

<論 文>

年流出量 推定模型 開發

Development of the Annual Runoff Estimation Model

金 陽 洙* 鄭 相 萬* 李 鎔 壽** 徐 炳 夏***

Kim, Yang Su·Jeong, Sang Man · Lee, Yong Su·Seoh, Byung Ha

Abstract

The study was focused on developing a new model to estimate annual runoff. This model can be used to estimate the available water resources for ungaged catchments for long-term water resources development planning. Data used in the model development were daily rainfall and daily runoff of the sample basin with record length from 1945 to 1988 years in Korea. The sample basin selected by consideration whether the flow is virgin and quality of discharge data is good. As a result, 46 stage gaging station were selected. Annual runoff was determined by sum of daily runoff calculated by daily stage data of the sample basin. Also, the annual mean precipitation by using daily rainfall data was estimated and the annual runoff ratio for each sample basin was calculated, and the annual mean runoff ratio was estimated. The linear regression model was proposed and calibrated using annual mean precipitation values and geomorphological characteristics of the basins. To verify reasonableness of this model, the regression model was applied to the gaging stations which have historical data.

요 지

본 연구에서는 長期 水資源計劃時 유역내 可用 水資源을 파악하는데 이용할 수 있는 새로운 年流出量 推定模型의 개발을 시도하였다. 연구범위는 우리나라 전역으로 1945년 부터 1988년 까지의 降水量, 流出量 자료를 이용하였다. 모형개발을 위한 標本流域은 流出의 人工操作이 없고 수위자료가 양호하며, 水位-流量 關係曲線이 작성되어 있는 46개 지점을 택하였으며, 標本流域별로 日水位資料를 수집, 정리하여 日流出量을 산정하고 합산하여 年流出量을 산정하였다. 또한, 年平均降水量을 산정하여 지점별로 年流出率을 계산하고 이것을 기초로 우리나라 年平均 流出率을 추정하였다. 그리고, 年流出量과 流域特性因子들을 이용하여 年流出量 推定模型을 개발하였으며, 실제유역에 적용하여 모형의 합리성을 검토하였다.

* 한국건설기술연구원 수자원연구실, 선임연구원

** 남원 건설 엔지니어링

*** 한국건설기술연구원 수자원연구실장

1. 서론

각종 水資源計劃樹立時 年流出量資料는 流域 내 水資源의 分布狀態를 파악하는데 기초가 된다. 年流出量은 대상 관측소에 실측자료가 있는 경우 보통 日流出量을 합하여 구한다. 그러나 실측자료가 없는 지점은 인근 流域으로부터 面積比에 의해 전이하거나 流出模擬模型을 이용하여 추정한다. 年流出量은 日, 月, 그리고 年流出模型에 의해 추정할 수 있으며, 이 중 많이 이용되는 것이 月 및 年流出量 推定 模型이다.

月流出量 推定模型으로는 대표적으로 기존의 가지야마공식을 들 수 있다. 이 공식에 대해서는 최근에 많은 문제점이 제기되고 있으나 과거 댐용량 결정 및 利水計劃에 많이 이용되었다. 그리고 김 태철(1984), 지 흥기(1984) 등이 발표한 回歸模型이 있으며, 국토개발연구원(1987)에서는 流域물수지 개념에 의한 月流出量 推定模型을 발표한 바 있다. 이외에도, 실무에서 댐 건설을 위한 타당성 조사에 이용된 面積比法(산개공, 1984), 流域平均流出高法(국토개발연구원, 1987) 등이 있다.

일반적으로 月流出은 年流出에 비해 그 특성이 다르다. 月流出의 경우 月間의 地下水 移動, 流域내 植生被服 정도, 流域貯留特性 등이 流出特性에 크게 영향을 미치며, 따라서 제한된 지역의 자료를 이용하여 얻어진 모형을 다른 지역에 적용할 때에는 상당히 제약을 받게 된다. 그러나 年流出의 경우 月間 地下水 移動이나 流域貯留等 中, 短期的인 流出特性이 年流出量에 敏感하게 작용하지 않으며, 따라서 模型의 構造도 月流出量 推定模型에 비해 단순하다. 따라서, 年流出量은 年流出量 推定模型을 개발하여 이용하는 것이 적용성 등 여러가지 면에서 유리하다. 그러나 우리나라의 年流出量 推定에 관한 연구는 이제까지 미진하였으며, 그 이유는 流出量資料의 量的, 質的인 부족함 때문 이라고 판단된

다.

본 연구에서는 기존 計測地點의 실측자료를 토대로 未計測地點의 年平均流出量을 推定할 수 있는 모형을 개발하고자 한다. 연구범위는 우리나라 전역이며, 모형의 개발에 건설부 및 한국수자원공사에서 운영하는 수위관측소의 流出量資料와 건설부 및 기상청의 雨量資料를 이용하였다.

2. 標本流域의 선정 및 자료수집

2.1 標本流域의 선정

모형의 개발에 이용된 각 소유역들을 여기에서는 標本流域이라 칭하였으며, 流出狀態, 자료의 信賴性 등을 고려하여 선정하였다. 標本流域은 流域내 流出이 人工的으로 操作되지 않은 自然流出狀態를 유지하여야 하며, 자료의 記錄期間이 충분히 길고, 水位-流量 關係曲線도 河床變動 期間에 따라 작성되어 있는 지점이라야 한다.

우리나라에서 流出을 가장 많이 操作하는 것은 댐으로 大河流에는 洪水調節, 用水確保, 發電 등을 위해 많은 댐이 설치되어 있다. 이러한 댐들은 洪水時에 尖頭流量을 감소시키고 濁水期 때 用水確保를 위하여, 洪水期에는 상류로부터 내려오는 물을 貯留하고, 濁水期에 用水가 부족하다고 판단되면 下流로 放流하는 등, 人工的으로 流出을 操作한다. 이외에도 農工用水의 取水 등에 의한 流出의 人工操作이 발생 할 수 있다.

본 연구에서는 댐 이외의 다른 원인에 의해 발생하는 流出操作의 영향은 그리 크지 않다고 가정하고, 自然流出狀態라고 판단되는 수위관측 지점으로 댐의 영향을 받지 않는 댐상류 수위표 지점들을 선정하였다. 그리고 선정된 지점들중 수위자료 현황을 고려하고 水位-流量 關係曲線 유무를 검토하여 최종 46개 수위표 지점들을 선정하였다. 선정된 수위표 지점들은 그림 1에 나타나 있다.

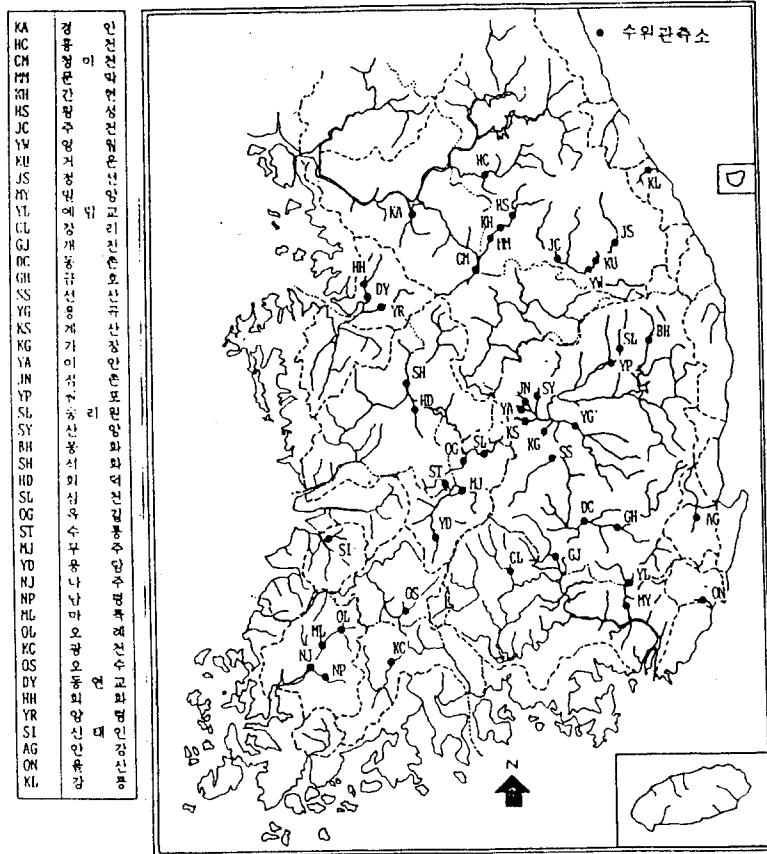


그림 1 모형개발을 위한 표본구역의 위치

2.2 자료의 수집 및 정리

선정된 標本流域별로 모형의 개발에 필요한 자료를 수집, 정리하였다. 수위자료는 건설부 각 수위관측소의 관리자가 작성하는 水位月報의 日平均水位를 이용하였으며, 雨量資料는 건설부 및 기상청 산하 각 관측소에서 측정된 日雨量을 이용하였다. 그리고 水位-流量 關係曲線은 개발간된 각종 연구보고서와 건설부에서 발간한 洪水量測定調査 報告書에서 수집하였다.

日平均水位는 오전, 오후 8시에 측정된 수위값을 평균한 것으로 日雨量과 함께 건설부에서 "수문조사년보"에 일괄 수록하여 책자로 발간하고 있으며, 본 연구에서도 이 책자의 자료를 이용하였다. 수집된 자료는 日資料를 연도별로 그림 2(밀양지점 1973년 자료)와 같이 圖示하여

圖上에 나타난 수위값이 이상할 경우 그 부분은 自己紙 및 기타 참고자료를 보고 확인하였으며, 誤測資料일 경우 보완이 가능한 것은 보완하였다. 그림 2를 보면 12월 자료가 이상하게 나타나고 있다. 자료의 一貫性 檢査는 圖式的인 방법을 이용하였으며, 全資料期間에 대한 日水位를 圖示하고 水位變動의 推移를 조사하였다. 그 결과 河床變動이 점진적으로 증가하거나 감소하는 기간에 대해서는 水位-流量關係曲線의 適用에 제한을 두었으며, 관측소의 이동이나 퇴사 등에 의해 급격한 水位變動이 있는 부분은 분석에서 제외하였다. 그림 3은 一貫性 檢査의 예로서, 밀양수위표 지점의 10년간(1981-1990)의 일수위 도시결과이다. 그림 3에서는 특별히 장기적인 수위변동을 찾아 볼 수 없다. 이와 같

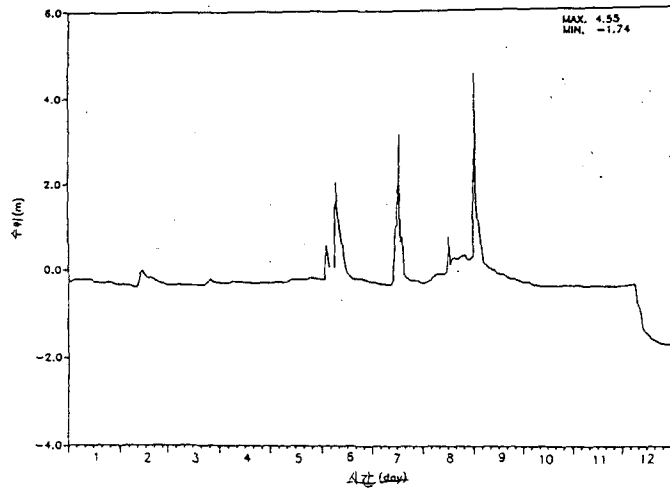


그림 2 밀양수위표 지점의 일수위 도시결과(1973년)

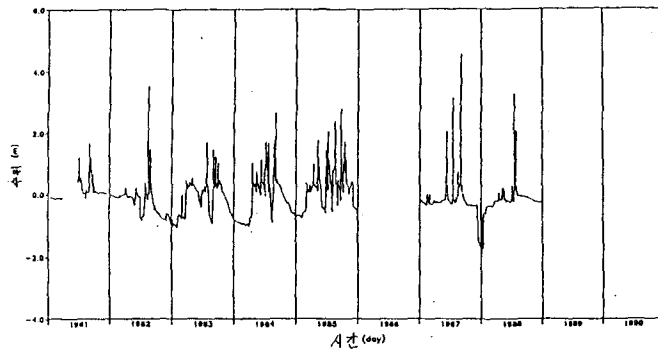


그림 3 밀양수위표 지점의 일수위 도시결과(1981년-1990년)

은 과정을 걸쳐 정리된 지점별, 연도별 수위 자료현황은 표 1과 같다. 표 1에서 양호한 자료는 수정, 보완한 자료까지 포함한 것이다.

雨量資料는 건설부 산하 각 우량관측소와 기상청 산하 측후소 및 관측소의 日雨量을 이용하였다. 건설부의 경우 오전 10시부터 다음날 오전 10시까지를 日雨量으로 하고 있으며, 기상청은 0시를 기준으로 日雨量을 측정하고 있다. 이와같은 基準時刻의 차이때문에 건설부와 기상청 우량관측소가 함께 운영되는 유역의 流域平均降雨量 계산시 오차가 발생할 수 있으나, 분석시에는 日雨量을 합산하여 月雨量을 계산하고 이것을 算術平均하여 流域平均雨量을 결정하였으므로 基準時刻 차이에서 오는 오차는 거의 없

으리라 판단된다.

3. 流出量의 계산 및 분석

3.1 流出量의 계산

표 1의 선정된 標本流域別로 日水位資料에 水位-流量 關係曲線을 적용하여 日流出量을 계산하였다. 이때 水位-流量 關係曲線은 자료형편에 따라 적용에 제한을 두었으며, 필요한 경우 延長하여 이용하였다. 수위자료의 一貫性 檢査결과 수위가 점진적으로 증가하거나 감소하는 부분에 대해서는 水位-流量關係曲線의 작성년도를 중심으로 資料記錄期間을 나누어 水位-流量關係曲線을 적용하였다. 또한 비슷한 연도에 여러

표 1 標本流域의 水位資料 現況

지점	수위기록현황																											
	1960								1970								1980											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8
경흥천	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0
안천																												
미막																												
간현	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	X
정성	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X
주천	X	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
영천	X	X	0	0	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
기정	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
벌운	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
림양	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
에교	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
창리	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0
개진	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
동촌	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
금호	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X
산호	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X
용곡	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
계곡	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
가산	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
이정	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
점촌	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
원포	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
솔리	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
원양	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
산양	X	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
봉화	X	X	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
석리	X	X	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
의덕	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
심천	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
육진	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
수봉	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
주봉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
담주	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
나담	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
남평	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
남평	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
오래	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
방천	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
오수	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
동교	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
회교	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
회교	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
양대	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
신태	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
인정	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
안장	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
산봉	X	X	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
물봉	X	X	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0 : 기록상대가 양호
 X : 기록은 있으나 이용 불가능
 공란 : 수위자료 없음

개의 水位-流量 關係曲線이 작성되어 있으면 각 각의 水位-流量 關係曲線式을 이용하여 流出量을 계산하고 月 및 年流出率을 검토하여 가장 합리적이라고 판단되는 식의 결과를 최종분석에 이용하였다.

拋物線形態의 水位-流量 關係曲線式은 拋物線의 變曲點을 중심으로 수위가 감소하는데도 流量이 증가하는 경우가 종종 발생한다. 이때에는 變曲點에서 수위가 0이 되는 점까지 직선으로 延長하여 變曲點 이하의 수위에 대한 流出量을 구하였다.

3.2 流出率 분석

상기한 日流出量 계산결과로부터 年流出量을 계산하고 算術平均法에 의해 流域平均降水量을 구하여 年流出率을 구하였다. 이때 流出率이 아주 크게(100% 이상) 나타나거나 아주 작게 (20% 이하) 나타나는 연도는 분석에서 제외하였다. 일반적으로 自然河川의 年流出率은 개략 30-70% 정도이다. 그런데 自然流域은 分水系가 명확하지 않으며 地下水의 移動 등에 의해 이웃하는 유역으로 물이 유입될 수도 있고 유출될 수도 있다. 이 점을 고려하고, 기타 자료의 오차를 어느정도 고려하여 流出率의 上限値는 100%, 下限値는 20%로 정하였다. 이 과정에서 46개 標本流域중 거운, 계산, 무주, 남평, 동연교, 회화, 양령, 신태인, 강릉 수위표 지점이 제외되고, 최종 분석에 이용된 지점은 37개 지점이었다.

모형개발에 이용된 37개 標本流域으로부터 얻어진 年平均降水量, 年平均流出高, 年平均流出率 그리고 流域面積 자료에 대한 統計値는 표 2와 같다.

표 2를 보면 37개 標本流域의 年平均流出高의 평균치는 688.4mm 이고 年平均流出率은 57.2%로 나타났다. 참고로 IHP 대표유역에서 83년부터 88년까지 年平均流出率을 분석한 결과는 평창강

표 2 年平均降水量, 年流出高, 年流出率 및 流域面積 자료의 統計値

統計値	區分	年平均降水量 (mm)	年平均流出高 (mm)	流域面積 (km ²)	年平均流出率 (%)	비고
평균	군	1208.8	688.4	950.2	57.2	
최대치	산	8946.7	46,833.1	412,863.0	313.5	
최소치	치	1,425.5	1,274.5	2,948.9	97.6	
	최	976.6	242.6	36.4	21.0	

이 51.5%, 보청천이 49.6% 그리고 위천이 34.8%였다. 낙동강유역조사 보고서(1973)에 조사된 것을 보면 1958년부터 1968년까지 11년간 낙동강 17개 수위표 지점을 대상으로 조사한 年平均流出率은 약 58%였다. 그리고 수자원장기종합계획(1990)에서 우리나라 5대강(한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강)과 5대 소하천(안성천, 삼교천, 만경강, 동진강, 형산강)의 최하류의 30년간 자료를 가지고 추정한 우리나라 年平均流出率은 55%였다. 또한 年平均降水量은 1208.8 mm이다. 이것은 기존의 우리나라 年平均降水量 1159 mm 보다는 큰 값이고, 수자원장기종합계획 보고서(1990)에서 추정된 內陸의 年平均降水量 1262 mm 보다는 작은 값으로 제한된 지점과 제한된 자료년수의 자료를 가지고 算術平均한 결과임을 밝혀둔다.

3.3 流出量과 降水量 그리고 流域特性因子間의 상관분석

일반적으로 유역내 流出特性에 영향을 미치는 중요한 流域特性因子로는 流域面積, 河川延長, 河川傾斜, 流域의 方向性, 水系組織 등이다. 여기에서는 이러한 流域特性因子들 중 流域面積, 河川延長, 河川傾斜, 流域形狀係數를 年平均降水量과 함께 年流出量과의 상관분석을 실시하였다. 표 3은 상관분석결과를 수록한 것이다.

표 3을 보면 年流出量과 가장 상관성이 높은 것은 流域面積이고 그 다음이 河川延長이다. 그외의 나머지 變數들은 모두 相關係數가 0.4 이하로 나타났다.

3.4 降水量과 流出高와의 관계

표 3의 상관분석결과를 살펴보면 年平均降水量이 年平均流出量과 無相關임을 알 수 있다. 이것은 일반적인 水文學的 概念에 違背되는 것이며, 降水量을 年流出量 推定을 위한 模型變數로 고려하지 않을 경우, 결과적으로 우리나라 지역별 年平均降水量을 동일하게 가정한 결과가 된다. 참고로 수자원장기종합계획보고서(1990)에 나타난 우리나라 年平均降水量의 分布를 살펴보면, 남해안 지방이 약 1350mm-1500mm, 경북 지방을 포함한 동해안 지방이 1000mm-1200mm 그외에 중부내륙과 서해안 지방은 약 1200mm-1300mm이다.

따라서, 좀더 구체적으로 분석하기 위하여 37개 標本流域의 年平均降水量과 年平均流出高와의 관계를 圖示하고 결과를 검토하였다.

먼저 月平均降水量과 月平均流出高와의 관계를 그림 4에 圖示하였다. 그림 4를 보면 雨期인 7, 8, 9월은 降水量과 流出高가 확실한 비례관계를 보이거나, 나머지 달은 특별한 관계를 찾아볼 수 없다.

표 3 相關分析 結果

區分	降水量 (mm)	流出高 (mm)	流域面積 (km ²)	河川延長 (km)	河川傾斜	流出量 (m ³ /year)	流域形狀 係數
降水量	1.00	.10	-.13	-.12	.13	-.10	-.07
流出高 (mm)	.10	1.00	.03	.12	-.16	.37	-.34
流域面積 (km ²)	-.13	.03	1.00	.82	.03	.92	-.08
河川延長 (km)	-.12	.12	.82	1.00	-.10	.79	-.46
河川傾斜	.13	-.16	.03	-.10	1.00	-.06	.26
流出量 (m ³ /year)	-.10	.37	.92	.79	-.06	1.00	-.20
流域形狀 係數	-.07	-.34	-.08	-.46	.26	-.20	1.00

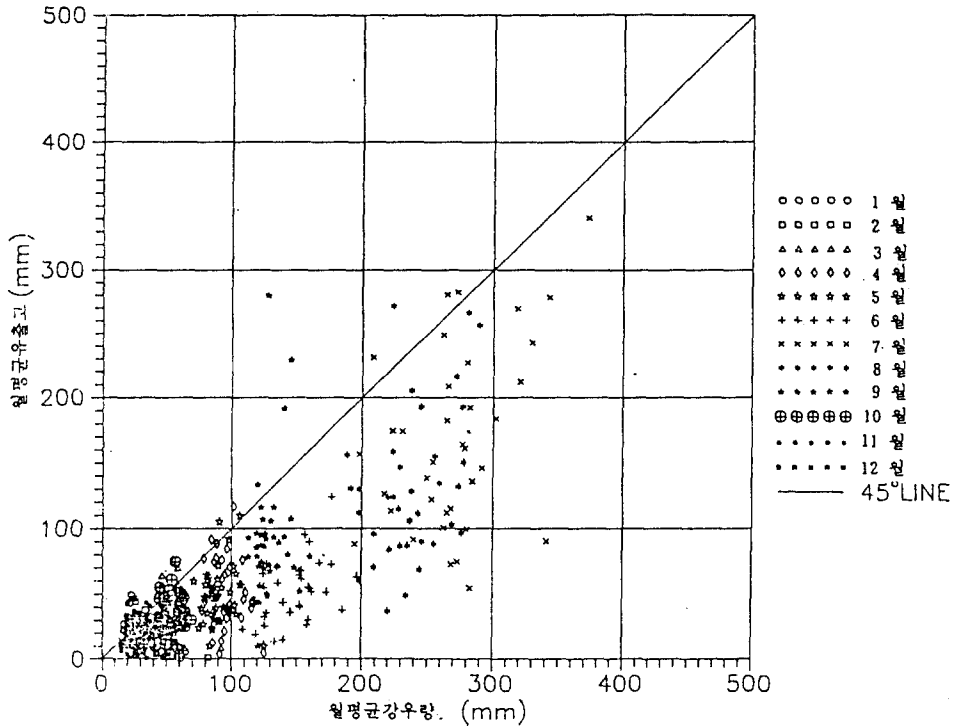


그림 4 월평균강우량과 월평균유출고와의 관계

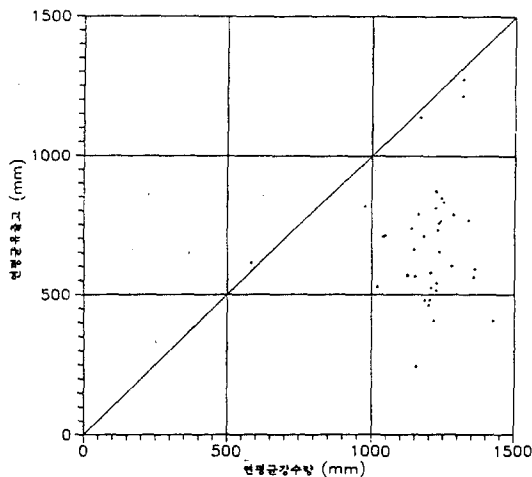


그림 5 연평균강수량과 연평균유출고

그림 5는 年平均降水量과 年平均流出高의 관계를 圖示한 것이다. 그림을 보면 두 관계를 나타내는 점의 分布가 縱軸(年平均流出高)에 平行하게 分布되어 있어, 두 관계가 전혀 상관이 없음을 알 수 있다.

그러나, 이러한 결과는 이용된 자료의 부정확시에도 발생할 수 있는 것이며, 앞으로 좀더 양호한 流量資料가 확보되는 대로 재검토할 필요가 있다고 본다.

4. 모형의 개발

4.1 모형의 設定 및 回歸分析

모형은 상관분석결과를 토대로 年流出量과 상관성이 높은 變數를 獨立變數로 하는 回歸模型을 設定하였다. 앞질의 상관분석결과 상관성이 가장 높은 變數는 流域面積이고 그 다음이 河川延長으로, 상관계수가 모두 0.79 이상이었다. 따라서 이 두 變數들은 모두 모형의 獨立變數로 이용이 가능하나, 두 變數間에는 높은 상관성(상관계수= 0.82)이 존재한다. 일반적으로 回歸分析에서 獨立變數間에 높은 상관성이 존재하면, 다중공선성(multicollinearity) 문제가 발생하

여 합리적인 模型變數를 추정할 수 없다. 이러한 문제점 때문에 두 變數中 상관성이 더 높은 流域面積만 獨立變數로 택하였다. 그리고 年平均降水量은 年流出量과 無相關으로 나타났으나 多重回歸分析의 특성을 고려하여, 流域面積과 함께 獨立變數로 고려하여 분석을 실시하였다.

따라서, 年流出量 推定模型은 流域面積 및 年平均降水量을 獨立變數로 하는 線形 및 非線形 4가지 형태를 검토하였으며, 표 4와 같다.

표 4의 각 식의 回歸常數를 결정하기 위하여 單純 및 多重回歸分析을 실시하였으며, 回歸分析 결과 얻어진 回歸常數, 相關係數, 그리고 標準概算誤差 값은 표 5에 수록하였다.

앞에서 제안된 모형의 합리성을 검토하기 위하여 모형의 개발에 이용된 標本流域이 아닌 10개 유역을 선정하여 모형을 적용하고 결과를 분석하였다. 대상모형은 표 4의 식(1) 및 식(2)이며, 나머지 두식은 상관분석 결과를 종합 검토하여 분석 대상에서 제외하였다.

표 4의 식 1 및 식 2에 표 5의 回歸常數를 대입하여 정리 하면 다음과 같다.

$$Q = -39,681,300.0 + 734,800.0A \dots (1)$$

$$Q = 570,200.0A^{1.021} \dots (2)$$

(Q: m³/year, A: km²)

1) 대상지점의 선정

표 4 設定된 回歸模型

區分	回 歸 模 型	入 力 變 數
1	Q = a + bA	Q : 年流出量 (m ³ /year) A : 流域面積 (km ²)
2	Q = aA ^b	
3	Q = a + bP + cA	P : 年平均降水量 (mm/year)
4	Q = aP ^b A ^c	a, b, c : 回歸常數

표 5 回歸分析 結果

區分	回 歸 常 數	相 關 係 數	標 準 概 算 誤 差
1	a = -39,681,300.0 b = 734,800.0	0.920	201,000.0
2	a = 570,200.0 b = 1.021	0.938	206,000.0
3	a = -183,800,000.0 b = 117,400.0 c = 737,100.0	0.915	200,000.0
4	a = 65,500.0 b = 0.299 c = 1.027	0.935	206,100.0

표 5의 回歸分析 결과를 보면 4가지 回歸模型 모두 多重相關係數가 0.9 이상으로 多重相關係數만 고려한다면, 모두 年流出量 推定에 이용할 수 있다고 판단된다. 그런데, 표 5의 식 1, 식 2와 식 3, 식 4를 비교했을 때 年平均降水量을 獨立變數로 추가한 식 3 및 식 4의 상관계수가 조금 작아졌다. 이것은 年平均降水量이 年流出量的 추정에 기여하지 못함을 말해주는 것으로, 年平均降水量과 年流出高의 관계 분석결과와도 일치하는 것이다.

4.2 모형의 적용 및 분석

모형의 檢證을 위하여 선정된 지점들은 국토 개발연구원(1987)에서 月別流出量 推定模型인 K RIHS모형(假稱)을 개발하기 위해 이용한 지점들로서, 본 연구에서 이용한 標本流域들과 무관하며, 自然流出狀態등을 고려했을 때, 본 연구에서도 제안된 모형을 檢證하는데 합당하다고 판단된다. 선정된 지점명은 표 6에 나타나 있다.

2) 적용 및 결과 분석

식 (1) 및 식(2)를 선정된 대상지점에 적용하여 年流出量을 推定하였으며, 실측치와의 비교치를 표 6에 수록하였다. 표 6에 나타난 것과 같이 식(1)과 식(2)에 계산된 결과치가 대부분

표 6 실측치와 推定된 年流出量의 비교

지점명	流域面積 (km ²)	年平均 降水量 (mm)	實 測 年平均流出量 (10 ³ x m ³)	* 計算 年平均流出量 (10 ³ x m ³)	** 計算 年平均流出量 (10 ³ x m ³)
장호원	484.5	1202.0	253635.8	316329.3	314566.3
괴산	671.0	1185.6	421522.2	453369.5	438642.8
방림	519.8	1315.0	352060.5	342267.7	337984.0
산계	475.7	1272.6	300309.4	309863.1	308734.0
황강	925.0	957.0	660172.5	640008.7	608776.7
내성천	1153.1	1133.2	849027.5	807616.6	762418.6
고은	88.0	1141.0	59752.0	24981.1	55124.4
섬진	763.0	1251.4	490990.5	520971.1	500132.2
보성	275.0	1505.6	282205.0	162388.7	176435.5
안강	1062.0	1161.3	659183.4	740676.3	700971.6

* : 식 1에 의한 計算值
 ** : 식 2에 의한 計算值

실측치와 잘 맞고 있으며, 流域面積이 88 km²인 고은 지점만 식(1)에서 큰 차를 보이고 있다. 이것은 유출량과 유역면적 관계가 일반적으로 非線形性인데 반해식(1)은 기울기가 線形的으로 변하기 때문인 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 우리나라 中, 小 河川의 年流出量 推定模型으로 최종식(2)를 제안한다.

5. 결 론

본 연구에서는 年流出量 推定模型의 개발을 시도하였다. 연구범위는 우리나라 전역으로 해방이후부터 1988년까지 측정된 降水量, 流出量 자료를 이용하였다. 모형개발을 위한 標本流域은 流出의 人工操作이 없고 수위자료가 양호하며 水位-流量關係曲線이 작성되어 있는 46개 수위표 지점을 택하였다. 선정된 標本流域別로 日水位資料를 수집, 정리하여 日流出量을 산정하고 합산하여 年流出量을 산정하였으며, 年平均降水量을 산정하여 지점별 年流出率을 계산하였다. 이때 年流出率을 검토하여 100% 이상이나 20% 이하인 지점은 모형개발에서 제외하고 최종 37개 標本流域의 자료를 이용하여 年平均流出量 推定模型을 개발하였다. 그리고 개발된 모형을 실제 유역에 적용하여 모형의 합리성을 검토하였다.

주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 본 연구에서 제안된 年流出量 推定模型은 $Q = 570,200.0A^{1.021}$ ($Q: m^3/year, A: km^2$) 이다.

2) 37개 標本流域의 降雨-流出量 자료를 분석하여 얻어진 우리나라 年平均流出率은 약 57%였다.

본 연구에서 개발된 年流出量 推定模型은 中·小 유역이라 할 수 있는 流域面積 약 2800km²이하의 유역들을 대상으로, 1988년을 기준으로 우리나라에서 이용가능한 流出量資料를 최대한 수집, 정리 하여 얻어진 결과이다. 그러나, 현재 우리나라의 水文資料는 量的, 質的인 면에서 모두 만족할 수 없는 상태이며, 앞으로 양호한 水文資料가 확보되면 이 분야에 대한 진 일보된 연구가 필요하다고 본다. 특히 제안된 모형의 入力變數로 降雨資料가 고려되지 못하게된 점에 대해서는 필히 재검토가 필요하다고 본다.

참 고 문 헌

1. 건설부(1973), 낙동강 유역 개발지원조사보고서.
2. 건설부(1974), IHP 대표시험유역 조사보고서.
3. 건설부(1983-1988), 국제수문개발계획(IHP) 대표 유역 연구조사보고서.
4. 건설부(1983, 1984, 1985, 1986, 1987), 홍수량 측정조사 보고서.
5. 건설부(1986), 한국수문조사년보, 1965-1986.
6. 건설부 한강홍수통제소(1982), 한강홍수예경보.

7. 건설부(1984), 주암댐 최종 설계보고서.
8. 국토개발연구원(1987), "중소수계의 하천유출량 추정모델개발".
9. 김 태철, 정 하우(1980), "다중회귀분석에 의한 하천 월유출량의 추계학적 추정에 관한 연구", 한국농공학회지, 22(3), pp.75-87.
10. 김 태철, 박 성우(1984), "한국하천의 월유출량 추정을 위한 지역화 회귀모형", 한국농공학회지, 2(2), pp.106-124.
11. 박 성우(1959), "우리나라에 현존하는 몇개의 수문학적 공식에 대한 비판", 한국농공학회지, 2(2).
12. 박 성우(1969), "우리나라 가용수자원에 대하여", 물의 과학, 1(2).
13. 산개공(1984), 홍천다목적댐 기본계획보고서.
14. 이 종남(1981), "남한강 수계의 월강우량과 월유출량의 시계열 산출모형", 한국수문학회지, 14(2).
15. 이 종남, 이 홍근(1984), "섬진강 월유출량의 추계학적 모형", 한국수문학회지, 14(2).
16. 지 흥기(1984), "다중회귀분석에 의한 하천 월유출량의 결정", 영남대학교 환경연구, 4(2).
17. 한국건설기술연구원 (1989), 설계홍수량 산정을 위한 단위유량도의 합성방법 개발.
18. 허 준행, 송 재우, 이 길춘 (1983), "수자원의 계절별 적기 확보 방안에 관한 연구", 한국수문학회지, 16(1).
19. 홍 영하(1983), "저수지 용량 결정에 있어서 가지야마의 월별 유출고 공식사용의 문제점제기", 한국 수문학회지, 16(1).
20. 한국수자원공사(1990), 수자원 장기종합계획('91-2011)보고서.
21. Benson, M.A. and N.C. Matalas(1967), "Synthetic hydrology based on regional statistical parameters," Water Resources Research, Vol. 3, No. 4, PP. 931-935.
22. Morton, F.I.(1983), "Operational estimates of area evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology," Journal of Hydrology. 66.
23. Morton(1976). Statistical method for study of spatial variation in hydrological variable, John Wiley & Sons.
24. UNESCO(1987). Casebook of methods for computing hydrological parameters for water projects.

-1991년 7월 12일 접수-