

신뢰성 기준을 적용한 용수공급능력의 해석 - 낙동강유역을 중심으로 -

차 상 화 · 지 흥 기 · 이 순 탁
안동과학대학 토목과 · 영남대학교 토목도시환경공학부
(2002년 8월 16일 접수; 2002년 12월 23일 채택)

The Analysis of Water Supply Capacity using Reliability Criteria - for the Nakdong River Basin -

Sang-Hwa Cha, Hong-Kee Jee and Soon-Tak Lee

Dept. of Civil Engineering, Andong Science College, Gyeongsangbuk-do 760-822, Korea

School of Civil, Urban & Environmental Engineering, Yeungnam University, Gyeongsangbuk-do 712-749, Korea

(Manuscript received 16 August, 2002; accepted 23 December, 2002)

In general, the evaluation of water supply capacity is important factor to establish various establishment of water resource supply plan include water resource security and determination of dam's mass. But former researchs about estimation of water supply capacity were lack in continuity of evaluation basis, and didn't excute analysis on reliability criteria also. In this study, Nakdong river was selected for study basin, and then water supply capacity was analyzed by HEC-5 model using identical reliability criteria.

Key words : Water supply capacity, Consistency, Reliability criteria

1. 서 론

급속한 고도 경제성장과 생활수준의 향상으로 인하여 각종 용수수요는 증대하게 되었고 지방자치제의 실시에 따른 권역간의 물 배분문제가 심각한 대립양상으로 발전하고 있는 현실이다. 또한, 최근 들어 엘리뇨, 라니냐, 지구온난화 등 각종 기상 이변이 자주 일어나고 있는 시점에서 안정적인 수자원 확보와 한정된 수자원의 효율적인 이용방안이 수자원 정책에 있어서 주된 관심분야가 되고 있다.

따라서 다목적댐의 건설, 절수방안, 해수의 담수화, 국민적 의식 변화 및 지하수 개발 등 보다 많은 수자원 이용 방안들이 모색되어 지고 있다. 이 중에서도 특히, 다목적댐은 수자원의 시간적, 공간적 편중을 극복하는 수단이며, 용수수급측면에서 상당한 역할을 담당하고 있는 실정이다. 그러므로 수자원의

안정적인 확보를 위해서는 새로운 댐의 건설이 앞으로 계속되어야 할 것이며, 아울러 기존 댐의 효율적인 운영을 위한 용수공급능력 해석에 관한 연구도 지속적으로 이루어져야 할 것으로 본다.

이러한 유역내 용수공급능력 해석과 관련된 선행 연구들을 살펴보면, 국외의 경우 Revelle 등¹⁾이 수자원계획에 최초로 신뢰도에 대한 개념을 도입하였고 Loucks 등²⁾은 다양한 저수지 평가기준들에 대한 적용성을 제시한 바가 있으며, 이후에도 Hashimoto 등³⁾, Moy 등⁴⁾, Srinivasan 등⁵⁾, Bayazit 등⁶⁾이 저수지의 운영, 관리에 있어서 그 평가기준에 관한 연구를 수행한 바가 있다. 또한 국내의 경우는 한국건설기술연구원⁷⁾에서 다목적댐의 용수공급능력 평가방법의 개선방법에 관한 연구를 수행한 바가 있고, 한국수자원공사⁸⁾에서 기존댐 용수공급능력 평가에 대한 연구를 수행하였으며, 박기범⁹⁾, 이광만 등¹⁰⁾이 저수지의 용수공급능력 및 수자원 평가에 관한 연구를 하였다.

이와 같이 용수공급능력 해석에 관한 연구들이 상당히 활발하게 진행되어 왔으나 지금까지의 연구

Corresponding Author : Sang-Hwa Cha, Dept. of Civil Engineering, Andong Science College, Gyeongsangbuk-do 760-822, Korea
Phone : +82-54-851-3604
E-mail : tnwkdjns@yumai.ac.kr

에 있어서는 평가 절차의 일관성이 다소 부족하였으며 또한, 용수공급능력 해석시 댐(저수지)에서만 수행되었을 뿐만 아니라 각 댐마다 신뢰도를 상이하게 설정하여 용수공급능력을 해석한 점도 미비한 점이라고 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 보다 정확한 용수공급능력을 해석하기 위하여 낙동강유역을 분석대상으로 선정하여 신뢰성 기준을 동일하게 95%로 적용하여 다목적댐(안동, 임하, 영천, 함천 및 남강댐) 및 하천유역(왜관, 진동지점)에 있어서 용수공급능력을 해석함은 물론, 장래 수자원 정책 수립시 신뢰성기준을 적용함에 있어 그 타당성을 검토토록 하였다.

2. 이론적 배경

일반적으로 유역내의 용수공급능력을 분석하는 방법으로는 시물레이션 기법, 추계학적 기법, 최적화 기법 등이 있으며, 본 연구에서는 시물레이션 기법 중 실무에서 가장 일반적으로 널리 사용되어지고 있는 HEC-5¹¹⁾ 모델을 이용하였으며, 또한 보다 더 효율적인 용수공급능력 해석을 위하여 신뢰성 기준을 도입하여 낙동강 유역을 대상으로 적용 검토하여 보았다.

2.1. 시물레이션 기법

일반적인 용수공급능력해석 방법의 하나인 시물레이션 기법은 저수지를 하나의 시스템으로 보고, 이 계의 입력과 출력 및 시스템의 상태변화를 고려하는 일종의 물수지 분석이며 저수지 모의운영 또는 형태분석이라고도 한다. 이 시물레이션 기법의

적용에 있어서 저수지로의 입력에는 유입량과 강수량 등이 있으며, 출력에는 방류량, 수면증발량 및 기타 손실량이 포함된다. 물론, 저수지 수면의 강수량과 기타 손실량은 무시하며, 식 (1)과 같은 저수지의 상태를 나타내는 물수지 방정식으로 저수지 상태변화를 시물레이션 한다.

$$S_t = S_{t-1} + I_t - O_t - E_t \quad (1)$$

여기서, S_t 와 S_{t-1} 는 각각 t 및 $t-1$ 시점에서의 저수량이고, I_t , O_t 및 E_t 는 t 및 $t-1$ 시점 사이의 유입량, 방류량, 증발량이다. 또한 계산시간 단위로는 월 또는 순단위를 사용하는 것이 일반적이며, 저수량 S 는 유효저수량과 최저저수량 사이의 범위에 있어야 한다는 제약조건과 함께 저수지의 운영률을 고려하여 저수량에 따른 방류량의 제한을 반영할 수 있다. 또한 시물레이션 기법에서 목적별 저수지의 조작 우선순위는 Table 1과 같다.

일반적으로 병렬저수지 혹은 직렬저수지가 있는 하부시스템 사이의 방류 우선순위를 결정하기 위하여 등가저수지의 개념을 사용한다. 이 개념은 저수지 용량에 가중치를 두어 저수용량과 가중 수위를 결정하는 방법이며 동일 저수지 시스템에 대한 등가저수지의 수위-저수용량 특성은 Table 2와 Fig. 1과 같다.

또한, 하류 조절점의 통수능을 고려한 저수지 방류량의 결정은 식 (2)의 선형 추적 방정식에 의한다.

Table 1. Reservoirs operation priority

| Condition | Normal priority | Optional priority |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> · During flooding at downstream location : · If primary power releases can be made without increasing flooding downstream | <ul style="list-style-type: none"> · No release for power requirement · Release down to top of buffer pool | <ul style="list-style-type: none"> · Release for primary power · Release down to top of inactive (level 1) |
| <ul style="list-style-type: none"> · During flooding at downstream location : · If minimum desired flows can be made without increasing flooding downstream · If minimum required flows can be made without increasing flooding downstream | <ul style="list-style-type: none"> · No release for minimum flow · Release min flow between top of conservation and top of buffer pool. · Release min flow between top of conservation and top of inactive pool | <ul style="list-style-type: none"> · Release minimum desired flow · same as normal · same as normal |
| <ul style="list-style-type: none"> · Diversions from reservoirs (expect when diversion is a function of storage) : | <ul style="list-style-type: none"> · Divert down to top of buffer pool | <ul style="list-style-type: none"> · Divert down to top of inactive pool (level1) |

(Hydrologic Engineering Center, 1989¹¹⁾)

Table 2. Equivalent reservoir level-storage characteristics

| Index level | Reservoir 1 | Reservoir 2 | Reservoir 3 | Equivalent reservoir |
|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|
| 5 | 40 | 20 | 8 | 68 |
| 4 | 30 | 15 | 6 | 51 |
| 3 | 20 | 10 | 4 | 34 |
| 2 | 10 | 5 | 2 | 17 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

$$O_n = C_1 R_{n-1} + C_2 R_{n-2} + C_3 R_{n-3} + \dots \quad (2)$$

여기서, O_n 은 하류지점에서의 시간 n 에서의 유출량, R_n, R_{n-1}, R_{n-2} 은 시간 $n, n-1, n-2$ 에서의 저수지 방류량, C_1, C_2, C_3 은 저수지 방류량의 추적 계수이며, 본 분석에서의 하도추적은 Modified Pulse, Muskingum, Straddle-Stagger Tatum, Working R&D 방법 중 Muskingum 방법으로 하도 추적을 실시하였다.

2.2. 신뢰성

신뢰성 설정에 따른 기준은 용수공급능력 분석시에 공급계획의 의무에 의해 결정되어지는 기준량의 공급량에 미치지 못하여 물부족이 발생하는 것에 관심이 주어진다. 물론, 용수공급시 물부족 상황에 대해서는 용수부족의 빈도, 용수부족 후 복원시간, 용수부족의 심각성 등이 검토되어야 한다.

또한, 용수공급 평가에서 이러한 관점의 수학적 정의와 계산 방법을 정립하여 제시 한다면 다양한 신뢰도 기준에 따른 용수공급의 계획 수립이 가능할 것이며, 일반적으로 유역내 용수공급 능력을 해석할 경우 용수공급의 기준에 따라 나타나는 신뢰성, 복원성 및 취약성 등에 관한 지표를 명확히 하여야 한다⁷⁾. 따라서 본 연구에서는 용수공급시 간과 되기 쉬운 신뢰성 기준을 도입하여 안정적인 용수공급 능력을 해석하고자 하였다.

보통 용수공급량을 시간에 따른 변수 X_t 로 표시하면 X_t 는 인위적 기준에 따라 두 가지의 집합으로 구분할 수 있다. 첫째, 용수공급의 수요를 만족시키는 경우와 둘째, 만족시키지 못하는 경우이다. 각각의 집합을 S와 F로 나타내면 임의의 시점 t 에서 X_t 는 이들 두 집합 가운데 하나의 집합의 원소로 간주할 수 있다. 이때 시스템의 신뢰도는 시스템이 정상적으로 용수공급을 수행하는 상태로 있게 되는 확률로 표시할 수 있으며 식 (3)과 같다.

$$\alpha = \text{Prob.}[X_t \in S] \quad (3)$$

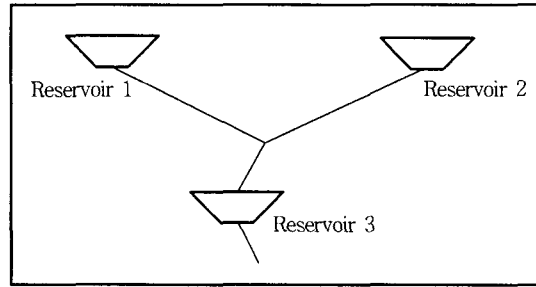


Fig. 1. Reservoirs configuration for equivalent reservoir.

일반적으로 용수공급의 문제에 있어서 저수지의 운영의 경우 장기간의 운영에 따른 손실의 기대치 혹은 평균치를 최소화하는 기준으로 유도를 할 수가 있다. 즉, 다목적댐을 연계한 유역의 용수공급에 있어서의 댐의 운영은 최소의 취약성의 척도를 나타내는 범위내에서 최대한 높은 신뢰성을 갖도록 결정되어야 한다.

3. 자료의 수집

3.1. 대상유역의 개황

본 연구의 대상유역인 낙동강유역은 우리나라 제 2의 하천유역으로서 한반도 남동부에 위치하여 유역면적은 23,859km², 유로연장은 525.8km로서 우리나라 전국토의 24.1%를 차지하고 있으며, 또한 유역의 연평균 강우량은 1,106mm로서 전국 평균 1,274mm의 다소 적은 편이고 수자원 부존량은 약 263.9억톤인데 이 중에서 손실량은 약 45.5%인 120.1억톤이며, 유출량은 약 54.5%인 143.8억톤을 차지하고 있다¹²⁾. 또한 물의 이용측면에서 볼 때 수계전반에 걸쳐 관계용수의 하천 의존도가 크고, 중류에서는 구미, 대구 등의 내륙도시가 크게 발달되어 있으며, 하류부에는 부산, 포항, 울산 창원, 마산 등 해안도시가 발달되어 있어 다른 수계에 비하여 이수활동이 매우 활발하여 과우 지역이지만 물의 공급측면에서는 그 부존량이 절대적으로 부족한 실정이다.

다음으로, 본 유역에는 본류의 상류부에 안동댐, 지류인 황강의 합천댐, 남강의 남강댐, 금호강 상류의 영천댐, 반변천 상류의 임하댐, 밀양강 상류의 운문댐과 밀양댐 등의 다목적댐이 건설되어 있어 유역의 주요 용수공급 및 홍수조절 기능을 담당하고 있다.

마지막으로, 낙동강유역에는 홍수예보 및 저수관리를 위하여 T/M 강우 관측소, T/M 수위 및 댐수위 관측소 및 T/M 수질 관측소 등으로부터 낙동강홍수통제소에 각종 자료가 Micro-Wave에 의해서 송신되어 TANDAM-16 컴퓨터에 입력되도록 되어 있으며, 현재 이들 자료는 낙동강내 홍수예측 및 저

Table 3. Results of the subbasin division in Nakdong river

| Subbasin (NO.) | Area (km ²) | Section | Subbasin (NO.) | Area (km ²) | Section |
|----------------|-------------------------|-------------|----------------|-------------------------|--------------|
| 1 | 1,584.00 | 안동댐상류 | 13 | 563.92 | 동춘수위표~금호강합류점 |
| 2 | 1,361.00 | 임하댐상류 | 14 | 774.51 | 왜관수위표~고령교수위표 |
| 3 | 503.00 | 길안천 | 15 | 779.20 | 회천 |
| 4 | 1,780.49 | 내성천 | 16 | 938.51 | 합천댐상류 |
| 5 | 1,142.35 | 안동댐~영강합류점 | 17 | 394.31 | 합천댐~황강합류점 |
| 6 | 906.19 | 영강 | 18 | 805.78 | 고령수위표~진동수위표 |
| 7 | 422.40 | 병성천 | 19 | 2,301.62 | 남강댐상류 |
| 8 | 1,392.74 | 위천 | 20 | 1,190.88 | 남강댐~진동수위표 |
| 9 | 994.82 | 감천 | 21 | 1,030.58 | 진동수위표~밀양강합류점 |
| 10 | 970.36 | 영강합류점~왜관수위표 | 22 | 313.29 | 운문댐상류 |
| 11 | 235.43 | 영천댐상류 | 23 | 1,154.31 | 운문댐~밀양강합류점 |
| 12 | 1,310.65 | 영천댐~동춘수위표 | 24 | 966.91 | 밀양강합류점~하구둑 |

(Ministry of Construction & Transportation · Pusan Regional Construction Management Office, 1997¹²⁾)

수관리업무에 활발하게 이용되고 있다.

3.2. 소유역의 분할

본 연구에서는 낙동강 유역내 용수이용현황을 자세히 살펴보기 위하여 기존 보고서인 낙동강수계 하천수 사용실태조사 및 하천유지유량 산정보고서¹²⁾를 참고로 24개의 권역으로 분할을 실시하여 분석에 이용토록 하였다. 이 중 분석결과 검토지점인 안동댐 유역(1,584km²)은 1번, 임하댐 유역(1,361km²)은 2번, 영천댐 유역(235km²)은 11번, 합천댐 유역(938km²)은 16번, 남강댐 유역(2,301km²)은 19번이며 전유역에 대한 소유역별 분할 내용을 종합하면 Table 3과 같다.

3.3. 용수수급 현황

본 연구 대상유역인 낙동강 유역내에서 분석에 사용된 댐은 안동댐, 임하댐, 합천댐, 남강보강댐, 영천댐으로서 각각의 용수공급계획량은 926×10⁶m³/년, 497×10⁶m³/년, 599×10⁶m³/년, 439×10⁶m³/년, 107×10⁶m³/년으로 계획이 되었으며, 총 2,568×10⁶m³/년이며 낙동강 유역의 용수공급 계획량의 약 60%에 해당한다.

낙동강 유역내 각 소유역별로 용도별(생활, 공업, 농업용) 용수이용현황을 Table 4와 같으며, 본 유역의 용수공급 계획을 자세히 살펴보면 전체 용수이용량은 4,191.73×10⁶m³/년이고, 이 중에서 생활용수 이용량은 948.55×10⁶m³/년으로 23%, 공업용수 이용량은 250.92×10⁶m³/년으로 6%, 농업용수 이용량은 2,992.26×10⁶m³/년으로 71%를 차지하고 있는 것으로 나타났으며 이를 하천유역에서의 용수공급 능력 분석시 소유역별 입력자료로 사용하였다.

또한, 본 유역의 용수공급능력을 분석한 후 비교 검토하게 될 왜관지점 및 진동지점에서의 생활·공업용수, 농업용수 수요량 및 하천유지용수량을 조사 해본 결과 Table 5와 같으며 모델의 적용에 있어

Table 4. Water demand for subbasins(1995)

| Subbasin (NO.) | Domestic (10 ⁶ m ³ /year) | Industrial (10 ⁶ m ³ /year) | Agricultural (10 ⁶ m ³ /year) | Total (10 ⁶ m ³ /year) |
|----------------|---|---|---|--|
| 1 | 11.27 | 0.75 | 32.55 | 44.57 |
| 2 | 3.88 | 5.66 | 58.98 | 68.52 |
| 3 | 0.94 | - | 20.52 | 21.46 |
| 4 | 19.38 | 5.83 | 252.31 | 277.52 |
| 5 | 16.49 | 1.12 | 141.57 | 159.18 |
| 6 | 9.42 | 1.45 | 101.54 | 112.41 |
| 7 | 5.83 | 1.48 | 95.33 | 102.84 |
| 8 | 7.80 | 3.67 | 190.02 | 201.49 |
| 9 | 20.32 | 11.09 | 150.01 | 181.42 |
| 10 | 58.51 | 68.95 | 199.16 | 326.62 |
| 11 | 0.34 | - | 4.15 | 4.49 |
| 12 | 130.52 | 13.48 | 165.12 | 309.12 |
| 13 | 130.82 | 31.48 | 44.90 | 207.20 |
| 14 | 146.73 | 49.83 | 127.66 | 324.22 |
| 15 | 5.43 | 2.18 | 96.50 | 104.11 |
| 16 | 5.88 | 0.82 | 106.60 | 113.30 |
| 17 | 5.71 | 1.42 | 58.42 | 65.55 |
| 18 | 39.60 | 3.98 | 149.84 | 193.42 |
| 19 | 10.71 | 2.16 | 248.12 | 260.99 |
| 20 | 51.02 | 7.92 | 221.25 | 280.19 |
| 21 | 13.58 | 10.22 | 258.00 | 281.80 |
| 22 | 0.30 | - | 11.26 | 11.56 |
| 23 | 10.42 | 4.46 | 135.55 | 150.43 |
| 24 | 243.65 | 22.97 | 127.70 | 389.32 |
| Total | 948.55 | 250.92 | 2992.26 | 4,191.73 |

(Ministry of Construction & Transportation · Busan Regional Construction Management Office, 1997¹²⁾)

제약 조건으로 이용하였다.

4. 모델의 적용 및 분석결과

4.1. 모델의 적용

본 연구에서는 낙동강 유역을 분석대상유역으로 선정하여 다목적댐의 용수공급 및 하천유역의 용수공급능력을 동시에 분석토록 하였으며, 본 분석에는 현재 가장 널리 사용되고 있는 시뮬레이션 기법의 일종인 HEC-5 모델을 이용하였고, 신뢰성은 자료수의 95%가 제약조건에 만족하도록 동일하게 기준을 정하여 용수공급능력 분석에 이용토록 하였다.

먼저, 다목적댐에 대한 용수공급능력 분석에는 1966~2001년의 36개년을 분석대상기간으로 선정하고 대상기간내의 댐유입량 순별자료(10일)가 있는 해당년은 관측치를 이용하였으며 관측치가 없는 기간은 탱크모델에 의해서 산정된 유량값을 댐유입량으로 사용하였다. 또한, HEC-5 모델의 입력자료인 공급량은 각 댐의 목표연도의 용수수요계획량(3장 참조)을 초기조건으로 하고, 프로그램에 사용된 각 댐의 제원은 기존보고서(기존댐 용수공급능력평가, 1997)를 참조하였으며 Table 6과 같다.

Table 5. Water demand in Waeguan & Jindong station

| | Wegan | | Jindong | |
|---------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| | m ³ /sec | 10 ⁶ m ³ /year | m ³ /sec | 10 ⁶ m ³ /year |
| Domestic-industrial | 4.53 | 142.86 | 43.20 | 1,362.36 |
| Agricultural | 6.23 | 196.47 | 10.56 | 323.24 |
| Conservation flow | 39.20 | 1,236.21 | 81.00 | 2,554.42 |
| Total | 49.96 | 1,575.54 | 134.76 | 4,240.02 |

(Ministry of Construction & Transportation · Pusan Regional Construction Management Office, 1997¹²⁾)

Table 6. Detail of Multipurpose Dams in Nakdong River Basin

| Classification | Andong dam | Imha dam | Youngchun dam | Hapchun dam | Namgang dam |
|---|------------|----------|---------------|-------------|-------------|
| Minimum water level(EL.m) | 130.00 | 137.00 | 138.00 | 140.00 | 32.00 |
| Top water level(EL.m) | 160.00 | 163.00 | 156.80 | 176.00 | 41.00 |
| Flood water lever(EL.m) | 162.50 | 164.70 | 159.30 | 179.00 | 46.00 |
| Active storage(10 ⁶ m ³) | 1,000.00 | 424.00 | 81.40 | 560.00 | 299.70 |
| Gross capacity(10 ⁶ m ³) | 1,248.00 | 595.00 | 96.40 | 790.00 | 309.00 |
| Catchment area(Km ²) | 1,584.00 | 1,361.00 | 235.00 | 925.00 | 2,285.00 |

(Ministry of Construction & Transportation · Korea Water Resources Corporation, 1998⁸⁾)

다음으로, 하천유역에 대한 용수공급능력 분석에는 각 댐의 방류량을 낙동강 본류하천의 유입유량으로 고려하였으며, 각 소유역별 지류유입량은 탱크모델의 유출량자료를 유입량으로 간주하여 분석을 실시하였다. 또한 용수공급제어지점으로는 낙동강 중상류를 대표한다고 판단된 왜관지점과 하류를 대표하는 진동지점을 선정하여 분석결과를 비교토록 하였다.

4.2. 댐의 용수공급 능력 분석결과

HEC-5 모델을 이용하여 95%의 동일한 신뢰성 기준으로 낙동강 유역내 각 댐의 용수공급 능력을 분석한 결과, 안동댐은 879.80×10⁶m³/년, 임하댐은 453.01×10⁶m³/년, 합천댐은 519.39×10⁶m³/년, 남강댐은 594.63×10⁶m³/년, 영천댐은 110.67×10⁶m³/년의 용수량을 공급가능한 것으로 나타났으며 Table 7과 같다. 여기서 분석된 용수공급량을 앞에서 조사된 안동댐, 임하댐, 영천댐, 합천댐 및 남강댐의 계획공급량과 비교분석해 보면, 본 분석에서 결정된 각 댐의 용수공급 능력은 각 계획공급량의 95%, 91%, 103%, 87%, 135%,에 해당하는 용수량을 매년 95%의 신뢰도를 안정적으로 유지하면서 각 유역으로 공급할 수 있는 것을 보여주고 있다.

4.3. 하천유역의 용수공급 능력 분석결과

HEC-5 모델을 이용하여 95%의 동일한 신뢰성 기준으로 낙동강 본류하천내 왜관 및 진동지점에서 용수공급 능력을 분석한 결과는 Table 8과 Fig. 2 및 3과 같으며, 자세히 살펴보면 왜관지점에서의 용수공급가능량은 생·공용수가 128.67×10⁶m³/년, 농업용수가 167.14×10⁶m³/년, 하천유지용수가 1,174.08×10⁶m³/년으로 나타났고 진동지점에서는 생·공용수가 1,362.36×10⁶ m³/년, 농업용수가 333.02×10⁶ m³/년, 하천유지용수가 2,554.42×10⁶m³/년으로 나타났다. 여기서 분석된 용수공급가능량을 앞에서 조사된 각 지점의 계획목표 수요량과 비교분석해 보면, 왜관지점에서는 각 용도별 수요량의 90%, 85%, 95%, 진동지점에서는 각 용도별 수요량의 100%, 100%, 100%에 해당하는 유량을 항상 95%의 신뢰

Table 7. Water supply capacity for dams

| Classification | Andong dam | Imha dam | Youngchun dam | Hapchun dam | Namgang dam |
|---|------------|-----------|---------------|-------------|-------------|
| Plan (10 ⁶ m ³ /year) | 926.00 | 497.00 | 107.00 | 599.00 | 439.00 |
| Analysis (10 ⁶ m ³ /year) | 879.80 | 453.01 | 110.67 | 519.39 | 594.63 |
| Comparison (↑↓) | 95% (5%↓) | 91% (9%↓) | 103% (3%↑) | 113% (13%↓) | 135% (35%↑) |

Table 8. Water supply capacity for river basins

| Classification | Wegan station | | | Jindong station | | |
|---|---------------------|--------------|-------------------|---------------------|--------------|-------------------|
| | Domestic-industrial | Agricultural | Conservation flow | Domestic-industrial | Agricultural | Conservation flow |
| Plan (10 ⁶ m ³ /year) | 142.86 | 196.47 | 1,236.21 | 1,362.36 | 323.24 | 2,554.42 |
| Analysis (10 ⁶ m ³ /year) | 128.67 | 167.14 | 1,174.08 | 1,362.36 | 323.24 | 2,554.42 |
| Comparison (↑↓) | 90% (10%↓) | 85% (15%↓) | 95% (5%↓) | 100% (-) | 100% (-) | 100% (-) |

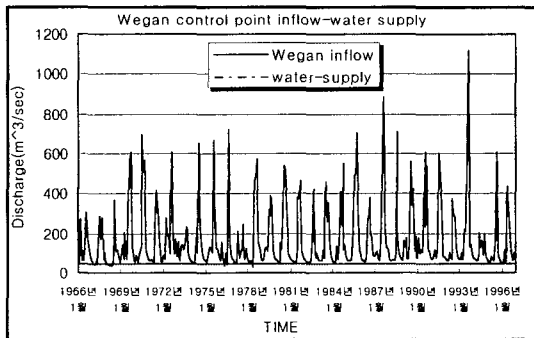


Fig. 2. Results of HEC-5 operation.(Wegan station)

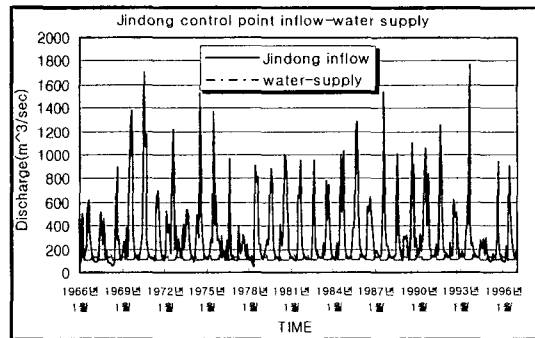


Fig. 3. Results of HEC-5 operation.(Jindong station)

Table 9. Results of water supply capacity analysis (unit:10⁶m³/year)

| Classification | Water demand(plan) | | | Water supply | | Remark | |
|----------------|--------------------|------------|--------------|----------------|------------------|----------|----------------------------|
| | Domestic | Industrial | Agricultural | Dam's capacity | River's capacity | | |
| | | | | | Wegan | | Jindong |
| Quantity | 948.55 | 250.92 | 2,992.26 | 2,557.50 | 295.81 | 1,685.60 | Reliability criteria (95%) |
| Total | 4,191.73 | | | 4,538.91 | | | |

도로 유지하면서 용수공급이 가능한 것으로 분석되었다.

4.4. 분석결과의 고찰

본 연구에서 분석한 결과를 종합해 보면 Table 9와 같으며, 자세히 비교검토해보면 기존의 낙동강 유역의 용수공급계획량이 Table 4에서 살펴본 바와 같이 4,191.73×10⁶m³/년이며, 본 분석에서 동일한 신뢰성(95%)을 적용하여 산정한 용수공급량은 댐이 2,557.50×10⁶m³/년이고, 하천유역에서의 왜관 및 진동지점의 용수공급가능량이 295.81×10⁶m³/년 및 1,695.38×10⁶m³/년으로 총 용수공급가능량은 4,538.91×10⁶m³/년으로 분석되었다. 따라서 기존의 용수공급 계획량 보다 약 8.28%의 증가효과가 있음을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 낙동강 유역내 다목적댐 5개소(안

동댐, 임하댐, 영천댐, 합천댐, 남강댐)와 하천유역 2개소(왜관, 진동지점)를 선정하여 신뢰성 기준을 동일하게 95%로 적용하여 용수공급능력을 해석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 댐의 용수공급능력을 분석한 결과, 안동댐, 임하댐, 영천댐, 합천댐 및 남강댐의 용수공급가능량은 각각 879.80×10⁶m³/년, 453.01×10⁶m³/년, 110.67×10⁶m³/년, 519.39×10⁶m³/년, 594.63×10⁶m³/년으로 나타났다. 즉, 각 댐의 용수공급계획량의 95%, 91%, 103%, 87%, 135%에 해당하는 용수량을 95%의 신뢰도를 유지하면서 각 유역에 안정적으로 용수공급이 가능한 것으로 분석되었다.
- 2) 하천의 용수공급능력을 분석한 결과, 생·공용수, 농업용수 및 하천유지용수별 용수공급가능량이 왜관지점에서는 각각 128.67×10⁶m³/년, 167.14×10⁶m³/년, 1,174.08×10⁶m³/년로 나타나

각각 90%, 85%, 95%에 해당하는 용수량을 95%의 신뢰도로 공급가능한 것으로 분석되었으며, 진동지점에서는 $1,362.26 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$, $323.24 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$, $2,554.42 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 로 나타나 각 용도별 용수량을 95% 신뢰도하에서 100%를 충족시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

- 3) 낙동강 전유역에서의 용수공급능력을 분석한 결과, 댐에서의 용수공급가능량이 $2,557.50 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 이고 하천에서의 용수공급가능량이 $1,981.41 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 으로서 총용수공급 가능량은 $4,538.91 \times 10^6 \text{m}^3/\text{년}$ 으로 나타났으며, 이를 기존의 용수공급계획량과 비교해 본 결과 약 8.28%의 증가 효과가 있었음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 신뢰성 기준에 따른 위험도를 고려하지 않았으므로 향후, 신뢰성 설정에 따른 용수 부족 위험도를 최소화할 수 있는 용수공급 능력해석 방법에 관한 연구가 이루어진다면 더욱더 안정적인 용수공급체계가 이루어질 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) ReVelle, C. S., E. Joeres, and W. Kirby, 1969, The linear decision rule in reservoir management and design. I: Development of the stochastic model, *Water Resour. Res.*, 5, 767-777.
- 2) Loucks, D. P., J. R. Stedinger, and D. A. Haith, 1981, *Water resources systems planning and analysis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- 3) Hashimoto, T., J. R. Stedinger, and D. P. Loucks, 1982, Reliability, resilience and vulnerability criteria for water resources system performance evaluation, *Water Resour. Res.*, 18, 489-498.
- 4) Moy, W. S., J. L. Cohon, and C. S. ReVelle, 1986, A programming model for analysis of the reliability, resilience, and vulnerability of a water supply reservoir, *Water Resour. Res.*, 22, 489-498.
- 5) Srinivasan, K. and M. C. Philipose, 1998, Effect of hedging on over year performance, *Water Resour. Mgmt*, 12, 95-120.
- 6) Bayazit, M. and N. E. Unal, 1990, Effects of hedging on reservoir performance, *Water Resour. Res.*, 26, 713-719.
- 7) 한국건설기술연구원, 1994, 다목적댐의 용수공급 능력 평가 방법의 개선, 한국건설기술연구원 보고서, 94-WR-111.
- 8) 건설교통부, 한국수자원공사, 1998, 기존댐 용수공급능력조사(낙동강수계) 보고서.
- 9) 박기범, 1998, 저수지의 저류량-용수공급능력(Storage-Yield)해석에 관한 연구, 석사학위논문, 영남대학교.
- 10) 이광만, 이재웅, 심상준, 고석구, 1999, Network Optimization Model을 이용한 수자원평가. 한국수자원학회지, 32(2).
- 11) Hydrologic Engineering Center, 1989, HEC-5 Simulation of flood control and conservation system-User Manual.
- 12) 건설교통부, 부산지방국토관리청, 1997, 낙동강수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량 산정 보고서.