

## 제 5 장 상수도의 시간별 급수량 변화 분석

이 경 훈

### 5.1 서 론

현대사회는 근대화와 산업화에 따라 산업구조가 농업위주에서 공업위주로 변화되고, 급격한 경제성장을 이루면서 국민생활 수준이 크게 향상되고, 인구가 도시로 편중되어 도시의 비대화를 이루고 있다. 이렇듯 산업구조의 변화와 거대 도시화는 상수도시설에도 많은 영향을 주어 원수의 수질 악화와 상수원수의 부족을 초래하고 있다. 그리고 급·배수시설을 비롯한 상수도시설의 확충과 개량, 시설의 합리적인 운영의 필요성을 증대시키고 있다.

시민이나 국민이 안심하고 사용할 수 있는 수돗물을 안정적으로 공급하기 위하여 상수도시설의 확충과 개량도 중요하지만 이에 앞서서 기존에 사용하고 있거나 개량 또는 확충되는 상수도시설을 수요량에 맞추어서 질 높은 수돗물을 생산 공급할 수 있는 합리적인 운영방법을 개발하고, 이에 따라서 상수도시설을 운영하는 것이 시급한 일이 아닐 수 없다.

상수도의 합리적인 운영은 상수도 수요량을 예측하고 이에 따라 취수에서부터 정수 및 급·배수에 이르기까지 상수도시설을 감시 제어하여 수량, 수압 및 수질 면에서 만족할 수 있도록 공급하는 것이다. 이와 같은 상수도시설을 운영하고 계획함에 있어 기초가 되는 급수량에는 일평균수량, 일최대수량, 시간최대수량 등이 있다. 년간을 통해서 볼 때 일평균과 일최대의 비는 도시의 규모, 수요구조물에 따라 다른데, 대도시일수록 공업용수가 차지하는 비율이 높은 도시일수록 작아진다. 소비자가 물을 사용하는 양은 하루를 기준으로 볼 때 시간적으로 집중하는 경향을 가지고 있어 아침, 저녁, 식사 시간을 전후해서 최대량을 나타내며 심야에는 사용량이 최저로 되는 시간변화곡선을 그리게 된다. 1년중 최대사용량을 나타내는 1시간당 급수량을 시간최대급수량이라 부르며 일총급수량에 대한 비율은 대도시 공업도시에서는

작고 주택단지나 농촌과 같이 물사용패턴이 비슷한 지구에서는 큰 수치를 갖는다.

이러한 수요예측은 각각의 도시의 급수량자료를 이용하여야 한다. 그러나 현재 이용되고 있는 급수량예측은 과학적이고 합리적인 접근방식이 아닌 경험 또는 비슷한 도시의 자료에 의한 급수량예측으로서 생산량의 과부족을 초래하여 예산낭비를 초래할 뿐만 아니라 비효율적인 운영이 될 우려가 있다. 따라서 적절한 규모로 최적의 수요량과 해당도시의 산업구조와 주민의 소비특성, 도시의 지리적 위치, 기후 등에 좌우되는 시간별 급수수요량의 변화를 예측하는 것이 효율적인 상수도 시설관리를 위해 중요하다고 할 수 있다.

그러므로 본 장에서는 월별 및 시간별 급수량을 급수량 지표로 환산하고, 통제용적의 개념과 연속방정식을 급·배수시설에 적용하여 생산량과 배수지 및 정수지의 수위 관계로부터 시간별 급수량을 구하였다. 그리고 이를 다시 급수량 지표로 환산하여 대상지역으로 선정된 대도시인 광주광역시와 중소도시인 남원시의 1일급수량의 시간별 변화량을 알아보고, 대도시와 중소도시의 시간별 급수량의 변화에 어떠한 차이가 있는가를 검토하였다. 또한, 이 결과를 「상수도 시설기준」에서 요구하는 배수지의 용량 및 시간최대급수량과 비교·검토하고 기존시설을 평가하여 그 결과를 기술하였다.

## 5.2 시간별 급수량 산정방법

수원에서 취수하는 계획수량은 일반적으로 계획최대급수량의 110-115%를 취수하고 계획도수량은 계획취수량을 기준으로 하게 된다. 그리고 계획정수량은 계획 1일 최대급수량을 기준으로 하며, 특별한 경우를 제외하고는 송수량은 계획 1일최대급수량으로 한다.

또한, 정수지의 유효용량은 계획정수량의 1시간분 이상으로 하여야 하며, 계획배수량은 평시에는 각각의 배수관이 할당하는 계획급수구역의 계획시간최대급수량으로서 그 배수구역내의 계획급수인구 전부가 계획시간최대급수량을 일제히 사용한다고 가정하는 것이다. 그러므로 배수지에서는 정수지로부터 1일최대급수량이 24시간 동안 시간별로 균등하게 공급되고 배수지에서는 시간별로 관측된 배수량이 급수구역에 공급된다고 가정할 수 있다.

이러한 시간별 급수량 산정은 상수도 급배수시설에 통제용적(Control Volume)의 개념을 적용하고 연속방정식을 적용하여 급수량 산정을 위한 일반식을 얻을 수 있다. 유체의 흐름에 통제용적을 설정하고 질량보존의 법칙 개념을 도입하면 식 5.1과 같이 유체에 관한 연속방정식이 유도된다.

$$\frac{d}{dt} \int_{cv} \rho dV + \sum_{cs} \rho V \cdot A = 0 \quad (5.1)$$

식 5.1에서 좌측 항은 통제용적에서의 질량의 변화율이며 두 번째 항은 통제용적의 표면을 통과하여 단위시간에 통제용적으로부터 흘러 나가는 질량의 총합을 의미하며, 주어진 공식에서 이들의 총합은 영(零)이 된다.

물은 대부분의 유체에 관한 문제의 해결시 비압축성 유체로 분리되며, 물의 밀도가 시간에 따라 변화되지 않으므로 식 5.1에서 밀도  $\rho$ 를 상수로 처리하고 소거시키면 식 5.2와 같이 간단한 공식을 유도할 수 있다.

$$\frac{d}{dt} \int_{cv} dV + \sum_{cs} V \cdot A = 0 \quad (5.2)$$

그림 5.1은 상수도 급배수시설을 도식화한 그림을 나타내고 있다. 여기에서 실선은 급배수시설을 의미하며 점선은 통제용적을 의미한다. 통제용적의 상단 면을 제외하고 통제용적은 급배수시설의 경계면과 접해 있고, 상단 면은 배수지수위와 함께 자유롭게 움직일 수 있도록 허용하도록 가정하며 배수지 수위는  $\Delta t$  시간 사이에  $\Delta h$  만큼 변화된다. 그림의 통제용적에 연속방정식을 적용하면 아래의 식 5.3이 유도된다.

$$\frac{d}{dt} \int_{cv} dV + Q_D - \sum_{i=1}^N Q_{Ii} = 0 \quad (5.3)$$

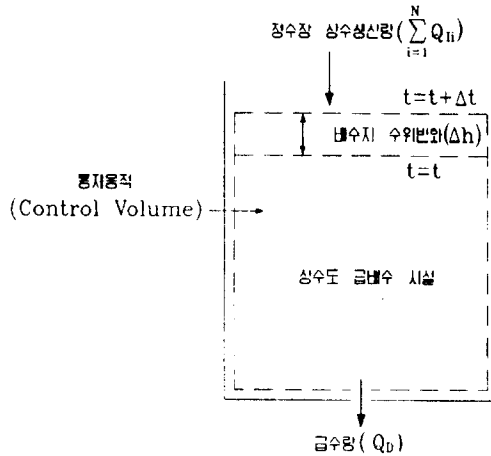


그림 5.1 상수도 급배수 시설 모식도

식 5.3에서 첫 번째 항은 통제용적으로 표시된 급배수시설의 용적의 변화율이며, 두 번째 항은 통제용적으로부터 흘러 나가는 급수량  $Q_D$ 이며, 세 번째 항은 통제용적으로 흘러 들어오는 유량  $Q_I$ 로서  $N$ 개의 정수장에서 생산되어 급배수 시설에 공급되는 유량이다.

식 5.3에서 미소시간  $dt$ 를 유한시간  $\Delta t$ 로 표시하고 급배수시설인 통제용적의 변화율을 유한시간  $\Delta t$  사이에 변화되는 배수지용량의 변화율로 바꾸고 급수량  $Q_D$ 에 관하여 정리하면 다음 식을 유도할 수 있다.

$$Q_D = \sum_{i=1}^N Q_{Ii} - \frac{1}{\Delta t} \sum_{j=1}^K A_j \Delta h_j \quad (5.4)$$

여기서,  $A$ 는 배수지의 밑면적,  $\Delta h$ 는  $\Delta t$  시간 사이에 변화되는 배수지의 수심의 변화를 표시한다. 따라서 식 5.4의 마지막 항은  $\Delta t$  사이에  $K$ 개의 배수지에 일어나는 배수지 용량의 변화의 총합에 대한 변화율이다.

광주광역시 및 남원시의 급수량 자료는 정수장의 생산량과 2시간 간격으로 관측

한 배수지의 수위를 기록하고 있으므로 관측시간 간격인 2시간을  $\Delta t$ 로 사용하고 식 5.4에 기록된 급수량 자료를 대입하면  $\Delta t$ 시간에 사용된 급수량  $Q_D$ 를 계산할 수 있다.

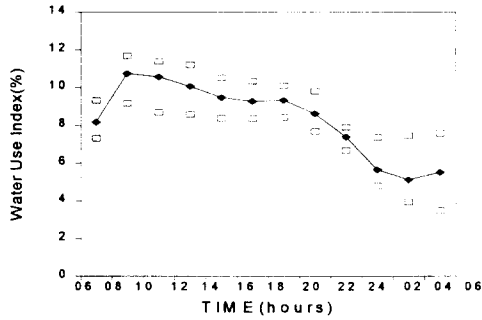
### 5.3 시간별 급수량의 변화

본 절에서는 광주광역시 및 남원시 상수도 급수량 자료를 5.1절에서 기술된 분석 방법과 이론을 이용하여 얻어진 월별과 요일별에 따른 급수량의 시간적 변화량, 시간별 최대급수량, 시간별 최소급수량의 변화에 대한 분석결과를 기술하기로 한다.

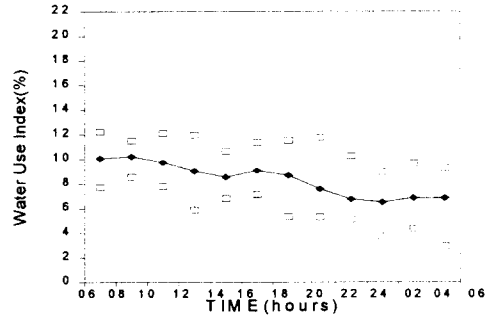
여기서 사용된 자료는 광주광역시(1992년) 상수도사업본부 및 남원시(1996년) 수도과의 급수량에 관한 자료이다. 남원시 급수량의 자료로는 표 5.1에 예시된 것과 같이 남원시에 위치한 남원정수장으로부터 해당일에 송수되는 시간별 송수량과 배수지로부터 2시간 간격으로 관측된 수위의 변화이다. 광주광역시의 급수량의 자료로는 표 5.2에 예시된 것과 같이 광주광역시에 위치한 용연, 지원, 각화, 황룡, 송정 등 5개의 정수장으로부터 해당일에 생산되는 정수장별 총생산량과 정수장의 정수지를 포함한 10개의 배수지로부터 2시간 간격으로 관측된 수위의 변화이다. 주어진 자료를 월별로 구분하고, 급·배수시설에 적용된 연속방정식인 식 5.4를 사용하여 시간별 소요되는 급수량을 계산하였다. 주어진 자료가 2시간 간격으로 하루 12번 관측 기록된 관계로 식 5.4에서 시간간격인  $\Delta t$ 는 2시간으로 하였다.

그림 5.2는 겨울철에 해당하는 2월 광주광역시 및 남원시의 시간별 상수사용량을 나타내고 있다. 그림 5.2에서 실선은 주어진 2시간의 시간간격 사이에 사용된 급수량의 1개월 평균값을 나타낸 것으로서, 그림의 축은 주어진 2시간에 사용된 급수량을 하루에 사용된 총급수량에 대한 백분율로 환산하여 표기한 것이다. 시간별 평균 급수량의 위와 아래에 표시된 자료는 그 월에 기록된 최대·최소 급수량을 표시한 것이다.

먼저 광주광역시를 살펴보면 시간별 급수량의 추세는 오전 06시부터 08시 사이에 1일급수량의 약 8%의 급수량을 필요로 하는 것을 시점으로 하여 오후 18시까지 2시간별 사용량이 10%이상을 유지하다가 19시에 감소하기 시작하여 새벽 02시와 04시 사이에 최소 수량에 머물게 된다.



(a) 광주광역시(1992년)



(b) 남원시(1996년)

그림 5.2 2월 급수량의 시간적 변화

표 5.1 남원시 상수도 송수량 및 배수지 수위관측의 예 (1996년 2월 1일)

구분 시설물		시간별 송수량(m <sup>3</sup> )						
		06	08	10	12	14	16	
송수	시간(시)	06	08	10	12	14	16	
	송수량(m <sup>3</sup> )	1796	1795	1790	1793	1744	1740	
시간별 배수지 수위(cm)								
	시간(시)	06	08	10	12	14	16	
배수지	남원배수지1	178	158	153	140	158	158	
	남원배수지2	233	211	176	198	189	193	
구분 시설물		시간별 송수량(m <sup>3</sup> )						
		18	20	22	24	02	04	06
송수	시간(시)	18	20	22	24	02	04	06
	송수량(m <sup>3</sup> )	1402	1422	1420	1378	1373	1440	1780
시간별 배수지 수위(cm)								
	시간(시)	18	20	22	24	02	04	06
배수지	남원배수지1	153	149	149	149	113	146	163
	남원배수지2	95	57	75	95	182	265	300

제 5 장 상수도의 시간별 급수량 변화 분석

표 5.2 광주광역시 상수도 송수량 및 배수지 수위관측 예(1992년 1월 1일)

구분 시설물		송수량 (m <sup>3</sup> )	배수지 수위(cm)						
			06	08	10	12	14	16	
정수장	용연	243,709	273	287	280	264	230	197	
	지원	61,233	290	314	272	219	174	140	
	각화1	7,203	160	170	170	140	80	70	
	각화2		170	200	150	70	0	0	
	남면	22,420	110	120	100	80	60	20	
	송정		340	320	300	260	240	220	
	계	334,513							
배수지	월산1		404	380	320	290	260	240	
	월산2		0	0	0	0	0	0	
	산수		340	340	260	240	220	200	
	동운		180	180	20	0	0	0	
	지원		320	320	329	294	255	220	
회수량			용연			3133m <sup>3</sup>			
구분 시설물		송수량 (m <sup>3</sup> )	배수지 수위(cm)						
			18	20	22	24	02	04	06
정수장	용연	243,709	159	168	164	164	191	251	302
	지원	61,233	118	93	89	122	162	227	287
	각화1	7,203	50	30	20	20	20	40	60
	각화2		0	0	0	0	50	130	200
	남면	22,420	0	0	10	40	60	90	120
	송정		260	200	210	230	270	310	340
	계	334,513							
배수지	월산1		230	210	200	230	300	400	400
	월산2		0	0	0	0	10	40	40
	산수		160	130	180	120	220	340	400
	동운		0	0	0	20	80	180	260
	지원		198	175	170	191	223	297	320
회수량			지원			m <sup>3</sup>			

남원시의 시간별 급수량의 추세는 오전 06시부터 08시 사이에 1일 급수량의 약 10%이상의 급수량을 필요로 하는 것을 시점으로 하여 09시까지는 상승하지만, 이후 오후 15시까지 점점 감소하여 15시에 8.6%의 급수량이 소요된다. 그리고 다시 오후 17시까지 약간 상승(9.1%)하다가 19시부터 다시 급수요량이 감소하여 새벽 02시에서 04시 사이에 최소급수량(6.8%)에 이르고 있다.

그림 5.3은 봄철에 해당하는 4월의 급수량에 관한 것인데, 먼저 광주광역시를 살펴보면 4월의 급수량의 형태도 2월과 대동 소이하다. 2시간 간격별 최대급수량은 오전 08시와 10시 사이에 약 11%로 나타나고, 최소급수량은 새벽 02시와 04시 사이에 5.0%정도로 나타나고 있다.

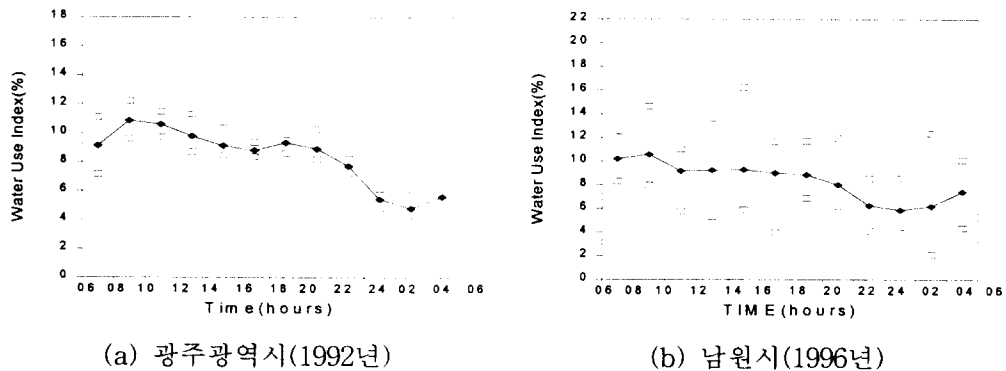


그림 5.3 4월 급수량의 시간적 변화

남원시를 살펴보면 남원시도 2월의 급수량 형태와 대동 소이하다. 시간 간격별 최대급수량은 오전 08시와 10시 사이에 약 10.5%로 나타나고 최소급수량은 야간 0시와 02시 사이에 5.9%정도로 나타나고 있다.

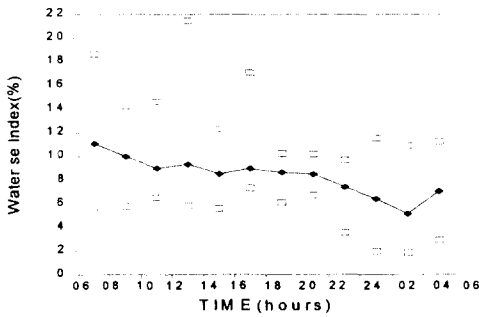
그림 5.4는 여름철에 해당하는 7월의 급수량에 관한 것인데, 먼저 광주광역시를 살펴보면 7월의 급수량의 형태도 2월 및 4월과 대동 소이하다. 2시간 간격별 최대급수량은 오전 10시와 12시 사이에 약 10.9%로 나타나고 최소급수량은 새벽 02시와 04시 사이에 5.0%정도로 나타나고 있다.

한편, 남원시를 살펴보면 남원시도 2월 및 4월의 급수량 형태와 대동 소이하다. 시간간격별 최대급수량은 오전 06시와 08시 사이에 발생하고 있으며, 이때 사용급

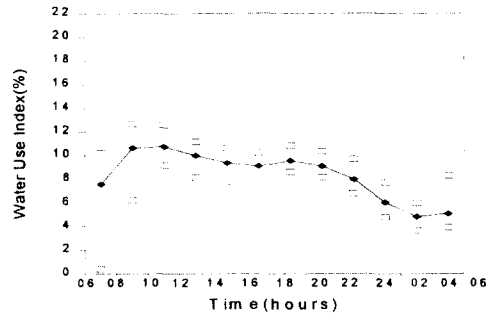


수량은 약 11%로 나타났고, 최소급수량은 새벽 02시와 04시 사이에 5.1%정도로 나타나고 있다.

이처럼 광주광역시와 남원시의 급수량형태가 시간에 따라 약간의 변동을 보이는 것은 대도시에 해당하는 광주광역시의 경우 상수도가 공급되는 지역에 거주하는 주민의 대부분이 2차 및 3차 산업에 종사하기 때문에 시간별 최대급수량이 오전 08시에서 12시 사이에 나타나고 있는 반면, 남원시의 경우는 많은 주민들이 농업에 종사하고 있는 관계로 농사철에는 시간별 최대급수량의 사용 시간이 약간 빨라진 오전 06시에서 08시 사이에 발생하는 것으로 판단된다.



(b) 남원시(1996년)



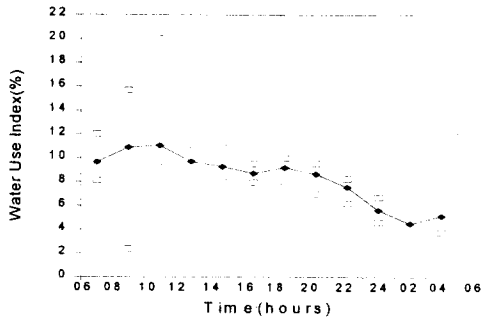
(a) 광주광역시(1992년)

그림 5.4 7월 급수량의 시간적 변화

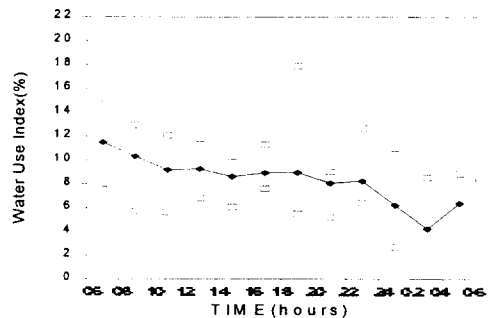
그림 5.5는 가을철에 해당하는 10월의 급수량에 관한 것인데, 먼저 광주광역시를 살펴보면 10월의 급수량의 형태도 겨울철(2월) 및 봄철(4월)과 대동 소이하다. 2시간 간격별 최대급수량은 오전 10시와 12시 사이에 약 11.1%로 나타났고, 최소급수량은 새벽 02시와 04시 사이에 5.2%정도로 나타나고 있다. 한편, 남원시를 보면 남원시도 겨울철 및 봄철의 급수량 형태와 대동 소이하다. 시간 간격별 최대급수량은 새벽 06시와 08시 사이에 발생하고 있으며 이 때 사용급수량은 약 11.5% 나타났고, 최소급수량은 새벽 02시와 04시 사이에 4.3%정도로 나타나고 있다.

1월, 3월, 5월, 6월, 8월, 11월 및 12월에 대한 시간별 급수사용량도 앞에 언급한 월과 거의 비슷한 분포를 보여주었다. 광주광역시의 시간별 최대급수량은 오전 08시와 10시 사이가 아니면 10시와 12시 사이에 발생하고 최소급수량은 새벽 02시와

04시에 발생하였다. 그리고 남원시의 시간별 최대급수량은 오전 06시와 08시 사이가 아니면 08시와 10시 사이에 발생하고, 최소급수량은 야간 0시과 02시 또는 02시에서 04시 사이에 발생하였다.



(a) 광주광역시(1992년)



(b) 남원시(1996년)

그림 5.5 10월 급수량의 시간적 변화

광주광역시의 시간별 최대급수량과 최소급수량의 차이는 그림을 보면 알 수 있듯이 5월, 7월, 8월, 10월의 오전 중에 각 시간별로 기록된 그 월에 있어서의 최대급수량과 최소급수량과의 차이가 크게 나타난 것을 확인할 수 있는데, 이는 단수에 의한 급수량의 제한 때문에 단수를 준비하기 위한 가수요가 늘어서 급수량이 증가한 것으로 사료된다.

남원시의 시간별 최대급수량과 최소급수량의 차이는 모든 월 모든 시간에 발생하고 있고, 최대 10%의 차이를 보이고 있다. 이러한 이유는 광주광역시의 경우에서와 같이 단수대비의 원인도 있겠지만 중소도시인 남원시가 대도시에 비해 유동인구의 변화에 더 민감하기 때문인 것으로 판단된다.

그림 5.6은 1992년 1년간의 자료로부터 얻어진 시간별로 필요로 하는 평균급수량과 1년동안 주어진 시간대에서 최대 또는 최소로 필요하는 급수량을 기록한 것이다. 먼저 광주광역시의 경우 최대급수량의 시간대는 오전 08시와 12시 사이로서 4시간에 소요되는 급수량은 1일 급수량의 약 22%에 달한다. 최소급수량을 필요로 하는 시간대는 새벽 02시와 04시 사이로서 1일급수량의 약 4.5%를 필요로 하고 있다.

남원시의 경우 최대급수량의 시간대는 오전 06시와 08시 사이로 광주광역시보다 약 2시간 먼저 일어나고 있으며, 오전 06시와 10시 사이에 소요되는 급수량은 1

일급수량의 약 21%로 광주광역시와 거의 비슷하다. 최소급수량을 필요로 하는 시간대는 02시와 04시 사이로 광주광역시와 같은 시간대에 일어나며, 1일급수량의 약 5.2%로 광주광역시 보다 약 0.7% 많이 필요로 하고 있다.

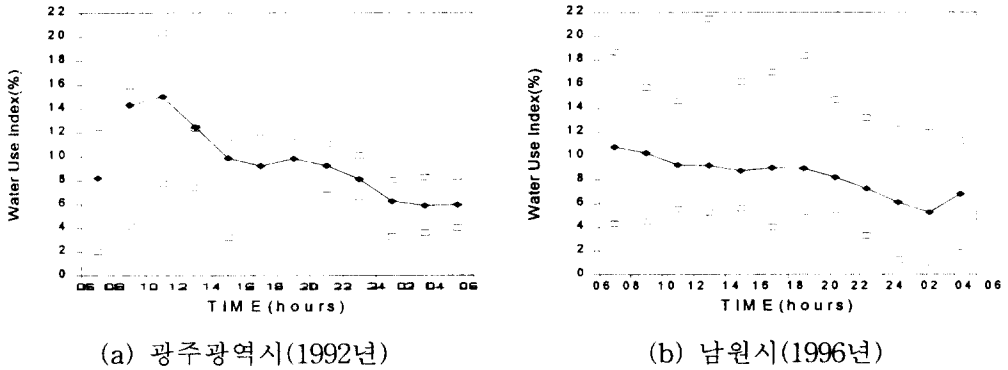


그림 5.6 1년간 급수량의 시간적 변화

최대부하량을 보면, 광주광역시에서는 오전 10시에서 12시 사이에 약 20.5%, 남원시에서는 12시에서 02시 사이에 21.5%에 달하는 급수량을 소모한 것으로 기록되어 있다. 이처럼 특별한 경우이기는 하지만 2시간 사이에 평소의 사용량의 2배에 가까운 급수량을 필요로 하는 것은 상수도 운영에 많은 부담을 주게 되므로, 이와 같은 급수량의 급상승이 발생하지 않도록 상수도 운영관리를 하는 것이 바람직하다.

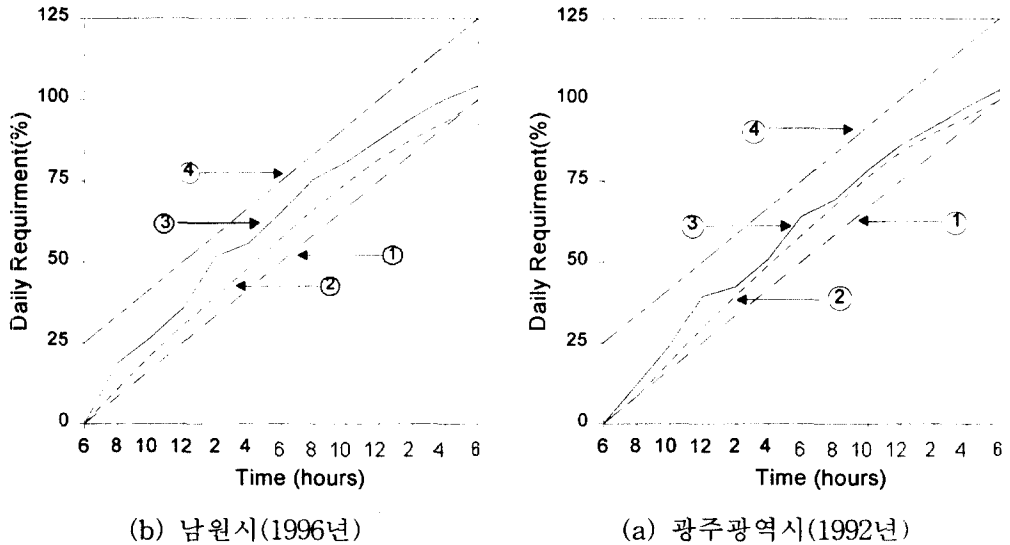
이상에서 살펴보았듯이 대도시인 광주광역시와 중소도시인 남원시의 시간별 급수량의 변화는 약간의 차이점 즉, 광주광역시는 최대 급수수요량이 오전 08시에서 10시 사이에 거의 발생하고 있지만, 남원시의 경우는 농업에 종사하는 인구가 많이 있으므로 최대 급수수요량이 발생하는 시간이 광주광역시 보다 약 2시간 빠른 오전 06시에서 08시 사이에 발생하는 것으로 조사되었다. 또한 최소 급수수요량이 발생하는 시간은 광주광역시와 남원시 모두 새벽 02시에서 04시 사이에 발생하는 것으로 나타났다. 이처럼 시간별 급수사용량이 광주광역시와 남원시에서 약간의 차이를 보이는 이유는 수도물사용량이 급수인구의 생활패턴에 많은 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다.

시간별로 사용되어지는 급수량의 소모형태가 특정한 시간대에 치우치지 않고 시간별로 비교적 균등하게 배분되어 있다는 사실은 무척 바람직한 일이다. 만일 급수량의 사용형태가 특정한 시간대에 치우치면 그에 대비하여 많은 물을 비축하여야 하기 때문에 상수도시설의 운영관리에 부담을 주기 때문이다. 또 다른 특이점은 광주광역시와 새벽 02시와 04시사이의 최소급수량이 1일 총급수량의 4%정도, 남원시는 새벽 02시와 04시 사이에 6.5%에 이른다는 것이다. 여기에는 두 가지 요인이 있는 것으로 분석된다. 첫 번째 원인은 최근 많이 건설된 대단지 아파트에 부설된 저수조에 공급될 수 있는 경우이다. 아파트는 현재 대규모 지하저수조와 각 동별로 옥상 탱크를 갖고 있어서 보통 1일(24시간) 단수에도 영향을 받지 않도록 설계되어 있다. 이러한 저수조에 수돗물이 공급되는 시간과 주민이나 시민이 생활용수를 사용하는 시간은 시간차가 있을 수 있다. 두 번째 원인은 급·배수관망에 누수가 있어서 누수량이 급수량으로 나타날 수 있는 경우를 배제할 수 없다. 야간에는 일반 생활용수의 사용이 끊기므로 일반적으로 급·배수관망내의 정수압은 증가된다. 누수량은 정수압의 증가의 제곱근에 비례하므로 누수가 발생한다면 야간에 특히 급수량이 없어 수압이 올라 갈 수 있는 시간에 누수량이 제일 크게 발생하고 있다. 이러한 원인은 규명해야 될 과제로 생각되나, 본 장의 범위를 벗어나므로 차후 연구할 과제로 남기기로 한다.

### 5.4 상수도 시설기준의 배수지용량 및 시간최대급수량의 검토

본 장에서는 실측치로 분석한 결과를 이용하여 배수지의 용량과 시간최대급수량을 산출하고 이를 「상수도 시설기준」의 산출방식으로 계산한 결과와 비교하여 보기로 한다.

「상수도시설기준」에서는 배수지의 용량을 최소 6시간분과 평균 8~12시간분을 유지하는 것으로 규정하고 있는데 이를 1일급수량에 대한 백분율로 환산하면 25%와 33~50%에 해당하는 용량이다. 이러한 「상수도 시설기준」과 분석된 자료를 비교하기 위하여 그림 5.7과 같이 광주광역시와 남원시의 1년간 시간별급수량을 누가 곡선으로 표시하였다. 그림 5.7(a),(b)에서 곡선 ①은 시간별 누가생산량으로서 24시



- ① 생산량 누가곡선
- ② 평균급수량에 의한 누가급수량 곡선
- ③ 시간별 최대급수량을 고려한 누가급수량 곡선
- ④ 생산초기 25%의 급수량을 확보시의 공급가능 곡선

그림 5.7 생산량과 급수량의 관계로 결정된 배수지의 용량

간후에 100%목표량을 생산하도록 가동되고 있음을 보여준다. 곡선 ②는 자료에 의하여 얻어진 시간별로 필요로 하는 평균급수량의 누가치로 나타낸 값이다. 이 그림에서 누가생산량과 평균누가급수량의 직선과 곡선의 종거의 차이는 해당시간에 있어서 급수량 부족분을 의미한다. 곡선 ③은 해당시간에 있어서의 최대급수량을 고려한 누가곡선이다. 곡선 ④는 배수지가 초기에 6시간분에 해당하는 25%의 비축이 있다고 가정한 경우로써 곡선 ③과 ④의 차이는 해당시간에 있어서 배수지에 비축되어 있는 잉여분의 용량을 의미한다. 따라서 배수지가 비축하여야 할 용량을 「상수도 시설기준」에서 요구하는 1일급수량의 최소 6시간분으로 하게 되면 급·배수시설의 운영에 문제가 없는 것으로 판단되었다.

다음으로 생산량, 급배수량의 자료와 함께 두 도시의 배수지용량을 검토해 보기로 한다. 먼저 광주광역시('92년)가를 보면 10개소에 총 용량 87,700  $m^3$ 의 배수지를 보유하고 있다. 이는 1일급수량 390,000톤/일에 대하여 25%인 약 6시간분에 해당한다. 그리고 남원시는 총 11,465  $m^3$ 의 배수지를 보유하고 있는데 이는 1일급수량

25,700톤/일에 대하여 약 45%인 11시간분에 해당하므로 「상수도 시설기준」의 일급수량에 대한 평균 8~12시간분의 용량에 해당한다.

따라서 두 도시는 배수지의 규모가 「상수도 시설기준」을 만족하고 급수자료의 분석결과로 산출한 최소필요용량도 충족시키는 것으로 평가되었다. 그러나 급수량 자료의 분석결과에서도 보여지듯이 도시의 규모와 산업구조 그리고 문화적 차이에 따라 시간별 급수량의 변화 형태는 다소 다르게 나타나고 요구되는 배수지의 최소필요용량도 약간의 차이가 있다. 그러므로 도시별로 시간별 급수형태를 파악하고 변동폭에 영향을 많이 미치는 요인을 분석하여 배수지 용량결정에 반영하면 보다 더 경제적이고 효율적인 것이라고 사료된다.

한편, 계획배수량은 평시에는 각각의 배수관이 할당하는 계획급수구역의 계획시간최대급수량으로서 그 배수구역내의 계획급수인구 전부가 계획시간최대급수량을 일제히 사용한다고 가정하는 것이다. 그러므로 배수관의 관경은 시간최대급수량을 수용할 수 있어야 하며, 「상수도 시설기준」에서는 이러한 시간최대급수량을 다음과 같이 표시하고 있다.

$$\text{시간최대급수량} = \frac{\text{일총급수량}}{24} \times (1.3 \sim 2.0)$$

여기서, 계수의 크기는 대도시와 공업도시(1.3), 중도시(1.5), 주택단지나 농촌(2.0)

이를 일총급수량에 대한 백분율로 환산하면 대도시 5.41%, 중도시 6.25%, 주택단지나 농촌은 8.3%가 된다. 또한, 급수량자료를 분석한 결과는 5.3절에서 나타나 있는 바와 같이 광주시의 경우 일총급수량에 대한 1년중 2시간최대급수량의 백분율이 약 21%이고 남원시는 약 22%나타나 있으므로 1시간으로 환산하기 위하여 평균값을 취하면 시간최대급수량의 백분율은 각각 10.5%, 11%가 된다. 이 수치는 「상수도 시설기준」의 시간최대급수량을 일일급수량에 대한 백분율로 환산한 대도시 5.41%, 주택단지나 농촌 8.3% 보다 높다. 이러한 원인은 단수대비나 불규칙한 용수 수요증가 등의 특별한 경우에 기인하는 것으로 판단되나 상수도시설의 운영에 많은 부담을 주기 때문에 바람직하지 못한 현상이다. 그러므로 시간최대급수량이 「상수도 시설기준」보다 높게 나타나는 요인을 심도 있게 분석하여 대처함으로써 이러한

일시적인 수요량의 급상승이 발생하지 않도록 해야 할 것이다. 그러나 도시의 특성이나 산업구조상 불가피할 경우에는 상수도시설의 설계·운영시 「상수도 시설기준」을 적용함에 있어서 배수지의 경우에서와 마찬가지로 각 도시별로 이와 같은 급수량자료에 의한 분석결과를 반영한다면 보다 안정적이고 효과적인 상수도시설운영이 될 것이라 사료된다.

## 5.5 결 론

5.3절에서 살펴보았듯이 시간별 급수량의 소요형태는 1년을 통해 변화가 거의 나타나지 않았지만 광주광역시와 남원시는 약간의 차이를 보이고 있다. 즉, 광주광역시의 경우 최대급수량은 거의 오전 08시에서 10시 사이에 나타나고 있지만, 남원시의 경우는 거의 오전 06시에서 오전 8시 사이에 나타났으며, 최소급수량의 경우는 두 도시 모두 오전 02시에서 오전 04시 사이에 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 광주광역시의 대부분 시민이 2차 및 3차 산업에 종사하는 반면, 남원시는 많은 시민이 농업에 종사하고 있어 바쁜 농사철에는 광주광역시보다 2시간 정도 더 빨리 최대수요량에 도달한 것으로 판단된다. 또한, 최대급수량과 최소급수량의 차이는 대도시인 광주광역시의 경우에는 그렇게 큰 차이는 보이지 않았지만 남원시의 경우는 많은 차이가 있는 것으로 나타났다.

이러한 시간별 급수량의 분석 결과 두 도시의 배수지용량은 「상수도 시설기준」의 배수지 최소요구조건인 6시간분을 확보하고 있으며, 자료분석 결과 급·배수량의 6시간분을 확보하고 있으면 급·배수시설 운영에 지장이 없는 것으로 판명되었다. 한편, 시간최대급수량을 보면 「상수도 시설기준」에서는 시간최대급수량을 일총급수량에 대한 백분율로 대도시 5.41% 중도시 6.25%, 주택단지나 농촌은 8.3%를 기준으로 하고 있으나 급수량 자료를 분석한 결과는 광주광역시와 남원시가 일총급수량에 대한 시간최대급수량의 백분율이 각각 10.5%, 11%로서 「상수도 시설기준」에서 요구하는 1일급수량에 대한 시간최대급수량의 백분율인 대도시 5.41%, 주택단지나 농촌 8.3%보다 높은 것으로 나타났다. 이러한 경우는 단수대비 등의 원인에 기인하는 특별한 경우이기는 하나 상수도시설 운영에 많은 부담을 주게 되어 바람직하지 못하다.

이상에서 살펴보았듯이 배수지나 배수관과 같은 상수도 시설의 규모를 결정하고 시설을 운영함에 있어 중요한 요소인 시간별 급수량의 변화는 도시의 규모나 산업 구조에 따라 형태가 다양하게 나타나고 그 변동폭에도 다소간의 차이가 있다. 일반적으로 「상수도 시설기준」에서 요구하는 최소 및 평균 배수지용량에 따르게 되면 특별한 경우를 제외하고는 본 장에서의 급수량자료의 분석결과에서와 같이 이러한 급수량의 변동으로 인한 부하량을 수용할 수 있을 것이다. 그러나 최적설계와 운영을 위한 적절한 시설규모를 선택함에 있어 개별적인 도시의 시간별 급수형태를 파악하고 변동폭에 영향을 많이 미치는 요인을 분석하여 이에 반영한다면 보다 경제적이고 효율적인 설계·운영이 될 것이라고 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 광주광역시, (1996), “통계연보”, 광주광역시.
2. 광주광역시 상수도사업본부, (1992), “상수도종합일지”, 광주광역시.
3. 남원시, (1996), “상수도종합일지”, 남원시.
4. 남원시, (1996), “통계연보”, 남원시.
5. 손병진, (1978), “유체역학”, 탐출판사, pp. 190~205.
6. 염상현, (1996), “상·하수도공학”, 동화기술, pp. 51.
7. 이경훈, 박성천, 문병석, (1994), “상수도의 급수량 및 배수지 용량변화에 관한 연구”, 대한상하수도학회지, 제9권, 제2호, pp. 118~126.
8. 이경훈, 이삼노, 문병석, (1994), “상수도의 1일 급수량 변화와 확률분산 모형에 관한 연구”, 제36회 수공학 연구 발표회, pp. 405~410.
9. 이경훈, 이삼노, 문병석, (1994), “상수도의 1일 급수량의 시간적 변화의 특성에 관한 연구”, 한국수문학회지, 제27권, 제2호, pp. 135~143.