

論 文

울산지역의 대체 상수원 개발 및 용수대책

Search for Available Water Sources and Water Resources Management of Ulsan Area

김성득* · 이병호* · 조홍제* · 박흥석* · 김영혜**
 Seong Deuk Kim* · Byoung Ho Lee* · Hong Je Cho* ·
 Hung Suck Park* · Young Hye Kim**

ABSTRACT

Industrial Complex in Ulsan is one of the most important areas in the nation. It includes ship building, automobile production, petroleum industry, non-metallic industry, and related industries. However, water for drinking and industry use has been and will be short seriously. Thus available drinking water sources were searched. By rebuilding the two existing dams 20m higher than the present levels, 500,000m³/day (for 200days) of water sources may be produced. Additional volume of 13,000m³/day (for 200days) can be obtained by a number of small dam construction in the vicinity area. Underground water of about 50,000m³/day may also be available. The total of 680,000m³/day could be produced in Ulsan area, which is enough for the population of 1,200,000 in Ulsan area even after year 2011. This newly searched volume of water may be free from pollution. Raising the dam levels may also prevent Ulsan city from chronic flooding problems. Additional advantage is that as much as the newly developed water resources can be supplied to the industrial complexes.

1. 서 론

우리나라 제일의 중화학공업단지가 위치해 있고, 전국공업생산량의 14% 이상을 생산하는 곳이 울산이다. 조선공업의 메카이고, 자동차공업의 중심지일 뿐만 아니라 석유, 화학공업의 중추역할을 하고 있는 곳이다. 비철공업단지는 울산지방의 환경오염으로 더욱 유명하기도 하다. 그러나 울산지역의 상수현황은 매우 어려운 상황에 놓여있다. 매년 적일제 급수를 시행하고

있고, 3일제 급수를 실시하기에 이르렀다. 더 자세히는 1994년 2월 말 상수원댐이 완전히 바닥 날 날이 2~3주 밖에 남지 않았을 정도이다. 상수의 수질은 2차적인 분체에 불과하고 적일제 급수에 따르는 환경과 위생문제, 건강문제, 겨울 난방과 설비고장 등 다 열거할 수가 없다. 그러한 이유중의 하나는 울산지역의 용수수요가 급증함에도 불구하고 지금까지 울산지역내에서는 상수원의 개발이 불가능하다는 사고가 학제와 관제에 지배적이었기 때문이다.

울산지역에는 자체 생활용수원인 회야댐과 낙동강으로부터 송수되는 공업용수의 일부를 생활용수로 사용하고 있으며 낙동강물의 사용량은 앞

* 울산대학교 토목공학과 교수

** 울산대학교 토목공학과 환경공학전공 대학원

표 1. 울산지역의 용수수요 전망

(단위 : 천톤/日)

구분	1993	1994	1996	2001	비고
생활용수	수요량	285	305	356	505
	공급량	225	225	225	225
	과부족	60	80	131	280
공업용수 (울산, 온산공단)	수요량	692	716	1,020	1,060
	공급량	570	570	570	570
	과부족	122	146	450	490
과부족계	182	226	581	770	

으로 급격히 늘어날 전망이다. 따라서 울산지역의 생활용수량은 공업용수량과 밀접한 관계가 있으며, 현재는 생활용수와 공업용수가 모두 부족한 상태이다. 울산지역의 용수현황과 수요전망을 표1에 나타내었다.²⁾

상기표에 나타난 2001년까지의 생활용수 부족량은 낙동강계통 용수확장사업 기본계획에 의하여 1단계로 94년까지 15만톤/일을 늘리고 2단계에서 나머지 13만톤/일을 늘릴 계획이다.^{2,3)} 공업용수의 부족량 49만톤/일도 마찬가지로 같은 사업에서 늘릴 계획에 있다. 상수원 전용댐인 회야댐이 건설되기 전까지 울산시의 상수도는 남북, 병영 등에서 자체 개발한 지표수 및 지하수를 제외하고는 모두 대암제와 사연제 등에서 공급되는 공업용수 수원을 주 상수용수 공급원으로 운영하여 왔다. 급격한 공업화 및 인구증가에 따른 생활용수원을 확보하기 위해서 1981년 회야댐 계통 상수도 확장 사업계획이 수립되어 1987년 120,000톤/일 규모의 정수장이 완공된 후, 울산시는 225,000톤/일 규모의 상수도 공급시설능력을 보유하게 되었다. 이어서 늘어나는 공업용수 수요와 생활용수 수요를 적절히 대처하기 위해서 1987년과 1991년 낙동강계통 상수도 및 공업용수 확장 사업계획을 수립한 바 있으며, 1994년 말 제 1 단계 및 1996년 말 제 2 단계 공사가 완료되는 경우 생활용수 280,000톤/일, 공업용수 490,000톤/일의 추가적인 용수공급이 가능하게 된다.^{3,4)} 그러나 울산시의 주 상수원인 회야댐은 12만톤/일을 생산할 경우 100일분의 양밖에 되지 않아 이를 1년분으로 안정된 생산을

할 경우는 7만톤 정도의 생산량 밖에 되지 않는다. 공업용수도 2001년에 겨우 수요량을 맞추고 하나 현재 울산과 온산공단이 60~70%의 입주율 밖에 되지 않는 점을 고려하면 2002년부터는 당장 부족할 예정이다.

상수도와 공업용수의 계획은 적어도 25년에서 50년의 장래를 대비하여 추진해야 된다는 것이 일반적인 이론이다. 그런데 생활용수와 공업용수 모두가 현재도 부족하고 시설이 확충될 6년 후엔 2001년부터 똑같이 두 용수가 부족하게 될 전망이다. 이에 대한 정책이나 대책의 제시가 없는 실정이다.

이와같이 부족한 생활용수를 울산지역에서 확보하여 생활용수난을 질적인 면과 양적인 면에서 해결하고, 개발된 상수원의 양만큼은 공업용수로 공급하여 두가지를 해결하는 방안에 대하여 연구하였다. 또한 최근 급격히 대두되고 있는 소규모댐의 건설과 대체 상수원의 개발에 대한 비교검토를 하므로써 막대한 예산이 최대한 효율적으로 쓰일 수 있도록 방안을 제시하였다.

2. 연구내용 및 방법

울산지역에서 개발할 수 있는 생활용수를 기존에 있는 댐에서 확보할 수 있는 방안들에 대한 연구와 최근 급격히 대두되어 여론화되고 있는 소규모댐의 건설과 지하수 이용에 대한 가능성도 함께 연구하였다.

2.1. 연구내용

1. 기존댐을 높이는 방안

2. 소규모댐의 축조로 생활용수를 확보하는 방안

3. 지하수의 이용에 대한 가능성

2.2. 연구방법

댐 건설에 의한 용수원 개발을 검토하기 위하여 연평균 유하량, 일평균 용수수요량을 기준으로 한 월평균 용수수요량, 하천유지용수량, 농업용수량, 증발산량, 지하침투량 등을 기준으로 하여 유량누가법에 의해 검토하였다.¹⁾ 유하량 산정은 현재 가장 보편적으로 활용되고 있는 가지야마 유출고 산정식으로 부터 구하였으며²⁾, 유출고 산정에 필요한 강우량은 울산 측후소의

“1951~1993(40년간)”까지의 강우자료를 사용하였다. 울산지역 주요 수계들의 지하수 부존량에 대한 정밀한 조사는 아직 이루어지지 않았다. 따라서 내수층 탐사자료를 이용한 직접적인 지하수 부존량의 산정이 어려우므로 태화강 수계의 지질분포가 유사하고 지리적으로 인접한 형산강 유역자료를 의용하여 추정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 기존댐을 높이는 방안

우리나라는 여름철 우기에 대부분의 강우량이

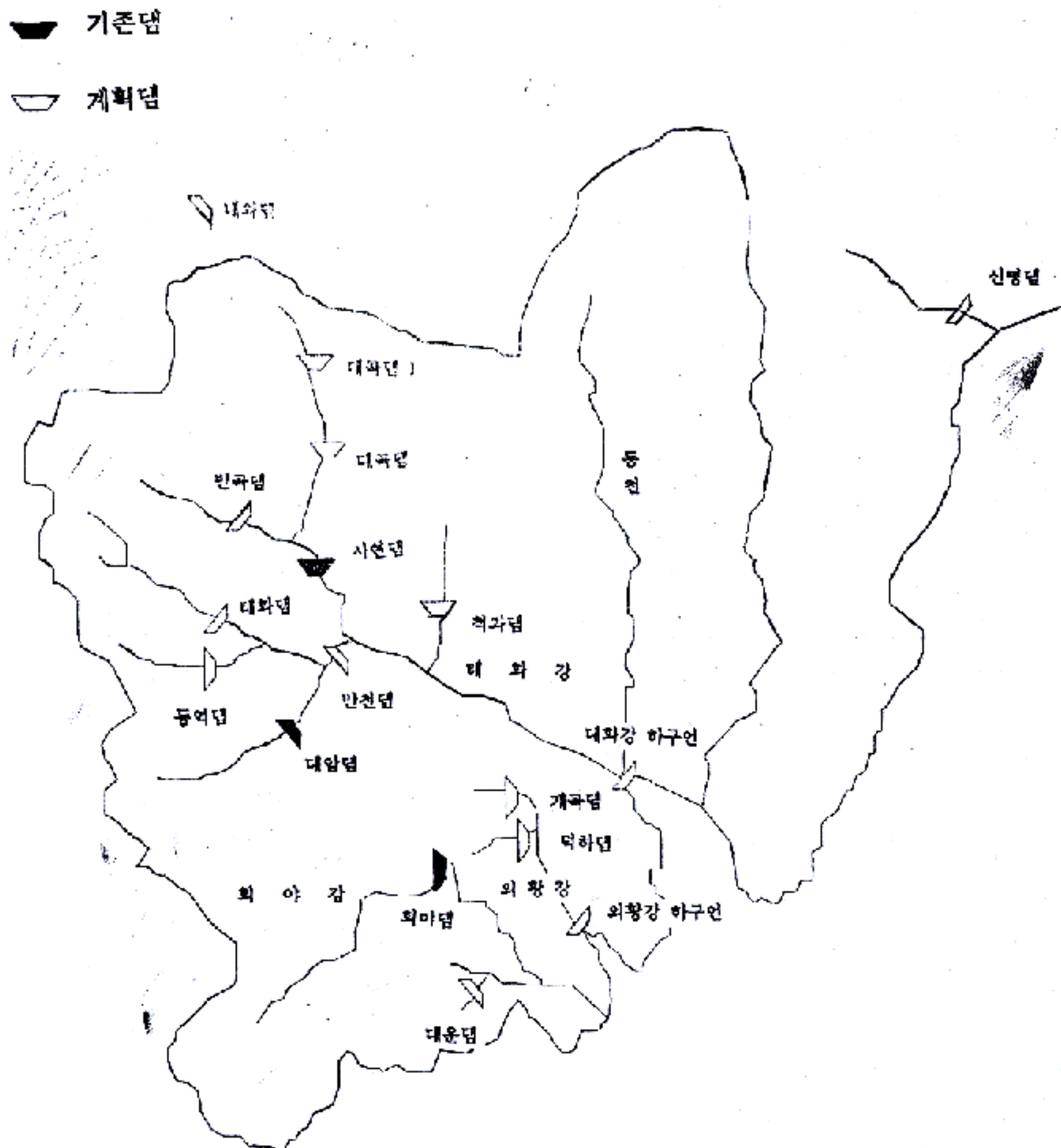


그림 1. 수원 개발가능 검토지역

표 2. 울산지역 주민의 댐에 대한 비교

시설명	총저수량 (TV) (×1,000m ³)	유효저수량 (EV) (×1,000m ³)	유역면적 (A) (km ²)	생산량(m ³ /일, 200일 기준)	TV/A	EV/A	EV/TV	비 고
회야댐	17,100	13,300	127	66,500	0.135	0.105	0.78	울산지역
사연댐	25,000	20,000	124.7	100,000	0.201	0.161	0.8	울산지역
대암댐	9,100	5,000	77	25,000	0.118	0.065	0.55	울산지역
밀양댐	73,600	69,800	95.4	349,000	0.771	0.732	0.95	
운문댐	135,300	126,200	301.4	631,000	0.45	0.42	0.93	
합천댐	790,000	640,000	925	3,200,000	0.85	0.692	0.81	

집중되어 있기 때문에 집중호우시 월류되는 양을 저수했다가 갈수기에 사용하는 방안을 강구해야 한다. 그림 1에 기존의 댐과 수원 개발가능지역을 표시하였다. 표 2에 보는 바와 같이 현재 울산지역에 있는 3개의 댐 모두가 다른지역의 댐에 비해 유역면적당 총 저수량이 현저히 작다. 이는 많은 양이 호우시에 월류되어 유출되어 버린다는 것을 보여주기 때문에 댐을 높여서 월류되는 양을 저수하는 것은 타당성이 있다.

1) 사연댐

사연댐은 현재 대부분의 침수지역이 산악지역이기 때문에 댐을 높일 때 생기는 추가 침수지역이 상당히 적은 것으로 나타나서 보상문제와 주민들의 민원 발생 요소가 다른 지역보다 적기 때문에 매우 좋은 방안이라고 할 수 있다. 수질적인 면에서 살펴보더라도 상류에 울산군 주민과 가축 축사 등이 산재해 있으나 이런 가정오수와 가축 축사에서 발생하는 폐수는 대부분이 BOD가 주성분이기 때문에 낙동강물에서 나타날 수 있는 것과 같은 유해물질은 상당히 적다. 때문에 상류지역에 가정오수와 축사폐수를 처리할 수 있는 폐수 및 하수처리장을 보장하면 사연댐은 좋은 수질을 보전할 수 있다.

표 3에서 볼 수 있는 것과 같이 200일을 기준으로 했을 때 사연댐을 10m 높임에 따라 생산량은 84% 증가하여 18만톤/일을 생산할 수 있고 20m를 높일 때는 200%가 증가하여 약 30만톤/일을 생산할 수 있다. 유역면적에 대한 총 저수량의 비(TV/A)가 10m를 높일 때 37%이고 20m를 높였을 때 62%이다. 이는 가까운 밀양댐의 경우 77%와 합천댐의 경우 85% 이상을 보았을 때 훨씬 낮은 값을 갖고 있기 때문에 개발이 가능하다.

2) 대암댐

대암댐은 현재 농업용수의 조절지로 사용되고 있다. 낙동강으로부터 450,000m³/일의 농업용수가 대암댐에 송수되어 울산지역의 각 공단에 공급되고 있다.

그런데 울산 농업용수 시설 확장사업의 1단계와 2단계가 준공되면 낙동강물 770,000m³/일이 회야댐에 유입되게 된다. 회야댐내에서 상당량 자체 정화과정을 거칠 수 있으나 사연댐을 생활용수 전용댐으로 전환하는 의미가 별로 없게 된다. 그러면 여기서 회야댐을 농업용수 전용댐으로 하고 대암댐을 생활용수 전용댐으로 하여 보강공사를 할 경우에는 약 20만톤/일(200일 기준)

표 3. 사연댐의 승고시 침수면적과 증가 저수량

댐 높이	침수면적 (km ²)	총저수량(TV) (×1,000m ³)	유효저수량 (EV) (×1,000m ³)	생산량(톤/일) (200일 기준)	TV/A	비 고
현재높이	1.7	25,000	20,000	100,000	0.20	
10m 승고시	2.6	46,000	36,800	184,000	0.37	84% 증가
20m 승고시	3.7	77,000	61,600	308,000	0.62	208% 증가

유역면적(A)=121.5(km²)

표 4. 대암댐의 승고시 침수면적과 증가 저수량

댐 높이	침수면적 (km ²)	총저수량(TV) (× 1,000m ³)	유효저수량 (EV) (× 1,000m ³)	생산량(톤/일) (200일 기준)	TV/A	비 고
현재높이	1.04	9,100	5,000	25,000	0.12	
10m 승고시	2.10	24,000	19,200	96,000	0.31	164% 증가
20m 승고시	3.79	53,000	42,400	210,000	0.69	480% 증가

유역면적(A)=77km²

으로 생산할 수 있게 된다.

대암댐의 상류수계에는 오염배출시설물이 울산지역 3개의 댐 중에서 제일 작기 때문에 가축 축사에서 배출되는 폐수와 가정오수 등의 처리 시설을 갖추면 3개의 댐 중에서 제일 깨끗한 상수원이 될 수 있다. 현재의 대암댐은 유역면적당 총 저수량의 비가 0.118로 제일 작게 잡혀 있어서 개발 잠재력이 큰 곳이다. 사연댐과 마찬가지로 침수되는 지역이 대부분 산악지역이기 때문에 보상비와 주민 이주문제 등이 상대적으로 작다는 것도 큰 장점이다.

대암댐의 승고에 따른 총저수량의 유역면적비도 69%로 밀양댐의 77%와 합천댐의 85% 보다 훨씬 작은 비율이기 때문에 충분한 타당성이 있다. 사연댐과 마찬가지로 대암댐하류에 하천유

지용수와 농업용수를 공급해야 할 필요성이 없기 때문에 이를 더욱 강력히 뒷받침해 주고 있다.

3) 회야댐

회야댐을 높이는 데는 많은 문제점들을 갖고 있다. 댐을 높이기 위한 지지기반이 약하고 댐의 승고공사를 강행할 경우 댐의 길이가 상당히 길어진다. 뿐만 아니라 10m 이상 승고시는 물이 외황강으로 월류되는 부분이 생긴다. 또한 댐 상류에 침수지역이 과다하게 늘어나기 때문에 보상비에 대한 부담도 상당히 클 것으로 예상된다. 더구나 부산-울산간 4차선 국도가 웅촌부근에서 침수되는 문제도 동반되기 때문에 회야댐의 승고에는 타당성이 상당히 결여된다고 판단된다.

3-2. 소규모댐의 축조

울산지역의 하천수계내에서 추가 수원개발이

표 5. 소규모댐의 개발가능지역 비교점토

수계명	수원	위치	개발가능량	특	비 고
형산강	내외댐	두동면 삼정 2교 상류 500m	34,000	수질양호, 수리권 문제 침수지역과다.	개발가능 (△)
태회강	등익댐	상북면 등익리	20,000	수질양호, 개발량 적음	개발가능 (△)
	천전댐	상북면 천전리	60,000	수리권 문제, 침수지역과다	개발불가
	다운댐	울산시 다운동	40,000	기존거주지역인점, 수질양호, 침수지역과다	개발불가 (△)
	*하구언	내화강 하류 동천 합류지점	85,900	수질문제, 울산시까지 배수문제	개발불가
외황강	덕하댐	청량리 덕하리	20,000	수질양호, 침수지역과다	개발불가 (△)
	개곡댐	정량면 개곡리	10,000	수질양호, 침수지역과다	개발불가 (△)
	대운댐	온양면 온화리	20,000	수질문제	개발가능 (△)
	*하구언	외황강 하구	100,000	수질문제, 회야강 표류수 도수, 연해	개발불가
신명천	신명댐	울산군 강동면 신명리	30,000	수질양호	개발가능 (△)

*(△) : 용수 수급 방법 및 목적에 따라 개발 타당성 있음

표 6. 지역별 최대 지하수 개발가능량

지 역	유역면적 (km ²)	총강수량 (×10 ⁶ 톤/년)	개발가능량 (×10 ⁶ 톤/년)	비	고
언양상류	75.0	98.3	11.80		
림서	24.9	32.6	3.91		
사연댐상류	120.0	157.2	18.86		
척과	41.0	53.7	6.44		
석계	28.2	36.9	4.43		
농소, 가대	12.5	16.4	1.97		
농소, 달천, 온곡	29.6	37.8	4.54		
농소, 구영, 모화	22.3	29.2	3.50		
농소, 호계, 화봉	34.0	44.5	5.34		
태화강 하천변	129.0	169.0	20.28		
외황강 하천변 (청량면)	50.3	79.0	9.48		

표 7. 울산지역에서 개발가능한 수자원

상수원명	총저수량 (TV) (×1,000m ³)	유효저수량 (EV) (×1,000m ³)	유역면적 (A) (km ²)	TV/A	개발가능량 (m ³ /일) (200일 기준)	비	고
사연댐	77,000	61,600	124.5	0.62	308,000	댐의 20m 승고시	
대암댐	53,000	42,400	77	0.69	200,000	댐의 20m 승고시	
대운댐	6,070	4,800	10.7	0.57	20,000		
신명댐	8,000	6,400	17.0	0.47	30,000		
등역댐	7,850	6,200	15	0.52	20,000		
내와댐	9,300	7,400	15.7	0.59	20,000		
척과댐		8,000					
지하수	—	—	—	—	50,000		
합 계	170,600	130,000	284	0.6	680,000		

* 유효저수량(EV) = 총저수량(TV) × 0.8

가능한 모든 지점에 대하여 조사를 하고 위치 및 규모를 정리하여 표 5에 나타내었다. 여기서 사연댐의 상류는 사연댐의 승고시 타당성이 없이 제외하였다.

표 5에서 보이는 바와 같이 경제적 타당성이 있고 목적에 적절한 수원개발 후보지는 거의 없으며, 지역 단위의 용수수급 방법이나 경제성에 관계없이 용수를 개발하여야 할 필요가 있을 경우 다수의 소규모 수원이 개발 가능하다.

3-3. 지하수의 이용

울산지역의 부존 지하수량중 총개발 가능량은 1.39억톤/년으로서 약 38만톤/일 규모이다. 이는

지표 수문학적 관점에서 유역면적 크기와 유역의 형태학적 특성을 감안하여 안전채수량으로 산정한 것이다. 산정방법은 기존 우리나라 평균 지하수 이용률 및 지질구조에 따른 채수가능량을 인용하여 결정하였으며 그 결과는 표 6과 같다.

지하수의 개발가능량 중에 개발이 이루어 지지 않은 지역을 중심으로 약 50,000톤/일 이상 규모의 개발이 가능할 것으로 판단되고 있다.

상기에 검토된 바와 같이 사연댐의 20m 승고와 대암댐을 마찬가지로 20m 승고하면 수량적인 면에서 약 50만톤/일(200일분)을 확보할 수 있다. 여기에 개발가능한 소규모댐 약 13만톤/일

과 지하수 및 복류수를 개발하면 울산지역내에서 수리권 분쟁없이 생활용수를 확보할 수 있다.

표 7에 울산지역에서 개발가능한 수자원의 양을 나타내었다.

사연댐과 대암댐에 대한 총저수량의 유역면적비율이 0.62와 0.69로 합천댐이나 가까운 밀양댐보다 작다.

또한 사연댐과 대암댐은 하천유지용수나 농업용수 등으로 사용할 양이 필요없기 때문에 총저수량을 확보하는데는 충분하다. 사연댐과 대암댐의 승고는 상수원의 확보에도 결정적인 도움이 될 것이며, 또한 우리나라 강우 특성상 6~9월에 내리는 장마와 태풍에 의한 집중호우에 대비한 태화강 수계 주변의 범람을 방지할 수 있는 중요한 효과도 얻을 수 있다.

4. 결 론

사연댐과 대암댐의 20m 승고로 200일(6개월 이상) 기준으로 하여 500,000m³/일의 수자원 공급이 가능하다. 이 양이면 2001년의 수요량을 충족시킬 수 있는 양이고, 울산시-군의 인구가 총 120만을 넘는 2011년엔 소규모 댐과 추가 지하수의 개발로 18만톤 가량을 더 개발할 수 있다. 그러면 총 68만톤/일(200일 기준)의 개발이 가능하기 때문에 120만 인구가 550(1/인·일)을 사용하기에 충분한 양이 된다. 이렇게 지역에서

개발된 상수원은 낙동강물의 오염과 같은 피해를 염려할 필요가 없고, 무엇보다 50만톤/일 이상의 공업용수를 추가로 확보하는 결과가 된다. 또한 매년 여름 장마철이면 태화강물이 범람하여 울산시 일부가 잠기고 강둑이 무너질 위기에 놓이게 되는데 댐의 승고로 인하여 중요한 홍수 조절의 역할도 함께 할 수 있다.

5. 감사의 글

본 연구는 교육부의 '93년도 지역개발 연구과제 학술 연구조성비로 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다. 그리고 본 연구를 수행하는데 재정적으로 많은 도움을 주었고 연구에 성원을 아끼지 않았던 울산시에 감사드립니다.

6. 참고문헌

1. 윤용남 : 공업수분학, pp. 532-572, 청문각, 1992.
2. 울산시 상수도백서, 울산시, 1987.
3. 낙동강계통 상수도 확장사업 송배수 설비 시설계획보고서, 울산시, 1991. 4.
4. 울산 공업용수 시설확장사업 기본계획 보고서, 한국수자원공사, 1990. 8.
5. 지하수 이용의 현재와 미래기술, pp. 69-84, 지하수 실포지음, 1992. 3.