

한국하천의 계절 유출률 변화분석

○노재경/임동진/이우석

1. 연구배경 및 방법

수자원장기종합계획(1990)에서 우리나라 내륙의 연평균 강수총량은 1267억 m^3 , 연평균 유출량(1959-1988)은 697억 m^3 으로 유출률을 55%로 보았다. 수계별로는 한강 57%, 낙동강 49%, 금강 49%, 영산강 57%, 섬진강 54% 등으로 보았다. 수자원의 계획과 운영에서 하천 유출량은 기반이 되며, 이를 얼마나 정확하게 추정하였나에 따라 사업의 성패가 달려있다. 수자원 시설물을 설계할 때 관측된 수위자료에 수위-유량 관계식을 적용하여 유출량을 계산하게 되며, 유출률을 보고 계산된 유출량이 많고 적은지 판단할 수 있다. 유출률을 크게 본다면 저수지 규모를 작게 하여도 소요 용수량을 공급할 수 있게 되는 결과를 가져온다. 또한 유출률을 적게 본다면 소요 용수량을 공급하기 위해서는 저수지 규모를 크게 하여야 한다.

물론 유출률로는 일정기간 동안 전체 수량이 어느 정도되는가를 판단할 수 있겠지만 어느 시점의 유출량을 평가하는 지표로서의 역할은 하지 못할 것이다. 또한 기간도 일정기간 이상이 되어야 유출률이 의미가 있을 것이다. 만약 1달 동안 비가 한방울도 내리지 않는다면 월별 유출률로는 유출량을 평가할 수 없을 것이다. 계산된 유출량을 평가하기 위해 연 유출률 외에 기간을 길게 한 계절별 유출률이 어떤 경향이 있는지 파악할 필요가 있다.

따라서, 계절별로 유출률 변화분석을 하였으며, 한국수자원공사가 운영하는 다목적댐 및 용수전용댐과 그 밖의 몇 개 수위관측소 지점을 포함하여 전체 18개 지점의 227개년 자료를 사용하였다. 계절의 구분은 1월1일부터 3월31일까지 더하기 10월1일부터 12월31일까지(10.31-3.31), 4월1일부터 6월20일까지(4.1-6.20), 6월21일부터 9월30일까지(6.21-9.20) 등 3가지 경우와 年에 대해 유출률 공식을 유도하였다. 수계의 구분은 한강, 낙동강, 금강, 영산강·섬진강 등 4개로 구분하였다. 유도된 공식의 적합도는 1:1 등가선에 분포시켜 파악하였고, 어느 연도, 계절의 유출률도 등가선에서 유출량의 신뢰도를 파악할 수 있다.

한국수자원공사 조사기획처 선임연구원/대리/대리

2. 유출률 공식 유도 및 적용

보통 유출률은 유역면적이 증가하면 감소하고, 강우량이 증가하면 증가한다. 또한 수계별로 지형, 기상조건에 따라 유출률이 다르게 나타난다. 여기서는 단순하게 유역면적(km²)과 강우량(mm)을 독립변수로 하고 유출률(%)을 종속변수로 하여, 수계별로 계절별 유출률 공식을 유도하였다.

표1은 사용자료이고 표2는 공식 유도결과이다. 유도된 공식의 적합도 분석 결과는 수계별, 계절별로 그림1~그림20에 제시하였다. 적합도를 분석한 그림 위에 지점별 유출률을 네모점으로 중첩하여 나타내었으며, 등가선에서 떨어져 분포하는 경우는 유출량의 신뢰성에 대해서는 면밀하게 검토할 필요가 있다. 4.1-6.20 기간의 적합도에서 관측유출률의 범위가 넓게 나타나고 있는 것은 못자리 용수 등 관개용수의 사용이 왕성하여 하천 유출량의 변화가 많아 나타나는 것으로 생각하고 있으며, 앞으로 검토할 대상이다.

표 1 주요 유출 지점의 유출자료

유역명	유역면적(km ²)	자료기간	자료년수	연			10.1-3.31			4.1-6.20			6.21-9.30		
				강우량(mm)	유출량(mm)	유출률(%)	강우량(mm)	유출량(mm)	유출률(%)	강우량(mm)	유출량(mm)	유출률(%)	강우량(mm)	유출량(mm)	유출률(%)
소양강댐	2,703	1974-1997	24	1,152.4	782.7	66.6	185.7	106.5	55.3	230.5	153.7	65.7	736.2	522.6	68.3
충주댐	6,648	1986-1997	12	1,169.0	758.3	64.2	216.1	122.7	60.0	252.0	115.9	52.8	700.9	519.7	71.1
안동댐	1,584	1977-1997	21	1,080.6	593.1	54.2	189.0	102.3	56.6	242.8	112.3	45.2	648.8	378.5	58.8
임하댐	1,361	1993-1997	5	926.1	392.3	38.8	182.6	51.8	28.5	228.5	71.4	30.5	515.0	269.0	45.7
합천댐	925	1989-1997	9	1,246.3	590.8	44.9	261.7	113.0	43.7	260.3	80.4	30.3	724.2	397.4	50.5
남강댐	2,285	1976-1997	22	1,437.5	798.2	53.7	256.0	134.1	54.3	347.6	139.4	39.6	834.0	524.6	59.4
대청댐	4,134	1981-1997	17	1,143.0	625.9	52.3	245.7	116.2	46.9	219.6	83.4	36.3	677.8	426.3	59.6
섬진강댐	763	1975-1997	23	1,238.2	660.4	51.5	281.2	120.3	44.0	250.7	108.0	43.1	706.3	432.1	58.1
영천댐	235	1983-1997	15	1,057.2	474.2	43.4	204.7	73.4	32.9	233.0	89.2	37.0	619.5	311.7	47.9
사연댐	125	1981-1997	17	1,280.4	683.3	49.8	267.8	103.3	37.2	287.6	86.6	28.2	725.0	493.4	62.1
운문댐	301.3	1995-1997	3	967.9	394.8	38.8	213.2	69.6	33.5	228.5	65.4	28.3	526.3	259.9	45.8
도척	5.9	1986-1988	3	1,297.3	814.5	59.3	192.3	140.8	66.0	242.9	119.6	45.4	862.1	554.1	61.1
괴산	671	1976-1985	10	1,138.2	629.1	54.0	226.0	88.0	37.8	246.6	98.9	35.6	665.6	442.3	65.6
기대	346.5	1983-1986	4	1,290.9	616.1	46.9	239.6	99.1	37.9	275.0	102.3	37.9	776.2	414.8	52.6
용담	937	1970-1976	7	1,351.7	771.1	56.7	303.4	188.7	62.5	309.3	150.4	51.2	739.0	432.0	57.9
공주	7,126	1967-1976	10	1,218.5	657.9	51.4	260.8	147.3	57.6	245.5	102.5	38.6	712.1	408.0	53.2
보성	275	1976-1983	8	1,543.8	857.2	53.2	297.6	134.1	45.5	450.4	178.5	35.3	795.8	544.6	63.4
나주	2,060	1965-1981	17	1,327.9	709.0	51.7	314.7	134.7	41.8	321.4	127.3	37.4	691.8	446.9	61.5
계	18개 지점		227												

표 2 한국하천의 수계별 계절별 유출공식

수계	계절	유출률 공식	상관계수, 자료수	자료 범위	
				관측	추정
전체	1.1-12.31	$Rr = 0.423A^{0.051}P^{0.626}$	R=0.560, n=227	12.8-93.5	30.5-80.5
	10.1-3.31	$Rr = 0.597A^{0.043}P^{0.610}$	R=0.536, n=227	13.5-99.6	34.5-85.2
	4.1-6.20	$Rr = 8.207A^{0.085}P^{0.170}$	R=0.269, n=227	11.1-94.6	23.1-55.4
	6.21-9.30	$Rr = 1.012A^{0.029}P^{0.586}$	R=0.503, n=227	9.1-134.4	26.9-95.5
한강	1.1-12.31	$Rr = 1.624A^{0.035}P^{0.479}$	R=0.484, n=49	28.3-93.5	44.2-84.5
	10.1-3.31	$Rr = 1.797A^{0.041}P^{0.477}$	R=0.499, n=49	30.3-99.6	46.5-92.8
	4.1-6.20	$Rr = 20.801A^{0.064}P^{0.078}$	R=0.287, n=49	16.2-94.6	35.0-62.2
	6.21-9.30	$Rr = 1.711A^{0.037}P^{0.516}$	R=0.487, n=49	33.1-132.5	49.7-96.6
낙동강	1.1-12.31	$Rr = 0.350A^{0.015}P^{0.655}$	R=0.615, n=92	12.8-78.5	28.6-77.1
	10.1-3.31	$Rr = 0.598A^{0.021}P^{0.623}$	R=0.584, n=92	13.5-86.1	28.8-77.2
	4.1-6.20	$Rr = 3.758A^{0.105}P^{0.273}$	R=0.385, n=92	12.2-71.7	24.0-48.2
	6.21-9.30	$Rr = 1.068A^{0.016}P^{0.583}$	R=0.506, n=92	9.1-130.9	26.0-89.1
금강	1.1-12.31	$Rr = 0.028A^{0.040}P^{1.013}$	R=0.838, n=38	28.8-83.1	30.3-71.7
	10.1-3.31	$Rr = 0.081A^{0.035}P^{0.901}$	R=0.805, n=38	26.7-81.7	27.4-75.4
	4.1-6.20	$Rr = 3.290A^{-0.029}P^{0.486}$	R=0.332, n=38	17.8-93.2	28.1-52.1
	6.21-9.30	$Rr = 0.408A^{0.014}P^{0.734}$	R=0.688, n=38	23.6-87.1	32.1-77.2
영산강 · 섬진강	1.1-12.31	$Rr = 0.615A^{0.006}P^{0.610}$	R=0.598, n=48	26.4-74.2	32.4-67.4
	10.1-3.31	$Rr = 1.037A^{0.020}P^{0.550}$	R=0.484, n=48	18.5-97.2	36.2-73.8
	4.1-6.20	$Rr = 7.057A^{0.039}P^{0.243}$	R=0.207, n=48	11.1-74.9	30.4-43.6
	6.21-9.30	$Rr = 2.000A^{-0.024}P^{0.539}$	R=0.453, n=48	17.4-134.4	32.9-96.2

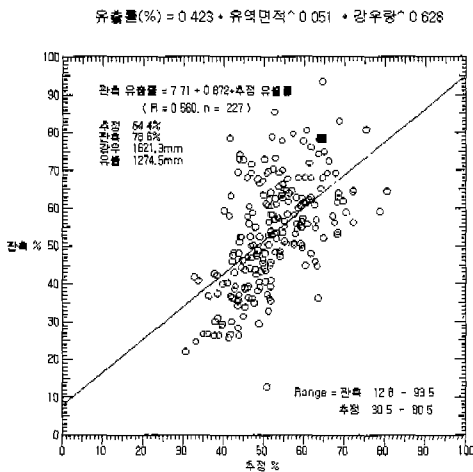


그림 1 전 수계(1998.1.1-12.31, 호탄)

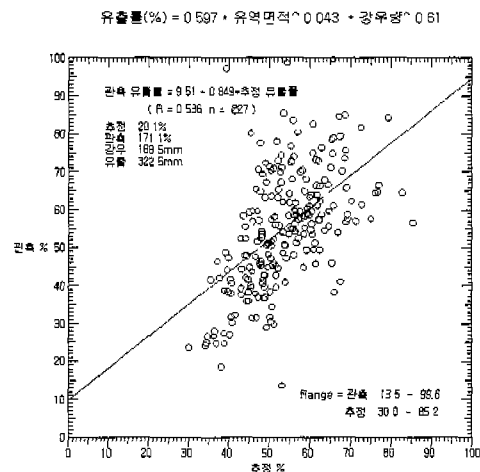


그림 2 전 수계(1998.10.1-3.31, 호탄)

$$\text{유출률(\%)} = 8.207 \cdot \text{유역면적}^{\wedge}0.085 \cdot \text{강우량}^{\wedge}0.17$$

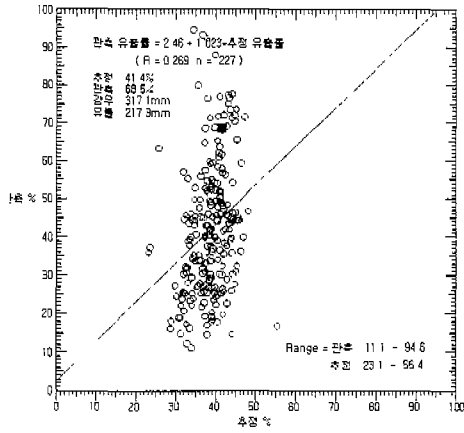


그림 3 전 수계(1998.4.1-6.20, 호탄)

$$\text{유출률(\%)} = 1.012 \cdot \text{유역면적}^{\wedge}0.029 \cdot \text{강우량}^{\wedge}0.586$$

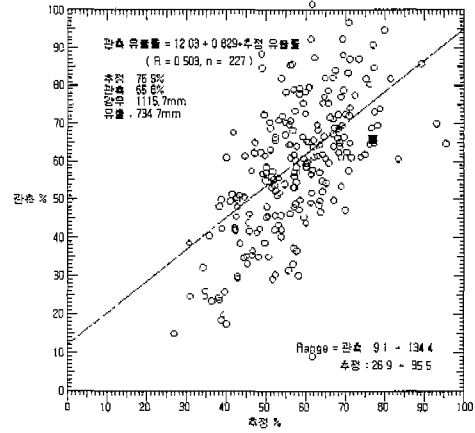


그림 4 전 수계(1998.6.21-9.30, 호탄)

$$\text{유출률(\%)} = 1.624 \cdot \text{유역면적}^{\wedge}0.035 \cdot \text{강우량}^{\wedge}0.479$$

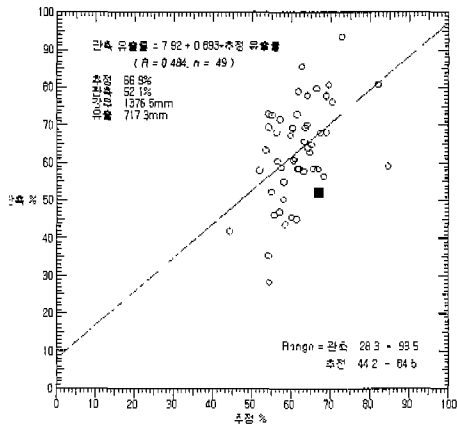


그림 5 한강 수계(1998.1.1-12.31, 영월1)

$$\text{유출률(\%)} = 1.797 \cdot \text{유역면적}^{\wedge}0.041 \cdot \text{강우량}^{\wedge}0.477$$

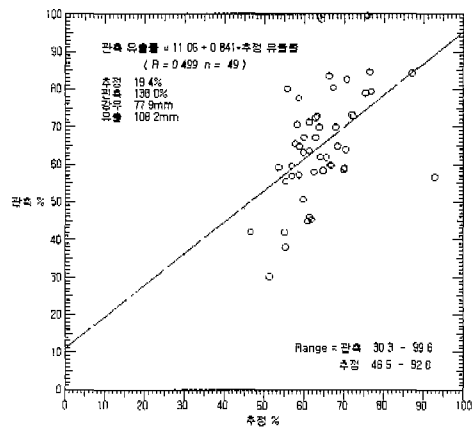


그림 6 한강 수계(1998.10.1-3.31, 영월1)

$$\text{유출률(\%)} = 20.801 \cdot \text{유역면적}^{\wedge}0.064 \cdot \text{강우량}^{\wedge}0.078$$

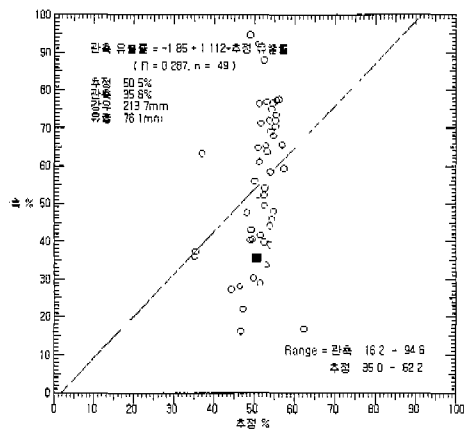


그림 7 한강 수계(1998.4.1-6.20, 영월1)

$$\text{유출률(\%)} = 1.711 \cdot \text{유역면적}^{\wedge}0.037 \cdot \text{강우량}^{\wedge}0.516$$

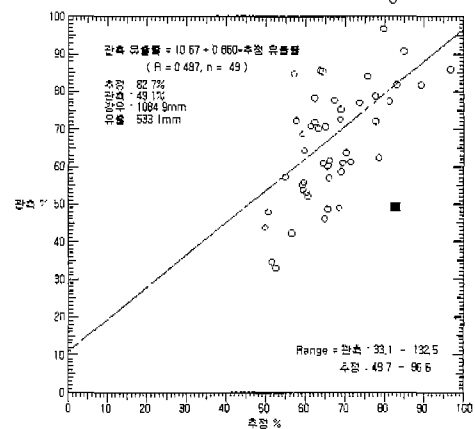


그림 8 한강 수계(1998.6.21-9.30, 영월1)

$$\text{유출률(\%)} = 0.350 \cdot \text{유역면적}^{0.045} \cdot \text{강우량}^{0.653}$$

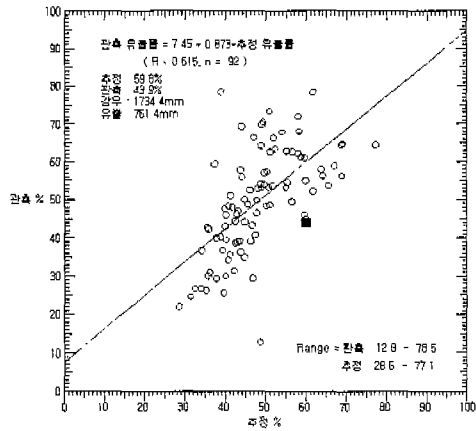


그림 9 낙동강 수계(1998.1.1-12.31, 신안)

$$\text{유출률(\%)} = 0.538 \cdot \text{유역면적}^{0.021} \cdot \text{강우량}^{0.623}$$

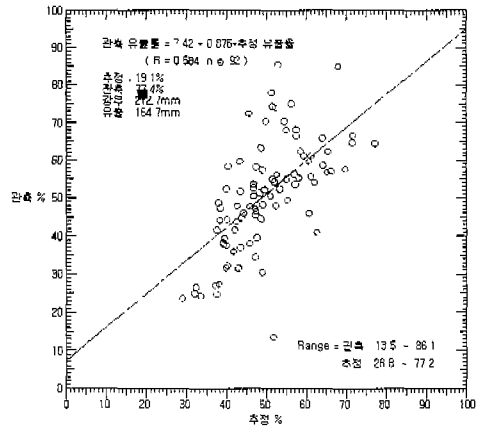


그림 10 낙동강수계(1998.10.1-3.31, 신안)

$$\text{유출률(\%)} = 3.758 \cdot \text{유역면적}^{0.105} \cdot \text{강우량}^{0.273}$$

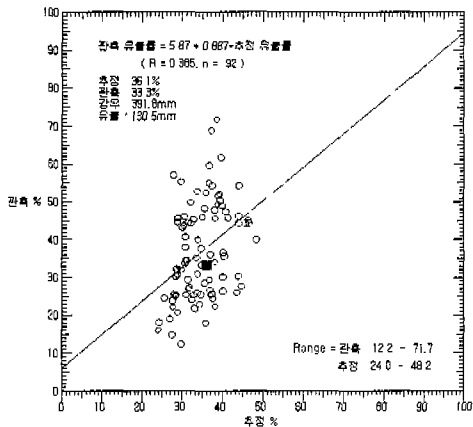


그림 11 낙동강 수계(1998.4.1-6.20, 신안)

$$\text{유출률(\%)} = 1.068 \cdot \text{유역면적}^{0.016} \cdot \text{강우량}^{0.583}$$

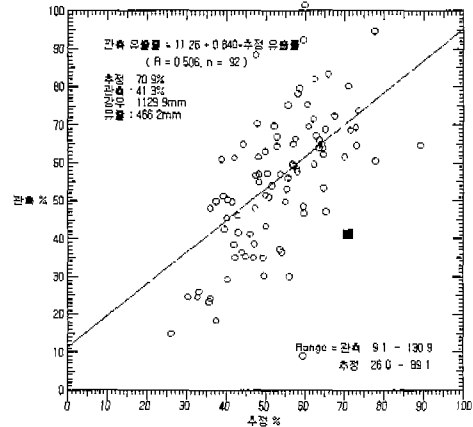


그림 12 낙동강수계(1998.6.21-9.30, 신안)

$$\text{유출률(\%)} = 0.028 \cdot \text{유역면적}^{0.04} \cdot \text{강우량}^{1.013}$$

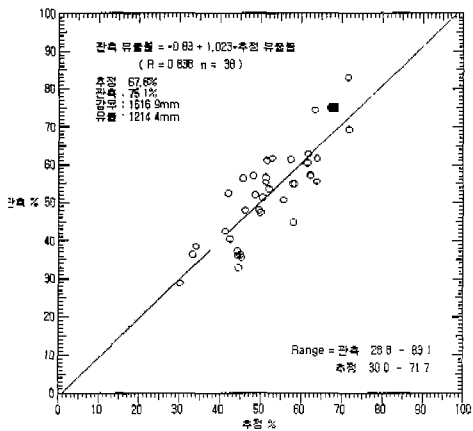


그림 13 금강 수계(1998.1.1-12.31, 수통)

$$\text{유출률(\%)} = 0.081 \cdot \text{유역면적}^{0.035} \cdot \text{강우량}^{0.801}$$

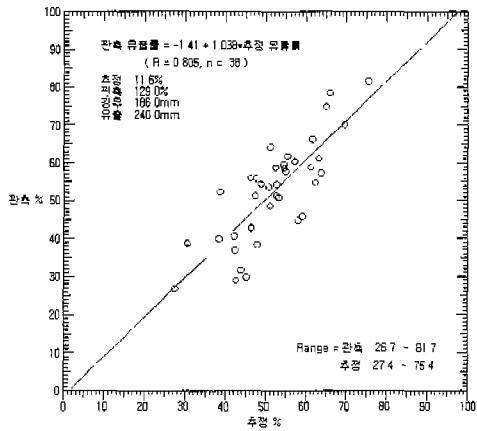


그림 14 금강 수계(1998.10.1-3.31, 수통)

$$\text{유출률(\%)} = 3.290 \cdot \text{유역면적}^{-0.029} \cdot \text{강우량}^{0.486}$$

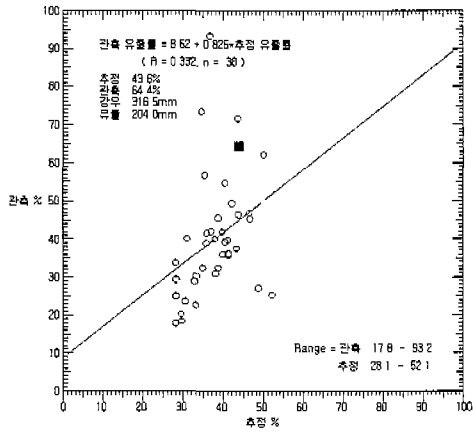


그림 15 금강 수계(1998.4.1-6.20, 수통)

$$\text{유출률(\%)} = 0.408 \cdot \text{유역면적}^{0.014} \cdot \text{강우량}^{0.734}$$

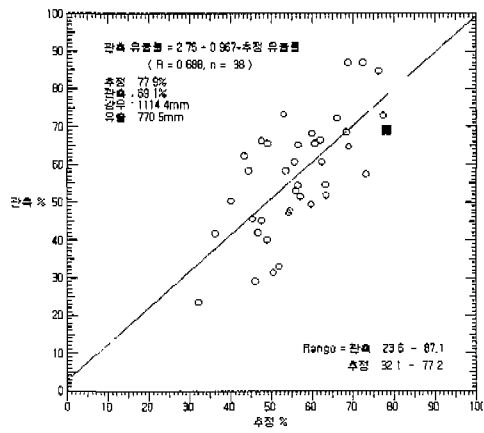


그림 16 금강 수계(1998.6.21-9.30, 수통)

$$\text{유출률(\%)} = 0.615 \cdot \text{유역면적}^{0.006} \cdot \text{강우량}^{0.61}$$

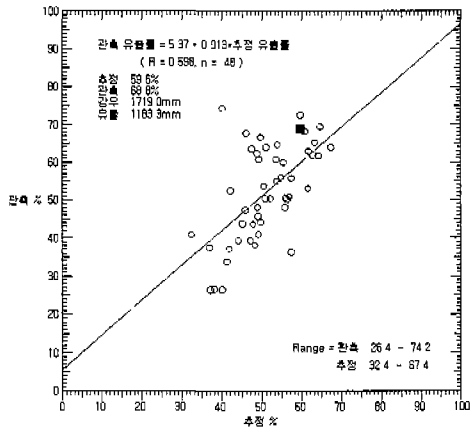


그림 17 섬진/영산강(1998.1.1-12.31,쌍치)

$$\text{유출률(\%)} = 1.037 \cdot \text{유역면적}^{0.02} \cdot \text{강우량}^{0.55}$$

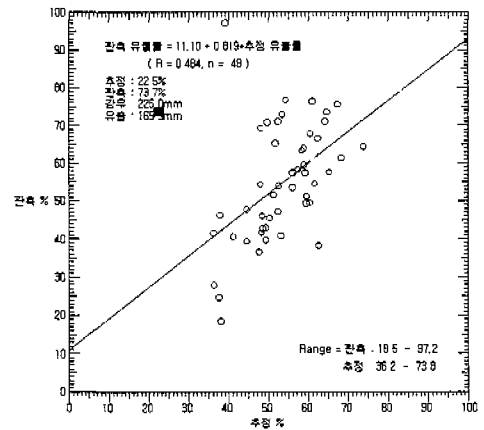


그림 18 섬진/영산강(1998.10.1-3.31,쌍치)

$$\text{유출률(\%)} = 7.057 \cdot \text{유역면적}^{-0.039} \cdot \text{강우량}^{0.243}$$

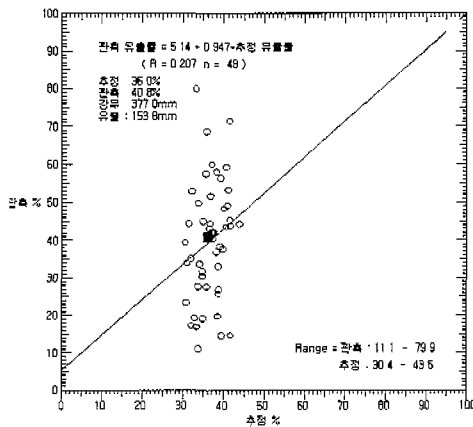


그림 19 섬진/영산강(1998.4.1-6.20,쌍치)

$$\text{유출률(\%)} = 2.000 \cdot \text{유역면적}^{-0.024} \cdot \text{강우량}^{0.539}$$

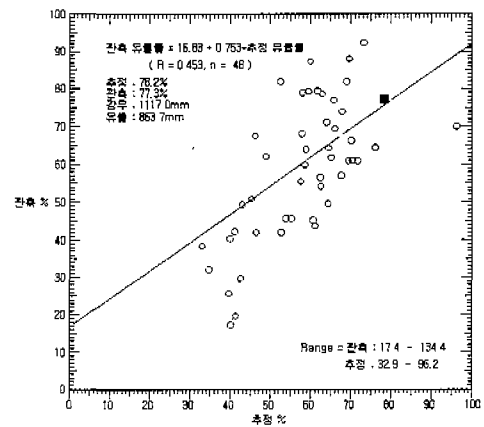


그림 20 섬진/영산강(1998.6.21-9.30,쌍치)