

GIS 기법을 이용한 금강 유역의 지형학적 특성 분석

Analysis of Geomorphological Characteristics of Gum River Basin using GIS

이미선*, 박근애**, 김성준***

Mi Seon Lee, Geun Ae Park, Seong Joon Kim

요 지

본 연구에서는 금강유역을 대상으로 GIS기법에 의해 1:5,000 NGIS자료로부터 DEM과 하천망을 생성하였고, 이를 이용하여 하천차수별 하천수, 하천연장과 평균하천연장의 하천특성인자와 유역면적, 유역평균폭, 최원유로연장, 하천총수, 총하천연장, 수계밀도, 수계빈도, 형상인자, 평균표고, 평균경사, 최대하천차수, 유역내 최고표고, 기복비 등의 유역특성인자들을 추출함으로써 수자원단위지도 기반의 단위유역별 지형학적 특성을 파악하였다. 또한 대상유역을 금강권역상류, 금강권역중류, 금강권역하류유역으로 구분하여 지형학적 인자를 추출하고 그 특성을 분석하였으며, 선형 및 비선형 회귀곡선을 이용하여 인자들 간의 상관관계를 분석함으로써 각 유역을 특징짓는 주요 인자들을 추출하였다.

핵심용어 : DEM, 하천망, 유역특성인자, 하천특성인자, 회귀분석

1. 서론

급격한 사회의 변화로 인하여 유역과 하천관리에 대한 관심도가 높아졌으며, 광범위한 범위에 대하여 효율적이고 효과적으로 관리하기 위해서는 유역에 대한 유역과 하천의 지형학적 특성을 정확하게 추출하는 것에 초점을 맞출 수 있다. 유역과 하천의 지형학적 특성은 유역을 모델링하고 관리하는데 매우 중요한 기본 입력 자료로 사용되고 있다. 20세기에 들어서면서 GIS 기법과 RS 기법의 도입으로 인하여 광범위한 범위를 신속하고 정확하게 추출할 수 있게 되었다.

유역 및 하천의 지형학적 특성에 관한 연구 사례로 국외에서는 Horton(1945)과 Strahler(1952)에 의해 하천차수 개념이 정량적으로 정의되어진 바 있으며, Valdes et al(1979)은 Horton-Strahler의 하천차수를 기본으로 지형학적 및 지형 기후학적 순간단위도를 유도하였다. 국내에서는 함창학(1996)이 GIS를 이용하여 대상 유역에 대한 하천유역의 공간정보를 추출하기 위한 방법을 제시하고 이를 분석하여 수자원 업무를 보다 효율적으로 해결해 나갈 수 있도록 하였고, 안승섭 등(1999)이 GIS를 이용한 유역의 형태학적특성인자를 추출하여 그 인자의 특성 파악에 관한 연구를 수행하였다. 유승근 등(2002)은 GIS 분야에서 구축된 수자원 관련 자료인 수자원 단위지도, 수치지도 등을 이용하여 DEM과 하천망을 생성하고 지형학적 특성을 파악하였다.

위의 연구들은 주로 하나의 대상유역의 하천특성인자 추출 및 비교에 초점을 맞추었지만, 본 연구에서는 금강 전체 유역에 대해 수치지도를 이용하여 DEM과 하천망을 생성하여 수자원단위지도의 단위유역경계를 기반으로 하천 및 유역특성인자들을 추출함으로써 좀 더 다양한 인자를 파악하고자 하였다. 또한 대상유역을 금강권역상류, 금강권역중류, 금강권역하류유역으로 구분하여 유역별로 어떤 특성인자의 영향을 많이 받는지 알기 위해 선형 및 비선형 회귀분석을 실시하고자 하였다.

* 정회원 · 건국대학교 일반대학원 지역건설환경공학과 박사과정 · E-mail : misun03@konkuk.ac.kr

** 정회원 · 건국대학교 일반대학원 지역건설환경공학과 박사과정 · E-mail : dolpin2000@konkuk.ac.kr

*** 정회원 · 건국대학교 환경시스템학부 사회환경시스템공학과 부교수 · E-mail : kimsj@konkuk.ac.kr

2. 자료 및 방법

2.1 연구지역과 연구자료

금강권역은 북위 37°3'33" ~ 35°27'36", 동경 126°03'25" ~ 128°02'47"에 위치하고 있으며, 전체 유역면적은 17,537.00km²이며, 전체 4개 대권역, 21개 중권역, 27개 단위유역, 137개 표준유역으로 구성되어 있다. 금강권역은 크게 4개의 대권역으로 구성되어 있으며, 권역의 동부에는 금강유역이 위치하고 있고 유역면적은 9,914.01km²이며, 단위유역은 18개, 표준유역은 78개로 구성되어 있다. 권역 서남부에 위치하고 있는 만경강동진강권역은 유역면적은 3,022.54km²이며, 단위유역은 4개, 표준유역은 25개로 구성되어 있다. 또한 서부에 위치한 금강서해권역은 유역면적은 2,932.06km²이며, 단위유역은 3개, 표준유역은 18개로 구성되어 있다. 북부에 위치하고 있는 삼포천권역은 유역면적은 1,668.39km²이며, 단위유역은 2개, 표준유역은 16개로 구성되어 있다.

본 연구에서는 유역의 지형학적 특성인자를 추출하기 위하여 유역경계 자료는 수자원공사에서 구축한 수자원단위지도도를 사용하였으며, 지형 및 하천 관련자료는 1:5,000 수치지도와 1:25,000 수치지도로부터 해당 레이어를 추출하여 사용하였다.

3. DEM 및 하천망 생성

일반적으로 수치에 의하여 지형의 상태를 나타낸 자료를 통칭하여 DEM(Digital Elevation Model)라고 하며 수치지형자료(DTM)는 고도뿐만 아니라 지표의 다른 속성도 포함하기 때문에 포괄적인 의미로 사용되며, 고도에 관한 경우에는 DEM이라는 용어가 주로 사용되고 있다. 먼저 1:5,000의 수치지도 DXF(Drawing eXchange Format) 파일을 이용하였으며, 지형관련 레이어인 7111(주곡선), 7114(계곡선), 7217(표고점), 7311(삼각점)을 ARC/INFO의 스크립트언어인 AML (ARC/INFO Macro Language)을 적용하여 라인 및 포인트 커버리지로 변환하였다 (정인균 등, 2003). 추출한 커버리지의 도형자료 및 dxf-elevation 필드에 저장된 고도값을 이용하여 TIN(Triangulated Irregular Network) 커버리지 생성, Lattice 변환과정을 거쳐 추출한 후 격자간격 30m의 DEM을 생성하였다. 이를 음영기복도를 작성하여 시각적 검수를 실시하고 발견된 오류를 수정한 후 위와 같은 과정을 반복하여 30m DEM을 완성하였다.

하천망은 유역내의 지질, 기후, 식생 등의 영향을 받아 분류 하천과 지류들로 이루어진 하천망을 의미한다. 하천망의 형상은 지층의 경사, 암석의 경연, 지질 구조, 지반 운동 등 여러 지질적 요인을 예민하게 반영하기 때문에 하천망의 형상에 대한 분석은 어떤 지역의 지형과 지질의 관계를 파악하는데 매우 중요하다. 본 연구에서는 1:25,000 수치지도로부터 하천, 실폭하천, 저수지 관련 레이어인 2111(실폭하천), 2112(세류), 2113(건천), 2114(호수/저수지), 2115(하천중심선) 레이어를 추출하여 실폭하천과 저수지는 중심선을 생성하는 등의 일련의 하천수정작업을 실시한 후, 트레이싱(tracing)에 의한 하천의 방향성을 부여하고 ArcView를 이용하여 Route 생성 및 차수부여 작업을 실시한다.

4. 지형학적 특성인자 추출

4.1 하천특성인자 추출

유역내의 하천의 지형학적 특성을 분석하는 방법으로 하천차수를 이용한다. 일반적으로 자연하천유역의 구성과 하도망의 형태에 관한 정량적인 연구는 Horton(1945)이 제시한 하천 차수법칙을 적용하여 하천의 개수, 하천연장 등에 관한 지형법칙을 제한한 것에서 시작되었다. 그 후 Strahler(1954)는 Horton의 차수법칙을 수정하여 체계화시켰으며, Melton(1959)은 이를 수학적으로 규명하였다. 본 연구에서는 1:25,000 수치지도를 이용하여 생성한 하천망에 대하여 하천차수별 개수와 연장을 추출하였고, 이를 이용하여 평균하천연장을 추출하였다. 표 1은 단위유역의 차수별 개수, 연장과 평균연장을 나타내고 있다. 하천수와 하천연장은 높은 차수로 갈수록 값이 작아지는 것을 확인할 수 있으며 그에 비해 평균하천연장은 차수가 높아질수록 값이 커짐을 알 수 있다. 또한 상류 및 하류유역에 비해 중류유역의 하천수와 하천연장 값이 크게 나타났으나 평균하천연장의 경우에는 금강권역하류유역의 값이 크게 나타났다.

표 1 하천특성인자 (하천수, 하천연장)

단위유역	하천수 (N)									하천연장 (km)									
	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	
30010	용담댐	2,746	742	183	41	10	3	1	-	-	1,125.69	491.16	258.21	107.70	78.15	27.85	41.75	-	-
30020	용담댐	173	46	12	4	1	-	1	-	-	91.59	36.26	28.06	15.37	0.16	-	23.35	-	-
30030	부주남대천	629	162	35	9	1	-	-	-	-	370.36	145.83	61.18	64.68	48.43	-	-	-	-
30040	부주남대천 합류점	2,725	674	148	36	7	3	2	1	-	1,214.49	425.90	207.51	105.15	31.20	31.96	40.22	32.50	-
30050	초강	1,646	390	89	20	5	2	1	-	-	873.46	292.01	137.69	99.05	39.32	22.46	30.67	-	-
30060	초강 합류점	480	125	27	3	-	1	1	1	-	210.52	73.95	36.93	14.06	-	2.84	1.52	27.52	-

표 1 계속

단위유역	하천수 (N)									하천연장 (km)									
	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	8차	9차	
30070	보청천	2,592	576	155	35	9	2	1	-	-	937.68	387.02	166.21	89.61	61.91	16.14	34.24	-	-
30081	보청천 합류점	3,327	855	197	48	10	3	1	1	-	964.56	419.30	216.47	121.38	53.87	32.59	0.21	76.92	-
	금강권역상류	14,318	3,570	846	196	43	13	4	1	-	5,788.4	2,271.42	1,112.25	617.00	313.04	133.83	171.96	136.94	-
30082	대청댐	221	62	13	6	-	-	-	1	-	55.39	30.86	12.27	13.00	-	-	-	-	-
30090	갑천	4,017	1,053	261	57	14	5	2	1	-	1,027.23	518.45	248.03	129.15	86.24	35.79	33.82	21.89	-
30100	갑천 합류점	528	137	29	7	2	-	-	2	1	194.44	85.81	37.94	21.44	10.15	-	-	2.01	15.66
30111	미호천 상류	1,752	456	99	26	9	2	1	-	-	1,038.60	410.06	225.85	88.82	89.48	28.75	12.62	-	-
30112	미호천 하류	4,097	1,163	251	56	12	4	2	1	-	1,346.46	596.32	280.33	179.35	83.32	35.71	28.41	20.21	-
30121	미호천 합류점	1,015	265	66	14	5	1	-	1	1	369.16	176.80	100.70	38.86	35.32	4.44	-	2.01	24.88
30122	공주수위표	5,621	1,539	356	84	20	5	-	1	1	1,630.45	773.31	404.22	222.25	122.80	116.53	-	-	40.29
30123	규암수위표	1,429	402	94	26	4	1	-	-	1	477.49	233.22	127.37	75.01	48.18	8.46	-	-	20.06
30130	논산천	1,704	423	118	27	7	2	1	-	-	695.68	328.18	177.71	112.32	53.29	42.46	9.80	-	-
30140	논산천 합류점	1,018	291	74	19	4	-	1	-	1	497.04	242.33	144.19	73.78	36.07	-	0.34	-	39.09
	금강권역중류	21,402	5,791	1,361	322	77	20	5	3	1	7,331.94	3,365.34	1,758.61	953.97	564.85	272.15	84.99	46.11	139.98
31011	곡교천	2,684	686	175	44	13	4	1	-	-	767.46	342.20	205.35	85.60	48.99	35.92	37.86	-	-
31012	삼교천	3,977	1,094	272	63	18	4	2	1	-	1,341.36	632.91	323.29	179.70	110.79	52.36	46.39	5.18	-
32010	성연천	1,274	355	86	20	5	2	-	-	-	595.93	269.47	144.59	71.01	45.59	25.84	-	-	-
32020	소원면	1,295	383	106	24	4	1	-	-	-	685.84	320.58	205.86	104.34	44.21	12.74	-	-	-
32030	광천천	837	231	61	12	3	-	-	-	-	515.19	213.07	135.27	72.47	65.48	-	-	-	-
33011	만경강 상류	1,325	317	76	27	6	2	-	-	-	676.96	312.29	174.40	87.02	61.45	33.69	-	-	-
33012	만경강 하류	230	65	17	5	1	2	1	-	-	200.87	120.70	72.32	35.66	4.87	0.27	35.84	-	-
33020	동진강	1,479	401	98	30	9	3	1	-	-	742.27	321.06	167.28	130.71	80.29	54.47	17.66	-	-
33030	직소천	492	127	24	7	2	-	-	-	-	168.31	81.74	47.48	26.53	22.32	-	-	-	-
	금강권역하류	13,593	3,659	915	232	61	16	4	1	-	5,694.21	2,614.02	1,475.83	793.05	484.00	215.30	137.74	5.18	-
	전체	49,313	13,020	3,122	750	181	49	13	4	1	18,814.51	8,280.78	4,346.69	2,364.02	1,361.89	621.28	394.69	188.23	139.98

4.2 유역특성인자 추출

본 연구에서는 수자원단위지도, DEM, 하천망 자료를 이용하여 표2와 같이 금강권역의 단위유역별로 유역 면적, 최원유로연장, 유역평균폭, 하천총수, 총하천연장, 수계밀도, 수계빈도, 형상인자, 평균표고, 평균경사, 최대하천차수, 유역내최고표고, 기복비 등의 유역특성을 파악 할 수 있었다. 이러한 지형 인자의 양적인 표현은 무차원양으로 표시함으로써 서로 크기가 다른 유역의 상호 비교시 실용성을 증진시키고 있다.

본 연구에서는 금강권역을 금강권역상류, 금강권역중류, 금강권역하류유역로 구분하여 특성인자들을 추출 하였고 표 2와 같이 정리하였다.

표 2 유역특성인자

단위유역	유역 면적 (km ²)	최원유로 연장 (km)	유역 평균폭 (km)	총 하천 연장 (km)	하천 총 수	수계 밀도	수계 빈도	형상 인자	평균 표고 (m)	평균 경사 (%)	최대 하천 차수	유역내 최고표고 (m)	기복비	
30010	용담댐	930.43	63.00	14.77	2,130.50	3,726	2.29	4.00	0.23	510.22	37.52	7	1,587.59	0.0219
30020	용담댐	127.72	23.35	5.47	194.80	237	1.53	1.86	0.23	379.63	43.07	7	876.51	0.0303
30030	무주남대천	464.08	46.56	9.69	690.48	836	1.50	1.80	0.20	584.67	43.31	5	1,608.73	0.0300
30040	무주남대천 합류점	705.52	66.40	10.63	2,088.92	3,596	2.94	5.10	0.16	266.57	33.54	8	955.38	0.0129
30050	초강	664.61	63.35	10.52	1,494.66	2,153	2.23	3.24	0.17	369.79	34.49	7	1,219.51	0.0177
30060	초강 합류점	120.42	25.73	4.68	367.34	638	3.00	5.30	0.18	194.82	30.62	8	698.76	0.0240
30070	보청천	553.56	68.52	8.42	1,692.80	370	2.92	6.09	0.13	263.93	32.09	7	1,048.61	0.0147
30081	보청천 합류점	624.15	75.21	8.30	1,885.30	4,442	3.01	7.12	0.11	199.39	34.41	8	899.96	0.0113
금강권역상류		4,190.49	253.68	16.55	10,544.81	18,991	2.52	4.53	0.07	363.18	35.79	8	1,608.73	0.0062
30082	대청댐	43.33	9.33	4.64	111.52	303	2.79	6.99	0.50	101.00	20.19	8	427.86	0.0432
30090	갑천	648.98	60.25	10.81	2,100.59	5,410	3.20	8.34	0.18	175.65	28.00	8	866.18	0.0140
30100	갑천 합류점	129.82	15.51	8.37	367.45	706	2.80	5.44	0.54	91.85	19.48	9	340.89	0.0205
30111	미호천 상류	925.13	53.43	17.69	1,894.17	2,345	2.01	2.53	0.34	147.91	20.18	7	654.85	0.0119
30112	미호천 하류	929.85	27.91	33.33	2,570.11	5,586	2.75	6.01	1.19	124.72	19.28	8	597.24	0.0206
30121	미호천 합류점	345.85	23.26	14.87	752.18	1,368	2.15	3.96	0.64	124.80	25.10	9	808.24	0.0341
30122	공주수위표	1,115.49	33.21	33.59	3,309.85	7,626	2.91	6.84	1.01	139.65	26.92	9	645.00	0.0192
30123	규암수위표	382.39	18.62	20.54	989.78	1,957	2.57	5.12	1.10	55.07	14.63	9	533.89	0.0282
30130	논산천	666.10	56.56	12.07	1,419.46	2,282	2.11	3.43	0.22	119.25	21.48	7	875.69	0.0157
30140	논산천 합류점	536.58	35.25	15.22	1,032.83	1,408	1.91	2.62	0.43	35.56	11.92	9	418.38	0.0116
금강권역중류		5,723.52	135.18	31.00	14,547.94	28,982	3.47	6.92	0.23	122.51	21.50	9	875.69	0.0064
31011	곡교천	545.12	50.42	10.88	1,523.38	3,607	2.74	6.62	0.22	104.44	19.68	7	695.36	0.0137
31012	삼교천	1,123.27	-	-	2,691.98	5,431	2.36	4.83	-	76.03	15.32	8	672.44	-
32010	성연천	685.06	-	-	1,152.45	1,742	1.68	2.54	-	41.93	12.04	6	646.04	-
32020	소원면	1,336.04	-	-	1,373.57	1,813	1.03	1.36	-	37.63	11.85	6	665.00	-
32030	광천천	910.96	-	-	1,001.48	1,144	1.09	1.26	-	95.26	20.01	5	785.00	-

표 2 계속

단위유역	유역 면적 (km ²)	최원유로 연장 (km)	유역 평균폭 (km)	총 하천 연장 (km)	하천 총 수	수계 밀도	수계 빈도	형상 인자	평균 표고 (m)	평균 경사 (%)	최대 하천 차수	유역내 최고표고 (m)	기복비	
33011	만경강 상류	803.81	42.68	19.22	1,345.82	1,753	1.66	2.18	0.46	199.30	34.40	6	1,114.21	0.0264
33012	만경강 하류	796.70	-	-	470.53	321	0.58	0.40	-	20.44	4.51	7	426.55	-
33020	동진강	1,161.52	-	-	1,513.74	2,021	1.26	1.74	-	66.27	12.84	7	781.11	-
33030	직소천	260.51	-	-	346.38	652	1.32	2.50	-	66.90	20.05	5	539.37	-
금강권역하류		7,622.99	-	-	11,419.33	18,484	1.50	2.42	-	75.98	15.95	8	1,114.21	-
전체		17,537.00	-	-	36,074.26	66,453	2.06	3.79	-	159.84	22.51	9	1,608.73	-

5. 주요 특성인자 비교 분석

5.1 하천특성인자 비교 분석

본 연구에서는 주요 특성인자들간의 상관관계를 비교해 보고자, 대상유역인 금강권역을 대청댐지점을 지점으로 금강권역상류, 금강권역중류, 금강권역하류유역으로 분석하였다. 또한 유역특성인자 중 상관성이 클 것으로 예상되는 유역면적에 대한 최원유로연장, 총하천연장, 하천총수와 평균표고에 따른 평균경사의 분포 등을 금강권역상류, 금강권역중류, 금강권역하류유역으로 분석을 실시하였다 (그림 1).

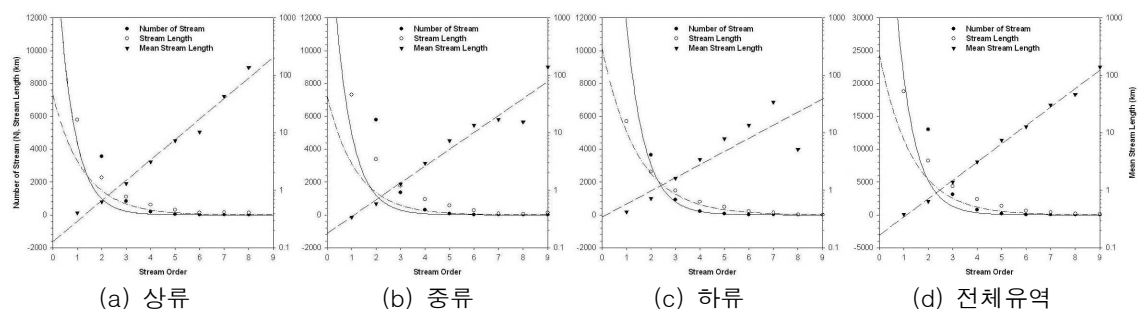


그림 1 하천차수와 하천수, 하천연장, 평균하천연장간의 상관관계

5.2 유역특성인자 비교 분석

본 연구의 유역특성인자의 기본적인 지표인자는 유역면적이며, 이 인자를 기준으로 최원유로연장, 총하천연장, 하천총수, 유역평균폭, 형상인자, 최대하천차수, 수계밀도, 수계빈도, 기복비, 평균표고, 평균경사, 유역내최고표고와의 상관성을 분석하기위해 선형회귀분석을 실시하였다. 금강권역에 대한 회귀분석 결과는 그림 2, 그림 3, 그림 4, 그림 5, 그림 6과 같다.

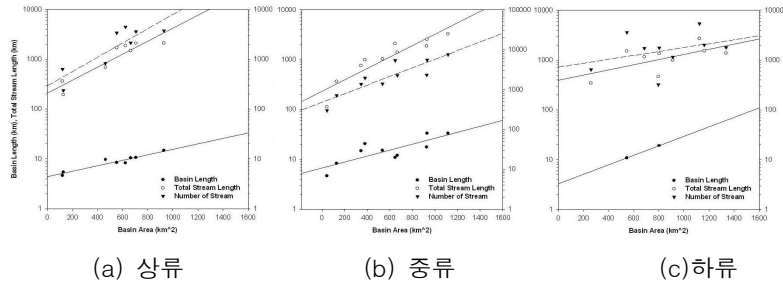


그림 2 유역면적과 최원유로연장, 하천연장, 하천총수간의 상관관계

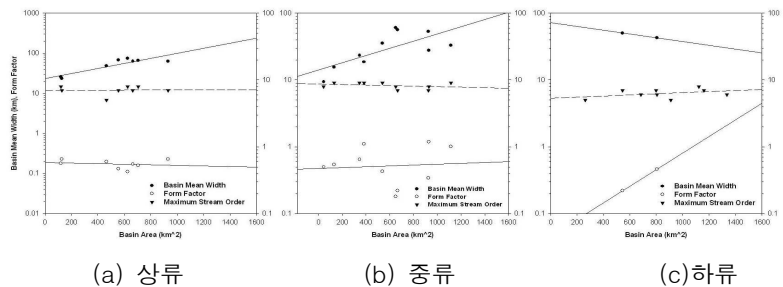


그림 3 유역면적과 유역평균폭, 형상인자, 최대하천차수간의 상관관계

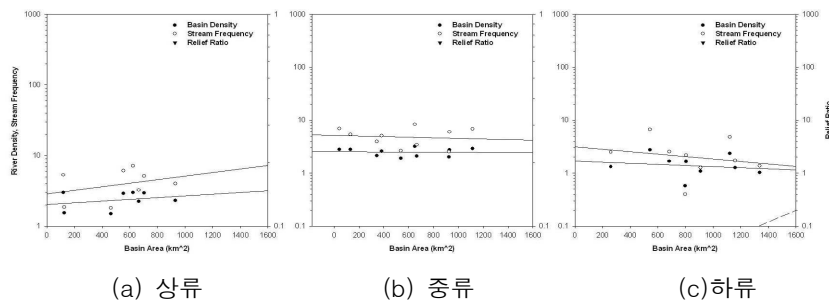


그림 4 유역면적과 수계밀도, 수계빈도, 기복비간의 상관관계

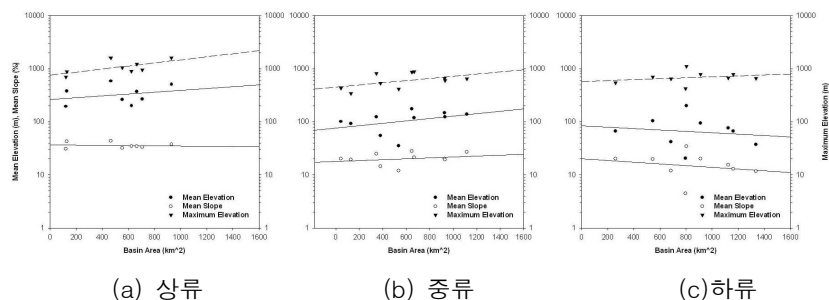


그림 5 유역면적과 평균표고, 평균경사, 유역내최고표고 간의 상관관계

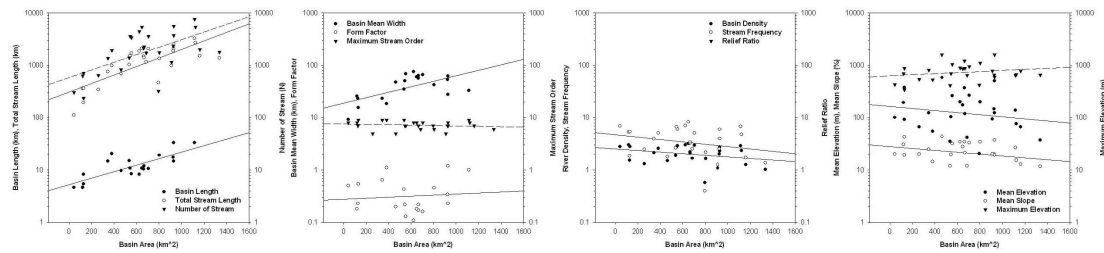


그림 6 금강권역에 대한 유역면적과 특성인자간의 상관관계

6. 결론

본 연구에서는 금강권역을 대상으로 DEM과 하천망을 생성하여 하천 및 유역특성인자들을 추출하여 지형학적 특성을 분석하였으며, 금강유역에서 대청댐을 기준으로하여 금강권역상류, 금강권역중류, 금강권역하류로 구분하여 그 특성을 분석하였다. 이에 특성인자들의 선형 및 비선형 회귀곡선을 이용하여 그 인자들 간의 상관관계를 분석함으로써 금강권역상류, 금강권역중류, 금강권역하류에 대하여 대표되는 하천차수 및 유역면적과 관련해서 큰 영향을 끼치는 중요인자를 판단하였다.

감사의 글

본 연구는 한국수자원공사의 지원을 받아 수행된 “금강 유역조사” 과업의 일환으로 진행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 박근애, 이미선, 박민지, 신형진, 김성준(2004). 수자원 단위지도를 기반으로 한 북한강 유역의 지형학적 특성 분석, 한국지리정보학회지 추계학술대회 논문집, pp.71-79.
2. 안승섭, 조명희(1999). 지리정보시스템을 이용한 하천유역의 지상학적 특성분석, 한국지리정보학회지, 제2권 3호, pp.23-34.
3. 유승근, 최성규, 문상원(2002). GIS를 이용한 밀양강유역의 지형학적 특성 분석, 한국GIS학회지, 제10권 1호, pp.107-122.
4. 최철웅(1999). 지형공간정보체계를 이용한 수문지형인자 결정에 관한 연구, 부산대학교 박사학위논문.
5. 함창학(1996). 지리정보시스템(GIS)을 이용한 수문지형정보추출에 관한 기초적 연구, 충북대학교 박사학위논문.
6. Horton, R.E. (1945). Erosional development of stream and their drainage basins hydrophysical approach to quantitative morphology, Bull. Geol. Soc. of America. Bulletin, Vol. 56, pp.275-370.
7. Strahler, A.N. (1952). Hypsometric analysis of erosional topography, Bull. Geol. Soc. of America. Bulletin, Vol. 63.
8. Strahler, A.N. (1954). Statistical analysis in geomorphic research, J. of Geology, Vol. 61, pp.1-25.