

평균 연강수량 산출을 위한 최소기간에 대한 연구

A Study on the Minimum Period for Estimating Mean Annual Precipitation

金 顯 峻*, 金 勝*, 金 炯 燮*, 鄭 成 園*
Kim, Hyeon-jun Kim, Sung Kim, Hyeong-seop Jung, Sung-won

Abstract

Since precipitation is variable with time and space, a mean annual precipitation should be estimated with adequate consideration of their variations. In Korea, the thirty-year period has been widely used to estimate the mean annual precipitation. However, the reasonability of the period length has not been validated yet. This paper analyzes this reasonability and seeks for the minimum period for estimating the mean annual precipitation with reasonable accuracy.

For this purpose, thirty-year accumulated moving averages were analyzed for the fourteen weather stations which have more than forty years of precipitation records, and the mean annual precipitation and standard deviation were also calculated by increasing data length from 1993 in reverse time steps with ignoring the missing period.

The results are as follows :

1. Except Ullung-do and Cheju, the mean of thirty years accumulated moving average of Korea is 1,216mm and the standard deviation is 27mm, and the trend is stable ;
2. For Ch'up'ungnyong and Cheju, the error of mean annual precipitation for precipitation with less than thirty percent data period of total data record, is in the range of $\pm 2\%$ and the remaining stations need more than fifty percent data periods of total data record for stable mean annual precipitation ; and
3. For Inch'on, Ch'up'ungnyong, P'ohang, Ulsan and Cheju, the error of mean annual precipitation, for precipitation with less than thirty years data, is in the range of $\pm 2\%$ and the remaining stations need more than forty years data. For $\pm 4\%$ error, thirty years data are enough except Kangnung, Seoul, Taegu and Ullung-do.
4. The region is divided into central region and southern region except Ullung-do and Cheju. For the central region, to reduce error of mean annual precipitation from $\pm 4\%$ to $\pm 2\%$, about additional twenty percent of data periods are necessary. But for the southern region, more than twenty percent of data periods are necessary.

I. 서론

우리나라의 수자원 계획을 비롯한 국토종합개발 계획은 최근 30년의 평균 연강수량을 바탕으로 5년마다 수립되고 있으나, 그 바탕이 되는 최근 30년의 평균 연강수량은 자체만으로도 기준년도에 따라 많게는 39%의 차이까지 가져올 수 있어(김승 등, 1993) 연강수량의 변동 성향에 대한 분석이 시급하다.

최근에는 우리나라뿐만 아니라 세계적으로도 홍수와 가뭄이 빈번히 발생하고 있어서 이에 대한 원인을 규명하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 그 중에서 가장 바탕이 되는 연구가 강수량의 변동 성향에 대한 분석이다.

우리나라 강수량의 장기 변동 성향에 대한 분석 결과는 양적인 측면에서 현재 수립되어 있는 수자원계획을 효율적으로 개선하는 기본자료로 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 빈도의 변동 등 질적인 측면에서 좀더 안전한 수문 설계 기준을 수립하는 바탕으로 사용될 수 있을 것이다.

김승 등(1993)은 서울지점 강수계열의 기록기간에 따른 통계적인 특성을 분석하기 위하여 현재를 기준으로 연도를 거슬러가면서 기록기간을 증가시켜 평균과 표준편차를 각각 계산하여 비교하였다. 저자들은 평균값과 표준편차는 기록기간에 따라 큰 차이를 보이나 기록기간이 100년을 초과하면 그 차이는 2% 범위내로 수렴함을 제시하였다.

본 연구에서는 근대적인 관측이 시작된 1904년 이후의, 강수기록을 40년 이상 보유하고 있는 기상청 산하 14개 관측소의 자료를 이용하여 30년 평균이 합리적인가를 판단하기 위한 30년 누가이동 평균 분석과 연평균 강수량 산정에 필요한 최소기간이 얼마인가를 결정하기 위한 지점별 분석을 실시하였다.

II. 강수 자료의 수집

1904년에 부산에서 근대적인 기상 관측을 한 이래로 1949년까지 전국 14개 지점에서 강수량을 측정하였으며, 현재는 기상청이 기상 관측 업무를 관

장하고 있다. 현재 기상청 산하에는 측후소와 관측소를 포함하여 총 71개 지점에서 관측을 하고 있다.

연대별로 증가된 관측소의 수는 <Table 1>과 같은데, 1945년 이전에는 10개의 관측소가 있었으나 1973년에 전국적인 관측망의 확충 작업으로 현재 그 수는 71개소로 늘었다. 또한 최근에는 281개의 자동 기상 관측 장비(AWS)를 설치하여 운영하고 있다.

<Table 1> Number of increased meteorological observation stations in each period

Period	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990
Station	4	2	1	2	5	-	10	37	8	2

각 지점의 관측개시부터 1993년까지 연강수량을 일강수량으로부터 계산한 후 기본적인 통계치를 계산하여 <Table 2>에 정리하였다. 기록 기간이 가장 긴 지점은 부산 지점으로서 89년간의 기록이 있으며 연평균은 1,434.4mm, 표준편차는 351.7mm이고 최대치는 2,200.5mm이며 최소치는 772.7mm이다. 또한 기록년수에 상관없이 평균 강수량이 가장 큰 지점은 성산포로서 1,822.2mm이며 제주도를 제외하고는 남해의 1,746.6mm가 제일 많다. 평균 강수량이 가장 적은 지점은 의성으로서 8mm이며 남해의 56%에 불과하다.

<Table 2> The statistics of annual precipitation of weather stations operated by Korea Meteorological Administration

Code	Station	Re-cords (yr)	Mean (mm)	Standard deviation (mm)	Max. (mm)	Min. (mm)
090	Sokch'o	26	1323.4	227.9	1887.4	927.9
095	Ch'orwon	6	1260.7	449.0	2157.9	971.3
100	Taegwallyong	22	1667.4	403.2	2461.5	1145.3
101	Ch'unch'on	28	1282.0	276.0	2009.8	927.6
105	Kangnung	80	1318.7	293.6	2416.9	741.1
106	Tonghae	2	-	-	-	-
108	Seoul	82	1301.2	326.8	2268.6	633.7
112	Inch'on	43	1136.8	246.4	1927.0	601.3
114	Wonju	21	1278.8	244.1	2023.5	899.6
115	Ullung-do	55	1328.6	281.8	1907.3	769.7
119	Suwon	30	1293.1	263.5	1938.4	851.4
129	Sosan	26	1194.9	234.7	1709.3	686.6
130	Ulchin	22	1109.9	229.7	1550.7	684.4
131	Ch'ongju	27	1206.2	229.1	1676.2	850.2
133	Taejon	25	1341.6	254.0	1880.7	921.8

Code	Station	Records (yr)	Mean (mm)	Standard deviation (mm)	Max. (mm)	Min. (mm)
135	Ch'up'ungnyong	42	1173.8	216.4	1605.6	761.7
136	Andong	11	1056.8	201.6	1334.1	709.3
138	P'ohang	44	1090.3	230.9	1586.9	647.4
140	Kusan	26	1183.3	272.9	1769.2	708.9
143	Taegu	85	997.9	238.0	1564.6	581.0
146	Chonju	75	1252.7	320.9	2074.4	673.4
152	Ulsan	48	1283.5	305.2	2058.9	832.3
155	Masan	9	1581.9	444.4	2349.1	823.8
156	Kwangju	54	1297.2	295.8	1995.6	779.0
159	Pusan	89	1434.4	351.7	2200.5	772.7
162	Ch'ungmu	26	1421.2	321.0	2079.0	846.7
164	Muan	1	-	-	-	-
165	Mokp'o	88	1095.3	263.3	1751.1	675.3
168	Yosu	50	1372.2	323.3	2451.5	787.2
170	Wando	21	1437.7	356.4	2193.3	898.8
184	Cheju	70	1426.3	303.7	2420.6	774.5
185	Cheju Upper	6	1106.1	241.6	1504.0	746.3
189	Sogwip'o	33	1784.4	399.4	3244.3	1145.8
192	Chinju	24	1521.4	365.5	2191.8	932.2
201	Kanghwa	21	1289.2	296.3	2297.8	954.1
202	Yangp'yong	21	1269.2	266.4	2146.9	769.0
203	Ich'on	21	1303.5	295.9	2231.4	949.0
211	Inje	21	1072.6	258.0	1640.6	669.9
212	Hongch'on	21	1265.5	290.1	2251.3	864.2
214	Samch'ok	21	1248.0	238.2	1714.2	894.8
216	T'aebaek	8	1321.0	271.9	1747.6	1002.1
221	Chech'on	21	1289.1	301.3	1884.8	750.7
223	Ch'ungju	21	1160.6	259.2	1840.6	844.4
226	Poun	21	1225.4	279.3	1881.5	841.7
232	Onyang	21	1189.3	248.6	1785.8	712.0
235	Taech'on	21	1203.6	304.4	1897.5	726.5
236	Puyo	21	1295.0	298.2	2137.5	829.6
238	Kumsan	21	1245.3	244.6	1827.3	750.2
243	Puan	21	1228.2	263.9	1671.4	707.0
244	Imshil	21	1337.7	292.1	1912.1	766.5
245	Chongju	21	1273.2	240.3	1655.7	768.4
247	Namwon	21	1317.8	317.3	1903.9	803.5
248	Changsu	6	1391.5	344.2	1835.1	850.3
256	Sungju	21	1473.3	343.3	2175.0	790.0
260	Changhung	21	1475.0	355.7	2357.4	837.4
261	Haenam	21	1324.3	350.7	2135.7	791.2
262	Kohung	21	1486.1	355.2	2484.7	921.2
265	Songsanp'o	21	1822.2	453.2	3193.9	1069.8
271	Ch'unyang	6	1154.0	219.8	1408.8	873.5
272	Yeongju	21	1167.3	236.5	1623.5	667.6
273	Chomch'on	21	1172.4	234.7	1624.1	743.9
277	Yongdok	21	1043.3	164.0	1434.9	791.1
278	Uisong	21	982.8	153.0	1234.7	697.5
279	Sonsan	21	1003.2	204.9	1413.3	661.4
281	Yongch'on	21	1010.6	201.8	1349.7	695.4
284	Koch'ang	21	1261.1	327.7	1957.5	689.7
285	Hapch'on	21	1277.0	314.7	1854.0	759.8
288	Miryang	21	1240.0	284.0	1697.6	624.8
289	Sanch'ong	21	1472.1	409.3	2493.4	758.8
294	Koje	21	1734.1	430.1	3045.9	1217.1
295	Namhae	21	1746.6	394.1	2651.6	1099.1

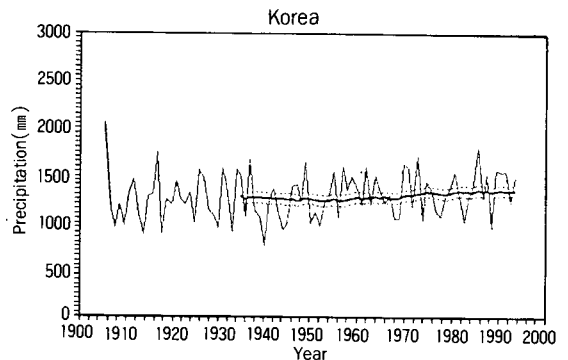
III. 강수기록의 시간적 변동성향 분석

강수는 시간에 따라 변하는 양이다. 강수는 시간적으로 큰 폭으로 변한다. 계절에 따라 강수가 거의 발생하지 않는 계절이 있는가 하면 강수가 집중적으로 발생하는 홍수기간도 있다. 또한 강수는 연도별로도 큰 차이를 보인다. 강수량이 평년보다 훨씬 적었던 해가 있는가 하면 강수량이 평년의 두배 이상 발생하는 해도 있다. 이와같이 강수는 시간에 따른 함수량이라고 할 수 있으므로 강수의 특성을 파악하기 위해서는 시간적인 변동성향을 분석할 필요가 있다.

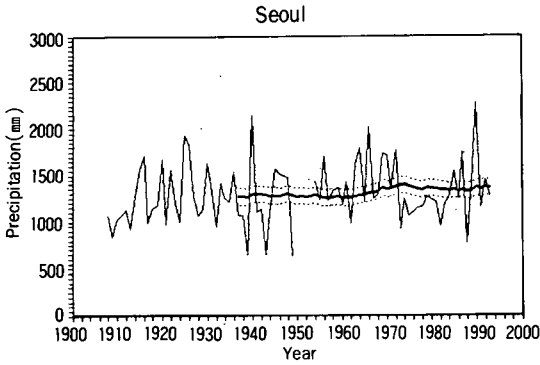
1. 30년 누가이동평균 분석

강수 기록이 40년 이상인 14개 지점에 대하여 연강수량의 30년 누가이동평균을 분석하였으며 그 결과는 <Table 3>에 정리하였다. 30년을 선택한 이유는 세계기상기구(WMO)가 지점의 연평균 강수량을 구할 때 권장하는 기간이기 때문이다. 울릉도와 제주를 제외한 전국의 30년 누가이동평균들의 평균은 1,215.6mm이며 표준편차는 26.6mm로서 큰 변동이 없는 모습이다(Fig. 1~Fig. 3 참조).

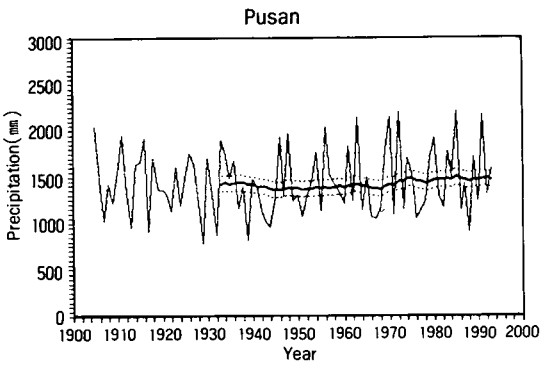
울릉도의 경우만 30년 누가이동평균선이 다른 지점과는 달리 감소하는 것으로 나타났는데, 1964년부터 1974년까지의 강수가 적고 1964년 이전과 이후로 크게 대별되는 것과 관련이 있다고 보여지는데 그 이유는 단정짓기 어렵다(Fig. 4 참조). 그 이외의 지점에서는 다소의 차이는 있지만 30년 누가이동평균의 변동이 비교적 적었다.



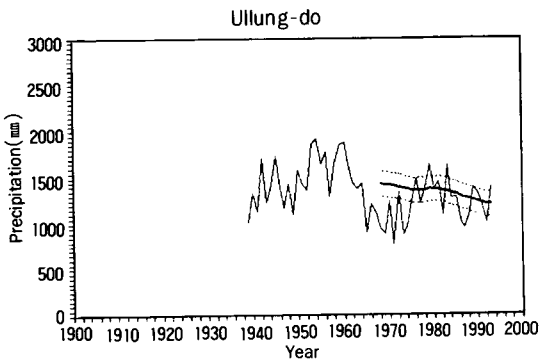
<Fig. 1> Annual precipitation and 30 years accumulated moving average(Korea)



<Fig. 2> Annual precipitation and 30 years accumulated moving average(Seoul)



<Fig. 3> Annual precipitation and 30 years accumulated moving average(Pusan)



<Fig. 4> Annual precipitation and 30 years accumulated moving average(Ullung-do)

2. 안정적인 연평균 강수의 산정

우리나라의 강수는 매년 큰 폭으로 변동하고 있으며 그 변동하는 경향도 기간에 따라 특성이 다르다. 따라서 연평균 강수량 또는 연강수량의 표준편

<Table 3> 30 years accumulated moving average of each station

Station Item	Kang-nung	Seoul	Incheon	Ch'up'ung-yong	p'ohang
Data(yr)	53	57	13	13	14
Mean(mm)	1290.0	1314.4	1143.8	1154.5	1090.2
STD(mm)	60.7	44.5	9.0	12.8	7.9
Max.(mm)	1397.3	1404.5	1163.9	1174.8	1109.0
Min.(mm)	1181.0	1255.5	1130.4	1135.3	1077.7
Station Item	Taegu	Chonju	Ulsan	Kwangju	Pusan
Data(yr)	56	46	19	25	61
Mean(mm)	988.0	1273.2	1277.1	1302.2	1416.9
STD(mm)	25.4	30.5	11.8	34.3	42.6
Max.(mm)	1040.9	1319.2	1304.1	1350.6	1504.4
Min.(mm)	948.7	1209.1	1251.9	1233.1	1352.7
Station Item	Mokpo	Yeosu	Korea	Ullung-do	Cheju
Data(yr)	59	22	60	26	42
Mean(mm)	1105.4	1388.2	1215.6	1329.5	1426.8
STD(mm)	21.4	22.0	26.6	68.9	16.3
Max.(mm)	1146.4	1430.3	1264.7	1422.3	1457.0
Min.(mm)	1061.5	1347.5	1173.1	1198.4	1386.6

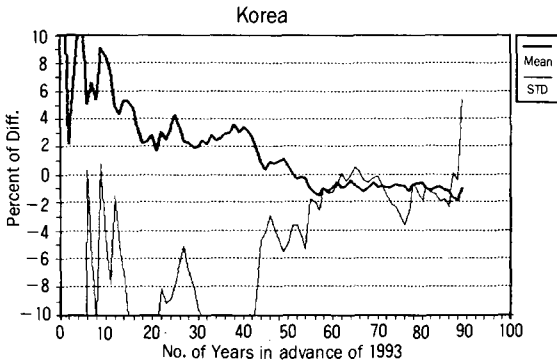
차도 계산기간에 따라 다르다. 연강수량을 연도에 상관없이 독립적으로 발생하는 임의 변수라고 가정한다면, Central Limit 정리에 의하여 자료기간이 증가함에 따라 기록기간에 따른 통계치의 차이가 감소하리라고 기대할 수 있다.

기간에 따른 연평균 강수량의 변화를 파악하기 위하여 각 지점별로 1993년부터 결측기간을 무시하고 차례대로 누가하면서 연평균 강수량과 표준편차를 산정하였다. 이러한 방법은 Kim(1993) 등에 의해 서울지점의 장기간 강수기록의 변동 성향을 분석하는 데 적용된 바 있다.

각 기간별로 산정된 연강수량의 평균과 표준편차를 전체기간의 통계치(평균, 표준편차)에 대한 백분율의 차이로 표시하였는데 <Fig. 5>는 전국의 경우를 도시한 것이다. 굵은 실선이 평균을 도시한 것인데 기록년한이 55년 이상이면 0으로 접근하는 것을 알 수 있다. 기록년한이 17년 이상이면 $\pm 4\%$ 내외의 범위에 들며 기록년한이 43년 이상이 되어야 $\pm 2\%$ 의 범위에 들게 된다. 즉 전국의 연평균 강수량을 구할 때 43년 이상의 자료를 사용하여야 $\pm 2\%$ 의 오차 범위내에 있다고 할 수 있다.

이러한 방법을 40년 이상의 측정 자료가 있는 14개 지점에 대해 안정적인 연평균 강수량을 구하

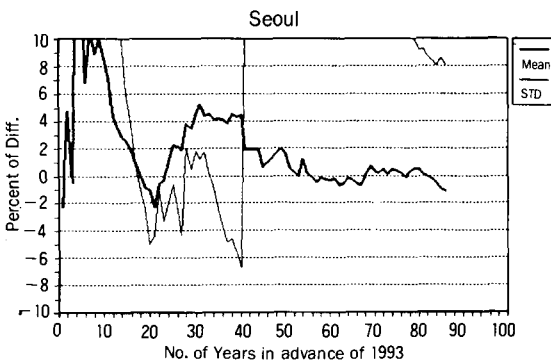
기 위한 최소 자료 기간을 추정하고(Fig. 6 참조) 각 지점의 전체 자료 기간에 대한 백분율로 표시하



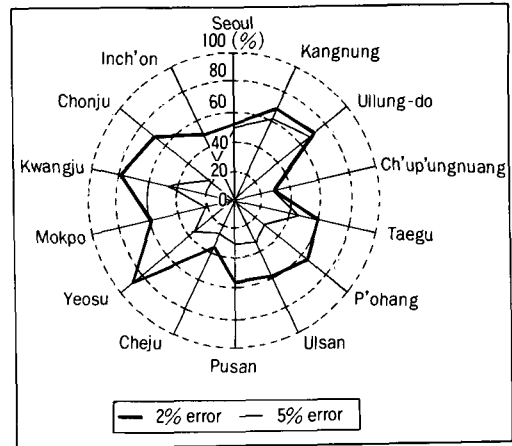
<Fig. 5> Percent of difference of means and standard deviations from the values for the entire series.(Korea)

여 <Table 4>와 <Fig. 7>에 정리하였다. 특이할 만한 사항은 추풍령과 제주 지점은 전체 자료 기간의 30% 내외의 기간인 12년, 24년의 자료만으로도 $\pm 2\%$ 오차 범위안에 들어 오며, 그 이외의 지점은 전체 자료 기간의 절반 이상의 자료 기간이 필요한 것으로 나타났다. 특히, 여수의 경우는 $\pm 2\%$ 의 허용오차안에 있으려면 전체 자료의 90%인 45년간의 자료가 필요하다.

또한 $\pm 2\%$ 의 허용오차와 $\pm 4\%$ 의 허용오차 범위안으로 평균을 구하는 기간의 차이가 20% 미만인 지점은 강릉, 서울, 인천, 추풍령, 대구, 울릉도, 제주 등이며 나머지 지점은 20% 이상의 자료



<Fig. 6> Percent of difference of means and standard deviations from the values for the entire series.(Seoul)



<Fig. 7> The percent of minimum periods for the stable mean annual precipitation

기간 차이가 있다. 이것은 울릉도와 제주를 제외하면 중부 지방과 남부 지방으로 구분할 수 있는데, 중부 지방에서는 $\pm 4\%$ 정도의 오차 범위안으로 연평균 강수량을 구하기 위한 기간에서 오차를 $\pm 2\%$ 로 줄이려면 전체 자료 기간의 20% 정도의 자료 기간을 추가하면 되지만 남부 지방에서는 그 이상의 자료 기간이 필요한 것을 의미한다.

<Table 4> Minimum periods for the stable mean annual precipitation

Station	Error	Record (yr)	$\pm 2\%$		$\pm 4\%$	
			(%)	(yr)	(%)	(yr)
Kangnung		80	69	55	60	48
Seoul		82	51	42	49	40
Incheon		43	49	21	28	12
Ch'up'ungnyong		42	29	12	26	11
P'ohang		44	64	28	27	12
Taegu		85	59	50	47	40
Chonju		75	71	53	21	16
Ulsan		48	58	28	33	16
Kwangju		54	80	43	50	27
Pusan		89	56	50	30	27
Mokpo		88	59	52	19	17
Yeosu		50	90	45	36	18
Korea			60	43	37	17
Ullung-do		55	73	40	67	37
Cheju		70	34	24	26	18

IV. 결론

수자원계획을 비롯한 각종 계획에 사용되고 있는 우리나라의 강수량은 최근 30년 평균을 이용하

고 있는데, 30년 평균이 과연 연평균 강수량을 대표하고 있는가를 비교적 강수기록이 충실한 기상청의 14개 관측소를 대상으로 분석하였다. 분석방법으로는 세계기상기구에서 권장하고 있는 30년에 대한 누가이동평균을 구하였으며 안정적인 연평균 강수를 구하기 위한 최소기간을 알아내기 위해 1993년부터 결측기간을 무시하고 누가하면서 연평균 강수량과 표준편차를 산정하여 전체기간의 평균값과 비교하였다.

분석결과는 다음과 같다.

1. 울릉도와 제주를 제외한 전국의 30년 누가이동평균들의 평균은 1,216mm이며 표준편차는 27mm이고 비교적 안정적인 모습을 보였다.
2. 안정적인 연평균 강수를 구하기 위한 최소기간을 분석한 결과 추풍령, 제주 등의 지점은 전체 자료 기간의 30% 내외의 자료기간으로도 $\pm 2\%$ 오차 범위안에 들어 오며 이 이외의 지점은 전체 자료 기간의 50% 이상의 자료가 있어야 한다.
3. 안정적인 연평균 강수를 구하기 위한 최소기간을 분석한 결과 인천, 추풍령, 포항, 울산, 제주 등의 지점은 30년 미만의 자료만으로도 $\pm 2\%$ 오차 범위안에 들어 오지만 이 이외의 지점에서는 40년 이상의 자료를 사용하여야만 하는 것으로 계산되었다. 그러나 $\pm 4\%$ 오차의 경우는 강릉과 서울, 대구, 울릉도를 제외하고는 모두 30년 자료기간으로도 충분한 것으로 계산되었다.
4. 울릉도와 제주를 제외하고 중부 지방과 남부 지방으로 구분할 수 있는데, 중부 지방에서는 $\pm 4\%$ 정도의 오차를 $\pm 2\%$ 오차로 줄이기 위해서는 전체 자료 기간의 20% 정도의 자료기간을 더 추가하면 되지만 남부 지방에서는 20% 이상의 자료기간이 더 필요하다.

감사의 글

이 연구는 1994년도 국제수문개발계획(IHP)의 연구비 지원을 받아 수행된 “우리나라 강수의 장기변동 성향 분석”의 일부분이며 연구에 지원을 하여 주신 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김승, 정성원, 김현준, 1993. 기후변화가 수문과 수자원에 미치는 영향, 기후변화가 한반도에 미치는 영향에 관한 심포지엄(1993. 7. 14), <Ⅱ. 해양, 수문학분야>, 한국과학기술연구원, pp. 79~102.
2. Kim, S., S. Jung, and H. Kim, “Temporal variation of precipitation trend at Seoul, Korea, 1774~1991”, American Society of Civil Engineering Specialty Conference on Hydraulic Engineering and International Symposium Hydrology 1993. pp. 19~24

약 력

김 현 준



1986. 서울대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1988 서울대학교 대학원 농학석사
 현재 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원
 KCID 비구조홍수관리 분과위원

김 승



1979 서울대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1980-87. 미국 University of Idaho 석사 /박사
 1985-87. 미국 University of Idaho 연구원
 현재 한국건설기술연구원 기획조정실 실장/수석연구원
 한국수자원학회 학회지 편집위원
 대한토목학회 수공분과위원회 간사

김 형 섭



1989. 서울대학교 공과대학 토목공학과 졸업
 1991. 서울대학교 대학원 공학석사
 현재 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원

정 성 원



1985. 고려대학교 공과대학 토목공학과 졸업
 1987. 고려대학교 대학원 공학석사
 현재 한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원