

論 文

上水道の 1日 給水量 및 配水池 容量 變化에 관한 研究

The Variation of the Urban Water Use and the Distribution Reservoir Capacity with Time for a Day

李 庚 燾\*, 朴 成 天\*\*, 文 炳 錫\*\*\*

RHEE Kyoung Hoon · PARK Sung Chun · MOON Byoung Seok

Abstract

The variation of the urban water demand and the amount of water in the distribution reservoir was studied with time for a day. The city of Kwangju in Korea was selected as a study area. The population of Kwangju in the end of 1993 was more than one million and two hundred thousand peoples. The average of daily water use in 1993 was about three hundred and fifty thousand tons a day. One day was divided into 12 divisions with a 2 hour increment. The water use demand related to the amount of water in the distribution reservoir was observed for the given time interval of a day. The water use index was defined in percentage that indicates the ratio of the amount of water use for a time interval to the amount of water use for a day. The water use index with consideration of the water stored in the reservoir was found to be useful to manage and to operate the water supply systems in real time.

I. 序 論

급격한 工業化와 經濟成長에 따른 産業構造의 변화와 人口의 都市集中으로 上水道系統에도 많은 영향을 주어 源水의 水質惡化와 上水源의 부족을 초래하고 있다. 따라서 給配水施設을 비롯한 上水道 全 施設의 擴充과 改良, 上水道施設의 合理的인 運用의 필요성이 증대되고 있다. 또한 市民이나 國民이 安心하고 사

용할 수 있는 飲用水를 安定的으로 供給하기 위하여 上水道 施設의 擴充과 改良도 중요하지만 이에 앞서서 기존에 사용하고 있거나 改良 또는 擴充되는 上水道施設을 需要量에 맞추어서 質 좋은 上水を 生産·供給할 수 있는 合理的인 運用方法을 개발하고, 이에 따라서 上水道施設을 運用하는 것이 시급한 일이 아닐 수 없다.

上水道의 合理的인 運用을 도모하여 水量面이나 水質面에서 使用者의 요구에 맞는 質 높은 水道 서비스를 제공하기 위하여 需要量을 豫測하고 이에 따라서 上水道施設을 有效 적절하게 運用하는 것이 중요하다.

給水量 算定에 관한 연구는 미국이나 일본

\* 全南大學校 工科大學 土木工學科 助教授  
 \*\* 東新大學校 工科大學 環境工學科 專任講師  
 \*\*\* 全南大學校 工科大學 土木工學科 博士課程

등 선진국에서 선행되어 왔다. Young(1973)은 年度別 給水量的 算定을 해당도시의 인구수, 세대의 평균수입, 수도요금, 강우량, 기온, 증발량과 연관을 시키려고 하였으며, Agthe와 Bilings(1980)는 Young(1973)이 給水量的 變化에 영향을 주는 因子로 선택한 變數를 사용하여 月別로 變化하는 給水량을 계산하는 방식을 제안하였다. Maidment와 Miao 등(1985)은 月別 平均給水량과 氣候와의 상호 연관성을 조사하였다. 국내의 연구 동향을 보면 수자원공사(1992)에서 廣域上水道의 曜日別, 時間別 給水량에 관해 연구하였고, 목동우와 현인환(1994)은 2개의 도시의 대하여 日別로 變化되는 給水량과 最大給水량에 대하여 조사 발표하였다. 지금까지 선행된 給水량에 관한 연구는 주로 給水量的 變化를 最小 日別 單位, 또는 月別 單位로 조사한 것으로서 時間單位別 變化에 대한 연구는 미흡한 편이다. 日別 또는 月別 單位의 給水량 變化는 1日 生産量 또는 月別 平均生産량을 예측하여 上水道施設의 施設 運用을 計劃 또는 設計하는데 도움이 되나, 上水道施設을 實時間 最適條件으로 물 收支를 맞추어 運用管理하는데 있어서는 日別, 月別 給水량과 더불어 時間別 給水量的 變化形態가 중요한 變數로 작용한다. 時間別 1日 給水量的 變化와 이의 활용에 대한 연구가 미흡함으로 앞으로 이 분야의 研究가 활발히 진행되어야 할 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 광주광역시를 대상으로 時間別 給水量的 變化를 조사하고, 주어진 時間에 발생된 給水量的 變化 및 給水量的 變化에 따른 配水池 容量變化와 配水池 容量決定 方法 등을 연구하여 上水道施設을 合理的이고 科學的으로 運用할 수 있는 基礎資料를 마련하는 것을 목적으로 하고 있다.

## II. 理 論

時間別 給水量的 算定은 上水道 給配水施設에 統制容積(Control Volume)의 개념을 적용하고 連續方程式을 적용하여 給水량 算定을 위한

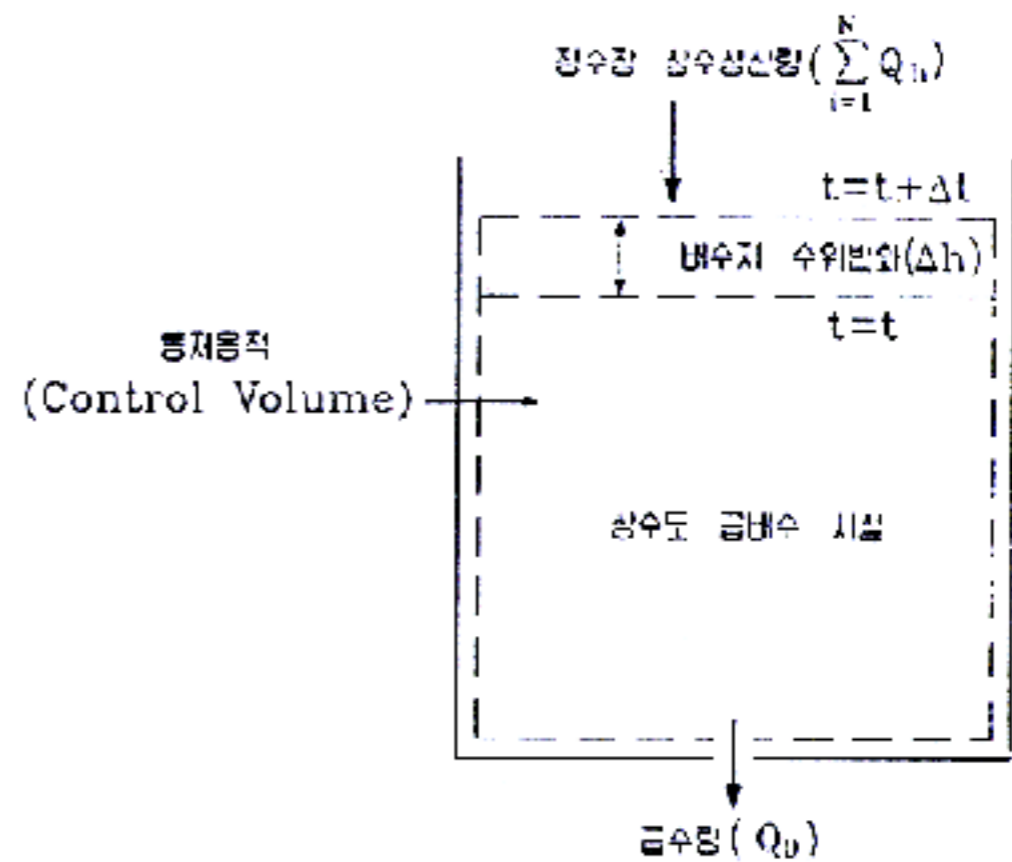


그림 1. 上水道 給配水 施設 模式圖

일반식을 얻을 수 있다. 유체의 흐름에 統制容積을 설정하고 질량보존의 법칙을 도입하면 유체에 관한 連續方程式이 얻어진다.

그림 1은 上水道 給配水施設을 모식화한 그림이다. 그림 1에서 실선은 給配水施設을, 점선은 統制容積을 의미한다. 統制容積의 상단면을 제외하고 統制容積은 給配水施設의 경계면과 접해 있고, 상단면은 配水池 水位와 함께 자유롭게 움직일 수 있도록 허용하도록 가정한다. 그림 1에서 配水池 水位는  $\Delta t$  시간 사이에  $\Delta h$  만큼 變化됨을 나타내고 있다. 그림 1에서 보이는 給配水施設의 統制容積에 連續方程式을 적용하면 아래의 식 (1)이 유도된다.

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

식 (1)에서 좌측 첫번째 항은 統制容積으로 표시된 給配水施設의 容積의 變化率이며,  $Q_D$  항은 統制容積으로 부터 流出되는 給水量이며, 세번째 항은 統制容積으로 流入되는 流量的 총화이다. 식(1)에서 미소시간  $dt$ 를 시간  $\Delta t$ 로 표시하고 給配水施設인 統制容積의 變化율을  $\Delta t$  사이에 變化되는 配水池 容積의 變化율로 바꾸고 給水量( $Q_D$ )에 관하여 정리하면 식(2)가 유도된다.

$$Q_D = \sum_{i=1}^N Q_{Ri} - \frac{1}{\Delta t} \sum_{j=1}^K A_j \Delta h_j \quad (2)$$

여기서 A는 配水池의 밑면적, Δh는 Δt시간 사이에 변화되는 配水池의水深의 변화, 우변의 마지막 항은 Δt 사이에 K개의 配水池에 일어나는 配水池 容량의 變化의 총합에 대한 변화율이다.

식(2)에서 單位時間 Δt는 2時間으로 하고, 單位時間別로 소요되는 給水量을 계산한 다음 給水量을 아래와 같이 1日 總給水量에 대한 백분율로 나타내는 給水量指數(Water Use Index)로 정의하여 이용하였다.

$$\text{給水量指數 (\%)} = \frac{\text{單位時間別 給水量}}{\text{1日 總給水量}} \times 100 \quad (3)$$

일정기간 동안 給水量의 자료로 부터 時間別 給水量指數를 계산하여 時間別 給水量의 형태를 曜日, 月單位 등으로 조사하고 또한 平均, 最大 및 最小값, 負荷率을 조사하였다.

### Ⅲ. 對象地域 및 給水量資料

본 연구의 대상인 광주광역시의 上水道는 1920년 제1 수원지에서 800m<sup>3</sup>/일 규모의 통수를 개시한 이래 많은 성장을 거듭하여 1994년 3월말 현재 上水道 施設用量 390,000m<sup>3</sup>/

일, 給水人口는 125만명, 普及率 89.6% 1인당 給水量은 310l/일에 달하고 있다.

광주광역시의 1993년도의 平均給水量을 用途別로 보면 家事用이 69.78%, 工業用이 4.32%, 공동목욕탕을 포함한 營業用이 21.12%, 공공 및 기타용이 4.78%로 家事用의 給水量이 타 용도에 비해 월등히 높은 것이 특징이다.

광주광역시의 水源, 淨水場 및 配水池 運用은 동북취수장 및 제2 수원지에서 取水된 源水는 용연정수장, 지원정수장에서 淨水되어 용연정수지, 지원1 정수지 및 지원2 정수지에서 직접 광주광역시 일원에 給水되거나, 또는 산수배수지, 월산1 배수지 및 월산2 배수지에 의해 광주광역시 일원에 給水되고 있다. 산수배수지는 가압펌프 250HP 2대에 의해 정점표고 152m로 加壓되어 高地帶(산수동, 지산동, 풍향동 등)에 給水하고 있다. 그리고 제4 수원지, 황룡취수장, 송정취수장에서 취수된 源水는 각각 각화정수장, 남면정수장 및 송정정수장에서 淨水되고 각화정수지, 남면정수지 및 송정정수지에서 직접 광주광역시 일원에 給水되거나, 동운배수지에서 광주광역시의 일에 給水되고 있다. 광주광역시의 配水池의 現況은 表 1과 같으며, 配水池 總 用量은 96,500m<sup>3</sup>로서 약 6시간분의 給水量에 해당한다.

본 논문에서 사용된 資料는 광주광역시의

表 1. 光州廣域市 配水池 現況

명 칭	용 량(m <sup>3</sup> )	H.W.L	L.W.L	비 고
계(10개소)	96,500			
산수배수지	10,000	94.50	89.50	
월산1배수지	1,500	80.00	76.00	
월산2배수지	10,000	96.50	91.50	
동운배수지	10,000	86.40	81.40	
각화배수지	15,000	88.70	84.70	정수지
용연배수지	20,000	125.25	120.03	정수지
지원1배수지	9,000	87.03	83.03	정수지
지원2배수지	10,000			정수지
남면배수지	5,000	93.90	89.90	정수지
송정배수지	6,000	65.00	61.00	성수지

1992年度 上水道 施設資料이며, 이 資料는 5개의 淨水場에서 生産되어 配水되는 1日 總 配水量과 淨水池를 포함한 10개의 配水池에서 2時間 間격으로 측정된 水位를 기록하고 있는 上水道綜合日誌이다. 生産量과 配水池 水位의 關係를 식 (2)을 이용하여 單位時間別 給水量과 給水量 指數를 계산하고 분석에 이용하였다.

IV. 分析結果 및 考察

1. 月別, 曜日別 給水量의 時間的 變化

광주광역시의 上水道 給水量 資料를 앞에서 기술한 理論을 이용하여 얻어진 月別, 曜日에 따른 給水量의 時間的 變化量, 時間別 最大 및 最小給水量에 대해 분석하였다.

그림 2은 겨울철인 1, 2月の 時間에 따른 給水量의 變化形態를 給水量指數(Water Use Index)로 표시한 것이다. 1月の 時間別 給水量의 使用形態는 6~8時 사이에 1日 給水量의 약 8%가 필요하며, 14時 까지 2時間別 使用量이 10%정도를 유지하다가 14時부터 감소하기 시작하여 2~4時 사이에 最小給水量에 이르게 된다. 2月の 時間別 給水量의 使用추세도 1月과 거의 같은 양상을 보이고 있다. 1, 2月の 最大給水量은 8~10時 사이에 1日 給水量의 약 11%로 나타났고, 最小給水量은 2~4時 사이에 1日 給水量의 약 4.5%정도로 나타나고 있다.

그림 3은 봄, 가을인 4, 10月の 時間別 給水量의 使用形態를 나타낸 것으로 이것도 1, 2月

의 給水量 使用形態와 대동소이하게 나타났다. 그림 4은 여름인 7, 8月の 時間別 給水量의 使用形態이다. 7, 8월도 1, 2月の 給水量의 使用形態와 거의 차이가 없게 나타났다.

그러나 時間別 最大給水量은 8, 10月은 8~10時 사이가 아니고 10~12時 사이에 발생하고, 最小給水量은 月에 상관없이 2~4時 사이에 발생하였다.

그림 3, 4을 보면 7, 8, 10月 오전중에 最大給水量과 最小給水量과의 차이가 심하게 나타나고 있는 것을 볼 수 있는데 이는 斷水와 같은 영향을 받아 강제적으로 給水量이 制限되어 給水量이 줄거나 斷水에 의한 給水量의 制限 때문에 斷水를 대비하기 위한 家需要가 증대되어 給水量이 증가한 것으로 생각된다.

그림 5은 1992年 時間別 平均給水量, 最大給水量 및 最小給水量이다. 最大給水量이 발생하는 時間은 8~10時 사이의 4時間에 소요되는

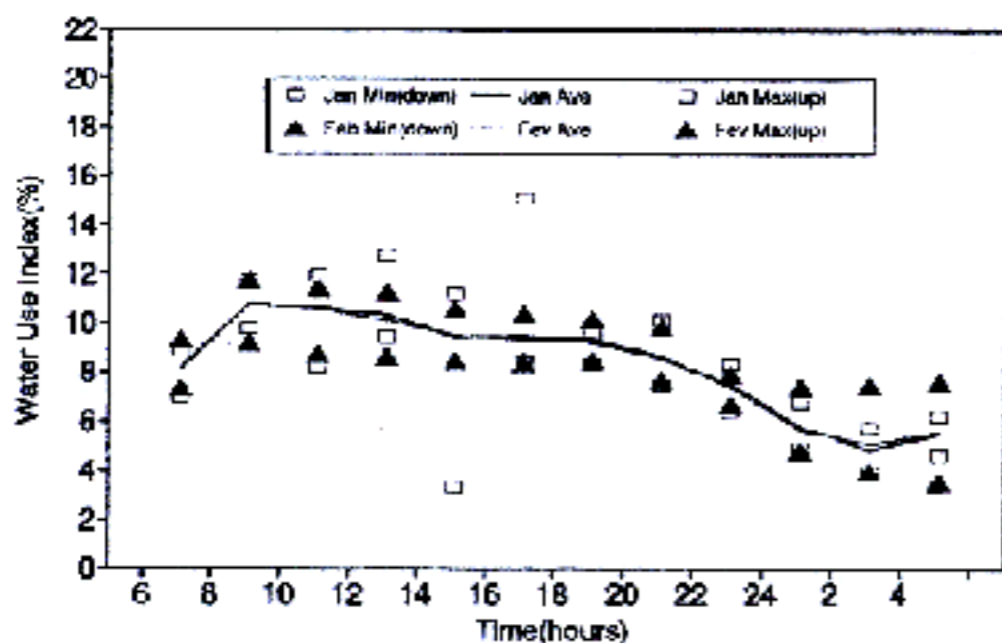


그림 2. 1, 2月 給水量의 時間的 變化 (1992年)

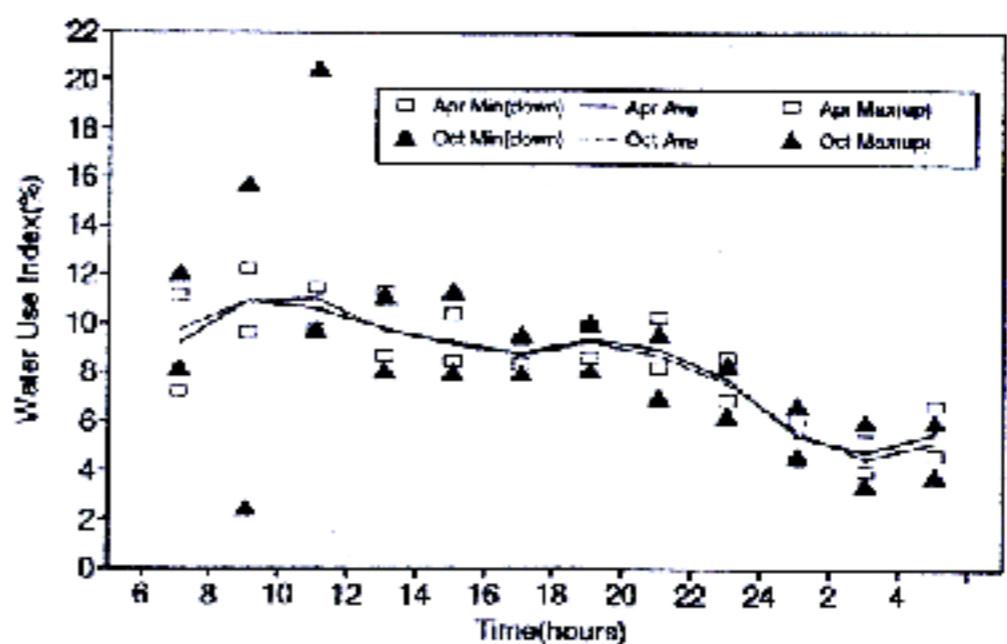


그림 3. 4, 10月 給水量의 時間的 變化 (1992年)

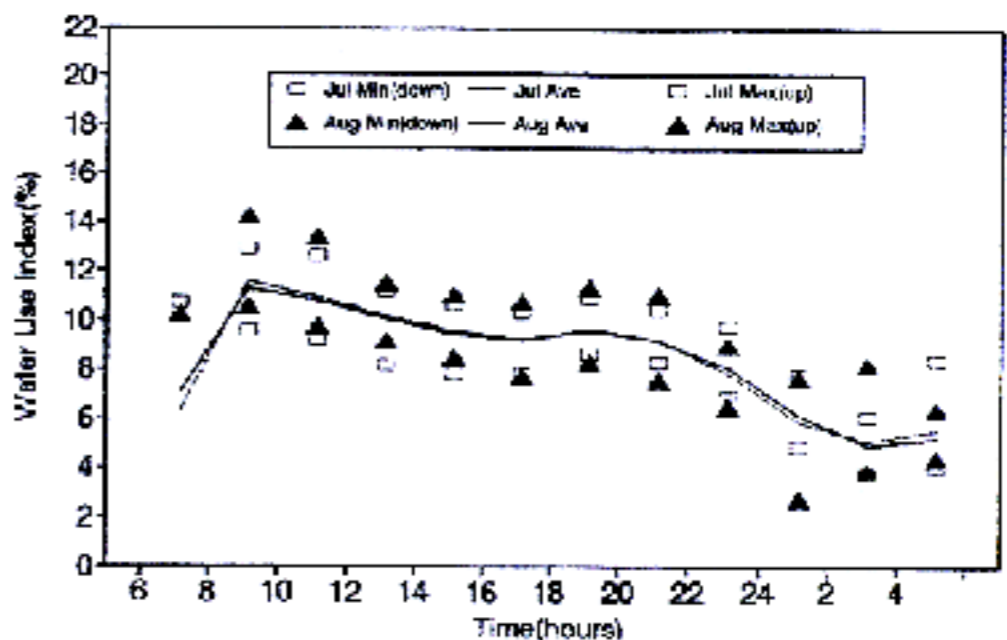


그림 4. 7, 8月 給水量의 時間的 變化 (1992年)

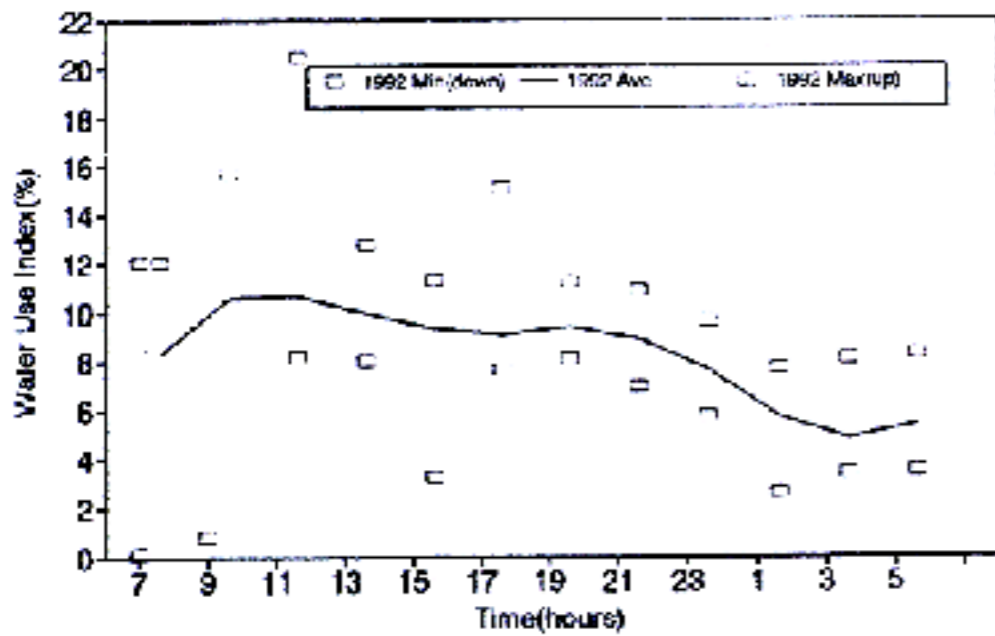


그림 5. 1992年度 給水量的 時間的 變化

給水量은 1日 給水量的 약 22%에 달한다. 最小給水量이 발생하는 時間은 2~4時 사이로 1日 給水量的 약 4.5%를 필요로 하고 있다.

그림 5에서 最大負荷가 1日 給水量的 20.5%에 해당하는 給水量的 負荷가 걸린적이 있는데, 이처럼 평소 使用量的 약 2배에 가까운 負荷가 걸리면 上水道 運用에 많은 부담을 주게 되므로 給水量이 급상승하지 않게 上水道 施設을 運用하는 것이 바람직 하다.

그림 6은 日曜日과 土曜日의 給水量的 時間別 需要形態이다. 日曜日, 土曜日의 給水量的 需要形態는 1992年 時間別 平均給水量的 需要量과 대동소이하다. 日曜日, 土曜日의 最大需要量이 발생하는 時間은 8~10時 이며 이를 기점으로 하여 時間이 지남에 따라 需要량이 완만히 감소하고 있다. 最小給水量은 2~4시에 발생하며 이 時間이 지나면 給水量은 증가하기

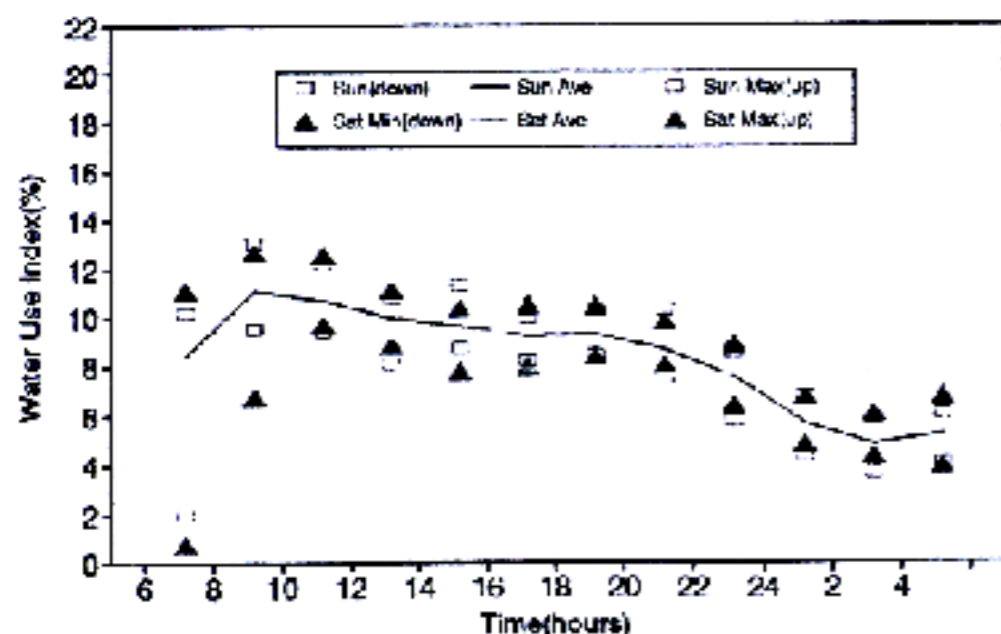


그림 6. 日曜日, 土曜日 給水量的 時間的 變化 (1992年)

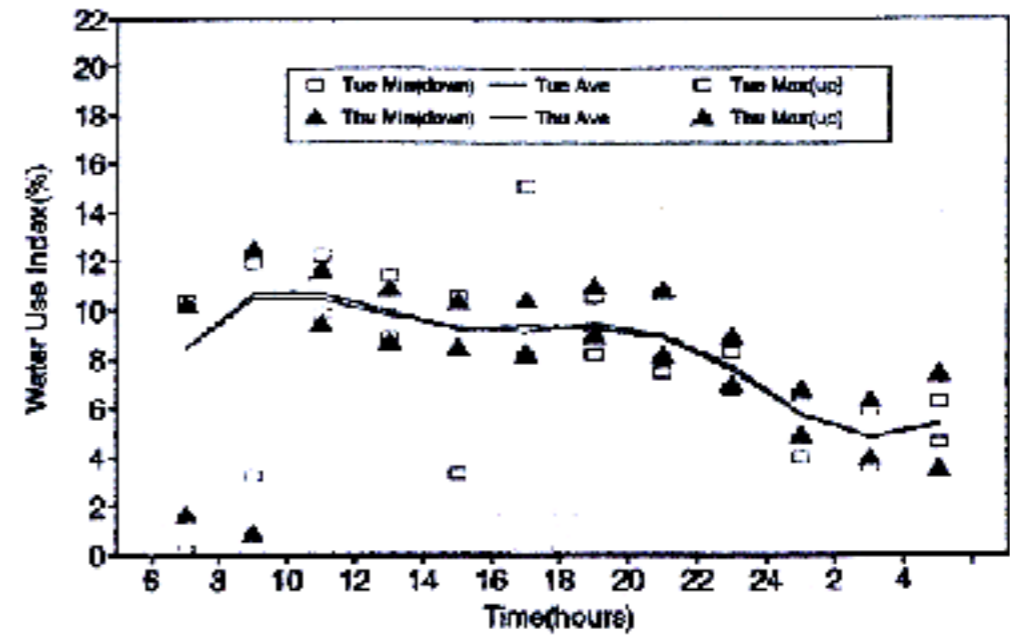


그림 7. 火曜日, 木曜日 給水量的 時間的 變化 (1992年)

시작한다. 그림 7은 火曜日, 木曜日 給水量的 需要形態이다. 火曜日과 木曜日의 需要량의 형태도 日曜日과 土曜日의 형태와 매우 유사한 형태를 보이고 있다.

광주광역시의 曜日別 給水量的 需要形態는 타 도시의 曜日別 給水量 用水利用[수자원공사, 1992]과 비교해 볼때 성남시, 전주시 경우와 마찬가지로 曜일에 따라 크게 변화되지 않고 있다. 이는 1日 上水道 給水量 중에서 家庭 用水의 비율이 타 용도의 비율에 비해 높기(약 70%) 때문이라고 생각된다. 그러나 구미시의 경우는 需要形態가 月曜日에서 金曜日까지는 변화가 크지 않으나 土曜日 오후와 日曜日에는 큰 변화를 보이고 있다. 이는 구미시의 上水道 使用量的 비율이 工場の 가동율에 따라 給水量이 현저하게 변하기 때문이라고 생각된다(그림 8, 9, 10 참조).

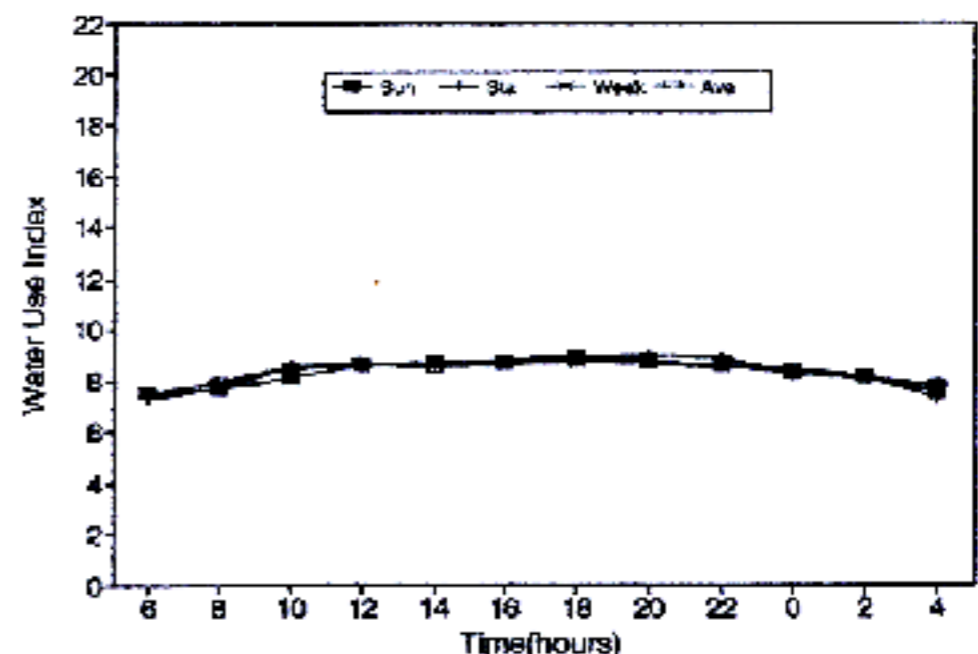


그림 8. 성남시의 曜日別 用水 需要 (1991年)

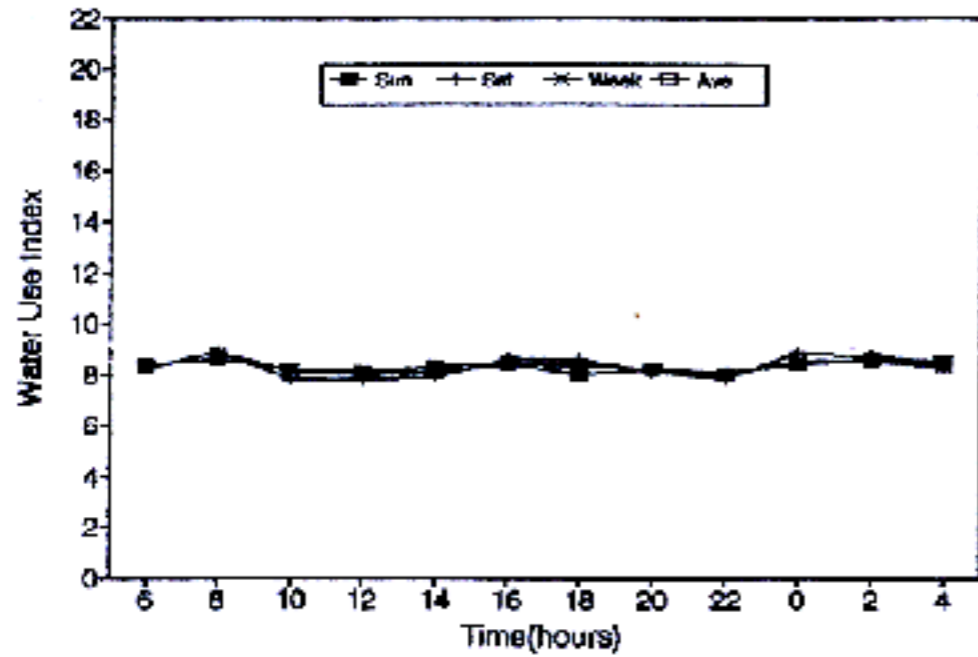


그림 9. 선주시의 曜日別 用水 需要(1991年)

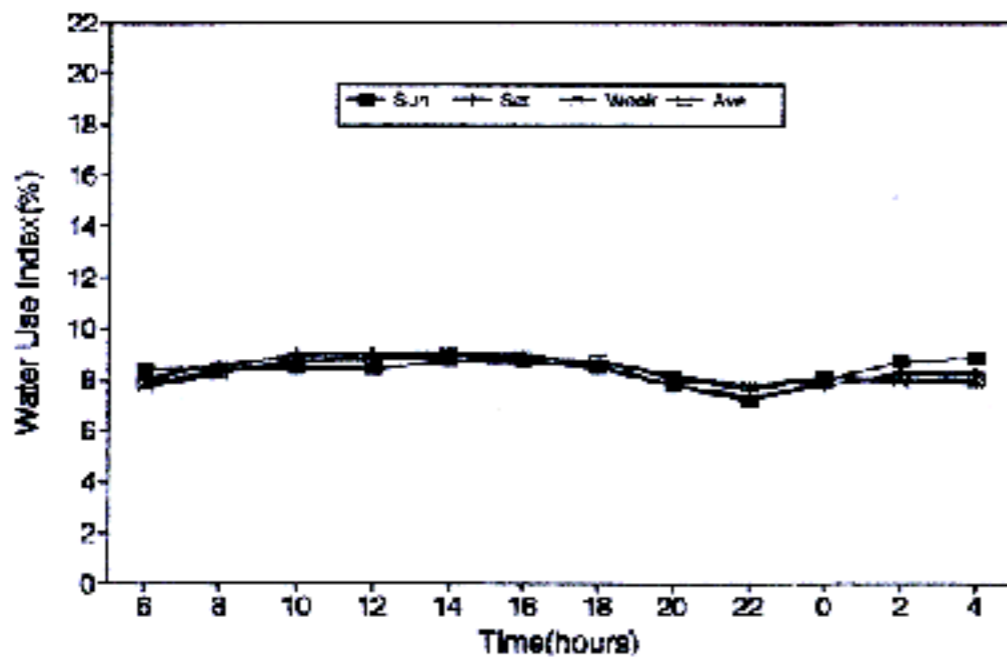


그림 10. 구미시의 曜日別 用水 需要(1991年)

2. 配水池 狀態分析

우리는 生産量과 給水量과의 관계로 부터 配水池의 狀態를 分析하고 이를 이용하여 配水池 管理를 할 수 있다. 본 연구에서는 3가지 방법으로 配水池의 容量變化에 관하여 研究하였다.

첫번째 방법은 1992년 給水資料의 1年平均値를 이용하여 生産量과 給水量關係로 부터 配水池 容量의 變化를 계산하였다. 累加生産量 算定은 時間別 生産量을 1日 生産量에 대한 백분율로 환산하여 時間에 따른 累加生産量을 계산하였다. 表 2은 광주직할시의 1日 生産량과 平均給水量에 의한 配水池 容量의 變化를 나타낸 것이다. 表 2에서 알수 있듯이 平均給水量을 고려하면 20~22時 사이에 生産量은 給水量에 1日 生産량의 9.53%만큼 못 미치게 된다.

두번째 방법은 1992년 1년 동안의 時間別 最大給水量을 이용하여 生産量과 給水量 관계로 부터 配水池 容量의 變化를 계산하였다. 주어진 時間의 給水量이 2時間 平均給水量을 넘으면 過負荷量으로 정의하고 給水量이 평균적인 상태를 유지하다가 해당시간에 最大給水量이 발생한다고 가정할 때 累加給水量에 過負荷량을 합산한 값이 해당시간의 累加給水量이 된다. 表 3은 광주광역시 1992년 동안에 실측된 時間別 最大給水量을 고려한 配水池 容量의

表 2. 1日 生産量과 平均給水量에 의한 配水池 容量의 變化

시 간	생 산 량 (1)	누가생산량 (2)	급 수 량 (3)	누기급수량 (4)	배수지용량 (2)-(4)
6- 8	8.33	8.33	8.29	8.29	0.04
8-10	8.33	16.67	10.58	18.87	-2.22
10-12	8.33	25.00	10.72	29.59	-4.59
12-14	8.33	33.33	9.96	39.55	-6.22
14-16	8.33	41.67	9.34	48.89	-7.22
16-18	8.33	50.00	9.08	57.97	-7.97
18-20	8.33	58.33	9.37	67.34	-9.01
20-22	8.33	66.67	8.86	76.20	-9.53
22-24	8.33	75.00	7.66	83.86	-8.86
24- 2	8.33	83.33	5.71	89.57	-6.24
2- 4	8.33	91.67	4.86	94.43	-2.76
4- 6	8.33	100.00	5.40	100	0

表 3. 1992년에 實測된 時間別 最大給水量的 過負荷량을 고려한 配水池 容량의 變化

시 간	누가생산량 (1)	누가급수량 (2)	과부하량 (3)	누가급수량 +부하량 (2)+(3)	배수지용량 변 (1)-((2)+(3))
6- 8	8.33	8.29	3.74	12.03	-3.70
8-10	16.67	18.87	5.09	23.96	-7.29
10-12	25.00	29.59	9.73	39.32	-14.32
12-14	33.33	39.55	2.79	42.34	-9.01
14-16	41.67	48.89	1.97	50.86	-9.19
16-18	50.00	57.97	5.98	63.95	-13.95
18-20	58.33	63.34	1.90	65.24	-6.91
20-22	66.67	76.20	2.04	78.24	-11.57
22-24	75.00	83.86	2.03	85.89	-10.89
24- 2	83.33	89.57	2.00	91.57	-8.24
2- 4	91.97	94.43	3.27	97.70	-6.03
4- 6	100.00	100	2.89	102.89	-2.89

表 4. 1992년 1년 1회 發生頻度 確率의 最大給水량을 고려한 配水池 容량의 變化

시 간	누가생산량 (1)	누가급수량 (2)	과부하량 (3)	조정된 누가급수량 (2)+(3)	배수지용량 변화 (1)-(2)-(3)
6- 8	8.33	8.29	14.67	22.96	-14.63
8-10	16.67	18.87	15.60	34.47	-17.80
10-12	25.00	29.59	13.36	42.95	-17.95
12-14	33.33	39.55	11.80	51.35	-18.02
14-16	41.67	48.89	11.25	60.14	-18.47
16-18	50.00	57.97	11.03	69.00	-19.00
18-20	58.33	63.34	10.81	78.15	-19.82
20-22	66.67	76.20	10.46	86.66	-19.99
22-24	75.00	83.86	9.11	92.97	-17.97
24- 2	83.33	89.57	7.34	96.91	-13.58
2- 4	91.97	94.43	6.56	100.99	-9.32
4- 6	100.00	100	7.06	107.06	-7.06

變化이다. 表 3에서 알수 있듯이 時間別로 발생되는 最大給水량을 고려하면 16~18時 사이에 生産량은 需要給水量에 1日 生産量の 13.95% 만큼 못미치게 된다.

세번째 방법은 統計學的 概念을 이용하는 것이다. 確率的 理論에 의하여 1년에 1회 발생할 수 있는 確率(P=1/365) 0.00274 값을 얻을 수 있다. 이러한 確率로 주어진 時間別로 발생할 수 있는 時間別 最大給水량을 算定하고, 算定한 最大給水량을 고려하여 配水池의 容量變

化를 결정할 수 있다. 1년 1회 발생확률의 最大給水량을 고려하여 계산한 配水池의 容量은 表 4와 같다. 表 4에서 보듯이 給水量的 最大不足分은 20~22時 사이에 발생하며 1日 生産量の 약 20%에 해당하는 水量이다.

그림 11은 表 2, 3, 4를 대표한 것으로 累加生産量 및 累加給水量과 時間과의 관계이다. 그림 11에서 ①번 직선은 累加生産量, ②, ③, ④곡선은 각각 平均 累加給水量, 해당시간 最大給水量으로 계산한 累加給水量, 1년 1회 발

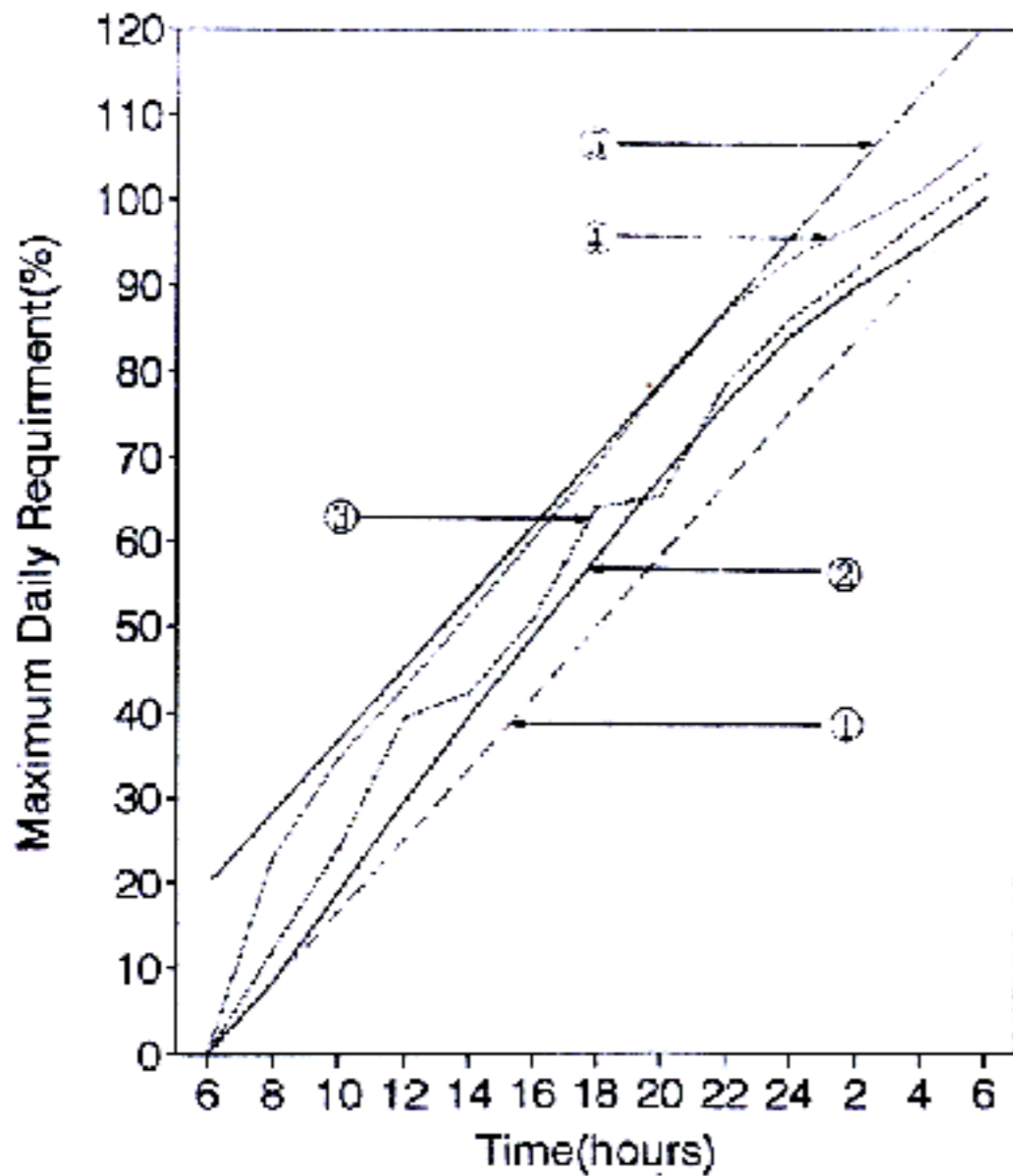


그림 11. 生産量과 給水量的 관계로 결정된 配水池의 容量

- 참조: ① 生産量 累加曲線  
 ② 平均給水量에 의한 累加給水量 曲線  
 ③ 時間別 最高給水量을 고려한 累加給水量 曲線  
 ④ 1年 1會 發生確率의 最大給水量을 고려한 累加給水量 曲線  
 ⑤ 生産初期 20%의 給水量을 확보시의 供給 可能 曲線

생활 수 있는 確率의 頻度로 계산한 累加給水量을 나타낸다.

그림 11에서 累加生産량과 累加給水量과의 차가 해당시간에 있어서의 給水量 不足을 의미하기 때문에, 累加生産량과 累加給水量과의 차가 최대인 용수(1일 총생산량의 20%)를 配水池가 비축하고 있다면 上水道 公供給에 문제가 없을 것으로 생각된다. 그러므로 초기 20%의 水量을 配水池가 備蓄하고 있다고 가정하면 生産량을 나타내는 직선은 20%가 조정되어 그림 11에서 Y축 양의 방향으로 평행이동된 직선 ⑤가 된다. 이때 이동된 직선과 累加給水量의 차이는 해당시간에 있어서 配水池에 備蓄되어 있는 剩餘分의 容量을 나타낸다.

그림 12은 1日 配水池에 1日 總配水量의 20

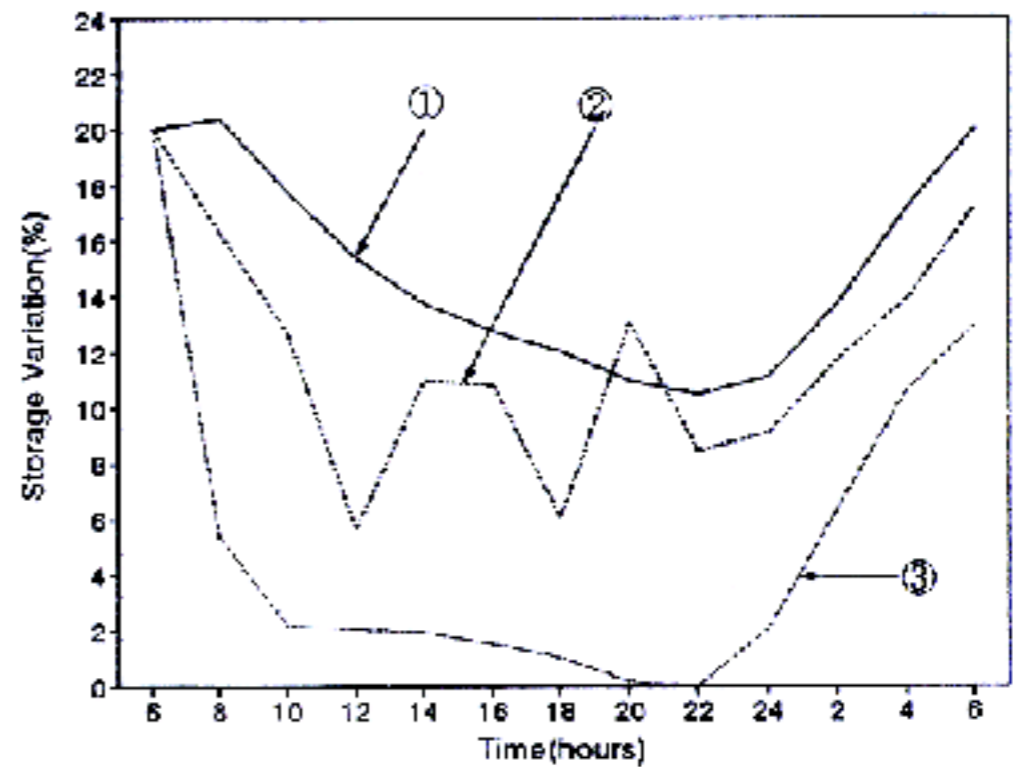


그림 12. 生産初期 20% 給水量 확보시 配水池의 容量 참조: ① 平均給水量에 의한 給水時 配水池의 容量 曲線  
 ② 時間別 最大給水量에 의한 給水時 配水池의 容量 曲線  
 ③ 1年 1회 發生確率의 最大給水量에 의한 給水時 配水池의 容量 曲線

%가 備蓄되어 있을 시에 給水形態에 따라서 配水池의 容量變化를 나타낸 것으로, 그림 12은 配水量과 生産량의 관계로 부터 配水池의 容量變化를 豫測할 수 있음을 보여주고 있다. 따라서 時間別 配水形態가 결정되고 적절한 원격감시(TM/TC) 시설을 이용하여 配水池 容量을 감지하게 되면 需要量에 맞추어 生産량을 調整·運用할 수 있다.

### V. 結 論

1. 광주광역시외의 경우 1日 給水量의 單位時間別 必要되는 給水量은 月別, 曜日別에 따라 크게 變化되지 않으며, 月別에 따라 變化되는 정도는 最大 5% 미만으로 安定되게 나타났다. 이는 家庭用水의 給水量이 公業용수 등 타 용도의 給水量보다 월등히 높기 때문이라고 생각된다.
2. 1992년 1년 동안에 주어진 時間別로 발생된 平均給水量, 最大給水量 및 1年 1회發生 最大給水量을 고려하여 현재의 配水池 容量分析을 한 결과 生産량과 累加給水量과의 차이가 하루중 18~22時 사이에 가장 크게 나타나며,



그 差異는 1日 總給水量的 약 10~20%에 이르는 것으로 판단되었다.

3. 實時間 配水形態나 원격감지된 實時間 配水池의 現況을 이용하여 給水量 變化를 豫測하고 조정함으로써 安定되고 最適화된 上水道施設을 기대할 수 있다.

參考文獻

1. 목동우, 현인환, "上水使用량의 確率分布特性", 대한상하수도학회지 2권, 2호, pp.35-42, 1994.
2. 최의소, 조광명 (1994), "環境工學", 淸文閣, pp.82-130.
3. 윤용남, "工業水文學", 淸文閣, pp.420-488, 1994.
4. 수자원공사, "Peak 用水需要 分散을 考慮한 廣域上水道 用水料率 體系의 改善", pp.47-95, 1992.
5. 이경훈, 이삼노, 문병석, "1日 上水道 給水量的 變化와 確率分散 模型에 관한 研究", 제36회 수공학연구발표회, pp.405-409, 1994.
6. Young, A., "Price elasticity of demand for municipal water: a case study of Tuscon, Arizona", Water Resources Research Vol.9, No.4, pp.1068-1072, 1973.
7. Yamauchi, H. and W. Huang, "Alternative models for estimating the time series components of water consumption data", Water Resources Bulletin Vol.13, No.3, pp.599-610, 1977.
8. Ang, A.H. and W.H. Tang, "Probability concepts in engineering planning and design Vol.1 (Basic Principles)", John Wiley & Sons, Inc., pp.261-285, 1978.
9. Al-Layla, M.A., A. Ahmad and E.J. Middlebrooks, "Water supply engineering design", Ann Arbor Science Publishing Co., pp.284, 1978.
10. Agthe, D.E. and R.B. Billings, "Dynamic models of residential water demand", Water Resources Research Vol.16, No.3, pp.476-480, 1980.
11. Carver, P.H. and J.J. Boland, "Short-and long-run effects of price on municipal water use", Water Resources Research Vol.16, No.4, pp.609-616, 1980.
12. Loucks, D.P, J.R., Stedinger and D.A. Haith, "Water resource system planning and analysis", Prentice-Hall, Inc., pp.559, 1981.
13. Maidment, D.R. and E. Parzen, "Cascade model of monthly municipal water use", Water Resources Resourch Vol.20., No.1, pp.15-23, 1984.
14. Maidment, D.R., S.P. Miaou and M.M. Crawford, "Transfer function models of daily urban water use", Water Resources Research Vol.21, No.4, pp.425-432, 1985.
15. Cronauer, J.A., "Time series analysis of hourly domestic water demand", ASCE, Preceedings of the Specialty Conference, Buffalo, New York, June 10-12, pp.391-400, 1985.
16. Maidment D.R. and S.P. Miaou, "Daily water use in nine cities", Water Resources Reseach Vol.22, No.6, pp.845-851, 1986.