

〈論 文〉

수자원 계획을 위한 과거 강수량자료의 분석
 An Analysis of Historical Precipitation data
 for Water Resources Planning

이 동 루*, 홍 일 표*, 김 남 원**, 서 병 하***
 LEE Dong Ryul, HONG Il Pyo, KIM Nam Won and SEO Byeong Ha

Abstract □ A statistical characteristics, relations of calendar and water year, and frequencies of precipaitaion which are necessary for water resources planning were analyzed with long historical data(1905-1991 years). And the analysis of precipitation of the drought periods in 1967-1968 years was carried out. The study basins are the five major rivers in Korea.

As a results of this study, annual precipitation shows an increasing trend but its variation has no statisti-cal significance. The relations of calendar and water year precipitation is presented, it shows that there are little difference of the total precipitation between them. The annual minimum series of total precipitation for the periods of 3, 6, 9, and 12 months by water year are constructed, and frequency precipitation for each periods using 2-parameter lognormal distribution is presented. The analysis of the precipitation in 1967-1968 years shows in a natural river basins that it would be a moderate drought, if dry seasons(Oct-May) or wet seasons(Jun-Sep) has 75 percents of historical mean precipitation of the same periods. And if it has less than 60 percents of historical mean precipitation, it would be a severe drought.

요 지 : 수자원 계획을 위하여 기본적으로 필요한 과거 강수량자료의 통계적 특성, 역년(calendar year)과 수문년(water year)의 연강수량 관계, 기간별 총강수량의 빈도 등을 장기간 과거 강수량을 이용하여 분석하였다. 또한 우리나라의 수자원 계획에 많이 이용해 왔던 1967-1968년 한발기간의 강수량을 분석하였다. 대상유역은 한강, 낙동강, 금강, 섬진강, 영산강 유역으로, 기상청 65개 우량관측소의 1905-1991년 기간 자료를 이용하였으며, Thiessen 가중법으로 유역평균강수량을 산정하여 분석하였다. 본 연구의 결과에서 우리나라의 연강수량은 전체적으로 증가하는 경향이 있었으나 통계적 검정결과 그 변동량의 유의성이 없었다. 역년과 수문년의 연강수량 관계식을 제시하였으며, 두 기간의 연강수량은 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 3, 6, 9 그리고 12개월 기간에 따른 총강수량의 연최저치계열을 작성하였고, 2변수 대수정규분포를 이용하여 각 기간별 빈도강수량을 제시하였다. 1967-1968년 강우분석의 기준으로 볼 때, 댐 등에 의한 수자원 개발이 얹된 자연하천 유역에서 전기(10-5월) 또는 우기(6-9월)의 총강수량이 과거 평균강수량의 약 75%정도를 기록하면 한발을 초래하고, 약 60% 정도의 강수량이면 심한 한발을 초래 한다고 할 수 있다.

1. 서 론

우리나라 수자원의 주된 개발은 1950-1960년대
 의 용수공급에서, 1970-1980년대의 용수공급·홍
 수관리, 1990-2000년대의 용수공급 홍수관리 및

* 정회원 : 한국건설기술연구원 연구원
 ** 정회원 : 한국건설기술연구원 선임연구원
 *** 정회원 : 한국건설기술연구원 연구위원

환경보전 등 수자원 개발은 물론 관리의 합리화로 변화되고 있다(수자원장기종합계획, 건설부, 1990). 이와 같은 개발동향은, 국토이용 및 보전 면에서 수자원에 대한 중요성이 더해가고 있으며, 수자원에 관한 문제들이 더욱 다분화 되어 가고 있음을 반영하고 있다고 할 수 있다. 또한 경제성장에 따른 용수수요의 국민적 욕구가 다양화 되어 용수확보 면에서 물의 안정적 공급은 시기에 따라 변함없이 충족되어야 할 요소임을 제시하고 있다.

우리나라는 현재 뿐만 아니라 21세기에 대비한 수자원의 수요와 공급을 전망한 결과 물 수요는 1988년의 249억 m^3 에서 2011년에는 약 370억 m^3 으로 증가할 것으로 전망되었고, 이와 같은 물 수요의 증가는 기존 댐 및 하천수에 의한 용수공급으로는 물 부족을 초래하여 지속적인 수자원 개발이 필요하다고 전망하였다(수자원장기종합계획, 건설부, 1990). 수자원장기종합계획(건설부, 1990)에서는 1967년 10월에서 1968년 9월의 하천유황이 재현된다는 가정하에서 용수공급 가능량을 추정하였으며, 이 기간의 유출량 빈도는 약 10-30년으로 제시하고 있다.

우리나라의 수자원 계획에서 용수공급량 평가를 위한 기초 수문분석은 장기간의 유량자료가 빈곤하여 강수량자료를 이용하여 용수공급 가능량을 추정하는 경우가 많다. 수자원 계획시 용수공급 가능량은 과거 수문자료를 분석을 통하여 이루어지며, 과거 자료특성이 미래에도 재현된다는 가정에서 출발하므로, 가능한 장기간의 신뢰성 있는 자료의 분석이 필요하다. 이와 함께 최근 기후변화를 초래하는 지구온실 효과는 기정사실로 받아들여지고 있고(Houghton, 1991), 기후변화에 따른 강수량의 변동이 세계 여러 지역에 나타나고 있어, 기후변화에 의한 수자원의 영향은 미래의 수자원 계획과 정책 수립에 고려해야 할 요소가 되었다. 그러나 미래의 기후변화에 대한 정확한 예측은 거의 불가능하여 미래의 수자원 정책수립에 많은 어려움을 주고 있다. 현재 미래의 수자원 계획을 수립하기 위하여 가능한 하나의 방법은 전통적인 수단인 수자원의 공급과 수요의 균형을 평가하는 것이다. 이들 평가는 수자원 정책결정을 위한 대안제시와 효율적인 수자원 관리를 위하여 반드시 필요하며, 이를 위해

서는 역시 충분한 과거 수문자료의 분석이 필요하다.

본 연구에서는 수자원 계획시 용수수급 계획에서 기본적으로 파악해야 할 강수특성을 장기간의 자료를 이용하여 포괄적으로 분석하였다. 대상유역은 우리나라의 주요 하천인 한강, 낙동강, 금강, 섬진강 그리고 영산강이며, 분석을 위하여 광범위한 과거 기록자료를 수집하였고, 연강수량의 변화, 강수량의 통계적 특성, 역년과 수문년의 연강수량 관계, 지속기간별 빈도를 분석하였다. 또한 우리나라 수자원 계획에서 많이 이용되어 왔던 1967-1968년 한발기간의 강수량을 분석하였다.

2. 강수량자료의 수집

우리나라 주요 하천유역의 강수특성을 분석하기 위하여 기상청 65개 관측소의 강수량자료를 수집하였다. 기상청의 관측소는 인천, 목포, 부산 관측소가 1904년에 기상관측을 시작하였으며 대부분의 관측소가 1971년에 신설되어 관측을 개시하고 있다. 따라서 자료기록년수는 7개 지점이 87년이며, 대부분의 지점이 최근 22년이다. 강수량을 분석하기 위해서는 기록년수가 많고 같은 관측기간의 강수량자료를 이용하는 것이 바람직하다. 수자원장기종합계획('91-2011)보고서(한국수자원공사, 1990)에서는 1905-1988년 동안 적어도 70년 이상의 관측기록이 있는 7개 지점 즉, 강릉, 서울, 인천, 대구, 전주, 부산, 목포의 자료를 이용하여 주성분 분석기법(principal component analysis)으로 기록년수가 짧은 지점을 보완하여 65개 기상청 관측소 자료를 84년(1905-1988)의 자료년수로 확충하였다. 본 연구에서는 이 확충자료와 88년 이후에 관측된 3개년(1989-1991)자료를 수집하여 65개 관측소의 87년(1905-1991) 강수량자료를 이용하여 강수특성을 분석하였다.

3. 연강수량의 변화

우리나라에서 현재까지 발표된 연평균강수량은 자료분석기간과 지점에 따라 많은 차이가 있다. 우리나라의 연평균강수량추정(한국건설연구원,

표 3.1 우리나라 연평균강수량의 변화

(단위 : mm)

연구 자료 년도 방법	최영박 (1976) ?-1973년	김광식 (1976) ?-1975년	이병설 등 (1982) ?-1981년	정귀원 등 (1986) ?-1982년	한국건설기술 연구원 (1990) 1972-1987년	한국수자원 공사 (1990) 1959-1988년	과학기술처 (1992) 1904-1990년	본 연구 (1993) 1959-1991년
산술평균법	-	-	1,189.7	1,249.9	1,285.2	-	-	-
Thiessen 가중법	-	-	-	1,226.9	1,266.6	1,274 (1,264)	1,263.7	1,294 (1,281)
등우선법	-	-	-	1,219.1	1,263.5	-	-	-
평균	1,159	1,190	1,189.7	1,232.0	1,232.0	1,274 (1,264)	1,263.7	1,294 (1,281)

* ()는 도서지방(제주도, 울릉도, 강화도, 안면도, 완도, 남해도, 거제도)을 제외한 연평균강수량 임.

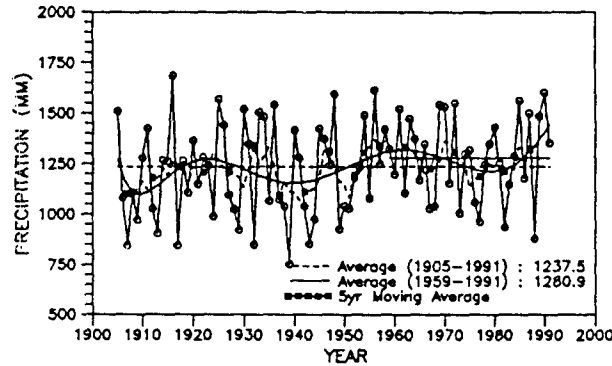


그림 3.1 우리나라의 연강수량의 경년변화(도서지방 제외)

1988), 한반도 기후변화 감시 및 이상기상에 관한 연구(과학기술처, 1990)에 수록된 연평균강수량과 본 연구의 분석에 의한 연평균강수량은 표 3.1과 같으며, 최근 자료를 이용하여 분석한 경우의 연평균강수량이 과거 기간을 이용한 경우보다 더 증가했음을 보여 주고 있다.

연강수량의 경년변화(1905-1991)를 그림 3.1에 나타냈으며, 1905-1991년 기간의 연평균강수량은 1,238mm이고, 전반적인 연강수량의 증가경향을 보여주고 있다.

4. 역년과 수문년의 연강수량 관계

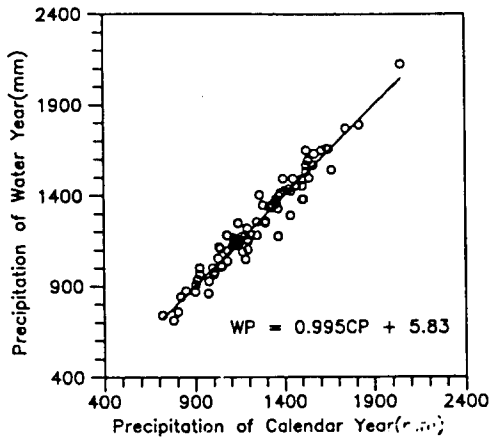
본 연구에서 이용하는 역년은 1월-12월을 말하며, 수문년은 현재년을 기준으로 이전해 10월에서 현재 역년의 9월까지를 말한다. 한강, 낙동강, 금강, 섬진강, 영산강의 역년과 수문년의 연강수량의

관계와 관계식을 그림 4.1(a), (b), (c), (d), (e)에 각각 나타냈다. 이들 관계식의 결정계수(R^2)는 0.99-1.00으로 나타났다. 그림에서 CP는 역년의 연강수량, WP는 수문년의 연강수량이다. 이들 관계에서 역년과 수문년의 연강수량은 차이가 거의 없음을 알 수 있다. 따라서 연강수량을 이용하는 분석에 있어서 양적인 면에서는 역년과 수문년 중 어느 것을 적용하더라도 결과에 큰 차이가 없을 것이라고 판단된다.

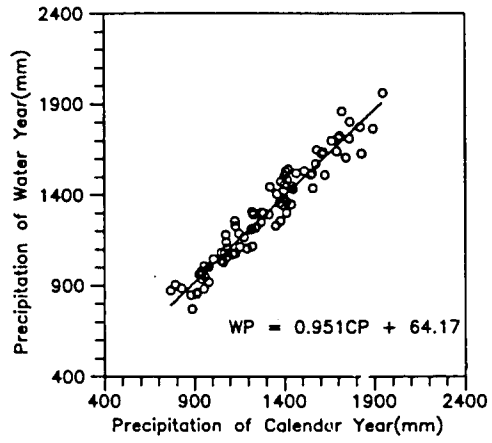
5. 유역별 연강수량의 통계적 특성

강수량의 통계적 특성과 기간에 따른 변동을 비교분석하기 위하여 강수량자료의 분석기간을 1905-1958년과 1959-1991년 기간으로 구분하여 분석하였다. 유역별 연평균강수량, 표준편차, 왜곡도계수, 최대 및 최소강수량을 분석하여 표 5.1에 나타

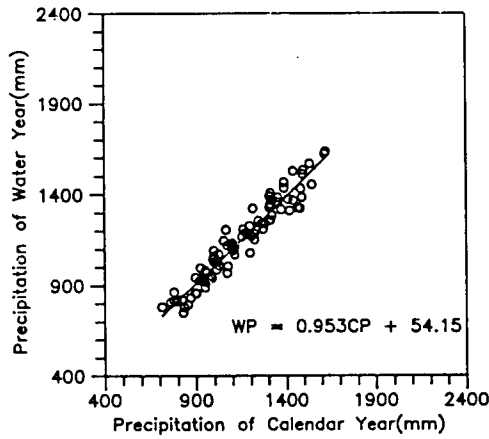
(a) Han River Basin



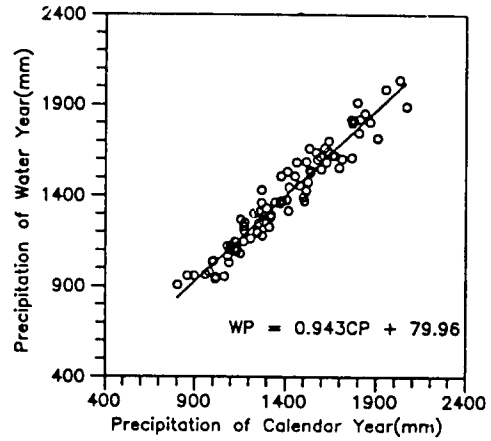
(d) Yungsan River Basin



(b) Nakdong River Basin



(e) Sumjin River Basin



(c) Gum River Basin

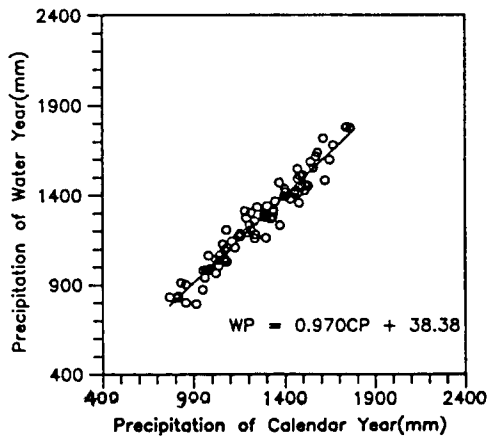


그림 4.1 유역별 역년과 수문년의 연강수량 관계

표 5.1 유역별 연강수량의 통계학적 특성

유역	기 간	연평균강수량 (mm)	표 준 편 차 (mm)	왜곡도계수	최 대 (mm)	최 소 (mm)
한 강	1905-1958	1,213	261	0.26	1,820 (1925)	717 (1939)
	1959-1991	1,316	237	0.80	2,048 (1990)	923 (1973)
	1905-1991	1,248	261	0.44	2,048 (1990)	717 (1939)
낙동강	1905-1958	1,130	234	0.30	1,622 (1916)	713 (1939)
	1959-1991	1,186	213	-0.13	1,547 (1985)	778 (1988)
	1905-1991	1,148	223	0.14	1,622 (1916)	713 (1939)
금 강	1905-1958	1,249	258	0.07	1,762 (1948)	768 (1939)
	1959-1991	1,277	219	-0.08	1,737 (1987)	833 (1988)
	1905-1991	1,257	243	0.10	1,762 (1948)	768 (1939)
섬진강	1905-1958	1,368	287	0.32	2,026 (1916)	858 (1939)
	1959-1991	1,436	292	0.04	2,065 (1985)	802 (1988)
	1905-1991	1,391	282	0.22	2,065 (1985)	802 (1988)
영산강	1905-1958	1,274	279	0.27	1,946 (1916)	766 (1939)
	1959-1991	1,340	297	0.09	1,892 (1985)	790 (1988)
	1905-1991	1,297	281	0.18	1,946 (1916)	766 (1939)
전 국	1905-1958	1,211	238	0.09	1,686 (1916)	754 (1939)
	1959-1991	1,281	205	-0.20	1,604 (1990)	880 (1988)
	1905-1991	1,238	227	-0.05	1,683 (1916)	754 (1939)

* ()는 발생년도를 나타내며 연평균강수량은 도서지방을 제외한 것임.

냈다.

표 5.1에서 1959-1991년의 연평균강수량은 1905-1958년 기간보다 유역별로 약 30-100mm의 증가를 보이고 있다. 유역별 증가량은 한강유역이 약 100mm로 가장 크게 나타났으며, 금강유역은 약 30mm의 증가로 가장 낮다. 또한 우리나라의 전 유역의 연평균강수량은 약 70 mm가 증가한 것으로 나타났다. 표준편차의 변화는 연평균강수량에 비하

여 큰 변화는 없으나, 1959년 이전보다 이후가 작게 나타났다.

본 연구에서는 위와 같은 변화가 최근의 온실효과에 의한 기후변동 또는 분석 자료년수의 차이에 의하여 발생하였는가를 검토하기 위하여 평균과 분산에 대한 변동을 통계적으로 검정하였다. 이를 위하여 두기간의 평균이 같다는 가설에 대한 t-검정과 두기간의 분산이 같다는 분산에 대한 F-검정

표 5.2 t검정 결과

유역	자료기간	평균 (mm)	자료기간	평균 mm	$t_{96} > t_{0.05/2}$	비고
한강	1905-1958	1,213	1959-1991	1,316	-1.85 > -2.10	채택 (accept)
낙동강	1905-1958	1,130	1959-1991	1,186	-1.12 > -2.10	
금강	1905-1958	1,249	1959-1991	1,277	-0.53 > -2.10	
섬진강	1905-1958	1,368	1959-1991	1,436	-1.04 > -2.10	
영산강	1905-1958	1,274	1959-1991	1,340	-1.06 > -2.10	

표 5.3 F검정 결과

유역	자료기간	분산	자료기간	분산	$F_{53,32} > F_{0.05}$	비고
한강	1905-1958	68,121	1959-1991	56,169	0.83 < 1.74	채택 (accept)
낙동강	1905-1958	54,756	1959-1991	45,369	0.83 < 1.74	
금강	1905-1958	66,564	1959-1991	47,961	0.72 < 1.74	
섬진강	1905-1958	82,369	1959-1991	85,264	1.13 < 1.74	
영산강	1905-1958	77,841	1959-1991	88,209	1.03 < 1.74	

표 5.4 유역별 연강수량 최저치 10개년

(단위: mm)

순위	한강		낙동강		금강		섬진강		영산강		전국	
	수문년	강수량	수문년	강수량	수문년	강수량	수문년	강수량	수문년	강수량	수문년	강수량
1	1943	712	1929	750	1982	774	1988	910	1982	773	1943	791
2	1939	740	1943	778	1943	801	1929	939	1967	848	1939	809
3	1907	760	1939	782	1907	826	1943	952	1968	853	1982	839
4	1947	842	1982	795	1939	831	1982	957	1929	863	1907	842
5	1982	861	1932	807	1917	839	1939	859	1939	874	1929	857
6	1909	869	1907	811	1929	873	1932	960	1943	882	1917	878
7	1917	872	1917	815	1932	904	1977	965	1932	885	1932	887
8	1932	907	1913	823	1988	912	1913	981	1988	907	1913	919
9	1929	928	1977	833	1909	939	1968	1,031	1951	920	1909	939
10	1913	936	1968	858	1968	965	1917	1,035	1913	937	1977	945

표 5.5 유역별 연강수량 최대치 10개년

(단위: mm)

순위	한강		낙동강		금강		섬진강		영산강		전국	
	수문년	강수량	수문년	강수량	수문년	강수량	수문년	강수량	수문년	강수량	수문년	강수량
1	1990	2,125	1916	1,636	1956	1,781	1916	2,040	1916	1,961	1916	1,702
2	1925	1,787	1948	1,623	1987	1,779	1948	1,988	1969	1,860	1990	1,659
3	1940	1,769	1956	1,570	1948	1,775	1969	1,916	1930	1,802	1956	1,657
4	1916	1,659	1936	1,535	1969	1,718	1985	1,892	1989	1,774	1969	1,656
5	1966	1,654	1969	1,527	1916	1,681	1936	1,856	1985	1,765	1948	1,601
6	1969	1,649	1934	1,511	1930	1,640	1934	1,822	1936	1,728	1936	1,581
7	1956	1,648	1930	1,467	1953	1,618	1930	1,819	1934	1,715	1930	1,567
8	1987	1,630	1985	1,454	1925	1,599	1955	1,815	1974	1,713	1954	1,537
9	1954	1,590	1963	1,436	1926	1,585	1989	1,808	1948	1,700	1987	1,536
10	1964	1,567	1911	1,431	1934	1,552	1963	1,801	1926	1,650	1925	1,534

을 5% 유의수준에서 하였다(유지성, 1983). 표 5.2에 t-검정의 결과와 표 5.3에 F-검정의 결과를 나타내었으며, 검정결과 두 기간의 평균과 분산은 같다는 가설이 채택(accept)되었다. 따라서 통계적 입장에서 두기간의 강수량의 변동은 기후변화와 같은 환경의 변화에 발생한 것이 아니라, 분석 자료년수의 차이에 의한 변동이라고 볼 수 있다.

연강수량의 유역별 왜곡도계수는, 1905-1958년 기간이 0.09-0.27, 1959-1991년 기간이 0.04-0.80, 1905-1991년 기간이 0.10-0.44로 나타났다. 연강수량이 정규분포하는가를 알아보기 위하여 식(5.1)과 같은 왜곡도검정(skewness test)을 하였다. 왜곡도계수가 식(5.1)을 만족하면 정규분포의 가설이 인정된다(Salas, 1980).

$$\gamma > \gamma_{\alpha}(N) \quad (5.1)$$

여기서 γ 는 왜곡도계수, $\gamma_{\alpha}(N)$ 은 자료수 N과 유의수준 α 에 따른 값이다.

본 연구에서 자료년수 N은 각각 54, 33, 87년 이므로 2% 유의수준에서 $\gamma(54)$, $\gamma(33)$, $\gamma(87)$ 은 각각 0.75, 0.95, 0.60이다(Salas, 1980). 따라서 분석된 자료의 왜곡도계수는 식(5.1)을 만족하고 있어 본 연구에서 분석한 연강수량은 정규분포를 이용하는 통계학적 분석이 가능하다.

표 5.1에서 우리나라의 연강수량의 최저치는 1939년에 발생한 754mm이고 최대치는 1916년에 발생한 1,916mm로 나타났다. 수문년의 유역별 연강수량의 최소 최대치 10개년을 표 5.4와 표 5.5에 각각 나타냈다. 연강수량의 최저치는 1959년 이전에 발생한 빈도가 많았으며, 최대치는 1959년 이전과 이후의 발생빈도가 비슷하였다.

6. 기간별 총강수량의 빈도분석

수자원 계획시 용수공급량은 일반적으로 기간별 용적(volume)을 이용한다. 따라서, 본 연구에서는 용수공급량추정 입장에서 기간별 총강수량을 산정하고자 하였고, 선정기간은 수문년의 시점인 10월

표 6.1 유역별-기간별-총강수량의 연최저치계열 통계치

유역	기간 (개월)	평균 (mm)	표준편차 (mm)	왜곡도계수	최대 (mm)	최소 (mm)
한 강	3	67	26	0.78	155.3	19.1
	6	210	60	1.11	433.6	112.4
	9	532	143	1.12	992.2	237.9
	12	1,248	261	0.44	2,048.0	717.0
낙 동 강	3	64	27	0.42	144.8	11.0
	6	212	63	0.52	411.6	90.7
	9	551	131	0.58	907.4	269.7
	12	1,148	223	0.14	1,622.0	713.0
금 강	3	78	31	0.56	175.5	22.4
	6	237	64	0.56	445.4	120.4
	9	578	139	0.63	697.4	298.8
	12	1,257	243	0.10	1,762.0	768.0
섬 진 강	3	91	30	0.46	177.8	30.9
	6	272	67	0.19	438.8	129.1
	9	678	156	0.77	1,161.5	350.4
	12	1,391	282	0.22	2,065.0	802.0
영 산 강	3	93	28	0.43	172.2	38.1
	6	268	64	0.36	427.2	144.5
	9	653	162	0.78	1,140.0	330.7
	12	1,297	281	0.18	1,946.0	766.0

을 기준으로 3, 6, 9, 12개월 기간으로 하였다. 빈도분석을 위하여 각 기간별 총강수량을 산정하여 연최저치계열을 작성하였으며, 그 자료 수는 86개이다. 기간별 총강수량의 연최저치기간은, 일반적으로 3개월은 12월에서 다음해 2월, 6개월은 10월에서 다음해 3월, 9개월은 10월에서 다음해 6월로 나타났다. 각 유역의 기간별 총강수량의 통계치를 표 6.1에 나타내었고, 연최저치계열의 분포는 모두 오른쪽으로 왜곡(positive skew)되어 있음을 알 수 있다. 2% 유의수준에서 대부분 정규분포의 검정식 (5.1)을 만족하고 있으나, 한강의 6, 9개월, 섬진강의 9개월 영산강의 9개월은 만족하지 않고 있다.

기간별 연최저치계열을 대수변환하여 정규화하였으며 대수변환된 연최저치계열의 통계치를 표 6.2에 나타내었다. 대수변환된 왜곡도계수는 정규분포 검정을 만족하였다.

빈도분석은 확률도시법으로 수행하여 대수정규확률지에 도시하였다. 초과확률은 식(6.1)의 Weibull공식을 이용하였다.

$$P(X > x) = \frac{m}{n+1} \tag{6.1}$$

여기서 m은 순위, n은 자료수, P(X > x)는 초과확률이다. 연최저치계열의 이론확률은 식(6.2)의 2변수 대수정규분포의 확률밀도함수로 구하였으며 식(6.2)에 필요한 매개변수인 평균과 표준편차는 표 6.2와 같다.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x} \exp\left[-\frac{1}{2} \left[\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}\right]^2\right], \tag{6.2}$$

$$0 \leq x < \infty$$

여기서 x는 기간별 총강수량의 연최저치계열이고 $\ln x = y$, μ_y 와 σ_y 는 각각 y의 평균치와 표준편차이다.

각 유역의 지속기간별 5, 10, 20, 30, 50, 100년 빈도의 강수량을 산정하여 표 6.3에 제시하였다.

표 6.2 유역별-기간별 2변수 대수정규분포의 매개변수

유역	기간 (개월)	평균 (mm)	표준편차 (mm)	왜곡도계수
한강	3	4.32	0.39	-0.42
	6	5.31	0.27	0.26
	9	6.24	0.25	0.12
	12	7.11	0.21	-0.19
낙동강	3	4.05	0.50	-0.87
	6	5.31	0.31	-0.33
	9	6.28	0.24	-0.19
	12	7.03	0.20	-0.19
금강	3	4.27	0.43	-0.57
	6	5.43	0.27	-0.08
	9	6.33	0.24	-0.06
	12	7.12	0.20	-0.31
섬진강	3	4.46	0.35	-0.52
	6	5.58	0.26	-0.39
	9	6.49	0.23	0.05
	12	7.22	0.21	-0.12
영산강	3	4.49	0.32	-0.40
	6	5.56	0.24	-0.23
	9	6.45	0.24	-0.06
	12	7.14	0.22	-0.18

표 6.3 유역별-기간별 빈도강수량

(단위: mm)

유역	빈도	기간			
		3개월	6개월	9개월	12개월
한강	5년	45	160	419	1,023
	10년	37	142	377	932
	20년	32	129	345	862
	30년	30	122	330	830
	50년	28	115	312	791
	100년	25	107	292	747
낙동강	5년	38	157	439	954
	10년	30	137	395	874
	20년	25	122	362	813
	30년	23	116	346	785
	50년	21	108	328	750
	100년	18	99	307	711
금강	5년	50	182	460	1,044
	10년	41	161	414	958
	20년	35	146	379	890
	30년	33	139	363	859
	50년	30	130	344	820
	100년	26	121	322	778
섬진강	5년	65	213	548	1,148
	10년	55	190	496	1,048
	20년	49	173	456	972
	30년	46	165	438	937
	50년	42	156	416	894
	100년	38	145	392	846
영산강	5년	68	213	515	1,051
	10년	59	191	463	954
	20년	53	175	422	879
	30년	50	167	404	845
	50년	46	158	382	803
	100년	42	148	357	757

7. 1967-1968년 한발기간의 강수량 분석

우리나라의 수자원 계획의 기준년도로 많이 이용하여 왔던 1967-1968년의 한발을 초래한 강수량을 분석하여 3, 6, 9 그리고 12개월의 기간별 총강수량과 빈도를 표 7.1에 제시하였으며, 빈도는 비교목적으로 이론치를 그대로 나타내었다. 이들 빈도는 6절의 빈도분석에서 1967-1968년의 각 기간별 강수량에 해당하는 빈도를 선정하여 제시한 것이다.

우리나라의 연강수량은 우기인 6-9월 기간에 2/3를 차지하고 있다. 따라서 우기의 강수량을 저장

하여 건기에 공급하는 수자원 공급시스템은 우기의 강수량이 적으면 용수공급에 상당한 문제를 초래한다. 이와 함께 3-6월 기간에 강수량이 적으면 관개용수를 공급받지 못하는 지역의 식물 또는 농작물의 성장에 많은 지장을 초래한다.

이와 같은 관점에서 1967-1968년 한발의 과정을 표 7.1에 나타난 결과를 이용하여 분석하면 다음과 같다. 먼저 1966년 10월부터 1967년 6월까지 각 기간별 총강수량은, 표 6.1의 기간별 총강수량의 평균 이상을 기록하고 있다. 그러나 우기를 포함한 12개월 총강수량은 평균보다 상당히 적게 나타내고 있어 1967-1968년 한발은 1967년 6월부터 시작됐다고 볼 수 있다. 또한 1967년 우기에

표 7.1 1967-1968년 기간별 총강수량과 빈도

유역	기간 (개월)	1967수문년		1968수문년	
		강수량(mm)	빈도(년)	강수량(mm)	빈도(년)
한강	3	76(113%)	1.44	29(43%)	34.84
	6	276(131%)	1.14	155(73%)	6.07
	9	559(105%)	1.60	309(50%)	40.75
	12	1,160(93%)	2.47	1,091(87%)	3.37
낙동강	3	67(104%)	1.61	21(33%)	49.85
	6	242(114%)	1.40	171(81%)	3.45
	9	543(99%)	1.92	333(60%)	43.91
	12	929(81%)	6.09	853(74%)	11.87
금강	3	76(97%)	1.79	34(44%)	25.15
	6	270(114%)	1.39	175(74%)	6.15
	9	572(99%)	1.89	355(61%)	36.57
	12	1,044(83%)	5.03	965(77%)	9.35
섬진강	3	102(112%)	1.46	53(58%)	12.19
	6	314(115%)	1.32	245(90%)	2.60
	9	672(99%)	1.89	433(64%)	33.34
	12	1,102(79%)	6.68	1,031(74%)	11.55
영산강	3	96(97%)	1.69	61(63%)	8.62
	6	276(105%)	1.69	230(85%)	3.29
	9	574(88%)	2.90	426(65%)	18.71
	12	848(65%)	28.85	853(66%)	26.96

* ()는 표 6.1의 기간별 총강수량의 평균에 대한 백분율

표 7.2 1967년과 1968년 우기와 건기의 총강수량과 빈도

유역	1967년(6-9월)		1968년(6-9월)		6-9월 총강수량 평균 (mm) (1905년 -1991년)	1967년 10월 - 1968년 5월	
	강수량 (mm)	빈도 (년)	강수량 (mm)	빈도 (년)		강수량 (mm)	빈도 (년)
한강	754(87%)	2.93	837(97%)	1.98	864	253	19.19
낙동강	560(74%)	6.40	587(78%)	4.94	754	271	12.01
금강	640(76%)	5.69	674(80%)	4.31	842	290	12.87
섬진강	633(71%)	7.05	656(73%)	5.84	895	375	7.61
영산강	442(55%)	24.31	478(59%)	14.72	811	375	6.00

* ()는 6-9월 평균강수량에 대한 백분율

강수량이 상당히 적었으며, 1967년 10월에서 1968년 6월까지(즉, 9개월 기간)도 표 6.1의 9개월 기간 평균의 1/2정도 강수량을 기록하여 더욱 심한 한발을 초래하였다. 여기에 설상가상으로 1968년 우기의 강수량이, 한발의 원인이었던 1967년 우기의 강수량과 거의 같은 기록을 보여 극심한 한발을 초래하였다.

강수량의 양적인 면에서, 12개월 기간의 한발정도를 보면 영산강유역은 12개월 총강수량 평균의 약 65% 강수량을 보여 가장 심한 한발을 보였으며, 낙동강, 금강, 섬진강유역은 약 75%로 비슷하였고, 한강유역은 약 85%로 상대적으로 적은 한발을 보였다. 또한 표 7.1에서 기간별 강수량의 빈도는, 3개월은 9-50년, 6개월은 3-6년, 9개월은

19-44년, 12개월은 3-30년으로 나타나 기간에 따라 상당한 편차를 보여주고 있다. 더 자세한 분석을 위하여 1967년과 1968년 각각의 우기인 6월-9월 총강수량과 건기인 1967년 10월에서 1968년 5월의 총강수량을 분석하여 표 7.2에 나타내었다. 이들 결과는 1905-1991년의 자료를 이용한 6절과 같은 빈도분석에서 1967-1968년의 각 기간별 빈도를 선정한 것이다.

표 7.2에서 우기의 총강수량을 보면, 영산강유역은 같은 기간의 평균강수량의 약 60%를 보여주고 있으며, 낙동강, 금강, 섬진강은 75%, 한강은 90%를 보이고 있다. 또한 1967년 10월-1968년 5월의 8개월 기간의 빈도는 6-20년으로, 표 7.1의 1968년 6월을 더 포함한 9개월 기간의 19-44년 빈도와 두배 정도의 차이를 보여 주고 있다. 이는 6월의 강우부족이 한발에 가장 심한 영향을 준다는 것을 간접적으로 시사하고 있다. 또한, 빈도에 의한 용수공급량 기준선정에서 빈도량 산정시 기간의 선정에 주의가 필요하고, 역으로 빈도강수량을 수자원 계획에 적용할 때 빈도강수량의 시간적분포에 세심한 배려가 필요하다.

이상과 같은 결과들을 분석하면 1967-1968년의 한발은 1967, 1968년 우기의 강수량부족과 더불어 1968 수문년의 건기 강수량의 부족이 원인임을 알 수 있다. 또한 위와 같은 강수량의 양적인 분석에서 댐 등에 의한 수자원개발이 않된 자연하천 유역에서 건기(10-5월) 또는 우기(6-9월)의 총강수량이 과거 평균강수량의 약 75% 정도를 기록하면 한발을 초래하고, 약 60% 정도의 강수량이면 심한 한발을 초래 한다고 할 수 있다.

8. 결 론

우리나라의 주요하천인 한강, 낙동강, 금강, 섬진강, 영산강 유역을 대상으로 수자원 계획에 필요한 장기간의 과거 강수량의 분석으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 우리나라의 1905-1991년 기간의 연강수량은 전체적으로 증가하는 경향으로 나타났다.
- 2) 역년과 수문년의 연강수량의 관계식을 제시하였으며, 이들 관계식의 결정계수는 0.99-1.00

으로 두 연강수량은 거의 차이가 없었다. 따라서 연강수량을 이용하는 수문분석에서 양적인 면에서는 역년과 수문년 중 어느 것을 적용하더라도 결과에 큰 차이가 없을 것이라고 사료된다.

- 3) 기간별 연평균강수량의 변동분석에서, 1959-1991년의 연평균강수량은 1905-1958년 기간보다 약 30-100mm 증가한 것으로 나타났다. 또한, 표준편차는 1905-1958년 기간이 1959-1991년 기간보다 더 크게 나타났다. 그러나 t-검정과 F-검정에서 두 기간의 평균과 분산의 변동은 통계적 유의성이 없는 것으로 나타나 두기간의 분석 자료년수의 차이에 의하여 나타났음을 알 수 있었다.
- 4) 우리나라의 연강수량의 최대 및 최소치는 각각 1939년의 754mm, 1916년의 1916mm로 나타났다. 본 연구결과 1967-1968년 한발을 초래한 강수량보다 적은 강수량이 1905-1958년 기간에 많이 발생한 것을 알 수 있었다. 따라서 용수수급 면에서 강수량의 분석시 최근 강수량자료의 이용 뿐만 아니라 1905-1958년 기간의 강수량자료도 포함되어야 할 것이다.
- 5) 우리나라의 연강수량은 왜곡도 검정결과 정규분포를 따르는 것으로 나타나 정규분포를 이용하는 통계학적 분석이 가능하다. 또한 3, 6, 9, 12개월 기간별 총강수량의 연최저치계열 빈도분석에 2변수 대수정규분포의 적용이 가능하다.
- 6) 우리나라의 5대하천 유역에 적용할 수 있는 기간별 빈도에 따른 강수량을 제시 하였다(표 6.3).
- 7) 1967-1968년의 강수량을 분석한 결과 영산강유역이 가장 심한 한발을 보였으며, 낙동강, 금강, 섬진강 유역은 비슷하였고, 한강유역이 상대적으로 작은 한발을 보였다. 또한 한발 원인으로서는 1967, 1968년 우기의 강수량 부족과 1968 수문년의 건기 강수량의 부족이 겹쳐 심한 한발을 초래하였다.
- 8) 1967-1968년 강수량 분석에서 1967년 10월-1968년 5월의 8개월 기간의 빈도는 6-20년으로 1968년 6월을 더 포함한 9개월 기간의 19

-44년 빈도와 두배 정도의 차이를 보여 주고 있다. 이는 6월의 강우부족이 한발에 가장 심한 영향을 준다는 것을 간접적으로 시사하고 있다.

- 9) 1967-1968년의 한발기준으로 볼 때, 댐 등에 의한 수자원개발이 않된 자연하천 유역에서 건기(10-5월) 또는 우기(6-9월)의 총강수량이 과거 평균강수량의 약 75% 정도를 기록하면 한발을 초래하고, 약 60% 정도의 강수량이면 심한 한발을 초래 한다고 할 수 있다.

9. 참 고 문 헌

1. 건설부(1990), 수자원장기종합계획(1991-2011), 건설부.
2. 과학기술처 (1990, 1991, 1992), 한반도 기후변화 감시 및 이상기상에 관한 연구 (Ⅰ), (Ⅱ), (Ⅲ), 과학기술처.
3. 유 지성(1983), 통계학, 탐출판사.
4. 윤 용남(1986), 공업수문학, 청문각.
5. 이 광록(1992), 1972-1992 UNEP 환경보고서: 지구환경총람, 도서출판 코스모스피어.
6. 한국건설기술연구원(1988), 우리나라 연평균강수량의 추정, 한국건설기술연구원.
7. 한국수자원공사(1990), 수자원장기종합계획('91-2011)보고서, 한국건설기술연구원.
8. 한국수자원공사(1993), 21세기를 바라보는 수자원 전망보고서, 한국건설기술연구원.
9. Houghton, J.T.(1991), Scientific Assessment of Climate Change: Summary of the IPCC Working Group I Report, Proceeding of the Second World Climate Conference, WMO, pp 23-25.
10. Salas, J.D., Deulleur, J.W., Yevjevich, V., and Lane, W.L.(1980), Applied Modeling of Hydrologic Time Series, Water Resources Publications, pp 92-93.

〈접수: 2/10〉