

중소유역의 수문학적 특성이 하천유사량에 미치는 영향

The Effects of Hydrologic Characteristics on Sediment Discharge in Streams with Small and Medium Size Watersheds

김 활 곤* · 서 승 덕**
Kim, Hwal Gon · Suh, Seung Duk

Summary

The purpose of this study is to provide with information for the water resources development and management in stream management planning, such as information on the sediment transport, design of dam and water facilities, river improvement and flood plains management.

The major results obtained from the field measurement and analysis of the watershed characteristics, hydraulic and sediment characteristics are as follows ;

1. The rating curve formulas obtained from the analysis of the hydraulic characteristics data collected are ; $Q=110.563(H-0.474)^2$ for $0.7m < H < 1.5m$, at Seogpo-Gyo and $Q=66.214(H-0.146)^2$ for $0.4m < H < 1.6m$, at Songriweon-Gyo.

2. The variations of vertical distribution of sediment concentration increased and of horizontal distribution of sediment concentration are negligible as the depth increased at Seogpo-Gyo and Songriweon-Gyo.

3. The results of the simple correlation analyses between specific sediment yield rate and various factors representing stream watershed characteristics show that the circumferential length of watershed, the number of streams, the total length of tributary, the average breadth of watershed, the shape factor and the basin relief are highly correlated with sediment yield ($R=0.7\sim 0.9$), while the other characteristics are weakly correlated ($R=0.4\sim 0.7$).

The multiple regression analyses between sediment yield rate and stream watershed characteristics resulted in two variable model ; $Sr=aX_1^2.X_2^c$, in the experimental watershed.

* 경북대학교 농과대학 수공학연구소

** 경북대학교 농과대학

키워드 : 수리량분석, 유사량, 부유사 농도의 연
직분포, 비유사유출량, 유역특성 인자

I. 서 론

강수와 유수에 의한 유역 및 하천유로에서 토사의 침식과 유송 및 퇴적현상은 수공기술자들이 해결해야 될 가장 어려운 문제 중의 하나이다. 침식현상은 빗방울의 충격력과 유수의 소류력 때문에 생기며, 유사의 근원이 될 뿐 아니라 하천제방이나 하천공작물의 안전을 위협하며, 농경지의 비옥한 토양을 유실시키는 등 인간에게 각종 피해를 주는 경우가 많다. 토사의 유송은 일반적으로 모래나 이토 및 점토 등이 유수에 의하여 이동하는 동적현상을 뜻하며, 흐르는 물의 탁도를 높임으로서 수질을 오염시키기도 한다.

한편, 퇴적현상은 비옥한 표토를 유실매물시키기도 하고 배수를 불량하게 하며 하천수로의 통수단면을 감소시켜 홍수의 범람을 확대조장시키고 하천 구조물 파괴의 원인이 될 수 있다. 관개나 주운용 수로에 토사가 퇴적될 경우에도 수로의 송수능력을 감소시키는 결과를 초래하며 저수지내 퇴적은 저수용량을 감소시키고, 또한 항만내 퇴적은 선박의 접안을 위하여 준설작업을 강요하기에 이른다.

이들 중 토사의 유송은 침식과 퇴적을 연결하는 중간고리이므로 유사에 따른 여러 문제들을 해결하기 위해서는 역학적으로 전혀 다른 두 유사운송 기구 즉 유수의 교란에 의한 부유형태의 유사운송기구와 유수가 하상에 있는 사립자에 미치는 흐름방향의 전단력 및 흐름의 직각방향인 양력이 원인이 되는 소류형태의 유사운송 기구를 명확히 이해하는 것이 중요하다. 그러나 아직까지 이에 대한 이론과 경험적 지식은 대단히 불완전한 실정이다.

본 연구는 보다 신뢰성이 높은 유사연구의 기초가 되어, 많은 피해를 야기시키고 있는 유사관련 문제를 해결할 수 있도록 하고, 댐의 설계 및 운영, 수리구조물의 설계 및 유지관리, 하천개수 및 하도의 안정, 홍수터 관리

등 수자원 개발 및 관리를 위한 하천계획에 필요한 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

본 연구에서는 모래 하천으로서 유사량 측정의 의미가 있는 낙동강수계 중 주요 직할하천인 내성천 상류유역을 시험유역으로 하여 유역내의 송리원교 지점과 송리원교에서 상류 약 16Km의 석포교지점을 주 관측지점으로 하고, 내성천 지류인 낙화암천 하구의 도촌교 지점과 토일천 하구지점을 보조관측 지점으로 선정하였다. 선정된 각 소유역별로 1/50000 지형도를 이용하여 지형학적특성을 분석하였고, 각 선정지점에 대하여 수리량과 유사량을 실측하여 수리특성 및 유사의 물리적 특성을 분석 하였으며, 분석한 자료를 수정 아인슈타인 방법을 전산화한 MODEIN 프로그램에 입력하여 측정지점별 총유사량을 추정하였다. 그리고 추정한 유사량과 유량과의 관계, 유사량과 시험유역내에 각 하천지형학적 인자와의 관계를 상관분석하여 상관식을 유도하였다.

II. 유역의 수문 및 유사량 측정과 분석

1. 유역의 수문 분석

가. 위치 및 유역의 개황

본 연구에 선정된 시험조사 유역은 낙동강수계 중 내성천 상류유역으로서, 경상북도 봉화군 물야면 오전리 선달산의 표고 1100m 정도에서 발원하여 남류하면서 낙화암천과 합류하고, 본 연구의 상류 관측점인 영풍군 이산면 석포리 소재 석포교를 통과하여 토일천을 합류한 후 본 연구의 종점인 영풍군 평은면 금광리 소재 송리원교에 이른다.

유역면적은 487km², 유로연장은 45km이며, 유역형상계수는 0.238로 Fig. 1과 같이 폭이 좁고 긴 유역이며, 하천 평균경사는 석포교지점까지 1/160로 급한 편이며, 석포교에서

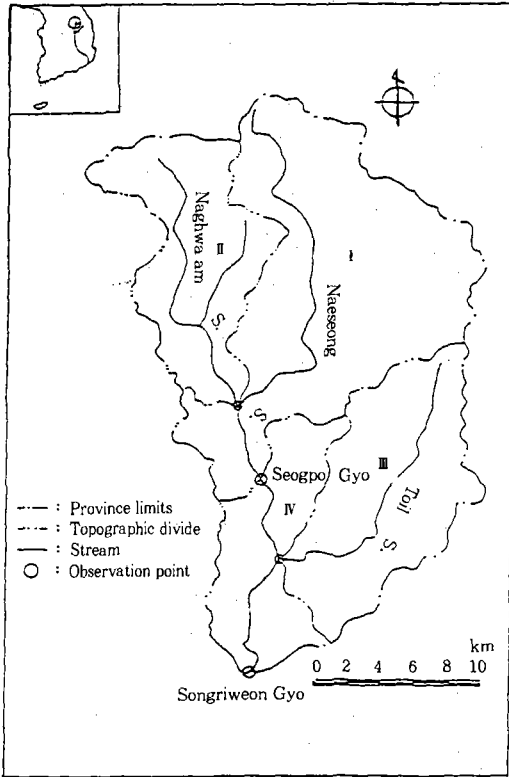


Fig. 1. Map of the Naeseong stream watershed

송리원교까지는 1/530이다.

유역에 분포하고 있는 지층은 약 20%에 해당하는 선-캠브리아기의 변성암류가 유역 남단과 북단에 분포하고 있으며, 유역중앙은 약 80%에 해당하는 쥐라기의 화강암이 주 분포를 이루고 있다. 하상은 흑운모 화강암이 풍화작용을 깊이 받아 하상퇴적물의 특성을 지배하는 중립-조립질 모래가 우세하게 분포하고 부분적으로 소량의 자갈을 포함하고 있다.

유역내 주요 토지이용면적은 산림이 295km²로서 61%이며, 논이 96km²로서 20%, 밭이 72km²로서 15%, 농가 및 기타 4%로 구성되어 있는 농촌지역이다.

나. 측정지점 선정

본 연구에 선정된 측정지점은 하상이 모래

로 구성된 층적하천으로서 Fig. 1과 같이 내성천 본류인 송리원교 지점과 송리원교에서 상류 약 16Km 지점인 석포교 지점 그리고 지류인 낙화암천내의 도촌교, 토일천내의 원천교 지점을 유사량 측정지점으로 선정하였다.

다. 하천지형학적 인자 분석

본 내성천 시험조사 유역을 분류인 송리원교 지점, 석포교지점 그리고 지류인 낙화암천 및 토일천 유역으로 Fig. 1과 같이 구분하여, 유사 생성, 운반, 퇴적에 관련되는 기하학적 특성인자, 즉 유사 생성되는 범위를 나타내는 유역면적, 유역의 크기와 형상에 관계되는 인자로 유역주장, 유사이송거리에 관계되는 주하천장, 하천의 유사 유송능력과 관계되는 형상계수, 주하천경사, 하천의 소밀상태를 나타내는 수계밀도, 유역의 대체 경사도를 나타내는 기복량비 등을 1/50,000 지형도에서 구하여 Table-1에 정리하였다.

Table-1에서 보는 바와 같이 유역면적과 주하천장은 각각 내성천 본류인 송리원교지점에서 487Km²와 45Km, 석포교지점에서 300Km²와 29Km 그리고 지류하천인 낙화암천과 토일천 유역은 약 100Km²와 20km 내외의 중소유역이다. 유역의 형상계수는 0.21~0.35로써 대체적인 형상은 Fig. 1과 같이 폭이 좁고 긴 유역이며, 상류계곡이 깊은 관계로 하천구간장의 경사자승법으로 구한 주 하천평균경사와 대체 경사도인 기복량비는 토일천유역을 제외하고 다소의 차이를 보이고 있다.

2. 수리량 및 유사량 측정 과 분석

가. 수리량 분석

유사량 측정시 병행하여 관측한 유속, 수심, 수면경사, 하폭, 수온 등은 중요한 수리변수이며, 이들 중 수위 유량자료를 이용하여 주 관측지점인 석포교, 송리원교 지점에 대해 수

Table-1. Physical characteristics of the Naeseong stream watershed

Stream name	Main stream (Songriweon Gyo)	Main stream (Seogpo Gyo)	Tributary (Naghwa-amstream)	Tributary (Toil stream)
Watershed area(km ²)	487.46	299.91	93.68	116.63
Main stream length(km)	45.19	29.36	20.54	23.53
Circumferential length of watershed(km)	117.17	90.16	55.12	55.13
Average slope of main stream(m/km)	3.73	6.16	12.23	11.59
Stream number(each)	1011	610	222	209
Total length of tributary(km)	818.86	521.44	171.33	172.45
Drainage stream frequency(each/km ²)	2.074	2.033	2.369	1.791
Drainage density(km/km ²)	1.772	1.836	2.048	1.680
Average breadth of watershed(km)	10.78	10.21	4.56	4.95
Shape factor	0.238	0.347	0.222	0.210
Compactness	0.667	0.680	0.440	0.490
Basin relief(m/km)	21.46	32.01	30.67	10.62
Centroid length(km)	26.18	16.71	12.23	11.59

위-유량곡선을 작성하였다.

나. 유사량 측정

본 연구에 사용된 부유사 및 하상토 채취 장비는 한국건설기술연구원이 보유하고 있는 P-61-A1 점적분 부유사 채취기와 BM 54 하상토 채취기를 사용하였다.

주 관측점인 석포교, 송리원교 지점은 등간 격법을 택하여 각각 15m 간격으로 측정선을 정하였으며, 비교적 소하천인 낙화암천 유역의 도천교와, 토일천 유역의 원천교 보조 관측점에서는 하천 중심 부근에 각각 3개와 2개의 측정선을 정하였다.

부유사 채취는 부유사의 농도분포와 입경분포분석을 위하여 수심적분 채취 방법으로 각 측정선에 대하여 2회 실시하였으며, 부유사농도의 연직분포를 측정하기 위하여 각 측정선의 측정위치에서의 점적분 채취방법으로 부유사를 채취하였으며 하상토 채취는 BM 54의 채취법에 준하였다.

다. 부유사 농도 분석

채취된 부유사 농도를 측정하는 방법은 증

발법과 여과법이 있다.

본 연구에서는 증발법에 의한 부유사 농도를 분석하였으며 그 과정을 요약하면 다음과 같다.

시료를 채취장소, 측정지점, 측정시간,수온 등을 기록하여 부유물이 침전되도록 약 1일간 냉암소에 보관한후 시료병에 약 30ml 남기고 표층수만 제거하였으며 나머지를 노건조시켜 부유사중량을 측정하므로써 농도를 측정하였다. 이때 용질물에 대하여 보정하고 유사중량에서 용질물에 대한 보정치를 뺀 후 유사농도를 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 하천수리특성

92년 7월 11일~92년 10월 4일까지 실측한 수위-유량 자료를 이용하여 석포교지점과 송리원교지점에 대한 수위-유량관계 그래프를 그린 결과 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 두 지점 수위(H)-유량(Q) 관계 곡선이 석포교는(0.7m<H<1.5m)인 때 $Q=110.563(H-0.474)^2$ 이고, 송리원교는(0.4m<H<1.6m)인 때 $Q=66.214$

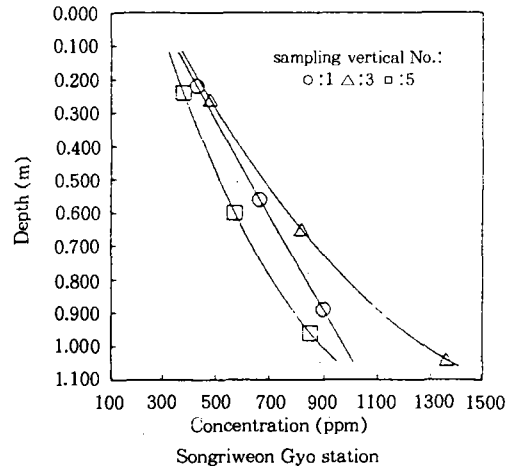
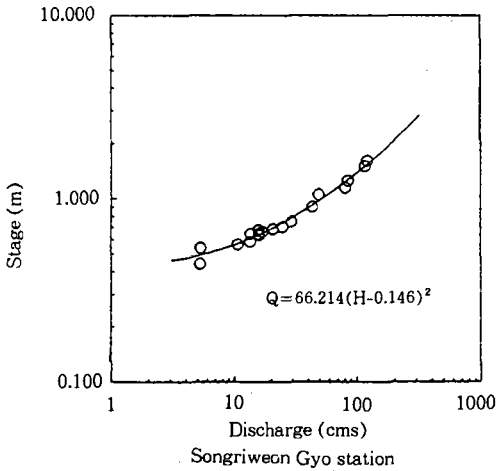
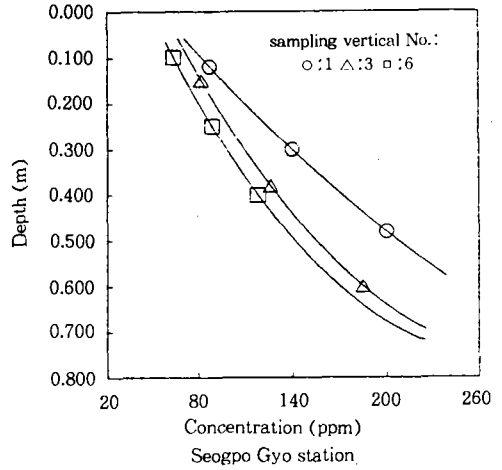
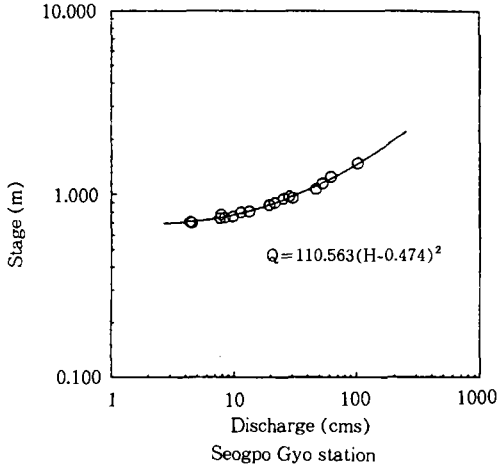


Fig. 2. Rating curves at various stage gauging stations in the Naeseong stream watershed(92. 7. 11~92. 10. 4)

Fig. 3. Vertical distribution of sediment concentration in the Naeseong stream watershed(92. 9. 25)

(H-0.146)²의 관계 곡선식을 얻을 수 있었다.

2. 부유사 농도 분포

부유사 농도는 하천단면의 수평방향과 수직 방향에 따라 상당히 다르다.

일반적으로 부유사 농도의 연직분포는 수면에서 최저이고 하상에서 가장 높다. 부유사 농도는 유사의 입경에 따라 그 형태가 다르다. 모래나 자갈등 조립토사의 경우 유사농도의 연직분포는 깊이에 따라 현저하게 달라지

지만 점토나 이토등 미립토사의 경우 수면과 하상이 거의 균일 하게 분포함에 따라 연직변화가 적다.

또한 농도의 연직변화와 시간적변화 등은 난류, 유속, 수심, 하상토의 입경 등에 영향을 받으며 농도의 횡방향분포는 하도의 형태, 하상경사, 유속, 수심, 하상형태, 유사입경 등에 영향을 받는다.

본 연구에서는 비교적 유량이 많은 92년 9월 25일 홍수시 점적분채취기를 이용하여 채

취한 점적분시료를 증발법에 의하여 농도를 분석하고 석포교와 송리원교 지점에 농도의 연직분포를 그린 것이 Fig. 3이다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 부유사 농도의 연직분포는 석포교, 송리원교 지점 모두 수심이 커짐에 따라서 점점 증가함을 알 수 있다. 이는 시험유역내의 유사의 입경이 점토와 모래로 구성되어 있는데 그 원인이 있는 것으로 사료된다.

또한 Fig. 4는 부유사 농도의 횡방향분포를 나타내고 있다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 농도의 횡방향 분포는 두 지점 모두 우안쪽의 농도가 약간 크게 나타났지만 농도의 횡방향변화가 그리 크지 않는 것으로 나타났다. 이는 하상의 형태가 평탄하며 하도의 형태가 직선에 가까운 데 그 원인이 있는 것으로 사료된다.

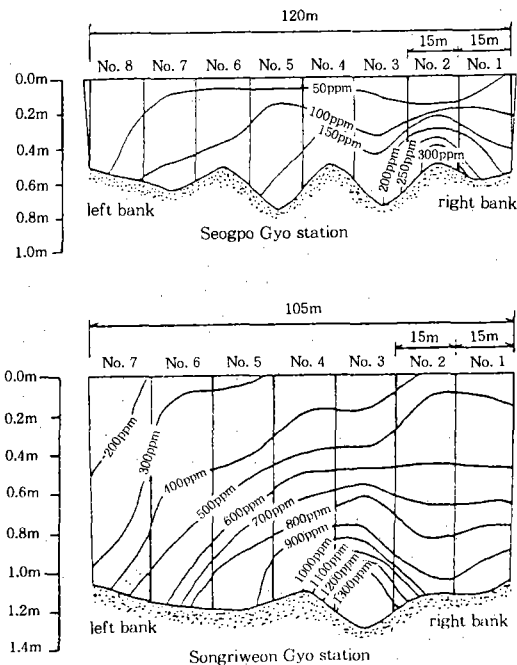


Fig. 4. Cross sectional distribution of sediment concentration in the Naeseong stream watershed(92. 9. 25)

3. 유량과 유사량

진술한 바와 같이 본 연구에서 총유사량 추정에는 수정 아인쉬타인 방법의 전산 프로그램인 MODEIN을 사용하여 유사량을 추정한 결과 Table-2, Table-3, Table-4 및 Table-5와 같다.

상기 Table를 이용하여 얻은 4개 관측지점의 유량-유사량관계 곡선은 대수지상에서 석포교지점은 $Q_s = 0.071 \times 10^{-4} Q^{2.352}; 10 < Q < 100 \text{cms}$ 의 관계식, 송리원교지점은 $Q_s = 0.074 \times 10^{-4} Q^{2.066}; 10 < Q < 120 \text{cms}$ 의 관계식, 도촌교지점은 $Q_s = 6.28 \times 10^{-4} Q^{8.040}; 10 < Q < 30 \text{cms}$ 의 관계식 그리고 원천교지점은 $Q_s = 0.0115 \times 10^{-4} Q^{2.856}; 10 < Q < 40 \text{cms}$ 의 관계식을 얻었다.

4. 하천지형학적 인자와 유사량과의 관계

가. 기하학적 인자와 유사량과의 상관관계

시험유역의 하천지형학적인자와 유사량과의 상관 분석을 하기위하여 4개의 소유역별 비유사유출량을 구한 결과 Table-6과 같다.

여기서 종속변수는 실측계산에 의한 Table-6의 비유사유출량(S_r)으로 하고 독립변수는 하천지형학적인자인 Table-1의 유역면적(A), 주하천장(L), 유역주장(CL), 주하천평균경사(S_m), 하천수(RN), 지류총연장(SI), 수계빈도(D_f), 수계밀도(D_d), 유역평균폭(B), 형상계수(F), 하천밀집도(C), 기복량비(H_b), 하천중심장(L_c)에 대한 1:1 상관분석을 하였으며, 그 결과는 Table-7과 같다.

Table-7에서 보는 바와 같이 유역주장(CL), 하천수(RN), 지류총연장(SI), 유역평균폭(B), 형상계수(F), 기복량비(H_b)의 6개 인자들은 상관계수 R 의 절대값이 0.7~0.9 사이로 비교적 높은 상관관계를 보여주고 나머지 7개 인

Table-2. Relationship between discharge and sediment discharge at Seogpo Gyo

Date	Time	Discharge (CMS)	Sampled sediment concentration (ppm)	Total sediment concentration (ppm)	Total sediment discharge (10^{-4} ton s)
92. 8.25	17:15	28.45	49.55	72	20.5
92. 9. 3	15:25	25.73	33.29	54	13.8
92. 9. 8	13:45	9.78	14.11	53	5.2
92. 9. 9	14:50	13.43	21.22	63	8.5
92. 9.24	17:10	19.65	28.79	108	21.2
92. 9.25	04:20	103.25	432.96	1154	1191.7
92. 9.25	10:40	62.09	164.21	546	338.8
92. 9.25	14:50	52.95	130.90	417	221.1
92. 9.25	18:40	47.20	106.23	363	171.3
92. 9.26	08:20	30.69	60.60	184	56.4
92. 9.29	15:40	11.44	19.59	60	6.7

Table-3. Relationship between discharge and sediment discharge at Songriweon Gyo

Date	Time	Discharge (CMS)	Sampled sediment concentration (ppm)	Total sediment concentration (ppm)	Total sediment discharge (10^{-4} ton s)
92. 7.17	17:45	49.68	655.43	2030	1008.8
92. 8.25	12:50	29.50	228.20	709	209.1
92. 9. 3	18:00	25.03	42.23	210	52.5
92. 9. 8	15:00	13.51	19.19	105	14.1
92. 9. 9	16:30	16.11	15.45	121	19.5
92. 9.24	18:20	20.85	33.16	135	28.1
92. 9.25	06:05	121.09	956.13	1383	1674.8
92. 9.25	08:40	116.46	899.73	1322	1539.9
92. 9.25	06:30	85.50	249.32	519	443.9
92. 9.25	20:00	81.22	229.89	493	400.1
92. 9.26	10:10	43.76	178.88	299	130.7
92. 9.29	17:10	17.15	28.24	187	32.2

자들은 상관계수 R의 절대값이 0.4~0.7 사이로 나타났다.

Fig. 5는 비교적 높은 상관관계를 보여준 5개 인자에 대한 단순회귀곡선이다. 또한 비유사유출량과 각 인자들과의 관계를 보면 일반

Table-4. Relationship between discharge and sediment discharge at Dochon Gyo

Date	Time	Discharge (CMS)	Sampled sediment concentration (ppm)	Total sediment concentration (ppm)	Total sediment discharge (10^{-4} ton s)
92. 8.25	20:00	21.17	41.41	124	26.3
92. 9. 3	13:45	21.39	41.19	160	34.2
92. 9.25	14:00	23.97	136.47	322	77.2

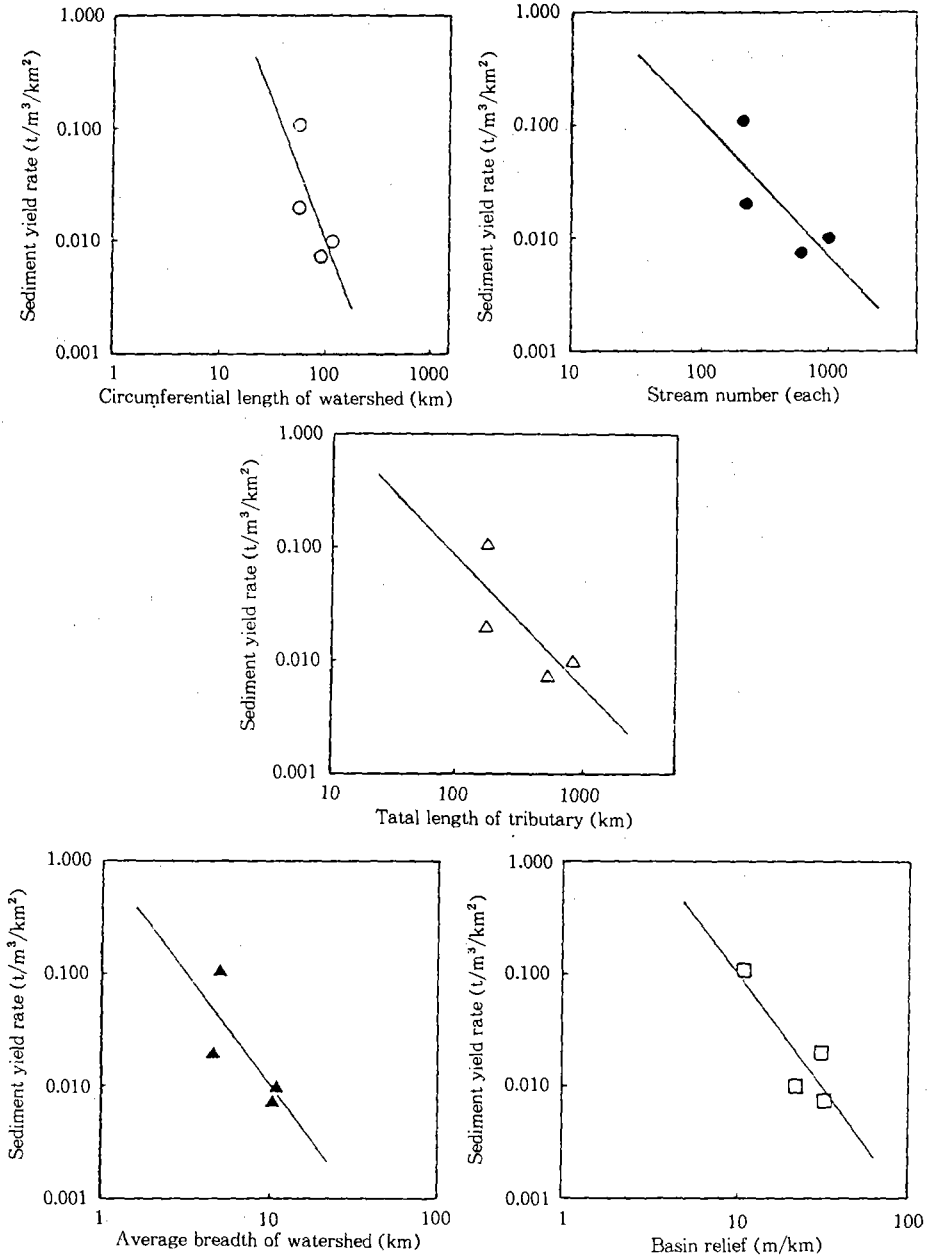
Table-5. Relationship between discharge and sediment discharge at Weoncheon Gyo

Date	Time	Discharge (CMS)	Sampled sediment concentration (ppm)	Total sediment concentration (ppm)	Total sediment discharge (10^{-4} ton s)
92. 8.25	08:30	37.39	663.73	1129	422.0
92. 9. 3	12:30	12.72	108.60	147	18.7
92. 9.25	09:40	23.34	195.92	299	69.5

적으로 비유사유출량과 유역면적(A), 주하천장(L) 그리고 유역주장(CL)과는 상관도가 높게 나타나는 소규모 농업용 저수지 유역과 같이 부의 상관을 보이면서 비교적 높은 R값이 -0.53~-0.75로 나타났다.

비유사유출량(Sr)과 주하천평균경사(Sm)은 물리적으로 타당한 정의 상관을 보여 주고 있으며 유역의 하천의 소밀상태와 관계 있는 RN, SI, Df, Dd, C 인자들과 유역의 모양과 관계 있는 B, F, CL 인자들은 소규모 농업용 저수지에서 정의 상관을 보이고 있는 반면 본 연구에서는 부의 상관을 나타내고 있다. 이는 소규모 저수지유역 보다 시험유역이 큰 유역이며 저수지 퇴사 자료분석에 의한 값과 하천 유출에 의한 값의 차이로 보며 이 또한 우리나라의 하천 비유사유출량과의 상관분석에서 부의 상관을 보인 바도 있다.

비유사유출량(Sr)과 기복량비(Hb)는 다른



Significant level : 0.288 < P < 0.148

Fig. 5. Correlation between sediment yield rate and stream watershed factors

인자들에 비하여 상관성이 높게 나타났으며 4개의 소유역 중 상류부 고산성유역보다 하류부의 저산성유역인 토일천 유역에 유사유출이

많았기 때문에 부의 상관을 나타내고 있는 것으로 사료된다.

Table-6. Computative table of sediment yield rate in each watershed

Class	Songriweon Gyo	Seogpo Gyo	Naghwa am atream	Toil stream	Remarks
Watershed area(km ²)	487	299	93	116 (65)	():At Weoncheon Gyo of Toil stream
Sample number	12	11	3	(3)	
Total discharge(CMS)	619.86	404.66	66.53	(73.45)	
Average discharge(CMS)	51.65	36.78	22.17	43.27 (24.48)	
Sediment discharge (10 ⁻⁴ Ton/sec)	256.11	81.80	41.49	541.00	
Sediment yield rate (10 ⁻⁴ Ton/m ³ /km ²)	0.0101	0.0074	0.0201	0.1077	

Table-7. Correlation coefficients between sediment yield rate(Sr) and stream watershed factors

A	L	CL	Sm	RN	Sl	Df
0.686	0.534	0.746	0.692	0.770	0.762	0.542

Dd	B	F	C	Hb	Lc
0.410	0.764	0.733	0.689	0.863	0.681

Note:A:Watershed area(Km²), L:Main stream length(Km), CL:Circumferential length of watershed(Km), Sm:Average slope of main stresse(M/Km), RN:Stream number(each) Sl: Total length of tributary (Km), Df:Drainage stream frequency (each/Km²), Dd:Drainage density(Km/Km²), B:Average breadth of watershed (Km), F:Shape factor, C:Compactness, Hb:Basin relief(M/KM), Lc:Centroid length(Km)

Table-8. Equation of multiple regression and correlation coefficient

Equation	Correlation coefficient(R)	Remarks
Sr=4537.402 CL ^{-1.689} Hb ^{-1.633}	0.999	Significant level P<0.05
Sr= 386.056 RN ^{-0.829} Hb ^{-1.583}	0.999	
Sr= 838.219 CL ^{-0.850} Hb ^{-1.829}	0.991	

Note:Sr in 10⁻⁴Ton/m³/km² Cl in Km, RN in each, Sl in Km and Hb in m/km.

나. 기하학적 인자와 유사량과의 다중회귀 분석

단순회귀분석 결과를 이용하여 상관계수 R의 절대값이 0.7 이상인 유역인자 즉 유역주장(CL), 하천수(RN), 지류총연장(Sl), 유역평균폭(B), 형상계수(F), 기복량비(Hb) 6개를 독립변수로 하고 비유사유출량(Sr)을 종속변수로 하여 다중회귀분석을 하였다.

회귀분석 결과 유의성 P값이 0.05 이내로 인정되는 식은 Table-8과 같다. Table-8에서 보는 바와 같이 다중회귀식의 모형은 Sr = aX₁^b X₂ 으로 2 변수식이 결정되었다.

IV. 결 론

유사 연구의 기초가 되고 댐 설계, 수리구조물 설계, 하천 개수, 홍수터 관리 등 수자원 개발 및 관리를 위한 하천계획에 중요한 자료를 제공하고자 내성천 시험조사 유역을 선정하여 수리량과 유사량을 실측 분석하고 유역 특성 인자와의 관계를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수리량분석에서 실측한 수위(H)와 유량(Q) 자료를 분석한 결과, 석포교지점은 Q=

110.563(H-0.474)², 송리원교 지점은 Q=66.214(H-0.146)²의 수위-유량 관계식을 얻었다.

2. 부유사 농도의 연직분포는 석포교, 송리원교 모두 수심이 증가함에 따라 농도도 증가하는 경향을 나타냈고, 횡단면분포는 유속분포와 마찬가지로 횡방향으로는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

3. 비유사유출량과 시험조사 유역내에 물리적특성과의 단순상관 분석에서 유역주장, 하천수, 지류총연장, 유역평균폭, 형상계수, 기복량비와의 상관성은 R의 절대값이 0.7~0.9의 상관성을 보이고 있으며 다른 특성인자들과는 0.4~0.7 사이의 상관성을 보이고 있다.

또한 시험조사 유역내에 비유사유출량과 물리적특성과의 다중회귀 분석에서 식 $Sr = aX_2^b \cdot X_2^c$ 의 2변수 모형이 결정되었다.

참 고 문 헌

1. 경상북도, 1985, 내성천 하천 정비 기본 계획.
2. 김활곤, 1994, 중소유역하천의 수문학적 특성이 유사량에 미치는 영향, 경북대학교 박사학위논문.
3. 서승덕, 1986, 하천유역의 물리적특성과 농업용저수지의 내용적변화와의 상관관계 연구, 경북대학교 논문집, 41:455-477.
4. 서승덕, 김활곤, 천만복, 윤학기, 1988, 조도변화에 따른 흐름의 비에너지와 주의 유체항력, 한국농공학회지, 30(4):154-167.
5. 서승덕, 김활곤, 1992, 내성천 시험조사 유역에서의 유사량실측, 경북대 농업과학기술연구소.
6. 서승덕, 송이호, 김활곤, 1992, 농업용 저수지의 유역 특성인자와 침투유량과의 상관분석, 경북대농학지, 10:35-40.
7. 유권규, 우효섭, 1991, 청미천에서의 하천 유사 추정 및 분석 (I) -수리량 및 유사량-, 한국수문학회지, 24(2):71-79.
8. 유권규, 김형섭, 김활곤, 우효섭, 1993, 충적하천에서의 하상마찰 변화의 조사.분석, 대한토목학회논문집, 13(4):111-121.
9. 유시창, 김희중, 1982, 부유 유사의 연직 농도분포에 대한 연구, 한국농공학회지, 24(4):80-91.
10. 한국건설기술연구원, 수정아인쉬타인 방법의 한국 하천에서의 적용 -하천 총유사량의 추정-, 건기연 90-WR-112.
11. Ackers, P. and White, W. R., 1973, Sediment Transport: New Approach and Analysis, J. of Hy. Div., ASCE, Vol. 99, HY11.
12. Celik, I. and Rodi, w., 1991, Suspended. Sediment-Transport Capacity for Open Channel Flow, J. of Hyd., ASCE, Vol. 117, No.2.
13. Chow, V. T., 1964, Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill Book Company.
14. Einstein, H. A., 1950, The Bed Load Function for Sediment Transportation in Open Channel Flows, Technical Bulletin 1026, U. S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service.
15. Guy, H., 1969, Laboratory Theory and Methods for Sediment Analysis, Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey, Book 5, Chapter C1.
16. Kalinske, A. A., 1947, Movement of Sediment as Bed Load in Rivers, Transaction, American Geophysical Union, Vol. 28, No. 4, Washington, D. C. Aug.

(접수일자 : 1996년 4월 16일)