

## 외부공급을 고려한 물수지분석

윤 용남\* 김 태균\*\* 김진관\*\*\*

### 1. 서론

1960년대 이후 우리나라에서는 수자원의 효과적인 이용을 위하여 각종 댐, 하구둑 및 방조제가 건설되었다. 또한 최근 도시화와 산업화에 따른 생·공용수 및 갈수기 관개용수의 수요에 대응하여 광역용수공급시설을 확충하고 있다. 이러한 수자원 개발의 시설규모의 결정은 유역물수지 분석을 통하여 이루어지므로, 물수지분석 방법의 선택은 수자원 개발에 중대한 영향을 미친다. 기존의 물수지 분석 방법은 각종 용수를 추정하고 유역의 수자원부존량을 산정한 후 수요량과 공급량을 단순 비교하거나 저수지가 있는 경우, 저수지 조작(Reservoir Operation)을 통하여 물수지 분석을 실시하고 있다. 따라서 외부공급원이 하나 또는 여러개 있고, 또 공급대상지역이 중복되는 경우, 수자원의 공간적 분포를 고려하지 못하므로 적절한 물수지 분석을 하지 못한다. 본 연구에서는 수자원의 공간적 분포를 고려하고 또 여러개의 공급원이 있는 경우, 공급원별 공급량을 결정하기 위한 물수지 방법을 제시하고자 하며, 그 부산물로 외부공급시설의 추가설치에 대한 타당성을 판정하는 물수지 방법을 제시하고자 한다.

### 2. 대상유역

본 연구의 대상유역은 새만금간척사업이 진행중인 만경강, 동진강유역으로 농업용 주요산업으로 하고 있으며, 서해안시대를 맞이하여 새로운 공업단지가 계획중이다. 대상유역내에는 그림 1.에서와 같이, 많은 농업용 저수지가 있을 뿐 아니라, 농업용수의 공급을 위한 농업용수로, 보 등이 잘 발달되어 있고, 기존하천은 홍수시를 제외하고는 본래의 기능을 상실하였다. 또한 엄청난 농업용수와 공업단지의 조성등에 따른 생·공용수의 부족으로 인하여 많은 양의 생·공용수 및 농

\* 고려대학교 공과대학 토목환경공학과 교수

\*\* 고려대학교 대학원 토목환경공학과 박사과정

\*\*\* 고려대학교 대학원 토목환경공학과 석사과정

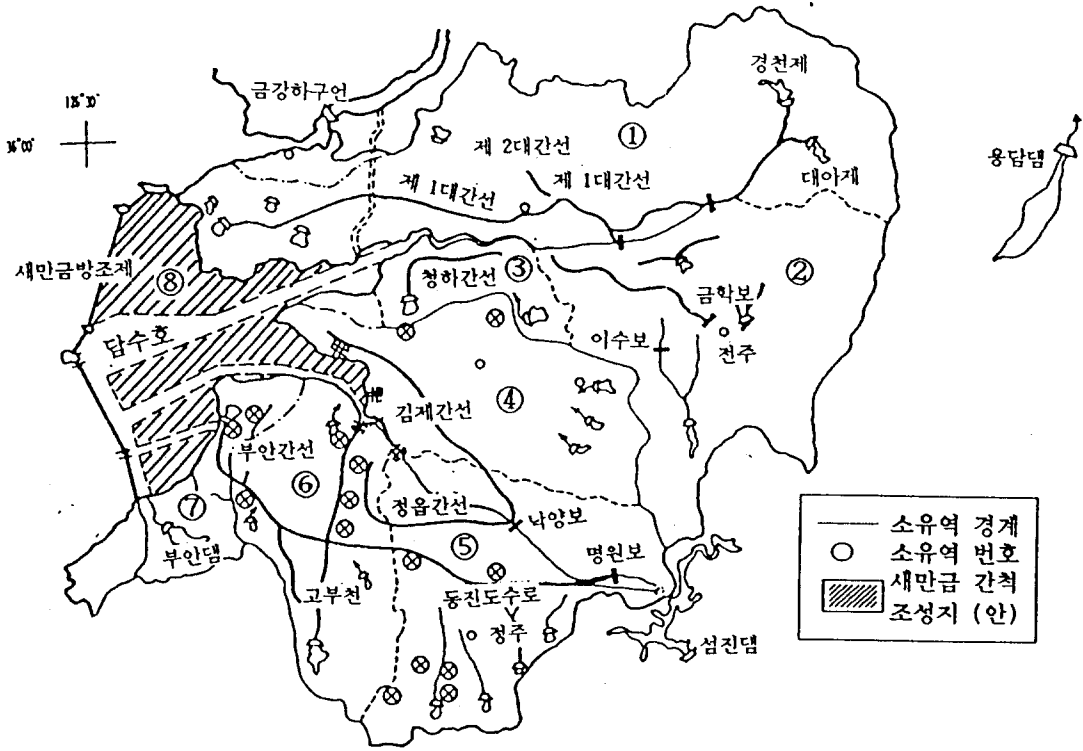


그림 1. 대상유역도

업용수를 유역외부로 부터 공급받고 있다(2, 18, 19).

2.1 소유역 분할

위에서 설명한 바와 같이 본 대상유역은 정상적인 하천의 개념에 따른 소유역 분할은 무의미하므로 이수측면에 따라 그림 1. 과 같이 8개의 소유역으로 분할하였으며, 각 소유역별 특성이 표 1. 에 나타나 있다.

표 1. 대상유역의 소유역 분할

소유역	소유역구성내용	유역면적	소유역	소유역구성내용	유역면적
만경강	1 전북농조 관할 지역	921.8 Km <sup>2</sup>	동진강	4 원평천 유역(동진농조)	410.3 Km <sup>2</sup>
	2 전주농조 관할 지역	543.3 Km <sup>2</sup>		5 동진강 본류(동진농조)	510.3 Km <sup>2</sup>
	3 만경강 하류	117.6 Km <sup>2</sup>		6 고부천 유역(동진농조)	394.5 Km <sup>2</sup>

2.2 대상유역에 대한 유역외 공급원

새만금 유역에는 큰 하천이 없을 뿐 아니라, 농업이 발달함에 따라 유역내 수자원이 부족하다. 이 부족량을 해소하기 위하여 유역외부로부터 각종 용수를 공급받거나, 공급계획 중에 있다. 본 대상유역에 대한 각종 외부공급원의 소유역별 공급량 및 공급 계획년도가 표 2.에 나타나 있다.

표 2. 외부공급원별 공급지역, 공급개시년도, 공급능력 및 분석을 위한 우선순위

종 류	공 급 원	공 급 지 역 (소유역)	공급년도	공급량 (m <sup>3</sup> /sec)	우선순위
생공용수	금강 광역상수도	1, 2	기설	1. 8	
	섬진강 광역상수도	3, 4, 5, 6	2001	1. 1	
	용담댐 광역상수도	1, 2, 3	2006	11. 3	
농업용수	섬진강댐	3, 4, 5, 6	기설	54. 4	1

### 3. 유역의 공급을 고려한 물수지 분석

유역의 공급을 고려한 물수지 분석에 있어 가장 중요한 것은 유역내 부존량과 유역외 공급량 또는 외부 공급원이 여러개 중복될 경우 외부 공급원간의 수자원 이용에 있어서의 우선순위이다. 또한 여러개의 용수공급원을 고려하기 위하여서는 몇가지가정이 필요하며, 이들 가정과 각종 용수 공급원별로 우선순위는 다음과 같이 정한다.

- 1) 생·공용수의 경우 유역외공급원에 의한 공급량이 유역의 부존량보다 우선적으로 사용되며, 외부공급량이 유역내 수요량을 초과할 경우 수요량 만큼만 공급 한다.
- 2) 농업용수의 경우 유역내 부존량을 먼저 사용하고, 부족량에 대하여 외부공급원이 중복 공급될 경우 기설 공급원에 의한 공급량을 먼저 사용하고, 다음으로 개발계획중인 시설의 공급능력이 큰 것부터 우선적으로 공급한다.
- 3) 유역내 합성저수지로 부터의 공급은 생·공용수를 우선 공급하고 농업용수, 하천 유지용수 순으로 공급한다.
- 4) 하천유지용수의 경우, 생·공·농업용수의 회귀수와 유역내 부존량중 잉여수로 충당하고 필요에 따라 저수지로 부터 공급하는 것으로 한다.

#### 3.1 유역내 합성저수지의 작성

소유역별로 중소규모의 농업용저수지가 많이 있는 경우 이들 저수지에 의한 저류효과를 무시할 수 없다. 따라서 이들 저수지의 영향을 고려하기 위하여 여러개의 저수지를 하나의 합성저수지로

대표하여 물수지 분석에 이용하였다(농업진흥공사, 1990).

### 3.2 유역내 수자원 부존량의 추정 및 최대 갈수년의 결정

새만금유역은 인공수로 및 보가 잘 발달되어 있으며, 80여년 전부터 농지개량조합의 설립으로 하천수의 전이 및 타유역으로 부터의 농업용수 공급이 계속되었다. 본 대상유역내는 만경강의 대천수위표와 동진강의 신태인 수위표의 자료가 있으나, 저수시 Rating Curve의 신뢰도가 없어 연평균 유출고가 4005.4mm와 2162.7mm로 실측유량자료를 이용하여 유역내 부존량을 산정할 수 없으므로, 가지야마 월유출량 공식을 이용하여 소유역별 부존량을 산정하였고, 12개월 유량계열을 작성하여 갈수빈도분석을 실시한 결과 표 3. 에서와 같이 만경강, 동진강유역 공히 1967.8 - 1968.7이 최대 갈수기간으로 나타났다(10). 본 연구에서는 농업용수의 수요특성과 저수지의 Carry-Over를 고려하여 1966.10 - 1968.9의 2년간의 자료를 이용하여 물수지 분석에 이용하였다.

표 3. 12개월 갈수량 및 발생기간(단위 :  $10^6 \text{ m}^3$ )

소유역	1 위		2 위	
	갈수량	기 간	갈수량	기 간
1	302.4	67.8-68.7	307.1	77.6-78.5
2	164.6	77.6-78.5	192.2	67.7-68.6
3	30.9	67.8-68.7	32.7	77.6-78.5
만경강	504.2	67.8-68.7	504.4	77.6-78.5
4	107.8	67.8-68.7	109.7	77.6-78.5
5	139.4	67.8-68.7	176.6	77.6-78.5
6	110.0	67.8-68.7	113.9	77.6-78.5
동진강	357.2	67.8-68.7	400.3	77.6-78.5

### 3.3 각종 용수의 추정

각종 용수의 추정은 1991년을 기준으로 하여 5년 단위로 5개 목표년도를 설정하여 소유역별로 추정하였으며, 만경강 및 동진강의 용수종류별, 목표년도별 추정치는 표 4. 와 같다(1, 2, 5, 6, 10, 11). 하천유지용수는 만경강 유역은 한국수자원공사의 1989년 추정치<sup>(9)</sup>를, 동진강유역은 건설부의 1988년 추정치<sup>(3)</sup>를 채택하여 소유역별 면적비에 따라 배분하였다.

### 3.4 복수 공급원으로 부터의 용수공급 방법

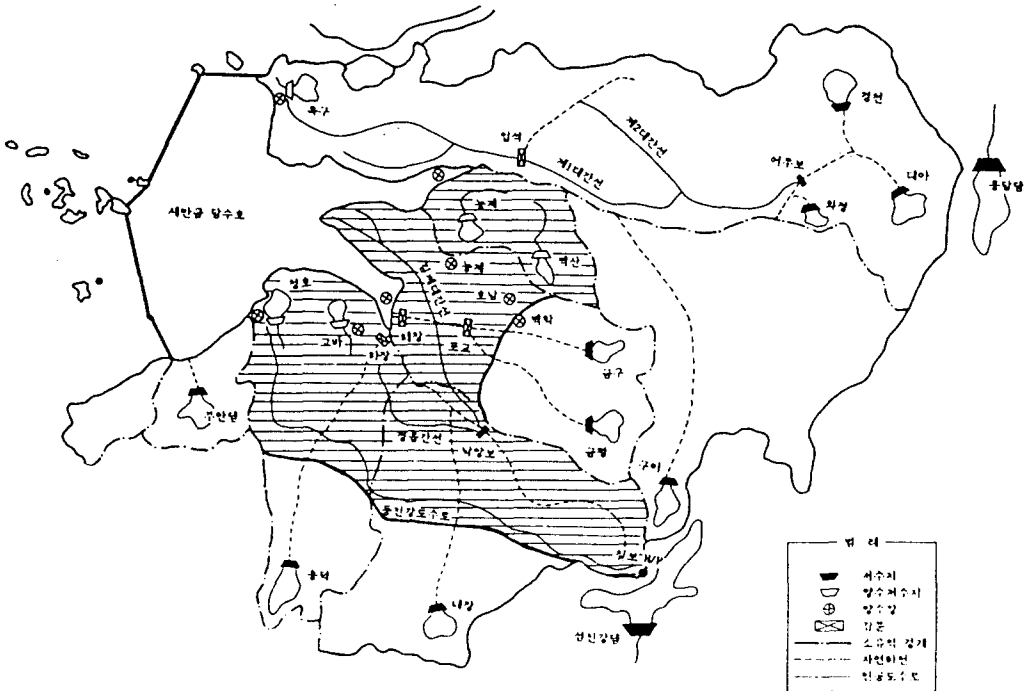
본 대상유역은 농업용수의 경우 섬진강댐에 의한 외부공급이 있으며, 유역부존량과 합성저수지 공급을 합하면 총 3개의 공급원이 있는 셈인데, 섬진강댐의 공급가능지역은 자연유출량 및 합성저

수지에 의한 공급가능지역에 포함된다. (그림 2.)

표 4. 유역별 용수수요 추정치 ( 단위 : 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> )

	용수명	1991	1996	2001	2006	2011
만경강	생활용수	106.6	132.5	159.9	176.1	190.1
	공업용수	27.3	41.3	47.3	58.5	67.8
	농업용수	369.2	371.1	371.6	371.6	371.7
	하천유지용수	158.0	189.0	189.0	221.0	221.0
	계	661.1	733.9	767.8	827.2	852.6
동진강	생활용수	23.6	25.2	26.7	25.4	26.6
	공업용수	5.1	7.0	12.0	15.6	19.4
	농업용수	497.1	499.2	499.6	499.7	499.7
	하천유지용수	63.0	95.0	126.0	126.0	126.0
	계	588.8	626.4	664.3	666.7	671.7

그림 2. 섬진강댐의 농업용수 공급대상지역



본 연구에서는 농업용수 공급가능량의 공간적 분포를 고려하기 위하여 3개 공급원에 따라 아래의 그림 3.와 같이 공급지역에 대한 모식도를 작성하여 물수지 분석에 이용하였다.

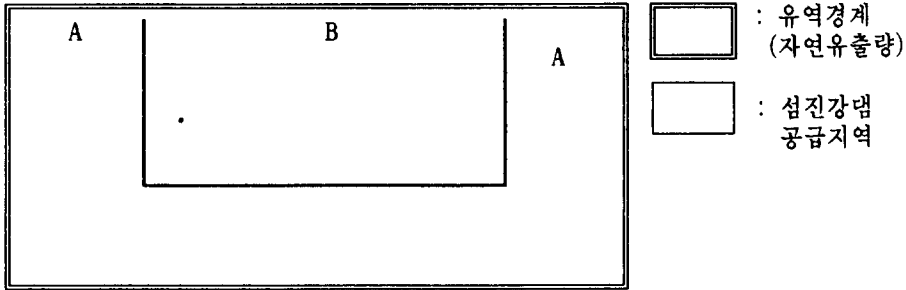


그림 3. 농업용수 공급원별 공급지역 분할도

즉 대상유역의 농경지면적 및 개개 공급대상지역의 농경지 면적을 파악하여 그림 3.와 같은 공급대상지역도를 작성한 후 각 공급지역 요소의 농업용수 수요량은 다음과 같이 계산한다.

$$DD_{i,j} = AOE_j \times UD_i \tag{1}$$

또한 각 공급원별 공급량은

$$SS_{i,j,k} = AOE_j \times US_k \times SA_{j,k} \tag{2}$$

각 요소별 물부족량은

$$DF_{i,j} = DD_{i,j} - \sum_{k=1}^4 SS_{i,j,k} \quad (\text{if, } DF_{i,j} < 0 ; DF_{i,j} = 0) \tag{3}$$

따라서 총 물부족량은

$$TDF_i = \sum_{j=1}^8 DF_{i,j} \tag{4}$$

여기서  $DD_{i,j}$  : j지역의 i기간의 수요량

$AOE_j$  : j지역의 면적

$UD_i$  : i기간의 단위면적당 수요량

$SS_{i,j,k}$  : j지역의 i기간에 k공급원으로 부터의 공급 가능량

$US_k$  : k공급원으로 부터의 단위면적당 공급 가능량

$SA_{j,k}$  : j지역의 k공급원의 공급여부

공급할 경우 "1", 공급하지 않을 경우 "0"

$DF_{ij}$  :  $i$ 기간동안에  $j$ 지역의 물부족량

$TDF_i$  :  $i$ 기간동안의 총 물부족량

생·공용수의 경우 3개의 외부공급원이 각기 다른지역에 대하여 중복없이 공급하므로, 농업용수와 달리 각 소유역별로 추정한 수요량에서 공급량을 감하여 물수지분석을 하였다.

#### 4. 물수지분석 방법의 적용 및 비교

##### 4.1 공급대안별 물수지 분석

앞에서 제시한 방법을 대상유역에 적용하면서, 농업용수원에 대한 2가지 대안을 고려하였다. 즉 섬진강댐의 공급량은 댐 저수량에 영향을 받으므로, 경우에 따라 전량 공급하지 못한다. 본 연구에서는 섬진강댐의 공급능력을 100% 와 50% 두가지 경우로 하여 각 경우별로 그림 4.의 계산도에 따라 흐름 물수지분석을 실시하였으며, 그 결과가 표 5.에 나타나 있다.

대안 1 : 섬진강댐 공급능력의 100% 공급

대안 2 : 섬진강댐 공급능력의 50% 공급

표 5. 계획년도별 물부족량 (단위:  $10^6 \text{ m}^3$ )

유역	대안	1991	1996	2001	2006	2011
만경강	1	1,126	1,992	1,071	1,153	1,227
	2	1,126	1,992	1,071	1,153	1,227
동진강	1	85,244	89,900	92,244	91,588	95,088
	2	94,428	99,119	101,519	94,470	98,023

표 5.을 살펴보면 만경강유역의 경우는 계획년도별로, 섬진강댐의 영향이 거의 없음을 볼 수 있다. 이는 생·공용수의 경우 외부공급량으로 거의 충당할 수 있고, 농업용수는 유역내 농업용저수지인 경천, 대아, 동상, 구이등 대규모 농업용 저수지에서 공급할 수 있음을 알려준다. 만경강유역의 물부족량은 #3 소유역의 비농조지역에서 발생하며, 이지역은 만경강하구의 평지로 섬진강댐에서 공급하지 못하는 지역이다.

동진강유역의 경우는 농업용수의 물부족이 대부분을 차지하며, 이는 외부공급원이 농업용수를

공급하지 못하는 지역에서 발생한다. 또한 섬진강댐에서 제한적으로 공급(공급가능량의 50%)할 경우 전량공급시보다 물부족이 약간 더 생기나, 공급량의 감소에 비하여 그리 대단한 것은 아니다. 이는 섬진강댐에서 공급되는 농업용수가 전량 이용되지 못하고 많은 부분이 새만금 담수호로 유입되기 때문인 것으로 판단된다.

## 5. 결론

새만금간척지의 조성으로 인한 새만금유역의 수자원 이용 및 물 부족량을 앞에서 살펴보았다. 본 연구의 경우 기존의 물수지분석 방법을 발전시켜, 용수공급원별로 그 대상지역을 세분화하여 물수지 분석을 실시한 결과

- i) 본 연구에서 이용한 물수지분석 방법은 외부공급원과 그 수자원의 공간적분포를 고려하여 물수지분석에 정확을 기하는데 효과적이며,
- ii) 그 결과 총량개념의 물수지분석에서 알 수 없는 물부족량과 물부족 지역을 파악 할 수 있었고
- iii) 또한 외부공급원이 여러개 존재할 경우에도, 물수지 분석을 공급원별로 할 수 있으며, 공급대안을 조정함에 따라 공급원별 기여도도 평가할 수 있다.

## 감사의 글

본 연구는 농림수산부와 농어촌진흥공사에서 진행중인 새만금간척 사업을 위한 연구의 일환으로, 연구에 협조를 아끼지 않은 농어촌진흥공사 한상욱 본부장, 임병호부장, 김현영부장, 서영재과장께 감사드립니다.

## 6. 참고문헌

1. 광공업 통계조사 보고서, 경제기획원, 1987
2. '90년 183일 총력 급배수계획, 동진농지개발조합, 1990
3. 동진강 유역조사 보고서, 건설부, 1988. 9
4. 동진강 하천정비 기본계획 조사보고서, 건설부, 1979. 12
5. 상수도 원단위 산정 및 장기종합개발계획 수립에 관한 연구, 건설부, 1988. 12
6. 농업용수 안전공급 계획, 농림수산부, 1983



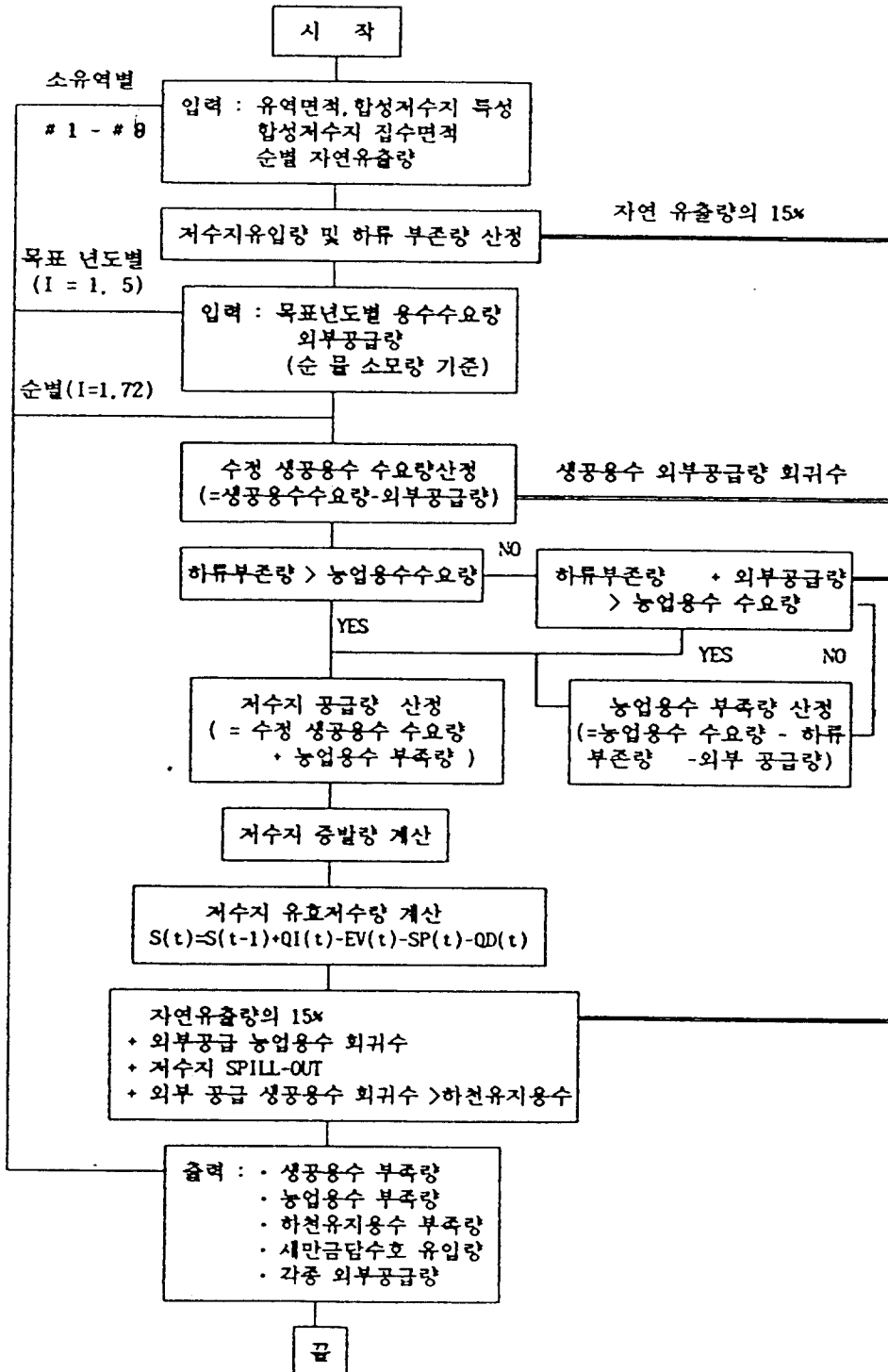


그림 4. 복수 외부공급원을 고려한 물수지 분석

7. 새만금 수문조사 보고서, 농업촌진흥공사, 1988.12
8. 새만금지구 간척종합개발계획 기본계획서, 농업진흥공사, 1990.3
9. 서해안개발에 따른 용수공급방안 조사보고서, 한국수자원공사, 1989.12
10. 서해안수자원의 개발과 이용에 관한 연구 -새만금수역을 중심으로 - , 농어촌 진흥공사, 1990.12
11. 소비수량산정 방법 실용화 연구, 농업진흥공사, 1989.12
12. 윤용남, 공업수문학, 청문각, 1986
13. 최근 인구 동태현황 및 신인구 추계결과, 경제기획원, 1988.11
14. 1989년도 인구 및 주택 센세스 확정결과 보고서, 경제기획원, 1987.11
15. 1989현황, 전주농지개량조합, 1989
16. 하천유지용수 공급에 관한 , 한국수자원공사, 1989.12
17. Ministry of Construction/NEDECO, Nakdong River Basin Delta Study, Water Management/Water Balance Computation, 1976
18. 동진강수계 광역 상수도 사업 시설계획 보고서, 건설부, 1988.9
19. 부안댐 타당성 조사보고서, 건설부, 1987.8