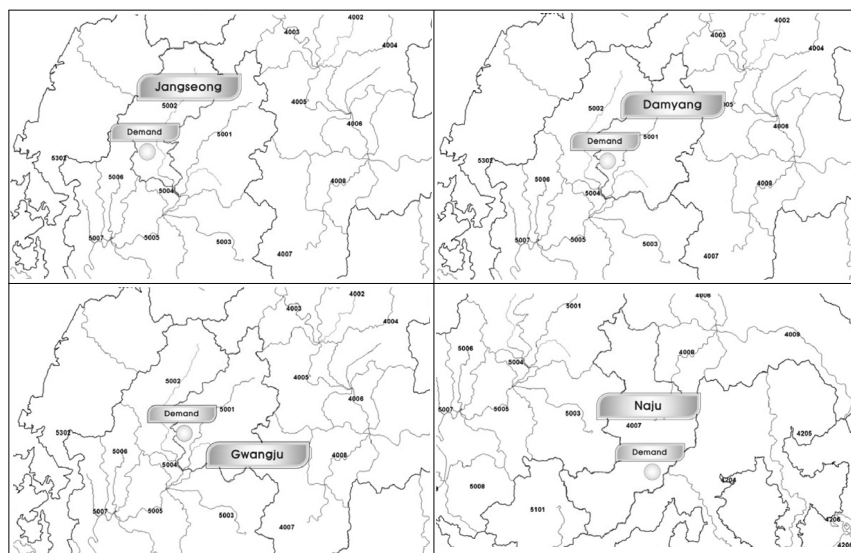


Fig. 2 Build Network

Table 2 According to the Reservoir Intaking Water Volume

Reservoir	Monthly intaking water volume (%)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Jangseong	0.00	0.00	0.00	6.08	20.58	24.77	9.81	22.82	15.45	0.49	0.00	0.00
Damyang	0.62	0.58	0.73	3.36	18.63	26.66	12.17	19.99	14.52	1.65	0.82	0.27
Gwangju	0.62	0.58	0.73	3.36	18.63	26.66	12.17	19.99	14.52	1.65	0.82	0.27
Naju	0.00	0.00	0.00	6.87	23.92	25.36	14.74	15.56	11.63	1.93	0.00	0.00

4. 농업용수 취수패턴의 고려

특히 모의대상 저수지들이 농업용 저수지인 점을 고려하여 농업용으로만 공급하는 경우를 가정할 수 있을 것이다. 이러한 일정한 공급이 이루어지지 않고 농업용수의 수요가 발생하는 시기에만 공급하게 될 것이므로 저수지의 이월 능력이 증가하여 공급량의 한계가 늘어날 수 있을 것이다. 이에 본 연구에서는 이러한 경우를 고려하여 수요량을 영산강·섬진강 권역 하천유수 사용관리시스템구축 2단계 (Korea Institute of Construction Technology, 2007)에서 분석한 농업용수의 월별사용패턴 (영산강홍수통제소 관할수계에서 보고된 2002년에서 2007년까지의 하천수사용 실적자료, 중권역별)을 이용해 월별로 분포시켜 모의하여 그 결과를 일정량을 공급해야할 경우와 비교하여 보았다. 각 저수지에 적용된 취수패턴은 각 저수지가 해당 저수지가 포함된 중권역의 농업용수에 대해 공급을 한다고 가정하여 해당 저수지가 포함된 중권역의 월별취수패턴을 적용하였으며, 중권역별 월별취수패턴은 Table 2와 같다.

IV. 결과 및 고찰

앞서의 자료를 가지고 수요량을 가정하여 모의를 실시하였으며, 반복적인 모의를 통해 기준에 맞는 최대의 수요량을 산정하였다. 이렇게 산정된 수요량은 각 댐에서 허가기준에 맞추어 안정적으로 공급 가능한 양이며, 이를 가용허가수량이라고 할 수 있을 것이다. 4개 댐에 대하여 가용허가수량을 수요량으로 가정하여 모의하였을 때의 유입량과 저수량의 변화를 Fig. 3에서 Fig. 6에 도시하였다. 저수량 모의 결과를 살펴보면 1996년 6월과 1997년 5월 두 번에 걸쳐 심한 갈수가 있었음을 알 수 있다. 하지만 지역별로는 약간의 차이를 보이는데 이는 저수지의 위치에 따라 강우와 유입상황이 달랐기 때문일 것으로 판단된다.

영산강수계 내의 4개의 농업전용댐에 의해 추가적으로 증가하는 가용허가수량은 농업용수 취수패턴을 고려하지 않았을 때 총 5.83 m³/초 정도로 나타났으며, 농업용수 취수패턴을 고려하였을 때 총 6.01 m³/초 정도로 나타났다. 영산강수계의 기준자연갈수량이 6.78 m³/초 (Korea Institute of Construction Technology, 2006) 정도임을 고려할 때 적지 않은 양임을 알 수 있다. 농업

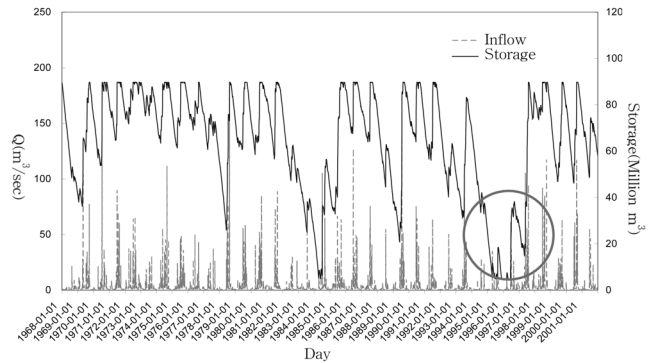


Fig. 3 Inflow and Reservoir Capacity of Jangseong

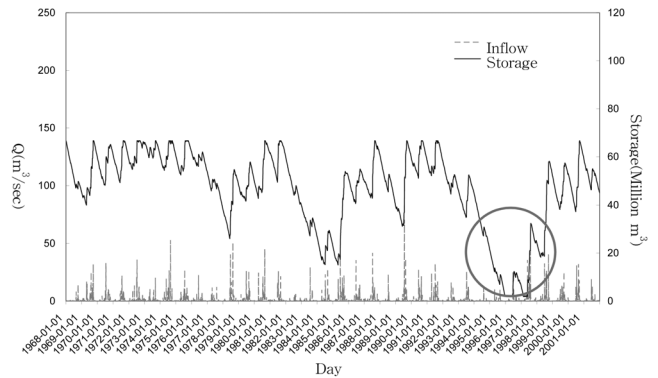


Fig. 4 Inflow and Reservoir Capacity of Damyang

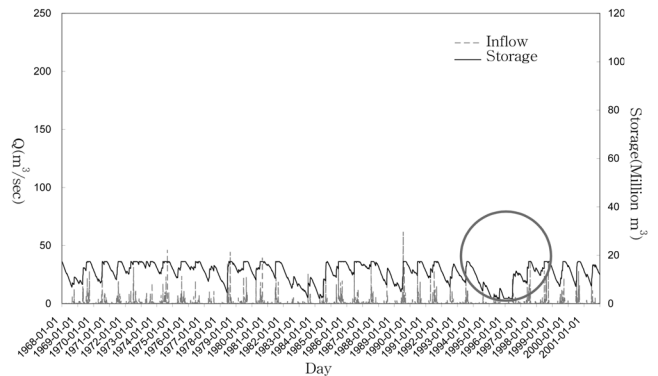


Fig. 5 Inflow and Reservoir Capacity of Gwangju

용수 취수패턴을 고려하였을 때와 고려하지 않았을 때의 가용

Table 3 Available Permit Water for Large Scale Agricultural Reservoirs in Youngsan River Basin

Item		Available permit water (m ³ /s)				
		Sum	Jangseong	Damyang	Gwangju	Naju
Available Permit Water	Non-Agricultural Water Pattern	6.39	2.68	1.19	0.71	1.81
	Agricultural Water Pattern	6.57	2.74	1.26	0.70	1.87
Drought Flow for Reservoirs		0.56	0.24	0.09	0.08	0.15
Available Permit Water for Reservoirs	Non-Agricultural Water Pattern	5.83	2.44	1.10	0.63	1.66
	Agricultural Water Pattern	6.01	2.50	1.17	0.62	1.72

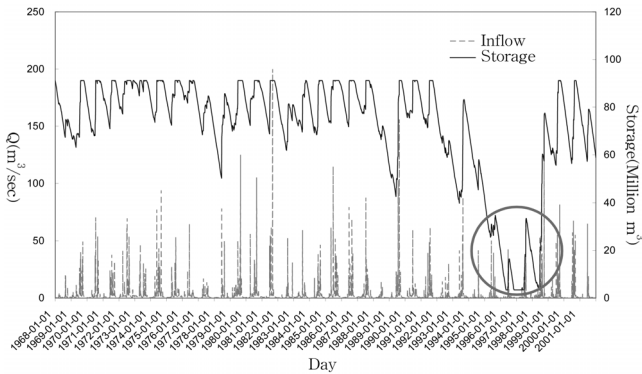


Fig. 6 Inflow and Reservoir Capacity of Naju

허가수량차이는 0.18 m³/초로 나타났다. 이러한 결과는 앞서 기술하였듯이 10년 빈도의 갈수기를 기준으로 한 것이다. 분석결과는 Table 3과 같다.

저수지의 저수량 변화를 살펴볼 때, 대부분의 경우 저수지의 가용허가수량은 1995, 1996, 1997년으로 이어지는 장기적인 가뭄에 의해 지배된다. 이것은 최근의 기후상황을 보았을 때 1995년 이전에 내한능력 10년 빈도로 지어진 저수지들이 실제로 10년 빈도의 가뭄을 버티지 못할 수도 있다는 우려가 있으며, 적절한 재평가가 이루어져야 할 것이라는 것을 알려주고 있다.

기후의 변화는 실제로 공급가능한 수량에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 향후에는 기후변화를 고려하여 저수지의 내한능력 변화 등을 적극적으로 살펴보아야 할 것이다. 본 연구의 성과는 농업전용댐에 근거하여 허가를 할 경우 하천의 기준자연갈수량을 근거로 하지 않아도 되므로 하천수사용허가 분석 시 발생하는 물 부족 현상을 감소시킬 수 있으며, 실제적인 공급원과 수요처의 연결에 따라 분석 결과의 신뢰성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

V. 결 론

농업용저수지의 가용허가수량 산정에서는 영산강수계 내 기존의 농업전용댐들을 대상으로 30년 이상의 장기적인 수문을 모의한 결과 충분히 가용한 농업전용댐의 가용허가수량을 산정할 수

있었으며, 해당 수량은 영산강 기준자연갈수량보다 조금 적은 정도로 나타났다. 기존 1단계 과업에서 산정하였던 영산강하구연의 공급량이 영산강 기준자연갈수량의 약 두 배정도였던 것에 비하면 적은 양이나 실제로 산재되어 있는 농업용저수지의 숫자를 고려한다면 결코 작은 양이 아닐 것으로 사료된다. 향후 농업용저수지들의 가용허가수량들을 분석하고 해당 저수지의 수해면적에 공급되는 양을 제외한 나머지 양들은 따로 가용할 수 있도록 법적인 체계가 정비되어야 할 것이다. 본 연구에서 산정된 유량을 바탕으로 농업전용댐에서 기존에 공급하던 유량을 제외한 유량을 타 허가에 공급해 줌으로서 부족한 공급량을 일부 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. Kim, H. D., Kim S. J., and K. Y. Lee, 2009. Study on the Priority Decision for Redevelopment of Agricultural Reservoir. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 51(6): 63-68 (in Korean).
2. Korea Institute of Construction Technology (2007). The Establishment of Water Permit Management System for stream flow in Nakdong River Region, Ministry of Construction & Transportation.
3. Korea Rural Community Corporation (2007). Study of Water Right Rearrangement for Efficiency Use and Distribution of Agriculture Water.
4. Korea Institute of Construction Technology (2006). Establishment of Water Management System for stream flow in Youngsan River and Sumjin River Region, Ministry of Construction & Transportation.
5. Korea Institute of Construction Technology (2005). K-WEAP(Korea Water Evaluation And Planning System), Technology for integrated basin-wide water budget analysis and water resources planning.