

## 우리나라 主要河川의 流況分析

이진원\* 우효섭\*\*

### 要 旨

한강, 낙동강, 금강, 섬진강, 영산강 등 우리나라 5대 강의 주요 지점에서의 광범위한 水文資料를 토대로 流況分析을 수행하였다. 우리나라 하천유량 자료의 신뢰도상의 한계를 감안하여, 특히 低水位時 수위-유량 관계곡선의 검토 등 본 유황분석에서 이용될 유량 자료의 검토에 세심한 배려를 하였다. 본 연구에 의하면, 우리나라의 주요 水系의 유황은 상류에 주요 다목적 댐 건설 이전과 이후에 걸쳐 크게 개선된 것으로 나타났으며, 이러한 유황 개선 효과는 홍수량의 저감 등 豐水時보다는 低水量의 증가 등 低水時에 더욱 두드러지게 나타나고 있다. 한편, 우리나라 주요 수계의 河床係數는 주요댐 건설이전의 자연상태에서는 300~500 정도이었으나, 댐 건설이후 1/2~1/3 정도 감소하여 150~300 정도로 나타났으며, 이는 댐에 의한 유황개선 효과를 단적으로 보여주는 것이다.

### 1. 서론

우리나라의 하천만큼 유량의 계절 변화가 심한 하천은 세계 어느 곳에서도 쉽게 찾아 볼 수 없을 것이다. 강우량이 비교적 적은 10월에서 익년 3월까지의 대부분의 하천은 메말라 있고, 비가 많이 오는 7~9월에는 하천은 홍수에 의해 범람하게 된다. 이러한 강우 및 하천유량의 극심한 계절적 편이때문에 우리나라의 수자원 개발은 용수의 안정적 공급과 홍수 피해의 저감을 위해 대규모 다목적댐의 개발에 초점을 맞추었으며, '70년초 완공된 소양강 댐이나 '80년대 완공된 충주댐 등은 그 대표적인 예라 하겠다.

이러한 하천 유황에 대한 우리나라에서의 연구는 매우 빈약하다. 문헌에 의하면, 우리나라 주요 하천들의 유황을 분석하고 연 최대 유량과 최소 유량의 비인 河床係數(river-regime coefficient)를 추정한 연구로는 '60년 초에 원태상 박사의 연구<sup>(6)</sup>를 들 수 있다. 그러나, 그의 연구는 '20년

\* 정회원 : 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원

\*\* 정회원 : 한국건설기술연구원 수자원연구실 수석연구원

대 유출 자료를 일부 사용한 것으로 70년이 지난 지금 사용하기에는 너무나 많은 시간차이가 있다. 그밖에, '60년대에 박성우 박사의 연구<sup>(3)</sup>가 있으나, 이 연구는 제한된 자료에 의한 국부적인 결과만 제시하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 관측 개시년부터 지금까지 광범위한 유량(수위) 자료를 이용하여 우리나라 5대 주요 하천의 주요 지점별 하천 유황 곡선을 작성하고 하상계수를 새로이 산출하였다. 본 연구에서는 특히 상류 댐에 의한 하류 하천의 유황 개선 효과를 확인하기 위하여 유황 분석의 기간을 주요 댐 축조 이전과 이후로 나누어 분석하였다. 우리나라 유량자료의 신뢰도의 한계를 고려하여, 특히 저수위시 유량 자료의 보완에 세심한 배려를 하였다.

## 2. 유황분석 및 하상계수의 기본이론

가장 일반적으로 이용되는 유황분석 방법은 매년의 일자료를 크기순으로 나열하고 각각의 순서에 해당하는 유량을 평균하여 도시하는 것으로<sup>(1,4,8)</sup> 우리나라에서 행하여지는 대부분의 유황분석이 이에 해당된다고 할 수 있다. 유황의 기준이 되는 하천유량으로 渴水量, 低水量, 平水量 및 豊水量<sup>(5)</sup>이 있으며 그 유지일수는 각각 355, 275, 195, 95일에 해당한다.

한편, 분석기간 전체에 대한 자료를 크기순으로 나열하고 유지비율에 따른 유량의 크기를 나타내는 방법<sup>(7,9)</sup>으로 미국이나 서유럽과 같이 확률개념으로 유황을 파악하는 나라에서 이용되고 있으며 우리나라에서는 많이 사용되지 않고 있다.

하천의 유황을 나타내는 또 하나의 지표로 河狀係數가 있다. 하상계수는 연중 최대유량과 최소유량의 비를 말하며 분석기간(년) 동안 평균하여 평균하상계수를 이용한다. 이는 하천유량의 변화정도를 표시하는 지표로서 수자원개발이나 하천계획 등에 직접 이용되지는 않지만 개략적인 유황의 특성을 파악하는 기초가 된다. 하상계수는 댐이나 기타 유역개발에 의하여 하천유황에 변화가 있는 경우 변하게 되며, 일반적으로 댐에 의한 유황개선 효과는 하상계수를 감소시킨다.

## 3. 관련자료의 수집 및 분석

본 연구에서 각 수계별로 선정된 조사대상지점은 한강의 인도교, 낙동강의 진동, 금강의 공주, 섬진강의 송정, 영산강의 나주 지점이다.

조사대상 지점들의 일 수위 자료는 한국건설기술연구원의 수문 D/B를 이용하여 조사하였다. 조사된 일수위자료를 검토하여 결측된 기간을 제외하고 이용할 수 있다고 판단된 자료는 개략적으로 그림 1 과 같다. 여기서, '40년대 와 '50년대 같이 수문 관측이 통제된 경우 그 기간의 자료는 본 연구에서 제외하였으며, 다만 몇일 정도 중간에 결측된 경우 강우량을 고려하여 보완하였다.

이렇게 조사된 일수위 자료를 수위-유량관계곡선을 이용하여 일유량으로 환산하기 위하여 기존에 각 지점에 수립되어 있는 수위-유량관계곡선을 수집하였다. 수위-유량관계곡선의 선정은 해당년 기간에 작성된 곡선을 우선 고려하였으며, 수위에 따른 유량의 모의 결과를 각각 검토하여 최종 결정하였다. 모의 결과를 검토하는 과정에서 기본적으로 타 곡선과 현저히 다른 형태로 유량이 모의되는 곡선은 제외하였으며, 곡선식에 적용하는 수위의 한계를 검토하여 이용여부를 결정하였다.

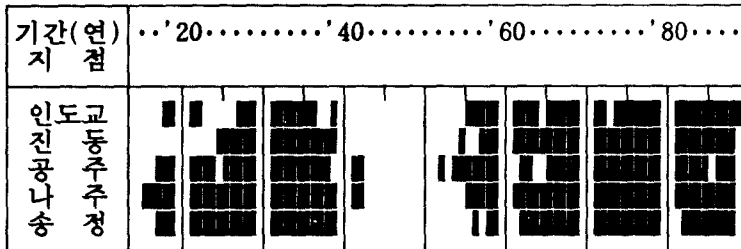


그림 1 각지점별 수위자료의 실태

위와 같은 기준에 의하여 수위-유량관계곡선식을 선정하고, 수위-유량관계곡선의 유도시 이용한 실측유량을 파악할 수 있는 경우 저수위시의 각 곡선의 모의 결과를 검토하였다. 그림 2는 공주지점의 예로서 각 곡선별로 도시결과를 검토하여 관측 최저수위부터 실측유량과 곡선식이 잘 부합되는 수위까지의 수위-유량 관계는 線型으로 가정하여 산정하였다.

#### 4. 유황분석 및 하상계수의 산정

##### 4.1 유황분석

인도교지점의 유황에 대한 한강유역의 댐건설에 따른 영향을 파악하기 위하여 북한강의 화천댐('44), 소양강댐('73), 그리고 남한강의 충주댐('85) 준공년도를 기준으로 하여 유황분석 기간을 설정하였다. 따라서, 유황분석 기간은 관측 개시년도('19)부터 '43년, '44-'72, '73-'84, '85-'90 년으로 구분하였으며 그림 3은 인도교수위표 지점의 유황곡선이다.

진동지점은 낙동강의 대표적인 수위관측지점으로 남강 합류점 아래에 있어 남강('70) 및 안동댐('76)의 영향을 받고 있다. 따라서 진동지점의 유황분석은 이들 댐의 영향을 고려하여 '24년 부터

'69년, '70-'75년, '76-'89년으로 구분하여 유황을 분석하였으며 그 결과 진동지점의 유황곡선은 그림 4와 같이 나타났다. 낙동강 수계의 황강의 합천댐의 경우 '88년 말에 준공되었으므로 본 연구에서는 고려하지 않았다.

공주지점은 금강의 대표적인 수위관측지점으로 대청 다목적댐('80)의 영향을 받고 있다. 따라서 대청댐의 영향을 고려하여 '18년도부터 '79년까지와 '80년부터 '89년까지로 구분하여 유황을 분석하였다. 그 결과 유황곡선은 그림 5와 같다.

영산강의 나주지점의 유황은 상류에 다목적댐은 건설되어 있지는 않으나 '76년에 장성, 나주, 담양, 광주댐 등 농업용댐이 4개가 동시에 건설되어 이 농업용댐들의 영향을 받고 있다. 따라서, 이들 농업용댐들의 영향을 고려하여 관측개시년도부터 '75년까지와 '76년부터 '89년까지를 구분하여 유황을 분석하였고, 그 결과 나주수위표 지점의 유황곡선은 그림 6과 같다.

섬진강의 송정지점의 유황은 상류에 섬진강댐('65)이 건설되어 있어 댐에 의한 영향을 받고 있다. 따라서 섬진강댐의 영향을 고려하여 관측 개시년도부터 '64년까지와 '65년부터 '89년까지를 구분하여 유황을 분석하였다. 섬진강댐 직상류에 과거부터 있었던 운암댐의 영향은 그 댐의 규모면에서 비교적 작으므로 본 연구에서 제외하였다. 그림 7은 송정지점의 유황곡선이다.

이상과 같이 분석기간을 설정하여 유황을 분석한 결과는 표 1과 같다.

#### 4.2 하상계수의 산정

본 연구에서 지점별 평균 하상계수의 산정은 특히 갈수량 자료의 신뢰도 문제 때문에 10단위까지 추정하였다. 다음 표 2는 대상지점에 대한 하상계수의 산정결과이다.

### 5. 결과의 분석

본 연구에서 각 그림 3~7에 나타난 유황곡선은 강우(유출)량의 연 변화에 의한 유황의 변화와 상류 댐 축조에 의한 유황변화가 구분되어 있지 않다. 따라서, 자료 이용기간이 비교적 짧은 경우 다른 기간의 유황과 비교시 경년 변화의 영향이 지나치게 크게 나타날 수도 있다. 다만 댐의 축조와 같은 대규모 유황 변화는 연유량의 경년 변화에 의한 유황 변화보다 본 연구에서 보는 바와 같이 비교적 탁월히 나타난다.

위의 유황분석 결과에 의하면, 일반적으로 다목적댐과 같은 대규모 수공구조물의 건설후에는 갈수량과 저수량 뿐만 아니라 평수량과 풍수량도 증가하는 것으로 나타났으나 풍수량 이상에서는 큰 폭으로 작아졌음을 알 수 있다. 특히 홍수시 유출량이 현저하게 작아짐으로서 다목적댐 등과 같은 대규모 수공구조물은 용수공급에 의한 갈수량의 공급뿐만 아니라 치수측면에서도 홍수를 조절하는 효과를 잘 보여주고 있다. 다만, 표 1의 갈수량 자료는 유량 자료의 신

퇴도에 따라 특히 민감한 값들이며, 본 연구에서 제시된 갈수량 값들도 단지 추정치에 머무른다.

표 1 각 지점의 유황분석 결과

(단위:cms)

지점명	자료기간	갈수량	저수량	평수량	풍수량
인도교	'19 - '43	37	49	82	211
	'44 - '72	37	88	181	443
	'73 - '84	43	135	257	512
	'85 - '89	126	239	370	596
진 동	'24 - '69	39	75	131	282
	'70 - '75	34	72	136	293
	'76 - '89	39	81	155	333
공 주	'18 - '79	9	17	28	68
	'80 - '89	21	41	83	165
나 주	'16 - '75	5	7	11	23
	'76 - '89	14	20	25	37
송 정	'18 - '64	12	25	44	102
	'65 - '89	15	26	39	87

표 2 댐건설 전후의 주요하천의하상계수

구 분	기준지점	적용기간	하상계수	비 고
한 강	인 도 교	'19-'43	1:580	화 천 댐 ('44) 소양강댐 ('73) 충 주 댐 ('85) 기 존 값(6)
		'44-'72	1:540	
		'73-'84	1:550	
		'85-'90	1:170	
		'23-'27	1:393	
낙동강	진 동	'24-'69	1:360	남 강 댐 ('70) 안 동 댐 ('76) 기 존 값(6)
		'70-'75	1:210	
		'76-'89	1:180	
		'19-'27	1:372	
금 강	공 주	'18-'79	1:540	대 청 댐 ('80) 기 존 값(6)
		'80-'89	1:300	
		'24-'26	1:298	
영산강	나 주	'16-'75	1:330	농업용댐군 ('76) 기 존 값(6)
		'76-'89	1:170	
		'16-'27	1:682	
섬진강	송 정	'18-'64	1:510	섬진강댐 ('65) 기 존 값(6)
		'65-'89	1:330	
		'18-'27	1:734	

한편, 각 유황분석 지점의 유량을 그 상류 유역면적으로 나누어 比流量 (cms/km<sup>2</sup>)으로 표시하고 유지인수를 확률로 바꾸어 대수 정규분포지상에 다시 표시하였다. 그림 8은 주요 댐 건설 이전의 자연유황 상태의 5대 하천의 유황을 나타내며, 그림 9는 주요 댐 (최종) 건설 이후의 유황을 나타낸다. 이 그림들에서 보는 바와 같이 하천유황은 대략 대수 정규분포로 나타낼 수 있음을 알 수 있다.

자연상태의 수계별 비유량은 지배확률 5% 이상의 경우 일반적으로 섬진강이 크고 한강과 금강이 작으며 낙동강과 영산강은 중간 정도이었으나, 주요 댐 건설 이후는 한강, 영산강이 크고 낙동강이 작으며 섬진강과 금강이 중간 정도로 나타났다. 전체적으로 주요 댐 건설 이전의 유황곡선의 경사 (variability, 변화도)<sup>(10)</sup>는 댐 건설이후 작아진 것으로 나타나 그림 8, 9도 우리나라 주요 하천의 유황 개선 효과를 전체적으로 보여주고 있다.

우리나라의 주요 하천의 자연 상태의 하상계수는 대륙의 하천보다 매우 크며, 이는 우리나라 수 자원 관리의 어려움을 나타낸다. 각 수계의 주요 댐 건설 이후의 유황계수들은 전체적으로 1/2 이상

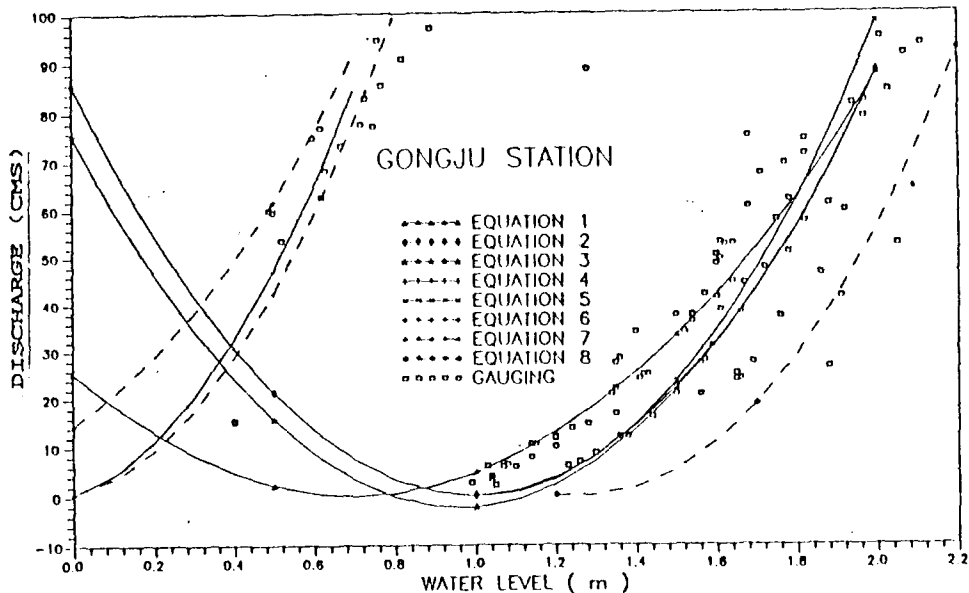


그림 2 공주시점(금강)의 저수위시 수위-유량 관계

감소하였으나 이 역시 외국의 주요 하천들의 값들보다 상당히 크며 (라인강:16, 나일강:30, 미시시 피강:100), 이는 우리나라에서 지속적인 수자원 개발의 필요성을 간접적으로 시사한다.

6. 결론

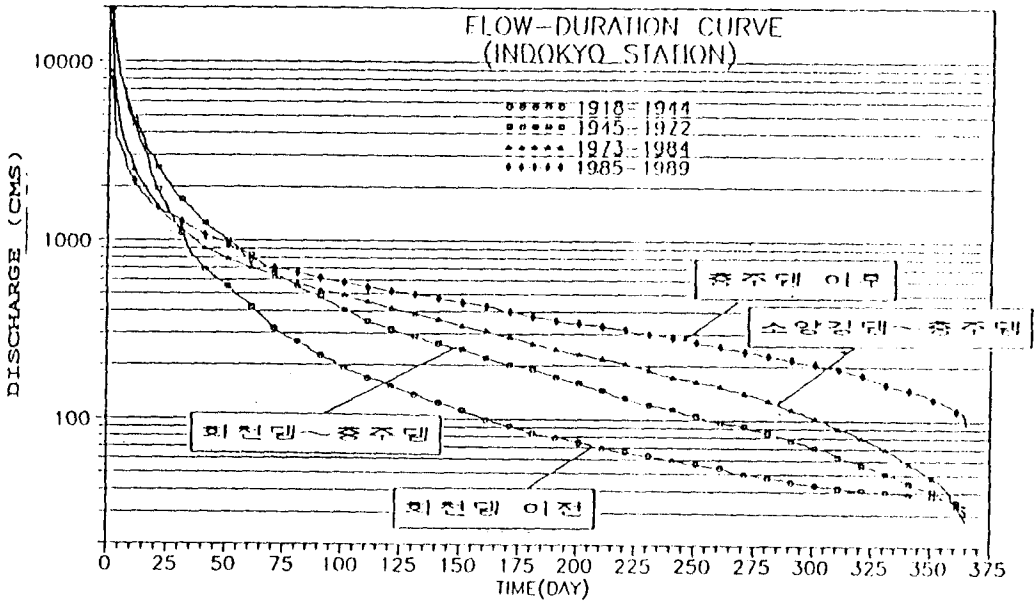


그림 3 한강(인도교)의 유황곡선의 변화

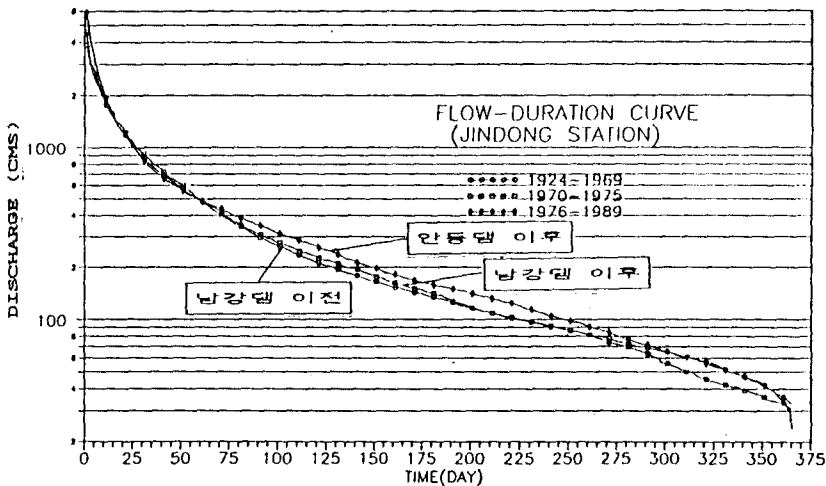


그림 4 낙동강(진동)의 유황곡선의 변화

본 연구에서 얻어진 주요 결론은 다음과 같다.

- (1) 우리나라의 하천 유량의 시간 변화는 대륙의 경우보다 3~20배 이상 매우 크며 하천의 최대유량과 최소유량의 비인 하상계수는 주요 댐 건설 이전의 자연 상태에서 300 이상으로, 우리나라 수자원 관리의 어려움을 보여준다.

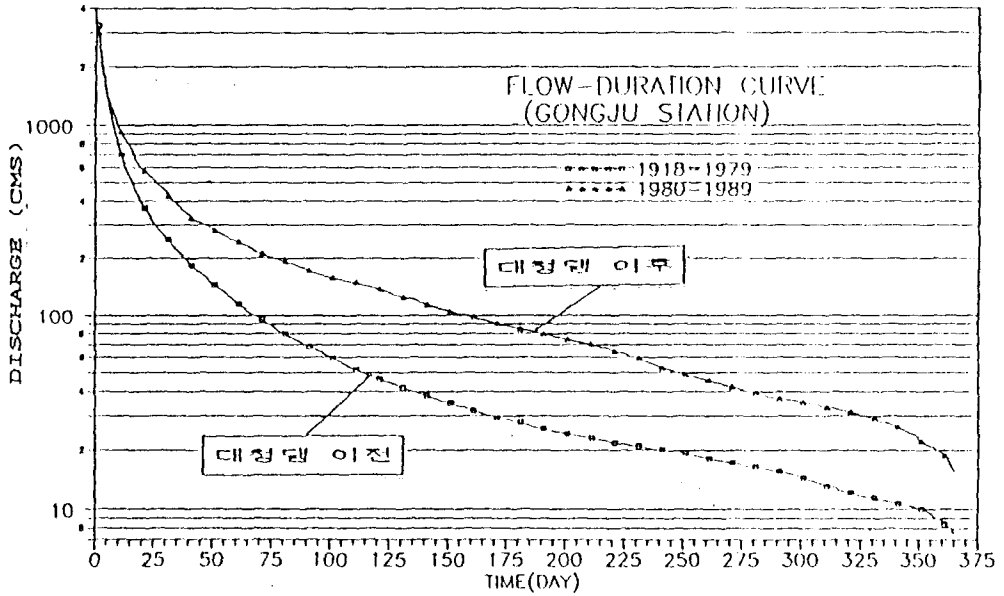


그림 5 금강(공주)의 유황곡선의 변화

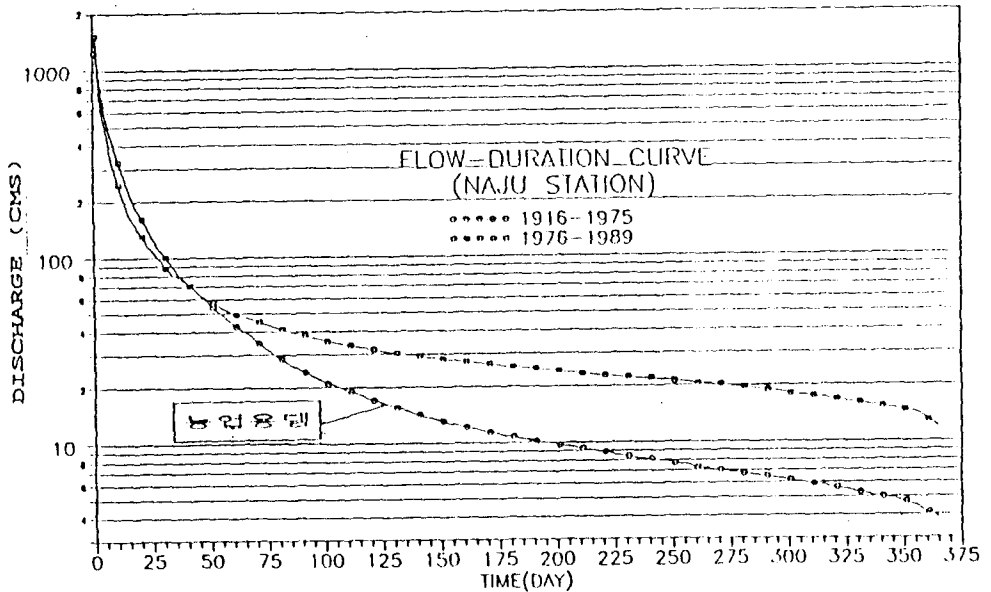


그림 6 영산강(나주)의 유황곡선의 변화

- (2) 우리나라 주요 수계의 대규모 다목적댐의 건설은 하류 유황 개선에 커다란 기여를 하였으며, 이는 5대 하천의 주요 지점별 댐 전후의 유황 곡선의 비교에서 분명히 나타난다.
- (3) 본 유황분석에 의하면, 하류지점을 기준으로 하여 한강, 낙동강, 영산강의 경우 하천유황은 상



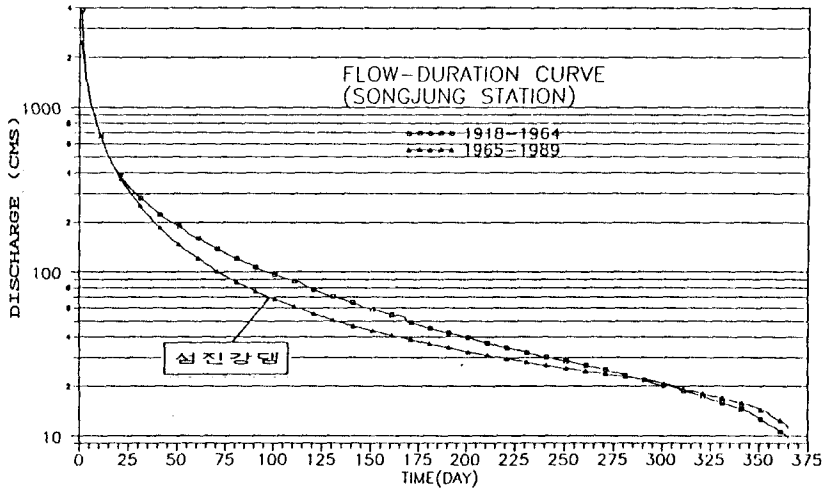


그림 7 섬진강(송정)의 유황곡선의 변화

대적으로 안정되어 있고, 금강, 섬진강의 경우 상대적으로 불안정하며, 이는 금강, 섬진강의 신규 수자원 개발의 우선적인 필요성을 간접적으로 시사한다.

(4) 각 수계에 주요 댐 건설 이후의 우리나라 주요 하천의 하상계수는 한강의 인도교에서 170, 낙동강의 진동에서 180, 금강의 공주에서 300, 섬진강의 송정에서 330, 영산강의 나주에서 170 정도로 추정된다.

#### 참고 문헌

- (1) 건설부, I.H.D 대표시험유역조사(경안천, 무심천)보고서, 1973
- (2) 건설부/한국수자원공사, 수자원 장기종합계획 ('91-2011), 1990.12
- (3) 박성우, '한국하천의 유황에 관한 연구', 한국농공학회지, 1968(?)
- (4) 박성우, '하천의 유황에 관한 수문학적 연구', 한국농공학회지, 제16권 2호, 1974
- (5) 조선총독부, 조선하천조사서, 1924
- (6) 원태상, '한국하천의 특수성을 논함', 대한토목학회지, 1962.6
- (7) 윤용남, 공업수문학, 청문각, 1987
- (8) 한국수자원공사, 한강하천유지유량 조사연구 보고서, 1990
- (9) Elizabeth M. Shaw, Hydrology in Practice, van Nostrand Reinhold, U. K., 1983
- (10) T. A. McMahon, R. G. Mein, River and Reservoir Yield, W.R.P., Littleton, Colorado, 1986

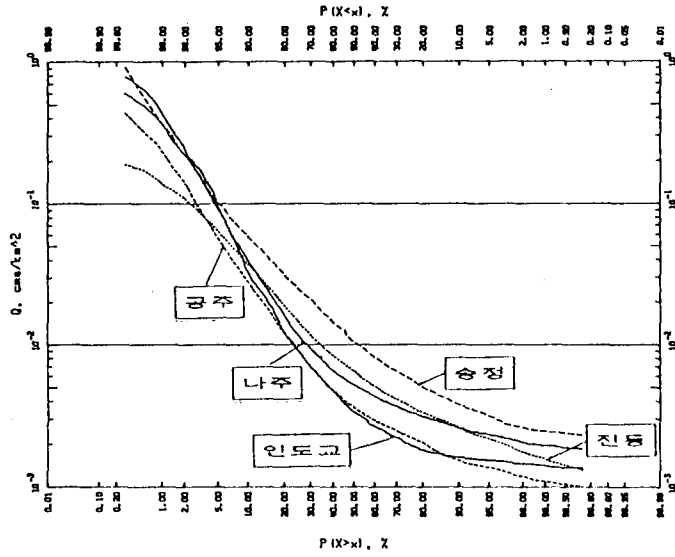


그림 8 주요 담 이천의 5대 하천의 유황곡선

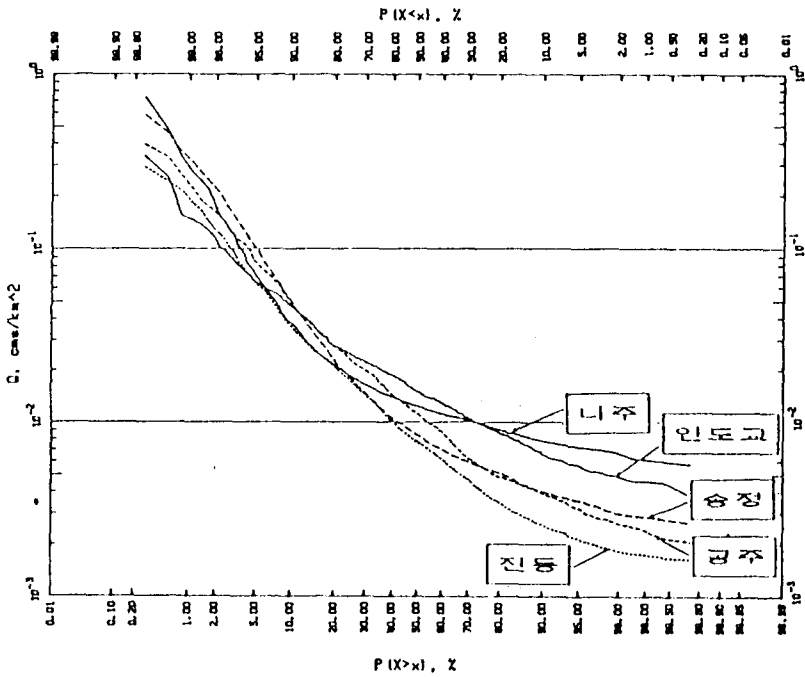


그림 9 주요 담 이후의 5대 하천의 유황곡선