

〈論 文〉

國內既存 合成單位流量圖 比較分析  
Comparative Analysis of Existing Synthetic Unit Hydrograph in Korea

전 시 영\*  
CHUN Si Young

**Abstract** □ Parameters for the Synthetic Unit Hydrograph(SUH) using SCS and Nakayasu methods(including modified type) are derived by regression analysis of the Representative Unit Hydrograph(RUH) of 22 basins in Korea. These derived SUHs were compared with the RUHs and those of Snyder and HYMO given by the Korea Institute of Construction Technology (KICT) for selected 4 basins. In SCS method, when correlated with the lag time of SUHs based on the whole basin rather than on the riverwise basins the peak discharge(excluding Bocheng stream)is close to that of RUH. But the peak time given by riverwise basins agrees closer to the RUH than by the whole basins. The modified Nakayasu type SUH(excluding Wi stream) associated with lag time based on riverwise basins gives better agreements to the RUH than that of Nakayasu method. And the modified Nakayasu type SUH gives much better agreement to the RUH than that of Nakayasu method for the case of both whole and riverwise basins.

요 지 : 우리나라 22개의 流域에 대한 SCS 및 Nakayasu 형 合成單位流量圖의 媒介變數는 代表單位流量圖를 이용한 回歸分析으로부터 誘導되며, 이들로부터 구한 合成單位유량도와 代表單位유량도를 비교하였다. 이 들중 選定된 4개 流域의 合成單位유량도는 建設技術研究院에서 제안한 Snyder 및 HYMO의 合成單位유량도와 비교하였다. SCS 方法에서 水系別보다는 全體 流域으로 회귀분석한 遲滯時間으로부터 推定된 合成單位유량도의 尖頭流量이 보청천유역을 제외하고 代表單位유량도의 첨두유량값을 개선하였으며, 尖頭時間은 이와 반대로 나타났다. 修正 Nakayasu 型에서 全體 流域보다는 水系別로 회귀분석한 지체시간으로부터 추정된 合成單位유량도가 渭川유역을 제외하고 Nakayasu의 合成單位유량도보다는 代表單位유량도에 비교적 接近하였다. 修正 Nakayasu 型의 合成單位유량도는 전체 유역과 수계별에서 Nakayasu의 合成單位유량도보다는 代表單位유량도를 훨씬 더 잘 나타낸다는 것을 알 수 있었다.

1. 序 論

降雨-流出記錄이 없는 流域의 설계홍수량 算定에서는 단위유량도를 작성할 수 없으므로 合成單位流量圖에 의존하게 된다. 현재 우리나라에서 적용되고 있는 合成單位流量圖는 주로 외국에서 水文氣象特性和 流域特性的 地相, 地質學的 因子가 상이한 流域資料를 이용하여 개발되었다. 따라서 우리나라에서 이들 合成單位유량도를 적용함에는 먼저 그 妥當性이 檢討되어야 하나 현재로서는 부분적으

로 검토되어 있는 상황이다. 우리나라에서 현재 많이 이용되고 있는 合成單位流量圖는 Nakayasu (佐藤勝夫, 1982)방법, SCS(Mockus, 1957)방법, Snyder(Snyder, 1938)방법 및 HYMO (ARS, 1973, Williams, 1975 & James et al., 1987)방법 등이 있다. Snyder 방법은 1974년 建設部에서 漢江, 錦江 및 洛東江流域에 대하여 合成單位유량도의 媒介變數를 제시한 바 있으며, Snyder와 HYMO 방법은 1989년 한국건설기술연구원에서 31개 流域資料를 이용하여 合成單位유량도를 검토한 바 있다.

\* 원광대학교 공과대학 토목공학과 부교수

본 연구의 목적은 현재 우리나라의 水文實務에서 많이 이용되고 있는 SCS와 Nakayasu 합성단위유량도의 매개변수를 우리나라 降雨-流出 및 流域特性으로부터 導出하여 이 들로부터 유도된 합성단위유량도와 대표단위유량도 및 기조사된 Snyder, HYMO 방법과 比較를 통하여 妥當性을 檢討하고 實務에 활용하도록 함에 있다. 또한 流出과 流域特性을 水系別로 조사하여 우리나라의 流域을 하나의 同質性 流域으로 취급하는 것이 妥當한지 또는 水系別로 구분하는 것이 타당한지의 檢討를 遂行한다.

## 2. 對象流域과 降雨-流出 資料

本 研究의 對象流域의 選定은 우선 댐과 같은 人工的인 흐름 조작이 없는 自然狀態로 流出資料를

구할 수 있는 유역으로서 地域分布의 多樣化와 多量的 資料를 수집할 수 있으면서 우리나라 대부분 流域의 降雨와 水位-流量關係曲線의 시간기록이 있는 유역을 대상으로 하였다. 이 들은 平昌江에 6개 小流域, 報靑川에 5개 小流域, 渭川에 6개 小流域, 半月에 2개 小流域, 橫城流域, 慶安川流域 및 無心川流域으로서 총 22개 유역이며 이 들 중 21개가 國際水文開發計劃(IHP)의 代表流域이다. 本 研究에서 사용한 대부분의 降雨-流出資料는 IHP 代表流域 研究報告書에 收錄된 주요 豪雨事象에 대한 時間別 降雨量과 流量資料(건설부, 1975~1989)이고, 횡성유역은 한강홍수에경보 유출 및 상수분석보고서의 자료(건설부한강홍수통제소, 1980~1981)이며 이 들에 대한 유역특성은 표 1. 과 같다.

표 1. 유역특성

하 천	지명또는 지점번호	유역면적 A(km <sup>2</sup> )	유로연장 L(km)	유로중심장 L <sub>c</sub> (km)	유로경사 S(%)
평 창 강	No. 1	519.69	51.85	28.20	0.00745
	No. 2	83.98	19.30	7.25	0.01315
	No. 3	396.25	44.20	26.50	0.00810
	No. 4	142.26	22.95	11.25	0.01159
	No. 5	103.55	25.95	15.60	0.01248
	No. 6	55.93	16.55	7.20	0.02037
보 청 천	No. 1	475.68	49.00	22.50	0.00582
	No. 2	346.54	30.32	11.00	0.00832
	No. 3	72.56	19.20	10.20	0.01234
	No. 4	79.55	16.81	6.50	0.01369
	No. 5	53.79	13.01	5.50	0.01615
위 천	No. 1	472.53	42.83	20.60	0.01078
	No. 2	302.13	40.65	71.10	0.01099
	No. 3	171.25	30.90	18.90	0.01398
	No. 4	109.73	18.90	9.70	0.02084
	No. 5	33.63	8.00	4.00	0.04057
	No. 6	151.05	21.80	8.90	0.03109
반 월 유 역 섬 강 경 안 천 무 심 천	성 포 리	1.66	1.86	0.60	0.03870
	장 상 리	1.46	1.50	0.75	0.06130
	횡 성	444.46	47.00	30.50	0.00819
		9.20	5.11	2.10	0.01780
		20.00	4.60	0.90	0.01750

### 3. 合成單位流量圖 理論

未計測 流域의 단위유량도의 合成은 지상학적 특성인자와 단위유량도의 특성인자간의 관계로부터 구할 수 있으며 이것을 合成單位流量圖(synthetic unit hydrograph)라고 하며, 본 연구에서 이용한 몇 가지 방법에 대하여 간단히 기술하기로 한다.

#### 3.1 SCS 方法

SCS 방법은 1957년에 美國 土壤保存局(U.S. Soil Conservation Service, SCS)에 의하여 合成單位流量圖를 작성하기 위하여 고안된 방법이며 이때 침투시간  $t_p$ (hr)와 침투유량  $Q_p$ (m<sup>3</sup>/sec)를 산정하기 위하여 다음과 같은 식을 추천한 바 있다.

$$t_p = \frac{1}{2}t_r + t_t \quad (1)$$

$$Q_p = \frac{2.08A}{t_p} \quad (2)$$

여기서  $t_r$ 는 有效降雨 持續期間(hr),  $t_t$ 는 雨量의 質量重心으로부터 尖頭流量點까지의 遲滯時間(hr),  $A$ 는 流域面積(km<sup>2</sup>)을 표시한다.

SCS의 研究結果에 의하면 遲滯時間  $t_t$ 는 流域面積  $A$ 에 의하여 큰 영향을 받으며 다음과 같은 관계가 있다.

$$t_t = 2.549A^{0.6} \text{ (美國 Texas州)} \quad (3)$$

$$t_t = 0.956A^{0.6} \text{ (美國 Ohio州)} \quad (4)$$

#### 3.2 Nakayasu(中安) 方法

Nakayasu(中安)는 日本 内の 20여 개의 河川에 대한 特定 持續時間의 단위유량도를 유도할 수 있는 綜合單位流量圖를 개발하였다. 이 때 단위유량도는 上昇部曲線과 下降部曲線으로 구분하여 다음과 같은 식으로 표시하였다.

上昇部曲線 ;

$$\frac{Q}{Q_p} \left[ \frac{t}{t_p} \right]^{2.4} \quad (5)$$

下降部曲線 ;

$$0.3 \leq \frac{Q}{Q_p} < 1.0 \text{ 일 때 } \frac{Q}{Q_p} = [0.3] \frac{t-t_p}{t_k} \quad (6)$$

$$(0.3)^2 \leq \frac{Q}{Q_p} < 0.3 \text{ 일 때}$$

$$\frac{Q}{Q_p} = [0.3] \frac{t-t_p+0.5t_k}{1.5t_k} \quad (7)$$

$$(0.3)^3 \leq \frac{Q}{Q_p} < (0.3)^2 \text{ 일 때}$$

$$\frac{Q}{Q_p} = [0.3] \frac{t-t_p+1.5t_k}{2.0t_k} \quad (8)$$

여기서  $Q_p$ (m<sup>3</sup>/sec)는 單位流量圖의 尖頭流量이며  $Q$ (m<sup>3</sup>/sec)는 豪雨時點으로부터의 任意 時刻  $t$ (hr)에서의 流量이고,  $t_k$ ,  $1.5t_k$ ,  $2t_k$ 는 流量이  $Q_p$ 에서  $0.3Q_p$ 로,  $0.3Q_p$ 에서  $(0.3)^2Q_p$ 로, 그리고  $(0.3)^2Q_p$ 에서  $(0.3)^3Q_p$ 로 각각 감소하는데 걸리는 시간을 나타낸다. 또  $t_p$ 는 尖頭流量 到達時間(hr),  $t_r$ 는  $0.8t_r$ 의 시각으로부터 尖頭流量 發生時刻까지인 尖頭流量 遲滯時間(hr)이다.

中安은 山地에서 유출하는 하천에 대하여 다음과 같은 경험식을 제안하였다.

$$L \leq 15\text{km 일 때 } t_r = 0.21 L^{0.7} \quad (9)$$

$$L > 15\text{km 일 때 } t_r = 0.4 + 0.058L \quad (10)$$

$$t_k = 0.47(AL)^{0.25} \quad (11)$$

여기서  $L$ 은 河川의 最大 流路延長(Km)이고  $A$ 는 유역면적(km<sup>2</sup>)이며  $t_r = t_p - 0.8t_r$ 이다.

降雨持續時間  $t_r$ (hr), 有效降雨量  $R_o$ (mm)인 단위유량도 아래의 總 面積인 直接流出容積은 식(5)~(8)를 積分하면 구할 수 있고 이것을 流域面積  $A$ (km<sup>2</sup>)과  $R_o$ 의 관계로부터 구한  $0.2778R_oA$ 와 같게 놓으면 다음과 같다.

$$\int_0^\infty Q dt = \int_0^{t_p} Q_p \left[ \frac{t}{t_p} \right]^{2.4} dt$$

$$\begin{aligned}
 &+ \int_{t_p}^{t_k} Q_p [0.3]^{\frac{t-t_p}{t_k}} dt \\
 &+ \int_{t_k}^{2.5t_k} Q_p [0.3]^{\frac{t-t_p+0.5t_k}{1.5t_k}} dt \\
 &+ \int_{2.5t_k}^{4.5t_k} [0.3]^{\frac{t-t_p+1.5t_k}{2t_k}} dt \\
 &= Q_p (0.3t_p + t_k) \\
 &= 0.2778R_0A \tag{12}
 \end{aligned}$$

尖頭流量  $Q_p$ 는 식(12)를 정리하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Q_p = \frac{0.2778R_0A}{0.3t_p + t_k} \tag{13}$$

#### 4. 流域特性和合成單位流量圖의 媒介變數 相關

##### 4.1 SCS 方法

##### 4.1.1 流域特性因子와 遲滯時間 $t_t$ 의 回歸分析

流域特性因子와 代表單位流量圖로부터 얻은  $t_t$  간의 관계를 알기 위하여 5종류로 回歸分析을 한 결과(건설부, 1992)  $t_t = a(A \cdot L/S)^b$ 식의 상관계수가 전반적으로 우수하게 나타나 이 식을 이용하여 분석된 내용만 기술한다. 이 때 5가지 유역의 분류는 전체(방법 1), 동일 수계(평창강, 보청천 및 위천)중 유역면적이 가장 큰 1번지점과 나머지 유역(방법 2), 수계별의 평창강(방법 3), 보청천(방법 4) 및 위천(방법 5)유역으로 하였다.

앞에서 선정된 방정식을 이용한 유역특성인자와 지체시간간의 回歸方程式과 相關係數는 표 2.와 같다.

표 2.에 의하면 水界別(방법 3, 4 및 5)로 分析한 상관계수는 0.849~0.990의 범위이므로 全體流域을 분석하여 얻은 0.741에 비하여 더 좋은 상관관계를 가짐을 알 수 있다. 또 방법 2는 방법 1보다 상관관계가 다소 개선된 것으로 나타났다.

표 2. 회귀분석결과

방 법 (지점수)	회 귀 방 정 식	상관계수
1 (22)	$t_t = 1.777 \left(\frac{A \cdot L}{S}\right)^{0.132}$	0.741
2 (8)	$t_t = 1.189 \left(\frac{A \cdot L}{S}\right)^{0.144}$	0.806
3 (6)	$t_t = 0.736 \left(\frac{A \cdot L}{S}\right)^{0.159}$	0.990
4 (5)	$t_t = 1.680 \left(\frac{A \cdot L}{S}\right)^{0.129}$	0.849
5 (6)	$t_t = 0.763 \left(\frac{A \cdot L}{S}\right)^{0.147}$	0.865

##### 4.2 Nakayasu 方法

##### 4.2.1 全體流域에 대한 修正 Nakayasu 型的 合成單位流量圖 誘導

修正 Nakayasu형 合成單位流量圖는 식(5)~(8)를 다음과 같이 변형하고 代表單位流量圖의 자료를 이용하여 回歸分析하면 얻을 수 있다.

上昇部曲線 ;

$$\log \left\{ \frac{Q}{Q_p} \right\} = s \left[ \log \left\{ \frac{t}{t_p} \right\} \right] \tag{14}$$

下降部曲線 ;

$$\log \left\{ \frac{Q}{Q_p} \right\} = \left[ \frac{1}{t_k} \right] [(t-t_p) \log(0.3)] \tag{15}$$

$$\begin{aligned}
 \log \left\{ \frac{Q}{Q_p} \right\} - \left[ \frac{(0.5) \log(0.3)}{1.5} \right] \\
 = \left[ \frac{1}{t_k} \right] \left[ \frac{(t-t_p)}{1.5} \log(0.3) \right] \tag{16}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \log \left\{ \frac{Q}{Q_p} \right\} - \left[ \frac{(1.5) \log(0.3)}{2.0} \right] \\
 = \left[ \frac{1}{t_k} \right] \left[ \frac{(t-t_p)}{2.0} \log(0.3) \right] \tag{17}
 \end{aligned}$$

(1) 上昇部曲線의 指數決定

식(14)에서 상수값  $s$ 는 代表單位流量圖(건설부,

1992)의 上昇部曲線上 102개의 좌표점인 시간  $t$  및 流量  $Q$ 를 각각 尖頭時間  $t_p$ 와 尖頭流量  $Q_p$  즉  $Q/Q_p$ 와  $t/t_p$ 로 無次元化하여 도시하면 그림 1.과 같고 이 들을 相關分析한 결과 1.59로 推定되었다. 이 들은 다음과 같은 式으로 표현되고, 이 때 相關係數는 0.972로 거의 完全 相關에 가깝게 추정되었다.

$$\frac{Q}{Q_p} = \left[ \frac{t}{t_p} \right]^{1.59} \quad (18)$$

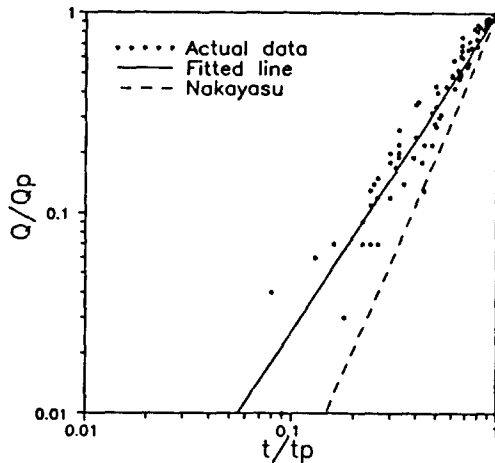


그림 1. 상승부 곡선상에서  $(Q/Q_p)$ 와  $(t/t_p)$ 의 상관관계

식(18)의 指數값 1.59는 식(5)의 값 2.4에 비하여 0.81이나 작은 값으로 推定되었다는 것은 時間  $t$ 에 대한 上昇部曲線上의 流量이 작게 계산된다는 것을 의미한다.

(2)  $t_k$ 와  $A \cdot L$ 의 回歸分析

우선 22개 지점에 대한  $t_k$ 는 각각 流域의 代表單位流量圖의 下降部曲線上의 좌표점  $t$ 와  $Q$ 를 식 (15)~(17)에 대입하여 회귀분석을 하면 얻을 수 있다(건설부, 1992). 이 때 추정된 相關係數는 0.801~0.965의 범위이므로 매우 좋은 相關關係를 갖는다고 할 수 있다.

앞에서 얻어진  $t_k$ 와  $A$ 에  $L$ 를 곱하여 對數紙에 圖示하면 그림 2.와 같고 이 들 資料를 이용하여 회귀분석을 하면 다음과 같은 式을 얻을 수 있으며, 이 때 相關係數는 0.707로 추정되어 비교적 좋

은 상관관계를 나타낸다.

$$t_k = 2.951(A \cdot L)^{0.104} \quad (19)$$

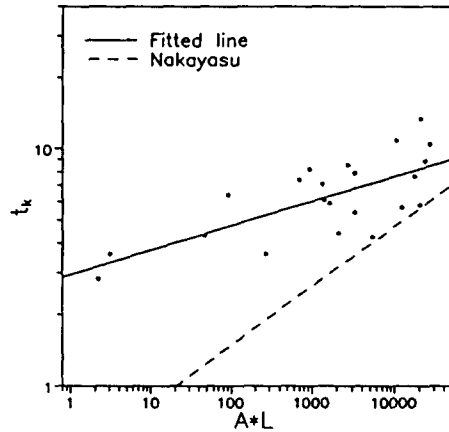


그림 2.  $t_k$ 와  $A \cdot L$ 의 상관관계

(3) 尖頭流量  $Q_p$ 식의 계수조정 조정된 첨두유량 방정식은 식(12)의 적분을 나타내는 우변의 첫째 항에 식(18)을 대입하고 적분하여 정리하면 다음과 같다.

$$Q_p = \frac{0.2778R_0A}{0.386t_p + t_k} \quad (20)$$

4.2.2 水系別에 대한 修正 Nakayasu 型的 合成單位流量圖 誘導

전체유역에서 얻은 식(18), (19) 및 (20)의 형태를 수계별인 평창강, 위천 및 보청천유역에서도 같은 방법으로 구한 각각 방정식의 계수와 지수 및 상관계수(R)는 표 3.과 같고, 이 때 분석에 사용된 대표단위유량도 상승부곡선상의 좌표점의 수는 각각 22개, 23개 및 18개이다.

표 3.에서 추정된 상승부곡선식의 지수값의 범위는 1.433~1.668이므로 식(5)의 2.4에 비하여 전체 유역에서와 같이 모두 작게 추정되었으며, 상관계수 R는 0.969~0.988의 범위이므로 거의 완전상관에 가깝게 추정되었다. 또 추정된  $t_k$ 에 관한 회귀식의 상관계수는 보청천유역이 0.533으로 좀 빈약하였으나 다른 유역은 비교적 좋은 상관관계를

표 3. 수정 Nakayasu형의 지수 및 계수

유역명	$[Q/Q_p]=[t/t_p]^a$	$t_k=b(A \cdot L)^c$	$Q_p=0.2778/(d \cdot t_p + t_k)$
평창강	a=1.487(R=0.969)	b=4.310, c=0.074(R=0.701)	d=0.402
보청천	a=1.668(R=0.976)	b=2.416, c=0.142(R=0.533)	d=0.375
위천	a=1.433(R=0.988)	b=1.958, c=0.109(R=0.812)	d=0.411

나타내었다.

#### 4.2.3 合成單位流量圖의 媒介變數相關

##### (1) 流路延長 L와 遲滯時間 $t_k$ 間的 回歸分析

L와 代表單位流量圖로부터 얻은  $t_k$ 간의 회귀분석은 3절에서 기술된 식(9) 및 (10)을 이용하여 다음과 같은 방법으로 하였다. L>15km인 全體 流域의 경우에는 22개 지점중 16개 지점(방법 1)이며, 수계별의 경우는 小流域으로 분할된 평창강(방법 2), 보청천(방법 3) 및 위천(방법 4)유역, 또한 L≤15km인 전체유역의 경우에는 보청천 및 위천(N0.5), 반월(성포리 및 장상리), 무심천 및 경안천의 6개 지점(방법5), 수계별의 경우에는 유역의 수가 너무 적어서 분석할 수 없으므로 총 5개 방법으로 분류하여 얻은 回歸方程式과 相關係數는 표 4.와 같다.

표 4. 회귀분석결과

방법 (지점수)	회귀방정식	상관계수
1 (16)	$t_k=1.771+0.147L$	0.655
2 (6)	$t_k=1.982+0.108L$	0.971
3 (4)	$t_k=2.995+0.205L$	0.929
4 (5)	$t_k=0.891+0.118L$	0.875
5 (6)	$t_k=1.212L^{0.522}$	0.476

표 4.에 나타난 바와 같이 L>15km인 지점에 대한 水系別(방법 2,3 및 4)로 분석하여 얻은 상관계수는 0.875~0.971의 범위이므로 전체 유역(방법1)의 0.655에 비하여 상당히 좋은 상관관계를 가짐을 알 수 있다. 또한 L≤15km인 유역(방법

5)으로 회귀분석한 결과는 5개의 방법중 상관계수가 0.476으로 가장 낮았다. 그리고 Nakayasu의 연구결과인 식(9)와 (10)의 기울기와  $t_k$ 는 본 연구 결과인 표 4.의 회귀방정식과 비교하면 모두 작게 나타났다.

#### 5. 우리나라 全域과 水系別로 合成單位流量圖의 媒介變數 同質性調査

##### 5.1 SCS 方法

###### 5.1.1 全體 流域에 대하여

표 2.에 나타난 回歸分析結果를 이용하여 얻은 2시간 합성단위유량도와 代表단위유량도(건설부, 1975~1989 및 건설부한강홍수통제소, 1980~1981)를 비교하기 위하여 6개 지점만 그림 3.에 圖示하였다.

그림 3.에 각각 도시된 合成單位流量圖에서 SCS는 식(1)과 (2)를 이용하여 얻었고, UH1과 UH2는 표 2.의 방법 1과 2의 회귀방정식을 이용하여 구하였다. 그림 3.에서 SCS방법의 尖頭流量은 형성, 무심천 및 경안천유역을 제외한 대부분의 유역에서는 代表단위유량도보다 크게 推定되었다. 회귀분석(UH1)에 의하여 얻은 첨두유량은 SCS방법보다 평창강, 위천 및 경안천유역에서 개선되었고 代表단위유량도에도 상당히 근접되었으며, UH2는 앞의 두 방법보다 평창강 1번 지점만 우수하게 나타났다. 전술한 방법의 尖頭時間들은 평창강과 위천유역에서는 代表단위유량도보다 다소 크게, 보청천유역과 형성 및 경안천유역을 제외한 나머지 유역에서는 다소 작게 추정되었다. 특히 보청천(No. 1), 형성 및 무심천유역은 尖頭時間의 차이가 크게 나타났다.

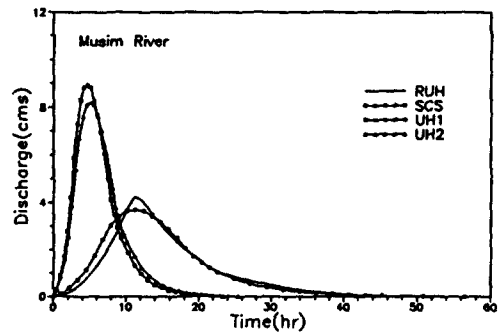
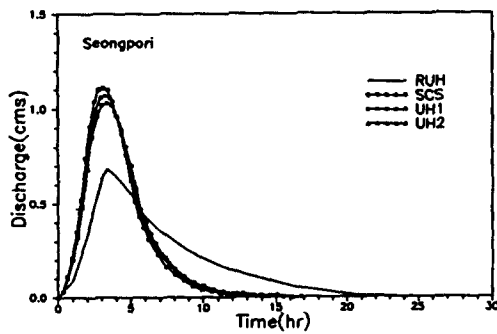
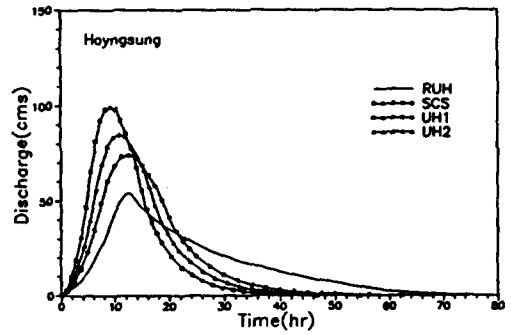
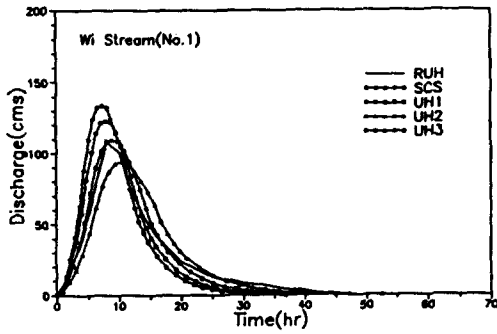
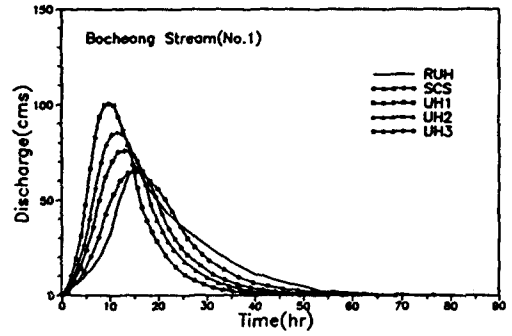
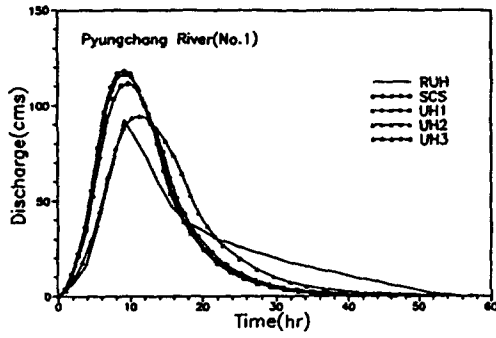


그림 3. 대표단위유량도와 합성단위유량도의 비교

### 5.1.2 水系別에 대하여

全體 流域과 동일한 방법으로 구한 水系別 2시간 합성단위유량도는 1개소만 있기 때문에 같은 그림 3.(UH3)에 나타내었으나 동일 수계가 아닌 유역은 지점이 1개소만 있으므로 UH3는 표시되지 않았다. 그림 3.에 의하면 수계별 尖頭流量은 대표 단위유량도에 비하여 전반적으로 크게, 보청천유역을 제외한 전체 유역의 첨두유량보다는 조금 크게 나타났다. 회귀분석에 의한 尖頭時間은 대표단위유량도보다 多少 크거나 작게 추정되었고 전체 유역의 첨두시간보다는 매우 개선되었다.

그림 3.에 도시되지 않은 전체 유역과 수계별에 대한 다른 지점들의 첨두유량과 첨두시간의 범위도 앞의 경우와 비슷하게 나타났다(건설부, 1992).

이상의 분석결과로부터 표 2.의 推定된 回歸方程式을 이용하여 얻은 합성단위유량도(UH1)의 첨두

유량은 보청천유역을 제외한 전체 유역이 水系別 보다는 조금 더 대표단위유량도에 근접하였고, SCS방법은 보청천유역의 대부분 지점에서 회귀분석결과보다 改善되었다. 앞에서 여러 방법으로 추정된 첨두시간은 全體 流域보다는 水系別로 分析한 것이 보청천 2번과 위천 6번을 제외한 지점에서 대표단위유량도의 첨두시간에 보다 더 근접하였다.

## 5.2 Nakayasu 方法

### 5.2.1 全體 流域에 대하여

(1) L>15km의 경우

표 4.의 回歸分析結果를 이용하여 얻은 2시간 합성단위유량도와 대표단위유량도를 비교하기 위하여 4개 지점만 그림 4.에 같이 도시하였다.

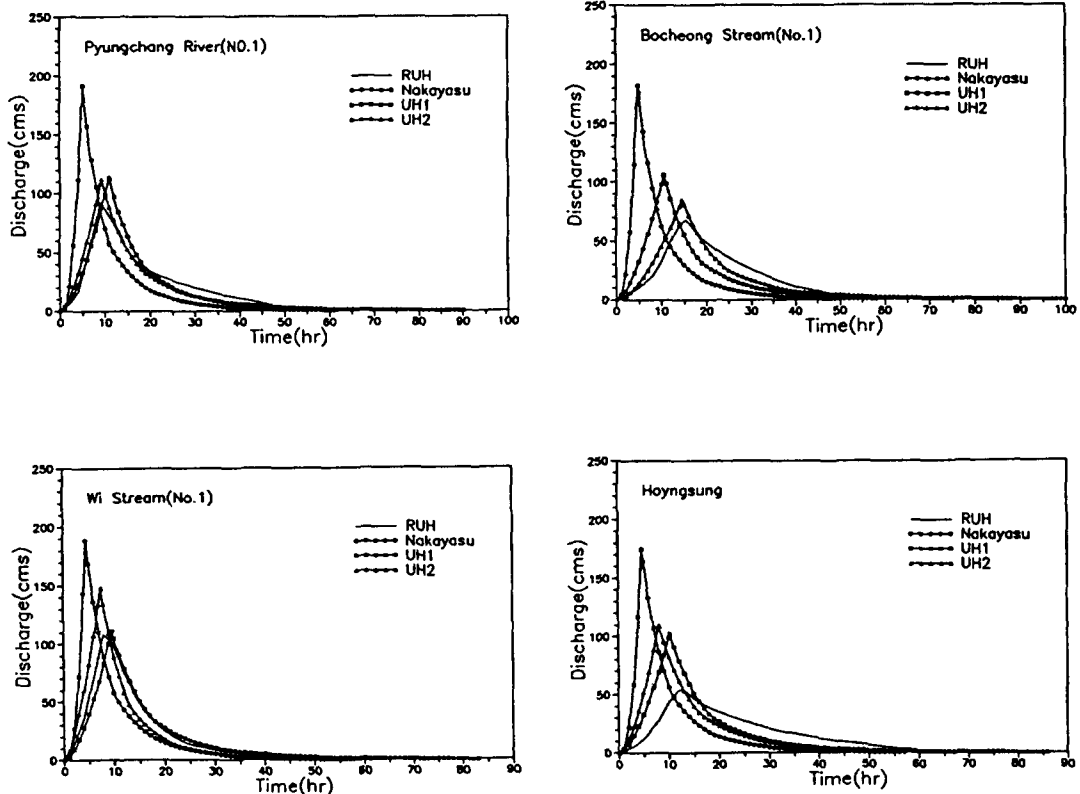


그림 4. 대표단위유량도와 합성단위유량도의 비교



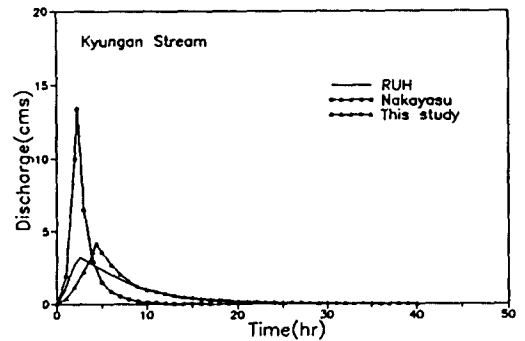
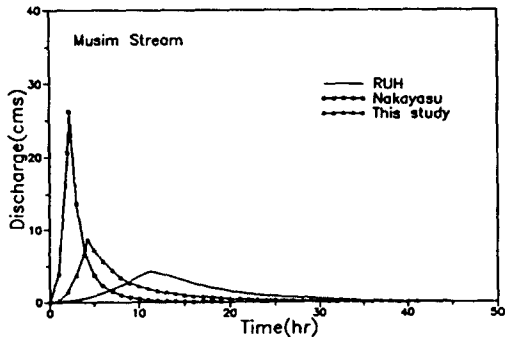
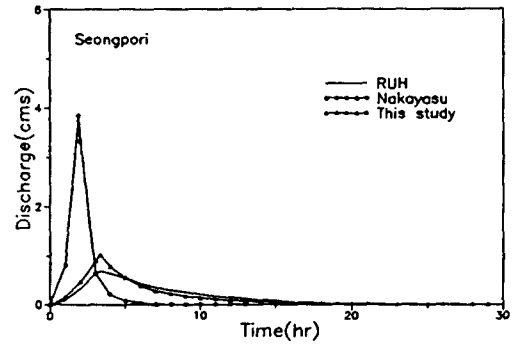
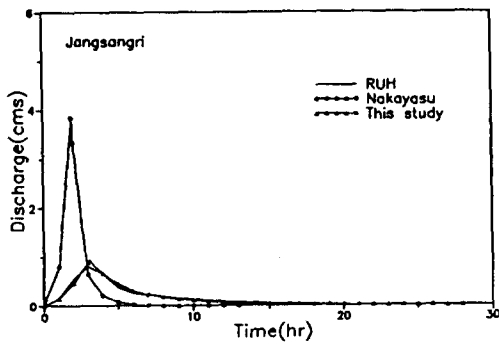
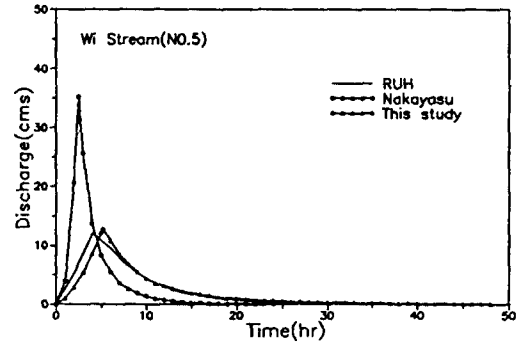
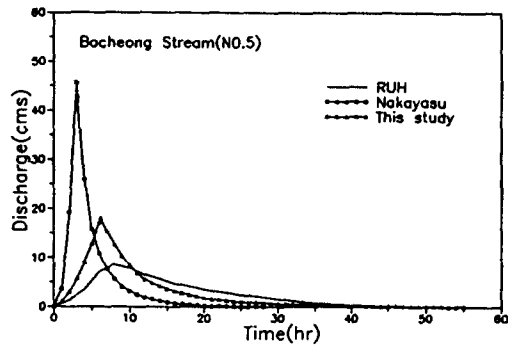


그림 5. 대표단위유량도와 합성단위유량도의 비교

그림 4.에 도시된 각각 合成單位流量圖는 표 4.에 의한 본 연구(수정 Nakayasu, UH1)가 Naka-yasu 연구 결과보다 훨씬 더 개선된 값을 보여주었다. 代表單位流量圖에 비하여 尖頭流量은 평창강과 보청천유역에서는 조금 크게, 위천유역에서는 조금 작거나 크게, 횡성유역에서는 매우 크게 추정되었고, 尖頭時間은 평창강유역에서는 조금 크게, 보청천과 횡성유역에서는 작게, 위천유역에서는 크게 추정되었다.

#### (2) $L \leq 15\text{km}$ 의 경우

$L > 15\text{km}$ 인 경우와 같은 방법으로 구한 2시간 합성단위유량도는 그림 5.에 도시하였다.

그림 5.에 의하면 尖頭流量과 尖頭時間은  $L > 15\text{km}$ 인 경우와 같이 본 연구 결과가 Nakayasu 연구 결과 보다 훨씬 더 代表單位流量圖에 근접하였다. 代表단위유량도에 비하여 침투유량은 무심천유역을 제외하고 조금 크게, 침투시간은 무심천유역을 제외하고 다소 크거나 작게 推定되었다.

### 5.2.2 水系別에 대하여

水系別로 分析하기에는 지점의 수가 너무 적어서  $L > 15\text{km}$ 인 地點만 표 3.의 결과를 이용하여 얻은 합성단위유량도는 그림 4.(UH2)에 같이 나타내었다. 그림 4.로부터 Nakayasu의 結果와 比較하면 尖頭流量과 尖頭時間은 전체 유역의  $L > 15\text{km}$ 인 경우와 같이 본 연구 결과가 훨씬 더 개선된 값을 보여주었다. 代表단위유량도에 비하여 침투유량은 평창강유역에서 조금 크게, 보청천과 위천유역에서 크게 推定되었고, 침투시간은 전체 유역보다 더 개선되었으며 보청천의 2번 지점과 위천의 6번 지점을 제외하고 비슷한 값으로 나타났다.

그림 4.와 5.에 도시되지 않은 전체 유역과 수계별에 대한 다른 지점들의 침투유량과 침투시간의 범위도 앞의 경우와 비슷하게 나타났다(건설부 1992).

이상의 분석결과에 의하면 침투유량은  $L > 15\text{km}$ 인 경우 위천유역을 제외하고 수계별이 전체유역보다 代表단위유량도에 근접하였고, 침투시간은 전체 유역보다 수계별이 代表단위유량도의 침투시간과 비교하면 매우 개선되었다. 따라서 水體 流域보다는 水系別로 얻어진 代表單位流量圖를 이용하여 추

정된 수정 Nakayasu 방법의 合成單位流量圖가 위천유역을 제외하고 조금 더 代表單位流量圖에 접근하는 것을 알 수 있었다.

## 6. 本 研究의 結果를 韓國建設技術研究院의 Snyder 및 HYMO와 比較檢討

選定된 流域의 추정된 SCS, Nakayasu 및 修正 Nakayasu 型 合成單位流量圖의 適合性 與否는 代表單位流量圖와 서로 비교 검토함으로써 가능하며, 또한 이들은 建設技術研究院의 2시간 Snyder 및 HYMO 합성단위유량도와도 비교 검토하였다. 이를 위하여 선정된 4개 流域의 代表단위유량도와 5 종류의 합성단위유량도의 尖頭流量  $Q_p$  및 尖頭時間  $t_p$ 는 각각 표 4. 및 5.와 같다.

표 4.와 5.에서 ( )안의 값은 代表單位流量圖의 尖頭流量 또는 尖頭時間에 대한 각각 방법으로 부터 얻은 침투유량 또는 침투시간과의 비를 의미한다. 표 4.에 의하면 각각 방법의 尖頭流量比 범위는 Snyder 방법이 HYMO 방법과 비교하여 多少의 차이는 있지만 가장 작았고, HYMO방법이 보청천(No.1)유역에서는 가장 우수하고, SCS와 수정 Nakayasu 방법이 위천(No.1)유역에서는 앞의 두 방법보다 개선되었으며, Nakayasu 방법은 모든 유역에서 매우 크게 나타났다. 그리고 SCS와 수정 Nakayasu 방법의 침투유량비는 모든 유역에서 비슷한 범위로 변화하였다.

표 5.에 나타난 바와 같이 4개 유역 각각 방법의 尖頭時間比 범위는 모든 방법이 보청천(No.1)유역에서 가장 작았으며, 즉 침투시간이 代表단위유량도의 침투시간보다 매우 빨리 발생하였고, SCS 방법과 修正 Nakayasu 方法이 Snyder 方法 및 HYMO 方法에 비하여 평창강과 위천유역에서는 다소 크게 보청천유역에서는 4가지 방법 모두가 매우 작게 나타났다. 그러나 Nakayasu 방법을 제외한 4가지 방법의 침투시간은 거의 비슷한 범위로 변화하였다. 특히 Nakayasu 방법은 모든 유역에서 침투시간비가 매우 작게 나타나 침투유량도 달시간이 매우 빨랐음을 알 수 있었다. 또한 이들 4개 유역에 대한 단위유량도는 그림 6.에 도시되었다.

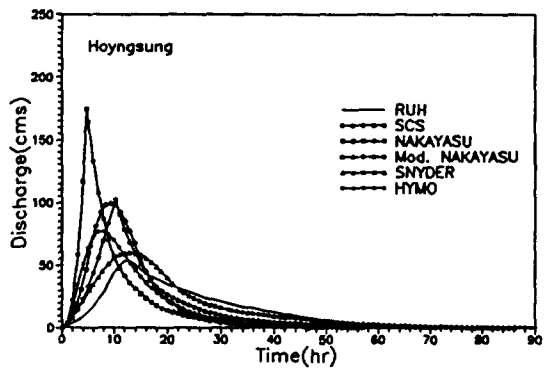
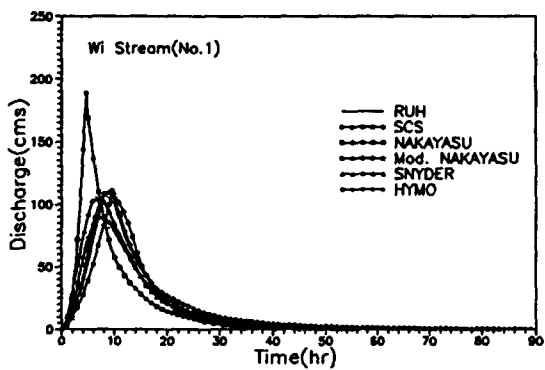
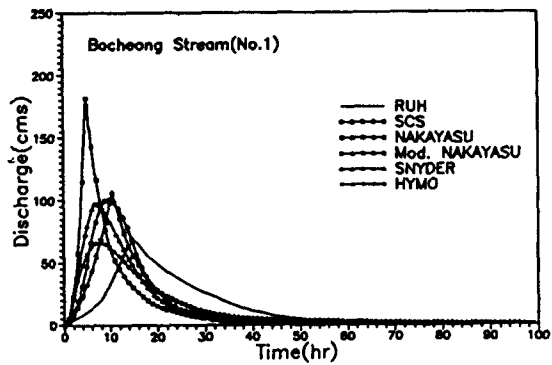
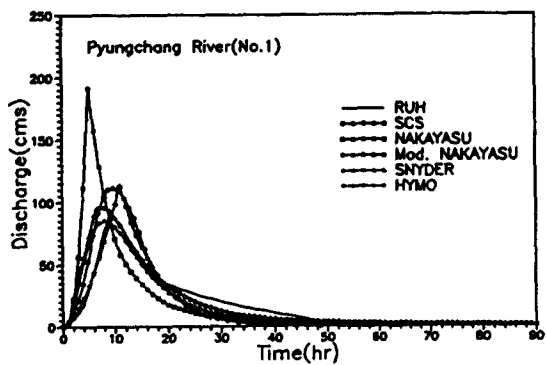


그림 6. 대표단위유량도와 합성단위유량도의 비교

표 4. 침두유량  $Q_0$ (단위 :  $m^3/sec$ )

유역명	대표단위 유량도	SCS	nakayasu	수정된 Nakayasu	Snyder	HYMO
평창강(No. 1)	92.53	111.44 (1.204)	191.87 (2.074)	113.28 (1.224)	96.44 (1.042)	85.40 (0.923)
보청천(No. 1)	67.80	100.76 (1.486)	182.00 (2.684)	106.10 (1.565)	97.34 (1.436)	66.45 (0.980)
위천(No. 1)	108.39	109.45 (1.010)	188.83 (1.742)	111.15 (1.029)	104.31 (0.962)	89.25 (0.823)
형성	54.20	99.30 (1.832)	174.67 (3.223)	102.36 (1.889)	60.00 (1.107)	77.20 (1.424)

표 5. 침두시간  $t_0$ 

(단위 : hr)

유역명	대표단위 유량도	SCS	nakayasu	수정된 Nakayasu	Snyder	HYMO
평창강(No. 1)	9.30	9.70 (1.043)	5.01 (0.539)	10.92 (1.174)	7.85 (0.884)	8.00 (0.860)
보청천(No. 1)	15.28	9.82 (0.643)	4.84 (0.317)	10.50 (0.687)	7.06 (0.462)	8.00 (0.523)
위천(No. 1)	8.00	8.98 (1.123)	4.48 (0.560)	9.56 (1.195)	6.49 (0.811)	8.00 (1.000)
형성	12.50	9.31 (0.745)	4.73 (0.378)	10.21 (0.817)	12.83 (1.026)	8.00 (0.640)

이상의 分析 結果로부터 合成單位流量圖는 Snyder 型이 5가지 方法중에서 가장 代表單位流量圖에 近접하며, 다음이 HYMO 型이며, 修正 Nakayasu 型 및 SCS 型은 Snyder 型이나 HYMO 型과는 近소한 차이는 있었다. 특히 선정된 유역에 대한 본 연구(수정 Nakayasu 方法)의 合成單位유량도는 기존 Nakayasu 方法보다 침두 유량과 침두시간에서 훨씬 더 代表單位유량도에 近 近하였다. 이것은 Nakayasu 方法이 日本의 山地 河川을 대상으로 유도한 指數 및 常數값으로부터 合成單位유량도를 구한 것이므로 본 연구결과에 비하여 同一한 流域面積이라도 尖頭流量에 빨리 도달, 즉 流出特性이 우리나라와는 매우 다르다는 것을 의미한다. 따라서 水文實務에서 Nakayasu 方法으로 流出量을 算定하고자 할 때에는 세심한 注意가 필요하며 본 연구에서 제시한 方法이나 상수값이 다소 未洽하지만 매우 改善된 結果를 얻을 수

있다고 期待된다.

## 7. 結 論

우리나라 22개의 流域에 대한 SCS, Nakayasu 및 修正 Nakayasu 型 合成單位流量圖를 代表單位流量圖와 비교 검토한 결과와 이 들 중 4개 流域을 選定하여 建設技術研究院에서 제안한 Snyder 및 HYMO의 合成單位流量圖와 이 들을 비교하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 代表單位流量圖의 資料로부터 回歸分析하여 우리나라 流域特性에 맞는 修正 Nakayasu 型的 合成單位유량도의 上昇部曲線式的 指數, 遲滯時間에 대한 방정식의 常數,  $t_0$ 와 A.L간의 방정식의 指數 및 침두유량의 係數를 提示하였다.

2. 1항에서 제시된 값으로부터 얻은 合成單位유량도는 전체 유역이나 수계별에서 Nakayasu의 合成

단위유량도보다는 대표단위유량도에 훨씬 더 접근하였다.

3. SCS 方法에서 水系別보다는 全體 流域으로 回歸分析한 遲滯時間으로부터 推定된 合成單位流量圖의 尖頭流量이 보청천유역을 제외하고 代表單位流量圖의 첨두유량값을 개선하였으며, 尖頭時間은 이와는 반대로 나타났다.

4. 全體 流域보다는 水系別로 회귀분석한 지체시간으로부터 추정된 修正 Nakayasu 型 合成단위유량도가 위천유역을 제외하고 Nakayasu의 合成단위유량도보다는 대표단위유량도에 더 근접하였다.

5. SCS나 修正 Nakayasu 型 方法에 의하여 얻어진 合成단위유량도는 建設技術研究院의 Snyder와 HYMO 合成단위유량도와 比較하였을 때 流域에 따라 多少의 差異는 있었으나 첨두유량과 첨두시간을 비교적 잘 재현하였다.

### 感謝의 글

본 연구는 92년 國際水文開發計劃(IHP)사업의 일환으로 수행되었으며 이를 지원한 건설부에 심심한 사의를 표합니다.

### 참 고 문 헌

1. 건설부 (1992), 국제수문개발계획(IHP) 연구보고서, 건설부.

2. 건설부 (1975~1989), 국제수문개발계획(IHP) 대표유역연구조사 보고서, 건설부.  
 3. 건설부 (1980~1981), 한강홍수에경보 유출 및 상수분석보고서, 건설부한강홍수통제소.  
 4. 건설부 (1974), 홍수량 추정을 위한 合成단위유량도 유도의 연구조사보고서, 건설부.  
 5. 건기원 (1989), 설계홍수량 산정을 위한 단위유량도의 合成방법개발, 한국건설기술연구원.  
 6. Agricultural Research Service(1973), "HYMO : Problem-Oriented Computer Language for Hydrologic Modeling (ARS-S-9)", U. S. Department of Agriculture.  
 7. James, W. P., Winsor, P. W. and Willams, J. R. (1987), "Synthetic Unit Hydrograph", Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 113, No. 1.  
 8. Mockus, V.(1957), "Use of Storm and Watershed Characteristics in Synthetic Hydrograph Analysis and Application", Washington, D.C. : U.S.Department of Agriculture Soil Conservation Service.  
 9. Snyder, F. F.(1938), "Synthetic Unit Graphs", trans. Am. Geophys. Union, Vol. 19, pp. 447-454.  
 10. Willams, J. R.(1975), "HYMO Flood Routing", Journal of Hydrology, Vol. 26, pp. 17-27  
 11. 佐藤勝夫, 洪水流出計算法(1982), 山海堂.

(접수 : 1월 15일)