

우리나라 서남부지역 담수호의 효율적 이용방안

A Practical Research for More Efficient Utilization of Estuary Reservoirs in the South-Western Part of Korea

김 현 영* / 서 영 제* / 최 용 선* / 문 종 원*

Kim, Hyun Young / Suh, Young Jea / Choi, Yong Sun / Moon, Jong Won

Abstract

The south-western part of Korea is situated in an unbalance of water supply and demand relating to the Keum, Mankyung, Dongjin and Youngsan River and their estuary reservoirs. For example, the Keum River estuary reservoir is discharging the larger amount of yearly runoff into the sea due to the small storage capacity, while Saemankeum estuary reservoir which is under construction, has the smaller runoff amount comparing with its storage capacity. And the downstream area of the Youngsan River, such as Youngkwang, Youngam are deficient in water due to larger demand and smaller supply. In order to solve the above unbalanced water supply and demand and also to improve the water use efficiency, the Hierarchical Operation Model for Multi-reservoir System(HOMMS) has been developed and applied to analyze the multi-reservoir operation assuming that the above reservoirs were linked each other. The result of this study shows that $2,148 \times 10^6 \text{ m}^3$ of annual additional water requirement for agricultural and rural water demands are required in this region at 2011 of target year, and these demands can be resolved by diverting and reusing $1,913 \times 10^6 \text{ m}^3$ of the released water from the estuary reservoirs into the sea.

Keywords : drought severe region, estuary reservoir, water requirements, water balance, multi-reservoir operation, link canal

요 지

우리나라 서남부지역은 금강, 만경강, 동진강, 영산강 및 이들 하구 담수호와 관련하여 용수수급에 있어 불균형을 이루고 있는 실정이다. 예를 들면, 금강 하구호는 저수용량이 작기 때문에 많은 양을 바다로 버리고 있는 실정이다. 반면, 현재 건설중인 새만금호는 비교적 저수용량에 비하여 유입량이 작은 편이다. 그리고 영광, 영암의 경우와 같이 영산강 하류 지역은 용수수요량은 많고 공급량은 부족한 실정이다. 이러한 용수수급의 불균형을 해결하고, 수자원의 이용 효율을 높이기 위해 다중저수지 연계운영모형(HOMMS : Hierarchical Operation Model for Multi-Reservoir System)을 개발하여 이들 담수호가 연결수로에 의해 서로 연결되었다고 가정하여 다중저수지 연계운영을 시도하였다. 그 결과 2011년을 목표로 기존의 담수호에서 약 21억 m^3 의 농어촌용수가 추가로 필요한 것으로 추정되었으며, 이 양은 각 담수호를 연계운영함으로써 무효방류량 19억 m^3 을 물이 부족한 지역으로 도수가 가능하여 재사용할 수 있는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 가뭄우심지역, 하구담수호, 필요수량, 물수지, 다중저수지 연계운영, 연결수로

* 농어촌진흥공사 조사설계처

1. 서 론

우리나라 서남부지역은 행정구역상 전라남·북도와 경상남도의 하동군 일부를 포함하고 있으며, 주요 하천(한국수자원공사, 1992)으로는 금강, 만경·동진강, 영산강 및 섬진강 등이 있고 만경·동진강 하구 부근에는 김제평야, 영산강 하류부에는 나주평야가 있어 전국 경지면적 평균비율 19.6 %보다 10 %를 웃돌고 있으며(농어촌진흥공사, 1997c), 이는 농업이 이 지역의 매우 주요한 산업임을 한눈에 알 수 있다.

그러나 이들 지역은 수자원의 공급이 불균형을 이루고 있다. 예를 들어 '94~'95년의 연속된 가뭄시 농업용수는 물론 먹는 물 공급에까지 막대한 지장을 초래한 반면 중부지방의 댐이나 하구 담수호에서는 다량의 수자원을 바다로 방류한 바 있다. 이에 대한 대책으로서 농어촌진흥공사는 세계 물의 날을 맞아 1995년 3월 개최한 「동북아의 물 2000년」 심포지움에서 “항구적 가뭄대책 방향” 이라는 주제 발표 중 “4대강 연결 광역수자원 이용방안”을 제시하였다(김현영, 1995). 이후 1996년 1월 농어촌진흥공사에서는 “5대강 수계통합 기획단”이 설치되어 5대강 수계연결을 위한 기초적인 도상검토와 함께 1997년 12월까지 약 1년 6개월 동안 예비타당성조사를 시행하였다.

수량 확보 문제 해결을 위하여 지금까지 제시된 일반적인 방법은 대부분 신규 댐을 건설하는 것이었다. 그러나 대규모 댐개발은 지방화 시대가 열리고 국민소득이 증가함에 따라 댐 건설에 대한 반대 여론이 직면하고 있다. 이에 반하여 수계연결 방안은 기존의 담수호와 저수지에서 확보된 수자원을 연결수로써 통하여 연계운영함으로써 수자원 시설물이 가지고 있는 수문학적 장단점을 상호 보완하게 되고, 이는 곧 수자원 이용율을 높이는 효과를 가져오게 되며 동시에 신규댐 건설과 같은 효과를 얻게 된다.

본 논문에서는 우리나라 서남부지역의 수문학적 용수수급 특성을 살펴보고 금강, 만경강, 동진강, 영산강, 섬진강 등 관련수계의 수리시설물과 하구담수호를 중심으로 향후 추가 용수수요량을 추정하고, 이들을 연계운영할 경우 용수공급가능량을 판단하였다.

2. 서남부지역의 용수수급 특성

우리나라 서남부 지역의 용수수급 특성은 용수수요는 급격히 증가하는데 비하여 수자원은 금강과 섬진강에 편중되어 있으면서 댐개발 적지가 없다는 것이다.

이 지역에 급증하는 용수수요는 태평양시대의 도래와 중국과의 교류중대로 서해안 일대의 개발됨에 그 원인이 있지만 옛날부터 광활한 평야지대와 대도시를 중심으로 농업용수와 생·공업용수를 필요로 하여 왔다.

이러한 특성을 감안하여 농어촌진흥공사에서는 이 지역의 물문제를 해결하기 위해 영산강유역 5단계 개발 장기계획을 수립하여 추진하여 오고 있다. 영산강 I단계 개발을 통해 유역 상류지역에 장성, 담양, 나주, 광주 등 4개댐 저수량 265백만 m^3 을 개발하여 1차적으로 상류지역의 물문제를 해결하였다. 이어서 영산강 II단계 개발로 253백만 m^3 의 하구 담수호를 조성함으로써 중하류 지역의 물문제는 물론 연례적으로 겪던 홍수피해도 방지하였다. 영산강 III단계 개발은 영암호와 금호호를 조성하여 새로이 조성된 간척지의 용수공급과 기존의 농경지 및 인근 도시에 생·공업용수를 공급하기에 이르렀다(농어촌진흥공사, 1997b). 이제 남은 것은 무안, 신안 지역의 IV단계와 고창, 영광지역의 V단계 개발이 남아 있으나 이들 지역의 개발은 영산강 수계에서 제외된 지역이기 때문에 용수의 확보 없이는 개발이 불가능하다.

서남부지역 용수수급의 또다른 특징은 용수수요도 급증하는 지역이지만 일부지역은 가뭄우심지역이면서 가뭄피해 상습지역인 점이다. 우리나라를 시·군별 과우일수, 최저 저수율, 수리답율 등의 가뭄우심 정도에 따라 5등급으로 나눈 가뭄우심도(김현영, 1996)에 의하면 우리나라 1급 가뭄우심지역인 낙동강 중류의 의성, 군위외에 영산강 유역에서는 목포, 신안 지역이 1급 가뭄우심지역에 속하고 있다. 목포일대는 1급 가뭄우심지역이지만 영산호의 풍부한 수자원 덕택으로 지난 '94~'95년과 같은 연속 극심한 가뭄을 잘 이겨낼 수 있었다. 그러나 이외 고창, 영광, 영암, 해남, 강진지역 등은 1급 가뭄우심지역은 아니더라도 가뭄이 자주 들면서 수리시설이 불량하고 수자원 개발의 적지가 부족할 뿐더러 영산강 수계에서 제외되어 있어 한번 가뭄이 들면 걸잡을 수 없이 가뭄피해가 확산되는 지역이다.

이들 지역은 상기와 같은 용수수요 측면에서 불리하기도 하지만 공급측면에서는 유리한 조건은 갖추고 있으면서 효과적으로 개발이 이루어지지 못해 아까운 물을 바다로 버리고 있는 실정이다. 금강호에서는 연평균 40억 m^3 이 바다로 버려지고 있으며, 현재 2002년을 완공목표로 공사중에 있는 새만금 담수호는 무려 5억 m^3 의 저수용량을 가지고 있어 이들의 효율적인 활용여부가 우리나라 서남부지역의 개발 여부를 결정짓는 중

Table 1. Hydrological Characteristics of the Existing Estuary Reservoirs in South-Western Part of Korea

(unit : 10^6 m^3)

Reservoir	Basin area (km ²)	Irrigation area (ha)	Annual inflow (A)	Annual water requir. (B)	Annual release water (C)	Total storage (D)	Effective storage (E)	Requir. storage (F)	A/D	C/A (%)	Surplus (E)-(F)
Keum-gang	9,828	43,632	4,707.0	595.9	4,025.0	132.1	111.9	47.1	35.6	86	64.8
Saeman-keum	3,319	22,550	1,536.6	223.6	1,313.0	535.4	354.7	91.5	2.9	85	263.2
Young-san	3,417	18,139	1,985.4	261.8	1,723.7	253.2	92.5	24.0	7.8	87	68.5
Young-am	335	9,720	221.9	71.1	150.8	243.7	138.5	46.5	0.9	68	92.0
Keumho	184	5,330	114.9	39.0	75.9	132.4	74.7	26.1	1.5	66	48.6
Haenam	181.3	2,367	117.7	20.6	97.0	19.2	12.3	7.5	6.1	82	4.8

요한 열쇠가 된다고 할 수 있다.

이들 담수호들의 수문학적 특성을 살펴보면 Table 1에서 보는 바와 같이 금강호의 경우 연평균 유입량과 총저수량과의 비율이 거의 36배에 해당되며 새만금호의 경우는 2.9배 밖에 되지 않아 유입량과 저수량의 관련측면에서 상대적임을 알 수 있다. 또한 영산호, 영암호 및 금호호의 경우도 필요저수량에 비하여 유효저수량은 여유가 있으나 유입량에 대한 총저수량 비율이 매우 적어 이미 영산호에서 영암, 금호호로 연결수로를 축조하여 수자원의 이용효율을 높이고 있는 실정이다.

연평균 유입량의 경우 금강호가 4,707백만 m^3 (농어촌진흥공사, 1996a)으로 가장 많고 그 다음이 영산호로 1,985백만 m^3 이다. 그리고 여유수량은 개별 담수호의 유효저수량에서 필요저수량을 뺀 값으로 나타낼 경우 새만금호가 263.2백만 m^3 으로 가장 큰 것으로 나타났으나, 연평균 유입량과 총저수량과의 비율이 매우 낮아 수질 및 제염관리에 어려움이 있을 것으로 예상되며, 이를 해결하기 위하여 타 수계에서의 유입이 필수적임을 알 수 있다.

또 연평균 유입량-방류량 비율을 보면 금강호, 새만금호 및 영산호에서 85% 이상의 높은 방류율을 나타내고 있으며, 이를 인접 담수호 또는 조절지에 일시 저류하여 사용한다면 수자원 이용효율을 높일 수 있을 것이다.

3. 담수호 연계운영 방안

Fig. 1은 서남부지역의 수계연결 계획도이며, 이를

기초로 용수공급체계를 구성하면 Fig. 2와 같이 표시할 수 있다. 하구 담수호와 인근 수계 및 조절지를 연결하는 수로를 중심으로 5개 지구로 구분하면 다음과 같다.

금만지구는 금강호와 현재 공사중에 있는 새만금호의 저수량을 이용하는 방안이다. 금강호와 새만금호를 연결하는 주목적은 금강호의 여유수량을 유입량에 비하여 저수량이 큰 새만금호에 저류하였다가 영산강유역으로 도수하기 위한 것이다. 동시에 만경강 상류로부터 내려오는 오염된 하천수를 회색시키고 또 담수호의 제염을 촉진시키기 위해서도 필요하다. 이를 위하여 계획된 연결수로의 총 연장은 14.2 km이다.

만영지구에서는 우선 새만금호에서 1단 양수현(총양정 85 m) 22 m^3/s 의 물을 영산강 V단계 관개구역에 1차 관개를 하고, 2단계로 영산강의 상류인 황룡강까지 2단 양수(총양정 68 m)하여 15 m^3/s 의 물을 공급하는 계획이다. 총 수로연장은 57.7 km이며 방류된 물은 영산강 하구에 위치한 영산호를 통하여 영산강 III, IV단계 사업지구로 공급된다.

영산강 IV지구는 영산호와 무안, 지도 및 현경호를 연결하는 계획으로서 영무수로(영산호-무안호)와 무현수로(무안호-현경호)로 구성되어 있다. 영무수로는 7.9 km이며 무현수로는 8.7 km이다. 영산강 IV단계 개발은 수자원의 확보가 관건이며, 이 수자원은 하구 담수호의 저수량을 이용할 수 밖에 없으므로 담수호화에 필요한 제염용수의 공급이 필수적이라 하겠다. 결국 이 지구의 개발은 금강호와 새만금호가 중요한 수원이 될

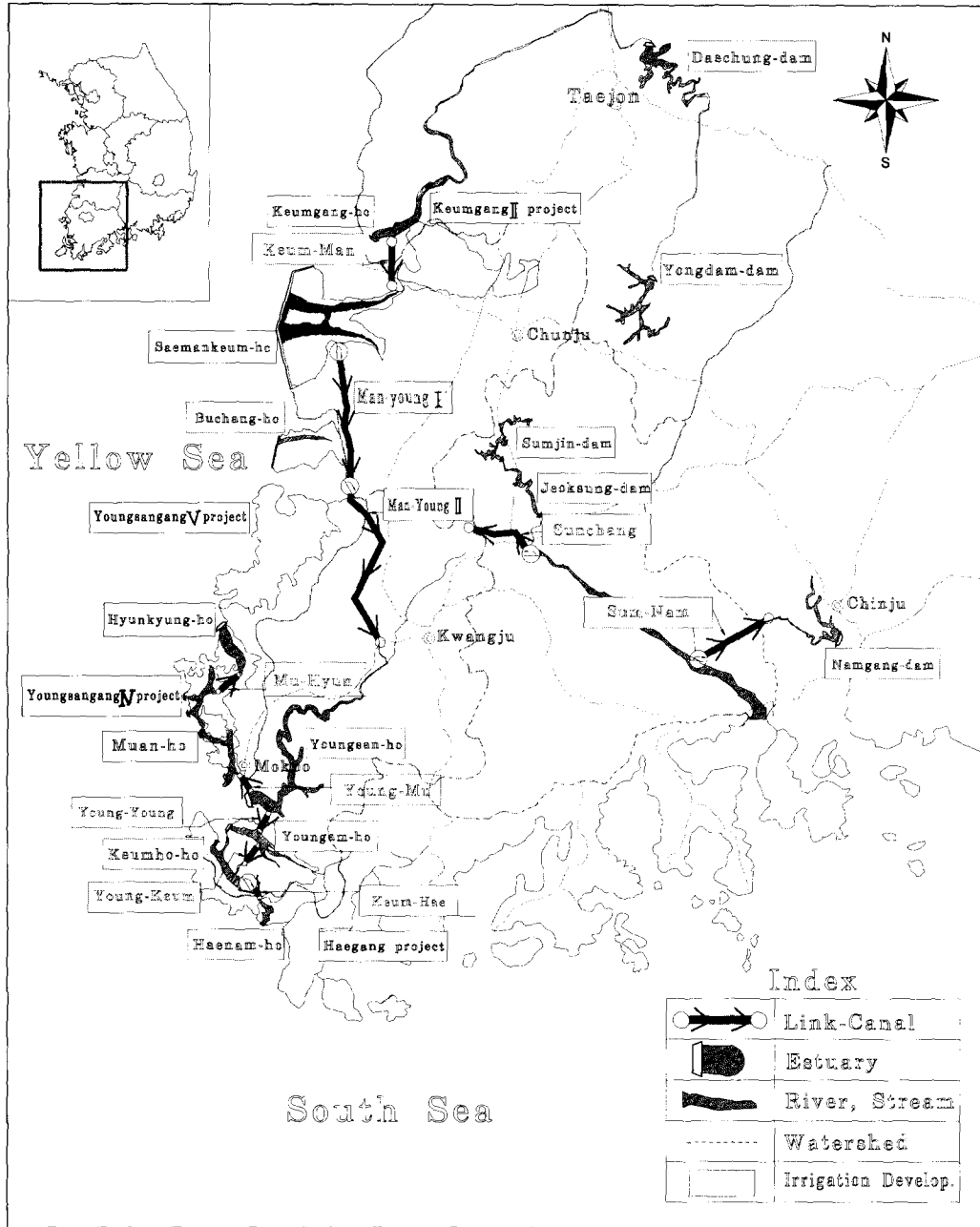


Fig. 1. Map of Project for Water Resources Transfer of the River Inter-Basin in South-Western Part of Korea

을 알 수 있다.

해강지구는 해남과 강진군 일대의 가뭄상습지의 가뭄을 해소하기 위하여 계획된 지구이다. 이 지역의 수원은 아무래도 영산호가 될 수 밖에 없으며, 연결수로

의 노선은 기완공된 영암호 및 금호호의 연락수로를 이용하여 해남호까지 연결하면 금강 및 새만금의 잉여 수자원을 서해안 말단까지 공급할 수 있게 된다. 해강 지구는 현재 시공된 영산호-영암호의 영영수로와 영금

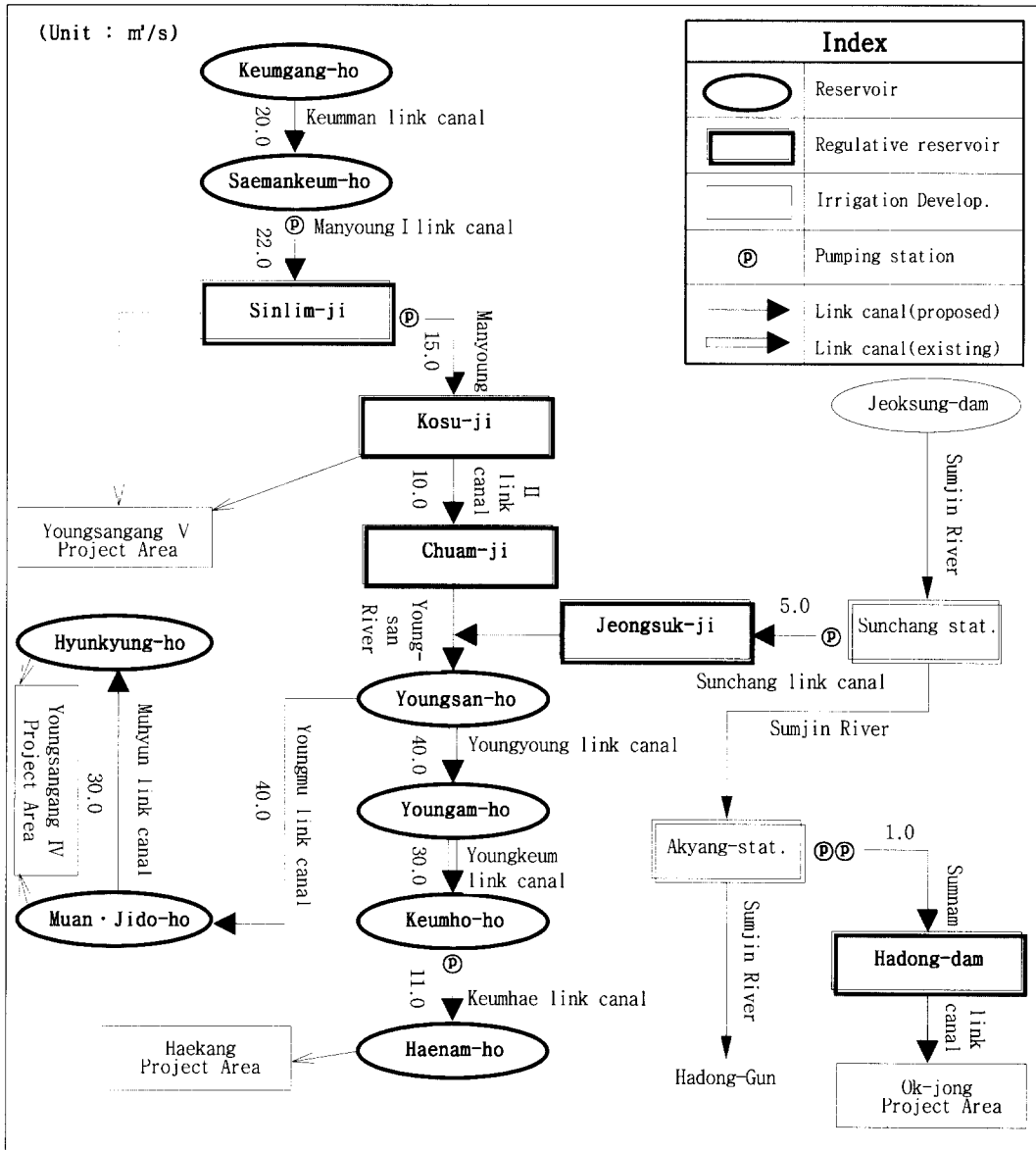


Fig. 2. Flowchart for Water Resources Transfer of the River Inter-Basin in South-Western Part of Korea

수로(영압호-금호호)는 총 연장 9.2 km의 개수로가 설치되어 있다. 금해 연결수로는 금호호와 해남호를 연결하는 신규 수로로서 4.3 km이다.

섬남지구는 우리나라 5대강의 하나인 섬진강의 풍부한 수자원을 이용하여 낙동강의 지류인 남강상류의 용수수요를 해결함과 동시에 영산강상류의 부족수량을 보충할 수 있다. 영산강으로 도수하기 위한 취수계획 지

점은 순창이며, 남강으로의 취수지점은 하동군의 악양지점이다. 이 지구는 2개의 연결수로로 구성되며 순창수로(섬진강 순창-영산강 상류 담양) 12.7 km와 섬남수로(섬진강 하동-하동군 청암) 13.7 km를 합해 26.4 km이다. 여기에는 각각 양수장 1개소가 설치되며 섬남수로의 경우 2단양수가 하동댐에서 이루어진다. 순창수로에는 영산강으로 방류하기전 정성조절지가 있어 이곳

에서 방류량을 조절하게 된다.

4. 물수지

앞에서와 같이 담수호를 연결하여 연계운영의 효과를 분석하기 위해서는 연계전후의 물수지를 계산하고 물부족 여부를 판단하여야 한다. 연계운영전의 물수지는 현재 담수호 공급계획에 의한 것과 장래 추가 용수 수요가 발생했을 경우로 구분할 수 있으며, 현 공급계획에 의한 것은 단독운영 계획으로서 시설물 규모가 최적상태로 준공되어 있으므로 생략하고 후자의 경우만을 분석하였다.

4.1 물수지 모형

물수지 분석을 위해서는 2개의 모형이 필요하다. 그 중 하나는 각 저수지별로 단독운영을 위해 이용된 旬(10일)단위 물수지 모형(Reservoir Operation Study, ROS)이며, 또다른 하나는 다중(多重)저수지의 계층적 연계운영 모형(Hierarchical Operation Model for Multi-Reservoir System, HOMMS)이다. 다중저수지의 연계운영 모형으로서는 HEC-5(US Army Corps of Engineers, 1989)가 있으나 유입량과 필요수량을 모의발생할 수 없고, 특히 논 관개 용수량을 고려할 수 없으며, 이들 자료들은 입력자료로 처리해야 하는 불편이 있고, 물수지의 계산간격을 일별로 처리하기 어려우며, 연결수로의 개념이 없어 통수량이 제한조건이 될 경우 수리계산이 불가능하다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 개발된 것이 HOMMS 모형이다. HOMMS 모형의 입력자료로서 일별 유입량과 필요수량 및 부족수량이 필요한데 이는 ROS 모형을 다중저수지가 연계되지 않은 상태에서 개별적으로 단독 운영하여 얻게되므로 HOMMS 모형을 운영하기 전에 ROS 모형이 먼저 운영되어야 한다.

ROS 모형에서 사용한 물수지식은 다음과 같다.

$$S_t = S_{t-1} + I_t + P_t - (R_t + O_t + E_t + G_t)$$

여기서 S_t 는 t일의 저수량, S_{t-1} 는 t-1일의 저수량, I_t 는 유입량, P_t 는 수면 강수량, R_t 는 방류량, O_t 는 여수토 월류량, E_t 는 수면 증발량, G_t 는 지중 침투량 등이다. 위 식에서 보는 바와 같이 유입요소의 수량보다 유출요소의 수량이 많으면 당일의 저수량은 “-”를 기록하고 그 반대이면 “+”를 기록하게 된다. 이와 같은 과정을 순별, 월별, 년별 등 시간단위

로 합산을 하여 저수량을 추적하여 물부족 여부를 판단하며 HOMMS 모형에서도 같은 과정을 거쳐 물부족 판단하게 된다.

HOMMS의 운영률(농어촌진흥공사, 1997a)은 계산 당일 각 저수지의 유입량과 필요수량으로부터 물수지를 계산하여 부족수량이 발생하는 저수지의 부족량을 상위 저수지에서 여유가 있으면 연결수로를 통하여 하위 저수지로 공급하는 것이다. 이때 상위 저수지의 수위는 자체 저수지의 용수부족을 방지하기 위하여 공급제한수위 이상이어야 하고 연결수로의 도수량은 최대 통수량 범위내에 있어야 한다.

하위 저수지가 2개 이상인 경우, 동시에 상위 저수지에서 공급하여야 한다면 이의 배분율은 부족수량의 비율에 따라 배분하게 된다. 만약 하위 저수지에 부족수량을 공급하였을 때 공급수량이 현재 저수량에 더하여 만수위 이하가 되면 별 문제 없이 받을 수 있지만 만수위를 초과하게 된다면 만수위까지의 용량만 상위 저수지에서 공급받게 된다. 이후 다음 일(日)의 유입량과 필요수량으로부터 물수지를 계산하고 연계운영한 저수량으로 공급가능량을 판단하게 된다. 그리고 계산과정에서 필요저수량이 계산 대상저수지의 유효저수량과 비교하여 적거나 같으면 작업을 종료하고 틀리면 같아질 때까지 인위적으로 시산하여 최적 공급제한수위와 필요저수량 등을 결정하도록 하였다. 한편 각 저수지간에는 수로 또는 자연하천에 의하여 연결되며 본 HOMMS 모형에 의해 각 연결수로의 규모가 결정된다. 그리고 HOMMS 모형에서 자연하천, 개수로, 관수로 등 다양한 형태를 취급할 수 있도록 하였고 도수방식도 자연 중력식과 양수방식을 고려할 수 있도록 하였다.

4.2 유입량

ROS 모형에 사용되는 저수지의 유입량은 금강호, 영산호 및 섬진강 약양지점에 대하여는 금강 수계의 공주, 영산강 수계의 나주, 섬진강 수계의 송정수위관측소에서 각각 실측한 20개년(1975~1994) 수위-유량 관측 자료를 이용하여 일별 유출량을 구한 후 관측지점과 담수호별, 또는 물수지 지점별 유역면적비에 의하여 유입량을 산정하였다. 이들 3개 지점의 20개년 월별 평균 유출량은 Table 2에서 보는 바와 같다. 그 결과 지점별 연간 유출량은 공주지점 4,617백만 m^3 , 나주지점 1,430백만 m^3 , 송정지점 2,847백만 m^3 인 것으로 각각 분석되었다(건설교통부와 한국건설기술연구원,

Table 2. Monthly River Runoff at Key Stations(Gongju, Naju, Songjeong)

(unit : 10⁶ m³)

Month Station													Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Gongju	147.4	151.5	203.3	257.5	277.5	394.8	998.5	925.7	692.2	249.4	162.7	156.3	4,616.8
Naju	42.6	48.8	56.9	81.4	79.4	179.1	342.7	275.8	177.2	62.3	43.6	39.8	1,430.1
Songjeong	63.3	77.6	90.7	172.6	174.0	318.5	621.7	609.4	443.1	137.8	71.0	66.9	2,846.6

1994; 건설교통부 섬진강홍수통제소, 1995). 기타 담수 호, 저수지 및 조절지에 대한 유입량은 가지야리(掘山)의 월 수수량 공식을 사용하여 추정하였다.

4.3 필요수량

4.3.1 농업용수

서남부지역의 주요 농업용수 수요처는 영산강 IV·V단계 개발지구와 해남, 강진 일대의 가뭄상습

Table 3. Total Amount of Agricultural Water Demand

Project	Reservoir	Additional annual agricultural water demand (10 ⁶ m ³)						Remark
		New	Rehabilitation	Direct seeding	Upland & 2nd crop	Water substituted	Sub-total	
Keum-man	Keumgang	-	-	-	-	-	-	
	Saemankeum	-	-	50.4	-	-	50.4	
	Sub-total	-	-	50.4	-	-	50.4	
Man-young	Sinlim	60.1	20.0	12.3	-	1.6	94.0	
	Kosu·Chuam	36.0	8.0	3.9	-	2.7	50.6	
	Sub-total	96.1	28.0	16.2	-	4.3	144.6	
Young-san-gang IV	Muan·Jido	122.7	4.5	21.8	35.7	0.6	185.3	
	Hyunkyung	38.3	2.7	6.5	19.3	-	66.8	
	Sub-total	161.0	7.2	28.3	55.0	0.6	252.1	
Hae-kang	Youngsan	-	-	10.3	35.6	-	45.9	
	Youngam	-	-	11.1	17.1	-	28.2	
	Keumho	-	-	6.1	11.7	-	17.8	
	Haenam	34.7	12.1	4.8	-	10.4	62.0	
	Sub-total	34.7	12.1	32.3	64.4	10.4	153.9	
Sum-nam	Jeongsuk	17.3	3.9	-	-	-	21.2	
	Hadong	2.2	4.1	1.3	-	2.5	10.1	
	Sub-total	19.5	8.0	1.3	-	2.5	31.3	
Total		311.3	55.3	128.5	119.4	17.8	632.3	

- * 1) New demand: Agricultural water of rainfed area, partially irrigated paddy area of substituted water resources, and tideland of Muan·Jido-ho and Hyunkyung-ho.
- 2) Rehabilitation demand: Water requirement of irrigation area below 10yr. frequency of drought.
- 3) Direct seeding demand: 20% of additional water requirement of transplanting area.
- 4) Substituted water demand: Water requirement of the area of agricultural reservoirs for substitute of municipal water.

피해지역이다. 이들 지역중 천수답지역은 신규 관개 개선 지구로, 내한능력 10년빈도 미만의 지역(농어촌진흥공사, 1996b)은 보충용수 공급으로 구분하여 수요량을 추정하였다. 간척지 개발지구는 신규용수와 담수호 제염을 위한 용수가 필요하다. 또 이들 지역이 대부분 평야지대이고 동절기 평균기온이 높은 점을 감안하여 직파재배 및 이모작과 진 관개 용수(농어촌진흥공사, 1996c)도 고려하여 수요량을 추정하였다. 한편 농어촌 마을 또는 읍면 소재지 부근에

있는 농업용 저수지의 수질이 양호한 점을 고려하여 이를 생활 및 공업용수로 전환하고 기존의 관개구역에는 수계연결에 의해 용수를 공급하도록 용수대책을 계획하였다.

이와 같이 담수호와 조절지를 중심으로 장래 추가 관개면적을 결정하고, 여기에 단위용수량을 곱하면 Table 3과 같이 농업용수 필요수량이 계산된다. Table 3에서 보는 바와 같이 추가 농업용수 수요량은 총 632백만 m^3 이 필요한 것으로 추정되었다.

Table 4. Rural Municipal & Industrial Water Demand in South-Western Part of Korea (2011 yr)

(unit : $10^6 m^3$)

Project	Reservoir	The name of city, gun & industrial site	Water demand	City · Gun plan		Water Substituted to agriculture	Additional demand
				Existing	Planning		
Keum-man	Keumgang	Koonsan, Janghang, Koonjang indus. site	1) 0.0 2) 226.3	0 47.5	0 91.2	- -	- 87.6
	Saemankeum	Buan, Okku, Kimje	1) 70.7 2) 84.6	- -	70.7 84.6	- -	- -
Man-young	Sinlim	Kochang	1) 9.5 2) 1.6	2.0 -	1.8 1.6	5.7 -	- -
	Kosu · Chuam	Youngkwang	1) 13.6 2) 5.4	2.5 -	5.7 -	4.3 -	1.1 5.4
Young-san-gang IV	Muan · Jido	Muan, Sinan	1) 19.9 2) 13.6	- -	3.1 -	1.5 -	15.3 13.6
	Hyunkyung	Hampyung	1) 5.5 2) 7.4	- -	3.9 -	- -	1.6 7.4
Hae-kang	Youngsan	Mokpo, other 5 Cities & Eup, Daebool & Samho indus. site	1) 45.8 2) 135.3	44.5 73.7	- -	- -	1.3 61.6
	Youngam	Youngam indus. site	1) 0.0 2) 44.5	- -	- -	- -	- 44.5
	Keumho	Haenam indus. site	1) 0.0 2) 19.3	- -	- -	- -	- 19.3
	Haenam	Haenam, Kangjin	1) 26.1 2) 13.3	1.4 -	2.0 -	22.7 -	- 13.3
Sum-nam	Jeongsuk	Damyang	1) 9.2 2) 0.0	1.3 -	1.9 -	- -	6.0 -
	Hadong	Hadong	1) 6.5 2) 1.2	1.2 -	- -	4.2 -	1.1 1.2
Sub-total			1) 206.8 2) 552.5	52.9 121.2	89.1 177.4	38.4 -	26.4 253.9
Total			759.3	174.1	266.5	38.4	280.3

* Source: Statistics of Water Works(Ministry of Environment, 1996)

* Water demand: 1) Municipal water, 2) Industrial water

4.3.2 농어촌 생·공업용수

농어촌지역의 생활, 공업용수 수요량 추정은 각 시군의 계획과 수자원공사의 2011년 시군별 수요량(건설교통부, 1996)을 기초로 추정하였다. 여기에 기설 공급량을 감하고 또한 가까운 장래에 시군과 광역상수도에서 공급할 계획(한국수자원공사, 1993)이 수립된 것도 감안 다음 나머지를 수계연결에 의해 공급할 수요량으로 간주하였다.

Table 4는 서남부지역의 담수호별, 시군별 농어촌지역에서 필요한 생·공업용수 수요량을 추정하여 정리한 것이다. 수계연결에 의해 추가로 공급해야 할 생·공업용수량은 연간 280백만 m^3 으로 추정되었다.

4.3.3 제염용수

서남부지역에는 대단위간척사업으로 조성된 담수호가 많아 원활한 농업용수 공급을 위하여 담수호의 제염용

수가 필수적인 요소이다. 따라서 금회 수계연결에 의한 용수공급시 제염을 위한 제염용수의 공급량을 5개 담수호 중 4개 담수호에 대해서 제염분석을 통해 결정하였다.

각 담수호별 제염분석 결과 새만금호(농어촌진흥공사, 1988), 영암호, 금호호, 무안·지도호, 현경호 등에서 연간 각각 405.6백만 m^3 , 129.8백만 m^3 , 76.4백만 m^3 , 404.9백만 m^3 , 192.6백만 m^3 이 필요한 것으로 나타났으며, 추가 제염용수 총 수요량은 1,209.3백만 m^3 /년으로 나타났다.

4.3.4 기타용수

기타 용수에는 영산호의 하천유지용수 7.9백만 m^3 /년, 영암호의 수산용수 13.1백만 m^3 /년, 정석지의 영산강상류 하천유지용수 5.7백만 m^3 /년 등 총 26.7백만 m^3 /년이 추가로 필요할 것으로 판단하였다.

Table 5. The Results of Individual Reservoirs Operation

(unit : $10^6 m^3$)

Project	Reservoir	Annual Inflow (A)	Annual water requirement (B)	Annual release	Required storage	Annual water shortage (C)	Remark
Keum-man	Keumgang	4,707.0	595.9	4,025.0	47.1	-	
	Saemankeum	1,536.6	1,053.1	527.8	492.8	-	
	Sub-total	6,243.6	1,649.0	4,552.8	-	-	
Man-young	Sinlim	13.1	99.3	0.12	1,537.9	△ 86.2	(C)=(A)-(B)
	Kosu·Chuam	15.6	61.5	-	815.8	△ 45.9	(C)=(A)-(B)
	Sub-total	28.7	160.8	0.12	-	-	
Young-san-gang IV	Muan·Jido	227.3	620.5	-	7,013.9	△ 393.2	(C)=(A)-(B)
	Hyunkyung	125.7	268.4	-	2,510.4	△ 142.7	(C)=(A)-(B)
	Sub-total	353.0	888.9	-	-	-	
Hae-kang	Youngsan	1,985.4	378.5	1,607.2	42.0	-	
	Youngam	221.9	286.9	20.5	1,096.3	△ 65.0	(C)=(A)-(B)
	Keumho	114.9	152.7	10.3	638.9	△ 37.8	(C)=(A)-(B)
	Haenam	117.7	91.5	57.3	91.8	-	
	Sub-total	2,439.9	909.6	1,695.3	-	-	
Sum-nam	Jeongsuk	4.0	33.9	-	536.5	△ 29.9	(C)=(A)-(B)
	Hadong	50.5	36.3	17.9	43.4	-	
	Sub-total	54.5	70.2	17.9	-	-	
Total		9,119.7	3,678.5	6,266.1	-	800.7	

* Annual water shortage means an average of 20 yrs resulting from water balance

4.4 저수지별 단독 물수지

개별저수지의 단독 물수지 분석은 인근 저수지의 추가 도수량 없이 독립적으로 운영될 경우 현재의 시설 규모로 향후 추가수요량을 공급할 때 자체 저수지의 공급능력을 판단하기 위한 것이다.

개별저수지 물수지 분석결과 Table 5에서 보는 바와 같이 향후 용수수요를 추가로 공급할 경우 금강호와 영산호를 제외한 모든 저수지에서 물부족이 발생하였으며, 최대 물부족이 발생하는 저수지는 무안·지도호로서 연간 393백만 m³이 부족한 것으로 검토되었다. 만영지구의 고수·추암조절지, 영산강IV지구의 무안·지도호, 현경호, 섬남지구 정석지의 경우 연중 무효방류량이 전혀 없이 유입된 모든 수량을 사용하더라도 물부족이 발생하였다. 따라서 이들 지역의 담수호들은 단독운영으로는 추가로 소요되는 물수요를 충족시킬 수 없음을 알 수 있다.

4.5 연계운영 물수지

단독물수지 결과에 나타난 각 저수지별 부족수량을 여유수량이 있는 금강호와 영산호를 이용하여 물부족이 발생한 개별저수지와 상호 연계하므로써 용수공급에 대한 불균형을 해소할 수 있는지를 판단하였다.

Table 6은 다중저수지를 연계하여 물수지 분석을 행할 경우 필요한 저수지별 공급제한수위 및 기타 조건을 나타낸 것이다. 이러한 경계조건은 저수지의 연계운전을 위하여 필요한 입력자료이지만 결과적으로 시산에 의해 최종 결정된 값이다. 즉 모의 연계운전을 통해 물부족이 발생하지 않는 제한조건하에서 시산된 최적해이다.

상기 조건으로 서남부지역 저수지를 연계운영한 결과 Table 7에서 보는 바와 같이 모든 저수지에서 물부족이 해소되었다. 그 결과 담수호간 연계운영시 연결수로를 통한 연간 도수량은 금강호에서 406백만 m³, 영산호에서 538백만 m³으로 나타났으며, 전체적으로

Table 6. Boundary Conditions for Multi-Reservoirs Operation

Project	Reservoir	Additional water demand for desalination (ha · m/day)	Conditions of reservoir operation		
			Buffer level for water diversion (EL. m)	Amount of max. water supply (ha · m/day)	Type of link canal
Keumman	Keumgang	-	(+) 0.40	172.8	Open canal
	Saemankeum	172.80	(-) 6.00	190.1	"
Manyoung	Sinlim	-	(+) 42.50	129.6	Pipeline
	Kosu · Chuam	-	(+) 86.50	86.4	Open canal
Haekang	Youngsan	-	(-) 4.35	345.6	"
	Youngam	1.00	(-) 4.35	259.2	"
	Keumho	-	(-) 5.35	95.0	Pipeline
	Haenam	-	-	-	
Youngsan-gang IV	Youngsan	-	(-) 4.35	345.6	Open canal
	Muan · Jido	42.00	(-) 5.00	259.2	"
	Hyunkyung	57.30	-	-	
Sumnam	Sumjin River (Sunchang)		-	43.2	Pipeline
	Jeongsuk	-			
	Sumjin River (Akyang)		-	8.6	Pipeline
	Hadong	-			

연간 1,845백만 m³의 수자원이 이동되는 것으로 나타났다. 또 수계연결을 통하여 각 저수지별, 용도별로 공급되는 필요수량은 기존의 용수공급량을 합하여 연간 총 5,085백만 m³으로 나타났다.

단지 영산호의 최저수위(시수위)가 계획흡입수위인 (-)4.35 m보다 다소 떨어진 (-)4.47 m로 나타났으나 수위차가 0.12 m로 미소하여 물부족으로 보기는 어렵다. 또한 만영지구의 신립조절지는 현재 저수량이 6.3백만 m³에 불과하나 유효저수량이 27백만 m³이 된 것은 영산강V단계 개발예정지역내에 산재한 소규모 농업용저수지의 내용적이 21백만 m³으로 확장보강될 것으로 예상하여 물수지를 행하였기 때문이다.

그리고 섬남지구는 연계운영시 연결수로를 통하여

섬진강본류 순창지점에서 정석지로 연간 53백만 m³을 도수하고, 악양지점에서 하동댐으로 15백만 m³을 도수하여 담양군, 나주시와 하동군의 농업용수 및 기타 필요수량을 공급하므로써 이들 지역의 물부족을 해소할 수 있을 것으로 판단되었다.

5. 결 론

우리나라 서남부지역의 용수수급특성을 분석하고 개별 수리시설의 용수공급능력을 검토한 다음 이들을 연계운영한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 금강호와 새만금호의 유입량과 저수량을 분석한 결과 상호보완적인 관계가 있음을 알 수 있었다.
- (2) 목표년도 2011년을 기준으로 하구담수호를 중심

Table 7. The Results of Multi-Reservoirs Operation for the South-Western Part of Korea

Project	Reservoir	Effect. storage (ha · m)	Inflow (ha · m/yr)	Water requirement (ha · m/yr)	Max. water transfer by link canal (ha · m/day)	Amount of water by link canal (ha · m/yr)	Required storage (ha · m)	Water shortage (ha · m/yr)
Keum-man	Keum-gang	11,187	470,487	100,162	172.8	40,569	11,160	-
	Saeman-keum	35,472	194,221	132,094	190.1	26,789	33,891	-
Man-young	Sinlim	2,728	28,099	27,812	129.6	17,889	2,683	-
	Kosu · Chuam	2,332	19,443	19,088	86.4	12,929	2,308	-
Hae-kang	Young-san	9,248	211,460	91,674	345.6	13,068	9,545	(-)297
	Young-am	13,847	35,263	23,933	259.2	7,873	9,231	-
	Keumho	7,466	19,361	12,897	95.0	5,288	5,319	-
	Haenam	1,234	17,056	9,153	-	-	1,095	-
Young-san-gang IV	Young-san	9,248	211,460	91,674	345.6	40,756	9,545	(-)297
	Muan · Jido	23,871	63,484	56,189	259.2	19,294	12,615	-
	Hyun-kyung	13,038	31,863	28,491	-	-	7,823	-
Sum-nam	Sumjin River				43.2	5,320		-
	Jeongsuk	310	5,724	3,386	-	-	262	-
	Sumjin River				8.6	1,540		-
	Hadong	3,115	6,594	3,631	-	-	2,857	-
Total		123,848	1,103,055	508,510	1,589.7	191,315	98,789	

으로 추가 용수수요량을 추정한 결과 농업, 생·공업, 제염, 기타 용수에서 각각 632백만 m³, 280백만 m³, 1,209백만 m³, 27 백만 m³으로서 합계 2,148백만 m³이 필요한 것으로 나타났다.

(3) 우리나라 서남부지역의 하구담수호를 목표년도 2011년의 추가 용수수요량을 감안하여 단독운영한 결과 금강호와 영산호를 제외한 모든 담수호에서 물부족이 발생하였다.

(4) 하구담수호를 연계운영하기 위하여 계층적 다중저수지 연계운영 모형인 HOMMS 모형을 개발하여 적용한 결과 단독 운영시 발생한 물부족을 해소하여 연간 총 1,913백만 m³의 추가 용수공급이 가능하였다.

(5) 따라서 단독 운영모형인 ROS 모형과 연계운영 모형인 HOMMS 모형을 조합하면 실제 일별 저수지의 운영을 잘 반영할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

건설교통부 (1996). 수자원장기종합계획.
 건설교통부 섬진강홍수통제소 (1995). 송정지점 수위-유량 자료.
 건설교통부, 한국건설기술연구원 (1994). 수위-유량 관계곡선자료집.
 김현영 (1995). “항구적 가뭄대책 방향.” 동북아의 물 2000년 심포지움, 농어촌진흥공사.
 김현영 (1996). “농어촌용수 수급구조재편 방안.” 아

시아물 2000년 심포지움, 한국관개배수위원회/농어촌진흥공사.
 농어촌진흥공사 (1996a). 금강(II)지구 수문조사 보고서, 농림부.
 농어촌진흥공사 (1996b). 농업생산기반종합정비계획, 농림부.
 농어촌진흥공사 (1996c). 영농방식 변화에 따른 필요수량 변화 연구, 농림부.
 농어촌진흥공사 (1997a). 5대강수계연결 중동부지구 예비타당성조사 보고서.
 농어촌진흥공사 (1997b). 농업생산기반정비사업 통계연보, 농림부.
 농어촌진흥공사 (1997c). 영산강유역 농업종합개발사업 관련자료.
 농업진흥공사 (1988). 새만금지구 기본조사 보고서, 농림수산부.
 한국수자원공사 (1992). 전국하천조사서.
 한국수자원공사 (1993). 21세기를 바라보는 수자원전망(부록).
 US Army Corps of Engineers (1989). *HEC-5 simulation of flood control and conservation systems*.
 (논문번호:98-025/접수:98.04.24/심사완료:98.05.27)