

# 대표확률분포형에 의거한 권역별 확률강우강도식의 유도

Derivation of Probable Rainfall Intensity Formula of Individual Zone based on the Representative Probability Distribution

○이 재준\*, 이 정 식\*\*, 김 병 일\*\*\*, 박 종 영\*\*\*\*

## 1. 서론

산업화 및 도시화 등으로 인한 수문사상의 변화, 표본자료의 크기(강우 관측기록 보유기간)가 증대되어감에 따라 적정분포형이 달라지고 있는 현실을 감안하여 수공구조물의 설계와 수자원계획의 기준이 되는 확률강우량 산정시의 대표분포형을 확립하고 권역별 확률강우강도식을 유도하여 실용성을 증대하고자 한다. 이를 위하여 기상청 산하 21개 지점의 지속기간별(10분, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 18, 24시간의 12개 지속기간) 연최대강우량 자료를 사용하였으며 본 연구의 연구방법은 그림 1과 같다.

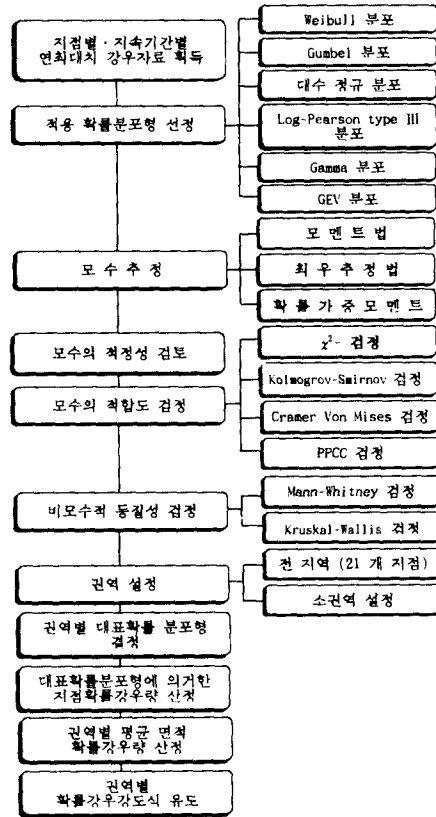


그림 1. 본 연구의 확률강우강도식 유도에 대한 흐름도

## 2. 기본자료

강우량 기록년수는 국내의 수문관측 실정과 관측소의 분포를 감안하여 본 연구에서는 최소 29년 이상의

\* 금오공과대학교 토목, 환경 및 건축공학부 부교수  
 \*\* 금오공과대학교 토목, 환경 및 건축공학부 교수  
 \*\*\* (주)부경건설탄트 수자원부  
 \*\*\*\* 금오공과대학교 대학원 토목공학과 박사과정

기록년수를 보유하고 있는 21개 지점의 지속기간별 매년 최대치계열 강우자료를 이용하였다. 지속기간 10분의 경우는 기상연보에서 매년 최대치를 추출하였고 지속기간 1시간, 2시간, 3시간, 4시간, 5시간, 6시간, 8시간, 10시간, 12시간, 18시간, 24시간의 경우에는 기상청 산하의 측후소에서 측정된 매시 강수량 자료를 이용하여 연최대 강우량을 추출하였으며, 본 연구의 대상이 되는 21개 지점의 측후소명과 각 측후소의 지속기간별 관측년수를 표 1에 수록하였고 괄호 안은 10분 강우자료의 강우기록년수이며 그림 1은 대상지점의 위치도를 나타낸다.

표 1. 관측지점과 기록년수

지 점	기록 년수	지 점	기록 년수	지 점	기록 년수	지 점	기록 년수	지 점	기록 년수	지 점	기록 년수	지 점	기록 년수
속 초	31(31)	서 울	38(34)	서 산	31(31)	추풍평	38(34)	대 구	38(34)	광 주	34(34)	목 포	34(34)
춘 천	33(33)	인 천	38(34)	청 주	32(32)	포 향	38(34)	전 주	38(34)	부 산	34(34)	여 수	34(34)
강 룡	38(34)	수 원	35(34)	대 전	30(30)	군 산	31(31)	울 산	34(34)	통 영	31(31)	진 주	29(29)

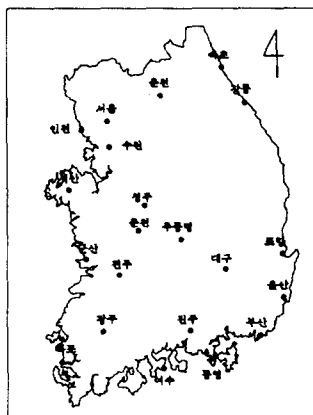


그림 1. 대상지점의 위치도

### 3. 적용 및 결과분석

#### 3.1 추정 모수의 적정성 검토

대부분의 경우 모수추정방법에 상관없이 추정된 모수의 적정성을 만족하였으나 일부 분포형에서는 적정성 조건을 만족하지 못하는 것을 알 수 있었다.

표 2. 서울 지역의 지속기간 1시간에 대한 모수 추정값과 적정성 검토

확률 분포형	모멘트법				최우추정법				확률가중모멘트법			
	Locate	Shape	Scale	Rst	Locate	Shape	Scale	Rst	Locate	Shape	Scale	Rst
GAM2	0	0.313	3.684	O.K	0	0.36	3.675	O.K	0	0.326	3.725	O.K
GAM3	-337.9	0.035	5.939	O.K	0	0.039	5.828	N.G	-234.9	0.049	5.622	O.K
GEV	4.499	5.399	-0.15	O.K	4.49	5.191	-0.16	O.K	4.412	4.087	-0.18	O.K
GUM	0	9.719	4.3	O.K	0	8.76	4.771	O.K	0	9.31	4.489	O.K
LN2	-165.0	237.9	0.869	O.K	-178.3	276.7	0.795	O.K	-142.2	185.1	0.994	O.K
LN3	35.76	0	10.45	O.K	35.234	0	12.67	O.K	35.443	0	11	O.K
LP3	0	3.448	46.49	O.K	0	3.474	46.46	O.K	0	3.441	46.49	O.K
WEI2	2.694	3.201	43.65	O.K	3.228	3.193	43.04	O.K	4.225	3.056	42.04	O.K
WEI3	36.825	0.244	13.13	O.K	36.981	0.257	13.02	O.K	36.502	0.208	13.11	O.K

#### 3.2 적합도 검토

적합도 검토방법은  $\chi^2$ -검정, Kolmogorov-Smirnov 검정, CVM 검정, PPCC 검정을 실시하였으며, 네 가

지 검정 모두 유의수준 5%내에서 적합성을 검정하였다. 검정결과, 모수추정방법별로 적합성을 만족하는 검정의 총 수를 통해 살펴보면 모수추정방법에 있어서는 PWM, MOM, MLE의 순으로 적합도 인정수가 많았으며 분포형별 비교의 경우에는 Gumbel 분포가 다른 분포형에 비해 전 지속기간에 걸쳐서 가장 많은 수(141회)의 적합도 인정 검정수를 보였고 그 다음으로 GEV 분포, 2모수 대수정규분포가 높은 적합도 인정검정수를 보였다. 우리나라 전역에 걸쳐서 사용되기에 가장 적합한 분포형으로 Gumbel 분포가 채택되었다.

### 3.3 동질성 검정

강우 동질성이 인정되는 지점들을 권역으로 묶어 권역별 강우량에 대한 대표확률분포형을 결정하고자 동질성 검정을 실시하였고 지속기간에 따라 각각 그림 2, 3과 같이 나타났다.

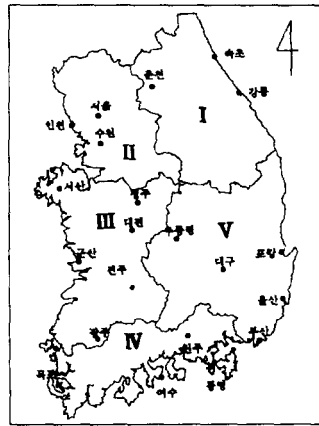


그림 2. 지속기간 10분인 경우의 권역도

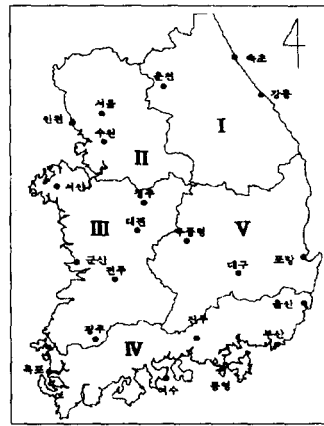


그림 3. 지속기간 1시간~24시간의 권역도

### 3.4 확률강우량의 산정

동질성이 인정되는 지역으로 구분한 5개 권역에 대해 권역내 각 지점의 확률강우량을 대표확률분포형에 의거하여 산정하였다.

### 3.5 지역빈도해석

동질성이 인정되는 지역들을 동일 권역으로 구성하고 각 관측지점에 대해 Thiessen 망을 구성한 후 각 Thiessen 망과 권역 구분선으로 이루어진 폐구역 내의 면적을 구하고 해당면적을 지배하는 측후소의 확률강우량을 곱한 후 면적을 가중치로 부여하여 평균을 계산하여 확률강우량을 산정하였다(예:표 3참조).

표 3. II 권역의 평균면적 확률강우량-지속기간-재현기간 관계

(단위 : mm)

지속기간 재현기간	10 분	1 시간	2 시간	3 시간	4 시간	5 시간	6 시간	8 시간	10 시간	12 시간	18 시간	24 시간
5	20.6	50.4	79.0	98.5	111.5	121.7	132.2	147.1	159.2	170.3	194.6	214.8
10	23.5	58.4	92.2	115.6	130.9	143.0	155.0	172.2	186.8	201.0	232.1	258.4
20	26.3	66.0	104.8	132.0	149.5	163.5	177.0	196.3	213.3	230.4	268.0	300.3
30	27.8	70.4	112.1	141.4	160.2	174.9	189.5	210.2	228.5	247.3	288.6	324.4
50	29.8	75.9	121.2	153.2	173.6	189.8	205.3	227.5	247.5	268.5	314.4	354.5
100	32.5	83.2	133.5	169.0	191.7	209.5	226.5	250.8	273.2	297.0	349.3	395.2
200	35.1	90.6	145.7	184.8	209.7	229.1	247.7	274.1	298.8	325.5	384.0	435.7
300	36.7	94.9	152.8	194.1	220.2	240.2	260.1	287.7	313.7	342.1	404.3	459.3
500	38.7	100.3	161.9	205.7	233.4	254.6	275.7	304.9	332.5	363.1	429.8	489.1

### 3.6 권역별 확률강우강도식의 유도

장시간과 단시간으로 구분을 한 경우의 권역별 확률강우강도식은 표 4~8과 같다.

표 4. I 권역의 강우강도식과 편차

재현기간	지속기간	단시간	장시간
		(10분 ~ 2시간)	(2시간 ~ 24시간)
5년	식	$\frac{161.262}{(t-6.143)^{0.336}}$	$\frac{762.831}{(t+56.690)^{0.660}}$
	편차	0.0201	0.2854
10년	식	$\frac{183.904}{(t-6.109)^{0.300}}$	$\frac{772.062}{(t+47.159)^{0.585}}$
	편차	0.0421	0.0362
20년	식	$\frac{210.401}{(t-5.899)^{0.330}}$	$\frac{814.590}{(t+42.946)^{0.573}}$
	편차	0.0211	0.0439
30년	식	$\frac{223.654}{(t-5.826)^{0.328}}$	$\frac{809.808}{(t+37.526)^{0.561}}$
	편차	0.0475	0.0534
50년	식	$\frac{240.402}{(t-5.826)^{0.327}}$	$\frac{853.261}{(t+36.336)^{0.557}}$
	편차	0.0391	0.0494
100년	식	$\frac{264.417}{(t-5.737)^{0.326}}$	$\frac{888.908}{(t+32.499)^{0.548}}$
	편차	0.0135	0.0577
200년	식	$\frac{288.643}{(t-5.633)^{0.326}}$	$\frac{913.895}{(t+28.502)^{0.539}}$
	편차	0.0745	0.0655
300년	식	$\frac{302.180}{(t-5.604)^{0.325}}$	$\frac{949.842}{(t+27.804)^{0.537}}$
	편차	0.0338	0.0707
500년	식	$\frac{322.187}{(t-5.491)^{0.326}}$	$\frac{984.796}{(t+26.933)^{0.534}}$
	편차	0.0570	0.0821

표 5. II 권역의 강우강도식과 편차

재현기간	지속기간	단시간	장시간
		(10분 ~ 2시간)	(2시간 ~ 24시간)
5년	식	$\frac{182.167}{(t-6.696)^{0.323}}$	$\frac{1841.680}{(t+73.602)^{0.728}}$
	편차	0.0142	0.0399
10년	식	$\frac{202.662}{(t-6.822)^{0.313}}$	$\frac{1915.095}{(t+68.491)^{0.710}}$
	편차	0.0215	0.0661
20년	식	$\frac{221.587}{(t-6.950)^{0.305}}$	$\frac{2134.380}{(t+63.128)^{0.706}}$
	편차	0.0136	0.0890
30년	식	$\frac{231.420}{(t-7.031)^{0.300}}$	$\frac{2165.435}{(t+66.207)^{0.698}}$
	편차	0.0267	0.1051
50년	식	$\frac{246.923}{(t-7.042)^{0.297}}$	$\frac{2280.641}{(t+65.692)^{0.693}}$
	편차	0.0369	0.1260
100년	식	$\frac{264.298}{(t-7.160)^{0.291}}$	$\frac{2433.353}{(t+64.869)^{0.688}}$
	편차	0.0456	0.01431
200년	식	$\frac{281.861}{(t-7.240)^{0.286}}$	$\frac{2560.882}{(t+62.595)^{0.682}}$
	편차	0.0457	0.1787
300년	식	$\frac{294.512}{(t-7.227)^{0.286}}$	$\frac{3323.017}{(t+76.615)^{0.713}}$
	편차	0.0877	0.02080
500년	식	$\frac{307.879}{(t-7.280)^{0.283}}$	$\frac{2761.870}{(t+61.567)^{0.677}}$
	편차	0.0363	0.2158

표 6. III 권역의 강우강도식과 편차

재현기간	지속기간	단시간	장시간
		(10분 ~ 6시간)	(6시간 ~ 24시간)
5년	식	$\frac{289.681}{(t-2.060)^{0.452}}$	$\frac{1425.676}{(t+66.570)^{0.718}}$
	편차	0.0157	0.0441
10년	식	$\frac{321.926}{(t-2.002)^{0.442}}$	$\frac{1634.425}{(t+69.409)^{0.715}}$
	편차	0.0431	0.0452
20년	식	$\frac{351.091}{(t-2.038)^{0.434}}$	$\frac{1873.564}{(t+72.35)^{0.713}}$
	편차	0.0142	0.0518
30년	식	$\frac{373.451}{(t-1.869)^{0.433}}$	$\frac{1994.091}{(t+73.465)^{0.712}}$
	편차	0.0238	0.0763
50년	식	$\frac{398.320}{(t-1.808)^{0.431}}$	$\frac{2161.669}{(t+75.725)^{0.711}}$
	편차	0.0589	0.0795
100년	식	$\frac{424.356}{(t-1.888)^{0.424}}$	$\frac{2442.271}{(t+78.612)^{0.714}}$
	편차	0.0488	0.3674
200년	식	$\frac{463.185}{(t-1.655)^{0.424}}$	$\frac{2669.372}{(t+80.525)^{0.713}}$
	편차	0.0102	0.0999
300년	식	$\frac{480.202}{(t-1.661)^{0.422}}$	$\frac{2751.009}{(t+79.876)^{0.710}}$
	편차	0.0996	0.1086
500년	식	$\frac{505.727}{(t-1.588)^{0.421}}$	$\frac{2862.167}{(t+79.678)^{0.707}}$
	편차	0.0897	0.1166

표 7. IV 권역의 강우강도식과 편차

재현기간	지속기간	단시간	장시간
		(10분 ~ 6시간)	(6시간 ~ 24시간)
5년	식	$\frac{233.722}{(t-3.202)^{0.406}}$	$\frac{1557.606}{(t+91.234)^{0.717}}$
	편차	0.0126	0.0545
10년	식	$\frac{276.370}{(t-2.537)^{0.408}}$	$\frac{1816.549}{(t+93.501)^{0.714}}$
	편차	0.0491	0.0627
20년	식	$\frac{306.403}{(t-2.409)^{0.401}}$	$\frac{1965.186}{(t+91.799)^{0.705}}$
	편차	0.0608	0.0732
30년	식	$\frac{327.880}{(t-2.196)^{0.401}}$	$\frac{2142.563}{(t+93.858)^{0.706}}$
	편차	0.0297	0.0814
50년	식	$\frac{357.352}{(t-1.871)^{0.402}}$	$\frac{2369.361}{(t+96.505)^{0.710}}$
	편차	0.0673	0.0830
100년	식	$\frac{389.719}{(t-1.698)^{0.400}}$	$\frac{2559.122}{(t+96.453)^{0.706}}$
	편차	0.0557	0.0902
200년	식	$\frac{427.087}{(t-1.416)^{0.400}}$	$\frac{2779.034}{(t+96.481)^{0.705}}$
	편차	0.0185	0.1035
300년	식	$\frac{444.012}{(t-1.398)^{0.398}}$	$\frac{2884.526}{(t+95.612)^{0.703}}$
	편차	0.0306	0.1044
500년	식	$\frac{474.515}{(t-1.148)^{0.400}}$	$\frac{2855.375}{(t+90.663)^{0.693}}$
	편차	0.0894	0.1261

표 8. V 권역의 강우강도식과 편차

재현기간	지속기간	단시간 (10분 ~ 6시간)		장시간 (6시간 ~ 24시간)	
		식	편차	식	편차
5년	식	$\frac{216.068}{(t-4.116)^{0.435}}$		$\frac{498.840}{(t+21.213)^{0.387}}$	
	편차	0.0074		0.0399	
10년	식	$\frac{256.370}{(t-3.678)^{0.439}}$		$\frac{528.416}{(t+17.338)^{0.372}}$	
	편차	0.0491		0.0517	
20년	식	$\frac{293.874}{(t-3.380)^{0.442}}$		$\frac{558.252}{(t+14.312)^{0.361}}$	
	편차	0.0243		0.0680	
30년	식	$\frac{314.471}{(t-3.269)^{0.442}}$		$\frac{583.850}{(t+14.128)^{0.351}}$	
	편차	0.0363		0.0739	
50년	식	$\frac{344.361}{(t-3.038)^{0.445}}$		$\frac{625.628}{(t+14.637)^{0.335}}$	
	편차	0.0578		0.0824	
100년	식	$\frac{378.112}{(t-2.905)^{0.445}}$		$\frac{659.505}{(t+12.763)^{0.348}}$	
	편차	0.0057		0.0959	
200년	식	$\frac{411.227}{(t-2.846)^{0.444}}$		$\frac{707.664}{(t+12.124)^{0.345}}$	
	편차	0.0792		0.1109	
300년	식	$\frac{438.363}{(t-2.608)^{0.448}}$		$\frac{720.172}{(t+11.031)^{0.341}}$	
	편차	0.0682		0.1193	
500년	식	$\frac{463.904}{(t-2.540)^{0.446}}$		$\frac{753.513}{(t+10.868)^{0.338}}$	
	편차	0.0146		0.1288	

#### 4. 비교 고찰

##### 4.1 본 연구의 지점빈도해석결과와 본 연구의 지역빈도해석 결과의 비교

표 9에서 보면 지점빈도해석에 의한 확률강우량과 권역의 확률강우량간의 오차가 극히 미소한 것을 알 수 있다. 이는 지점의 적정분포형과 권역의 대표분포형이 일치하고 또한 평균면적확률강우량의 산정으로 인해 권역 확률강우량과의 차이가 적어지게 되는 결과라 할 수 있다.

표 9. 본 연구의 지점분포형과 대표분포형의 확률강우량의 비교

지점	지속기간 24시간	적정분포	재 현 기 간(년)							
			5년	10년	20년	30년	50년	100년	200년	300년
서울	지점분포	218.6	259.3	299.7	321.2	347.8	385.4	425.3	446.2	475.7
	대표분포	212.4	254.5	291.9	314.5	343.8	380.4	418.8	430.3	468.7
	오차(%)	-2.84	-1.85	-2.60	-2.15	-1.15	-1.29	-1.53	-3.56	-1.47
광주	지점분포	180.1	214.1	244.9	262.3	284.1	317.7	346.1	363.0	385.1
	대표분포	178.8	212.4	243.1	260.5	284.2	313.7	345.0	363.6	386.7
	오차(%)	-0.72	-0.79	-0.73	-0.69	+0.04	-1.26	-0.32	+0.17	+0.41
포항	지점분포	165.5	195.1	227.0	244.0	264.4	292.2	320.9	338.3	359.1
	대표분포	166.1	196.6	225.3	242.6	263.8	292.8	321.2	336.7	357.4
	오차(%)	+0.36	+0.76	-0.75	-0.57	-0.23	+0.20	+0.09	-0.47	-0.47

##### 4.2 기왕의 지점빈도해석결과와 본 연구의 지역빈도해석 결과의 비교

표 10에서 보면 본 논문에서 제안한 강우강도식에 의한 확률강우량과 기왕의 발표된 연구결과치 사이에 다소 차이가 있는데, 이는 기본자료에서 강우관측년수의 증가, 적용분포형 수 증가, 다양한 통계적인 기법의 사용 그리고 강우강도식 형태의 변화 등으로 인한 차이라 할 수 있겠다.

표 10. 기왕의 지점빈도해석과 본 연구 지역빈도해석간의 확률강우량 비교

지점	지속기간 24시간 적정 분포	재 현 기 간(년)								
		5년	10년	20년	30년	50년	100년	200년	300년	500년
서울	이원환	264.3	313.1	358.8	384.9	416.9	459.6	501.9	503.4	541.0
	본연구	212.4	254.5	291.9	314.5	343.8	380.4	418.8	430.3	468.7
	오차(%)	-19.6	-18.72	-18.6	-18.3	-17.5	-17.2	-16.6	-14.5	-13.4
광주	이원환	204.7	236.4	277.3	294.0	314.4	340.9	366.8	381.5	400.0
	본연구	178.8	212.4	243.1	260.5	284.2	313.7	345.0	363.6	386.7
	오차(%)	12.7	-10.15	-12.3	-11.4	-9.6	-8.00	-5.9	-4.7	-3.3
포항	이원환	131.9	149.5	163.7	165.7	170.2	178.6	186.0	197.8	-
	본연구	166.1	196.6	225.3	242.6	263.8	292.8	321.2	336.7	357.4
	오차(%)	+20.6	+23.96	+27.3	+31.7	+35.5	+39.0	+42.1	+41.3	-

#### 4.3 기왕의 지역빈도해석결과와 본 연구의 지역빈도해석 결과의 비교

표 11에서 보면 권역구분이 서로 다름으로 인해 오차의 범위가 큰 값을 가짐을 알 수 있으며 본 연구의 IV권역과 이원환에 의한 III권역 그리고 본 연구의 V권역과 이원환의 IV권역의 경우는 오차값이 상대적으로 매우 적은 수치를 보이고 있음을 알 수 있었다.

표 11. 기왕의 지역빈도해석과 본 연구의 지역빈도해석간의 확률강우량 비교

지속기간 24시간 발표자(권역명)	재 현 기 간(년)								
	5년	10년	20년	30년	50년	100년	200년	300년	500년
이원환(I 권역)	183.8	216.3	246.4	263.7	284.9	336.8	366.8	383.9	405.6
본연구(II 권역)	212.4	254.5	291.9	314.5	343.8	380.4	418.8	430.3	468.7
오차(%)	+13.47	+15.01	+15.59	+16.15	+17.13	+11.46	+12.42	+10.78	+13.46
이원환(II 권역)	208.7	245.9	280.4	301.1	325.1	356.9	388.7	407.3	430.8
본연구(III 권역)	178.8	212.4	243.1	260.5	284.2	313.7	345.0	363.6	386.7
오차(%)	-14.33	-13.62	-13.30	-13.48	-12.58	-12.10	-11.24	-10.72	-10.24
이원환(III 권역)	177.6	207.2	234.1	249.4	267.7	291.9	315.7	330.1	346.9
본연구(IV 권역)	166.1	196.6	225.3	242.6	263.8	292.8	321.2	336.7	357.4
오차(%)	-6.48	-5.12	-3.76	-2.85	-1.46	+0.31	+1.71	-1.96	+2.93
이원환(IV 권역)	157.8	189.0	222.3	240.4	263.0	294.6	326.6	345.2	369.5
본연구 (I 권역)	227.8	258.2	297.9	324.0	351.6	391.7	430.7	454.3	481.6
본연구 (V 권역)	166.1	196.6	225.3	242.6	263.8	292.8	321.2	336.7	357.4
오차(%)	+30.73	+26.80	+25.38	+25.80	+25.20	+24.79	+24.17	+24.01	+23.28
	+4.94	+3.87	+1.33	+0.91	+0.30	-0.07	-1.65	-2.46	-3.27

#### 5. 결 론

- ① 모수추정으로는 확률가중모멘트법이 가장 좋은 결과를 보였고 적정분포형으로는 Gumbel 분포가 가장 적합한 것으로 나타났다.
- ② 강우자료의 동질성 검정에 의해 우리나라를 5개의 권역으로 구분할 수 있었다.
- ③ 5개의 권역에 대한 권역분포형은 모수의 적정성 여부와 적합도의 만족여부를 바탕으로 판단한 결과 전 권역에 대해 Gumbel 분포가 가장 많은 인정 점점수를 획득하였다.
- ④ 각 권역에 대해 평균면적 확률강우량을 산정하여 평균면적 확률강우량-지속기간-재현기간의 관계를 도출하였고 이에 대해 새로운 형태의 강우강도식형으로 회귀분석을 실시하여 확률강우강도식을 유도·제시하였다.

#### 참고문헌

- 이재준, 이정식 (1999). "우리나라 도시배수시스템 설계를 위한 확률강우강도식의 유도", 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제32권, 제4호, pp. 403~415.
- Hosking, J. R. M.(1986). The theory of probability weighted moments, Research Report RC12210.
- Kite, G. W.(1978). Frequency and Risk Analyses in Hydrology, Water Resources Pub.