

소유역의 토지이용과 유출 특성의 분석

최예환¹⁾ · 최중대¹⁾ · 김기성¹⁾ · 임경재²⁾

The Analyses on the Runoff Characteristics and the Land Use in Small Watersheds

Choi, Ye-Hwan · Choi, Joong-Dae · Kim, Ki-Sung and Lim, Kyoung-Jae

ABSTRACT

In the forthcoming 21C, the barometer of cultural lives depends on that the water demand will increase or not. On the opposite site of that, the small watersheds will influence directly on how to cover the surface of watersheds with land use, no planning developing watersheds, and the rearrangement of small rivers. Especially as the extraordinary climatic phenomena, water resources and water reserve of the small watersheds will be confused on exactly not to make a plan of water resources. This study area has four small watersheds groups in Gangwon-Do Province, that is, group I five small river watersheds including Changchoncheon etc., group II five rivers watersheds including to Hwalsanmogicheon etc., group III five small river watersheds including Sinkicheon etc., group IV including to Saburanggolcheon etc. According to the land use such as dry field(or farm), rice field, forest land, building lot and others, in small watersheds, the amount of runoff will be impacted by precipitation. The comparison between the runoff was getting from Kajiyama Formula and calculated runoff from multi-linear regressed equations by land use percentage was performed. Its correlation which was estimated by coefficient of correlation will be accepted or not, as approached 1.00000 values. As the monthly water resources amount is estimated by multi-linear regressed equations, we make a plan to demand and supply the water quantity from small river watersheds during any return periods.

key words : small river watersheds, extraordinary climatic phenomena, water resources, land use, multi-linear regressed equation, coefficient of correlation

1. 서 론

21C는 물의 수요가 문화의 척도를 좌우할 정도로 날로 증대되고 있다. 반면에 중·대구역의 근원인 소유역은 여러 가지 자연적인 지표인자 이외에 토지의 이용상황, 난개발 및 소하천정비 등으로 상황이 변하여 유출에 직접 영향을 주고 있으며, 동시에 지구의 이상기후로 인한 강수량과 강수량상이 매우 예측하기 어려운 상황을 나타내고 있다. 그 한 예로 2002년 태풍 Rusa나 2003년 태풍 Maemi 등과 집중호우 등을 볼 때 불확실한 강수량상으로 수자원의 확보가 더욱 어렵게 하고 있다.

이러한 상황에서 연구대상유역을 강원도 평창군내의 몇 개의 소유역을 대상으로 토지이용과 지표상황을 유출량에 연계시켜 분석함으로써 토지이용이 유출량에 미치는 영향과 예측강우량을 통해서 유출량을 예측함으로써 수요량에 대비할 수 있는 수자원확보에 그 목적이 있다.

따라서 연구대상소유역은 유출상황과 유역의 토지이용상황 및 강수량이 비슷한 4개 소유역군으로 제Ⅰ군은 장춘천 외(남안동천, 금산동천, 평촌천, 벌막천) 4개 소하천, 제Ⅱ군은 활산목이천 외(내동산천, 능골천, 넘은곡천, 지령동천) 4개 소하천, 제Ⅲ군은 신기천 외(봉두곶리천, 마평제1천, 보릿재천, 수향천) 4개 소하천, 제Ⅳ군은 사브랑골천 외(차향천, 서녕골천, 갈골천, 춘두옥천) 4개 하천의 지표상황인 전, 담, 임야, 대지 및 기타 등의 토지이용상황에 따라 유출의 영향을

주고 있다. 여기에 Kajiyama공식으로 산출한 월별유출고를 이용하여 토지이용인자를 회귀다중1차방정식으로 유도하여, 즉 $Q = (c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 + c_5x_5)P$ (Q : 유출고, $x_1 \dots$: 토지이용백분율, P : 강수량) 표시하고, 계수 c_1, c_2, c_3, c_4, c_5 가 토지이용에 따라 산출함으로서 Kajiyama 공식에서 구한 유출고와 회귀다중 1차방정식에서 구한 유출고와의 상관성을 규명하고 앞으로 발생할 재현기간별 월별예측 강수량을 미리 추정하면, 회귀식에서 월별 유출량을 산출할 수 있다. 앞으로 발생할 수 있는 소하천유역의 재현기간별 월별 수자원량을 추정함으로써 수요량과 홍수량에 대비한 대책을 세울 수 있으므로 수자원의 수요 및 공급에 따른 수자원 계획을 확립하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

2. 연구대상유역

2.1 유역의 상황

전체적인 유역의 개황을 살펴보면 평창군은 강원도의 중남쪽에 위치하여 남쪽으로는 사자산(EL: 1,120m), 배덕산(EL: 1,384m), 삼방산(EL: 979.7m)을 경계로 영월군과 접하고 있으며, 남동쪽으로는 백운산(EL: 882.5m), 청옥산(EL: 1,256.7m), 중왕산(EL: 1,376.1m), 가리왕산(EL: 1,560.11m)을 경계로 정선군과 접하고 있으며, 북동쪽으로는 옥녀봉(EL: 1,146.2m), 골포기산(EL: 1,238.3m), 대관령(EL: 1,376.1m), 곤신봉(EL: 1,131.1m), 매봉(EL: 1,173.4m), 노인봉(EL: 1,338.1m)을 경계로 강릉시

1) 강원대학교 농업공학부 교수

2) 강원대학교 농업공학부 강사

와 접하고 있으며, 북쪽으로는 두로봉(EL: 1,421.9m), 오대산(EL: 1,563m), 계방산(EL: 1,577.4m)을 경계로 홍천군과 접하고 있으며, 서쪽으로는 태기산(EL: 1,261m), 청태산(EL: 1,094m), 술이봉(EL: 895.6m)을 경계로 횡성군과 접하고 있다. 평찬군은 크기가 동서간 46.13km, 남북간 61.34km로 총면적 1,466.02km²에 이르고 있다. 이 지역을 흐르는 주요하천으로는 지방1급인 한강, 평창강이 있으며, 지방2급 하천으로는 송천, 오대천, 월정천, 척천, 창리천, 속사천, 도사천, 홍정

천, 덕거천, 면운천, 대화천, 하안미천, 계촌천, 고길천 및 봉산천 등이 있다.

2.1.1 I 군 소유역(장촌천, 남안동천, 금산동천, 평촌천, 벌막천)

I 군에 속한 소유역은 한강수계의 제 2 지류이며, 지방2급 하천인 홍정천 유역에 속하는 소유역들이다. 홍정천 유역은 평창군 봉평면의 북쪽에 위치하고 있으며, 북쪽으로는 홍천군, 서쪽으로는 횡성군과 접하고 있으며, 상류는 산지하천이고, 중류에서 덕거천과 합류한 후 봉평읍을 좌우

Table 1. The Characteristics for Small Watersheds of Group I

river name	watershed area A(km ²)	river length L(km)	mean width of watershed A/L(km)	shape factor A/L ²	mean slope 1/s
Changchon Cheon	3.20	3.62	0.88	0.24	1/90
Namandong Cheon	2.59	3.18	0.81	0.26	1/54
Keumsand-ong Cheon	4.29	3.83	1.12	0.29	1/32
Pyongchon Cheon	5.19	6.08	0.85	0.14	1/43
Beolmak Cheon	5.61	3.19	1.76	0.55	1/20

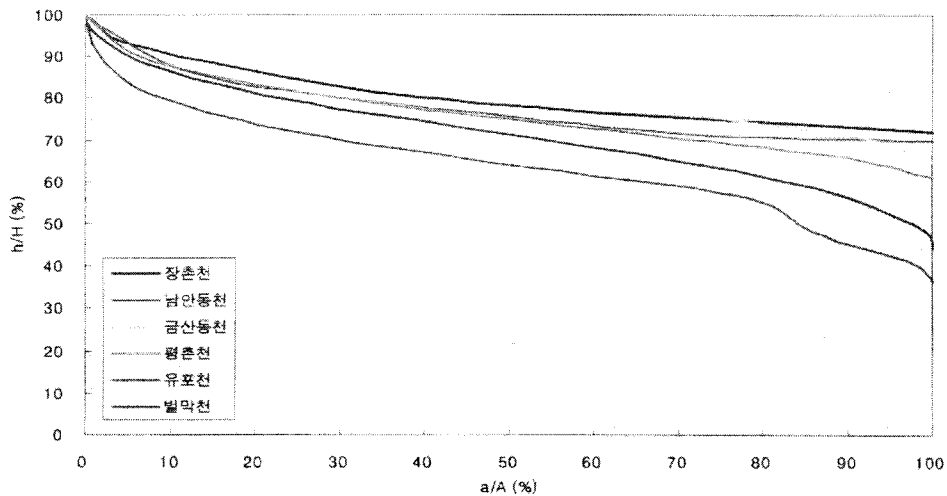


Fig. 1. The Hypsometric Curves(Area-Elevation) of Small Watershed for Group I.

로 흘러 속사천과 합류 후 평창강에 유입되는 하천으로 유로연장은 27.5km, 유역면적은 147.24km²이다.

본 연구의 연구대상 소유역인 I군 소유역은 장촌천, 남안동천, 금산동천, 평촌천 등 9개 소하천 중 4개 소하천과 유포천에서 유입되어 홍정천으로 유입되는 소하천은 벌막천과 사천천 등 2개소하천 중 1개 하천을 합한 5개 소하천으로 유출양상과 면적표고 곡선이 유사한 소유역 5개를 I군 소유역으로 결정하고, 지형적인 분석과 토지이용상황을 분석하였다.

2.1.2 II군

한강수계의 제1지류이며 지방2급 하천인 오대천은 직접 유입하는 내동산천의 28개 중 1개 소하천과 탐동 제천에 유입되는 유입되어 척천을 거쳐 오대천으로 유입되는 소하천인 활산목이천 외 1개 하천 중 1개 하천과 거문천에서 유입되어 오대천으로 유입되는 능골천, 지령동천 등 2개 하천 및 넘은곡건천은 능골천, 거문천을 거쳐 오대천으로 유입하고 있는 1개 소하천을 합해 5개 소하천으로 구분하였다.

Table 2. The Characteristics for Small Watersheds of Group II

river name	watershed area A(km ²)	river length L(km)	mean width of watershed A/L(km)	shape factor A/L ²	mean slope 1/s
Hwalsanm-oki Cheon	4.60	3.41	1.35	0.40	1/16
Naedongsan Cheon	5.21	4.30	1.21	0.28	1/29
Neunggol Cheon	7.69	4.68	1.64	0.35	1/58
Neomeungo-kgeon Cheon	2.29	2.88	0.80	0.28	1/28
Gyryoungd-ong Cheon	3.01	3.02	1.00	0.33	1/24

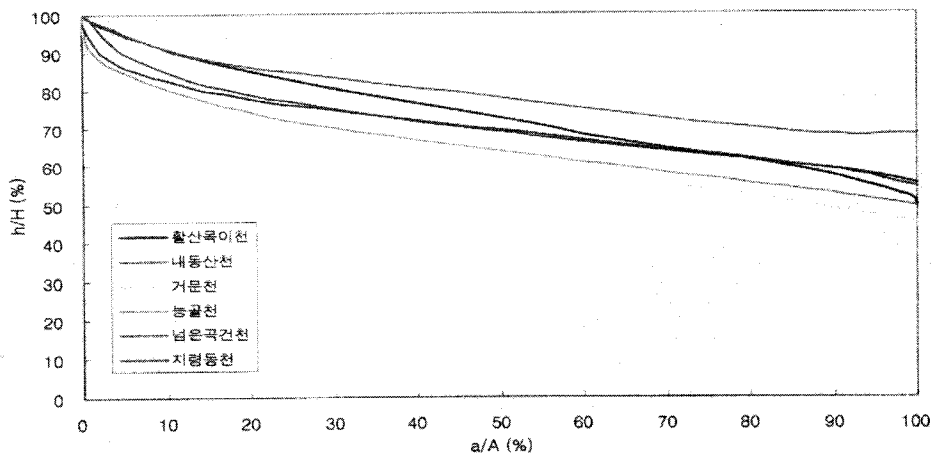


Fig. 2. The Hypsometric Curves(Area-Elevation) of Small Watershed for Group II.

2.1.3 제Ⅲ군 소하천

제Ⅱ군과 같이 한강수계인 제1지류이며 지방2급 하천인 오대천은 평창군 진부면 중앙을 관류하는 하천으로 직접 유입되는 소하천으로는 신기천, 봉두곶리천, 마평제1천, 보리재천, 수항천 등 28개 하천 중 5개 소하천을 선정하였다.

2.1.4 제Ⅳ군 소하천

본 소유역은 한강수계의 제2지류이며,

지방2급 하천인 송천유역에 속하며 평창군 도암면 전체가 포함되어 동편의 북에서 남류하여 도암호에 유입되는 하천들로 송천에 직접 유입되는 소하천은 횡계천, 사브랑골천, 차항천 등 5개 하천 중 2개 소하천과 차항천으로 유입된 후 송천으로 유입되는 서녕골천, 갈골천, 춘두목천 등 4개 소하천 중 3개 소하천을 유출 Pattern이 비슷한 인접소하천으로 연구 소하천 제Ⅳ군으로 선정하였다.

Table 3. The Characteristics for Small Watershed of Group III

river name	watershed area A(km ²)	river length L(km)	mean width of watershed A/L(km)	shape factor A/L ²	mean slope 1/s
Sinki Cheon	17.79	8.41	2.12	0.25	1/58
Bongdugo-nri Cheon	9.39	3.89	2.41	0.62	1/36
Mapyong-1 Cheon	10.50	4.94	2.13	0.43	1/42
Borijae Cheon	1.70	2.07	0.82	0.40	1/10
Suhang Cheon	10.80	6.28	1.72	0.27	1/39

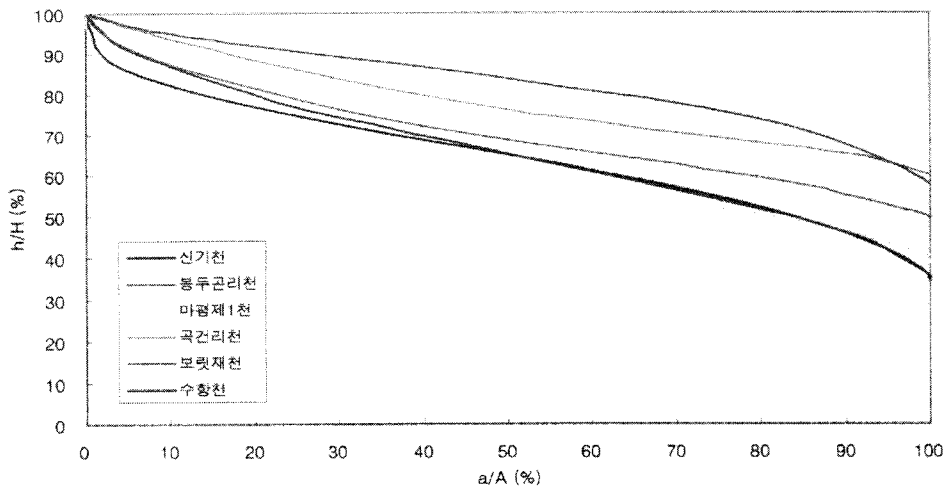


Fig. 3. The Hypsometric Curves(Area-Elevation) of Small Watershed for Group III.

Table 4. The Characteristics for Small Watershed of Group IV

river name	watershed area A(km ²)	river length L(km)	mean width of watershed A/L(km)	shape factor A/L ²	mean slope 1/s
Saburang-gol Cheon	5.4	5.78	0.94	0.16	1/50
Chahang Cheon	29.97	11.58	2.59	0.22	1/113
Seonyeok-gol Cheon	7.48	5.70	1.31	0.23	1/40
Galgol Cheon	4.61	4.79	0.96	0.20	1/59
Chundumok Cheon	3.08	4.16	0.74	0.18	1/63

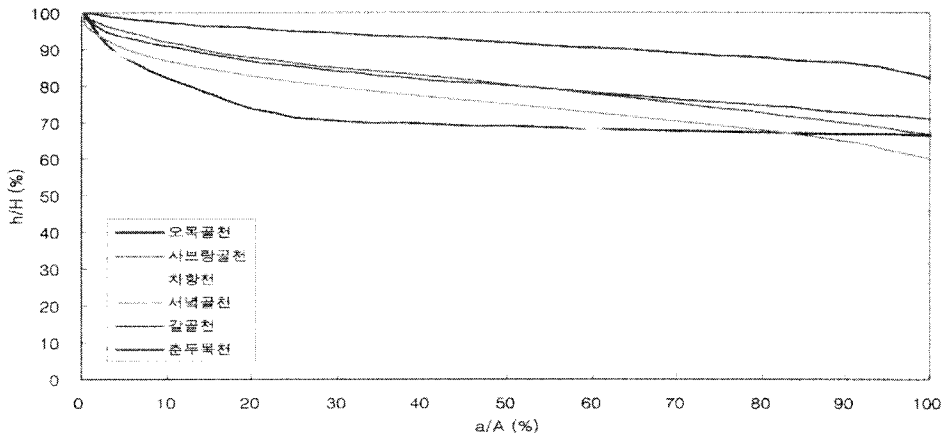


Fig. 4. The Hypsometric Curves(Area-Elevation) of Small Watershed for Group IV.

3. 유출량의 분석

3.1 Kajiya 공식의 산출된 유출량

Kajiya 공식은 한국에서 가장 많이 이용하는 월별 유출량 추정공식으로 농업용 저수지 및 다목적 댐의 저수용량 결정에 많이 이용되고 있다.

본 연구 소유역에도 Kajiya 공식이 이 소유역들에 유출량산정에 적합한 것으로 판단되어 각 소유역들을 공식을 적용하여 산출하였다. 월별 유출고 공식은

$$Q = \sqrt{R^2 + (138.6f + 10.2)^2} - 138.6f + E \dots \dots \dots (1)$$

여기서, Q: 유출고(mm)
 R: 유역의 월별 강우량(mm)
 f: 유역의 상황에 의하여 변화하는 계수(0.6~1.4), 본 유역에서는 f=1.0을 적용
 E: 각 월별마다 R에 의하여 변화하는 보정량

식(1)을 사용하여 대관령, 흥천, 원주,

제천 등의 측후소에서 Kajiya 공식을 이용해서 월별 유출고를 산출한 후 본 연구 소유역의 역거리제공법(RDS)을 이용하여 각 소유역의 유역 중심까지의 거리

를 Kajiya 식에 적용하여 값을 얻었다. 그림 5는 연구대상 유역의 주위의 4개 관측소와 연구유역도이다. 그 결과 Table5와 같았다.

Table 5. The Depth of Runoff by Kajiya Eq. for Group I Small Watershed (unit: mm)

River name	Item	Month											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Changch-on C.	precipit.	36.7	35.9	57.2	85.0	101.2	163.4	309.6	313.9	186.0	78.3	56.8	30.2
	runoff	18.3	16.8	24.5	43.1	42.3	72.5	218.0	218.0	125.7	44.2	26.0	15.2
Namand-ong C.	Precipit.	34.8	34.6	55.8	84.0	100.2	161.6	311.5	309.4	180.4	74.8	54.7	29.5
	runoff	17.4	16.3	23.8	42.4	41.6	71.4	220.4	214.1	121.5	42.1	24.9	14.9
Keumsa-ndong C.	Precipit.	34.5	34.4	55.7	84.0	100.0	161.4	311.6	308.2	179.3	74.3	54.4	29.5
	runoff	17.3	16.3	23.7	42.2	41.4	71.3	220.8	213.1	120.7	41.7	24.8	14.8
Pyongch-on C.	Precipit.	37.5	36.5	57.8	85.4	101.6	164.1	308.7	315.7	188.2	79.8	57.1	30.5
	runoff	18.7	17.0	24.8	43.3	42.5	73.0	217.0	219.5	127.3	45.1	26.4	15.3
BeolmakC.	Precipit.	31.1	32.0	53.5	82.7	98.0	158.3	314.3	297.9	167.7	67.8	50.6	28.4
	runoff	15.6	15.4	22.5	40.9	39.8	69.3	225.3	204.4	112.1	37.7	22.8	14.4

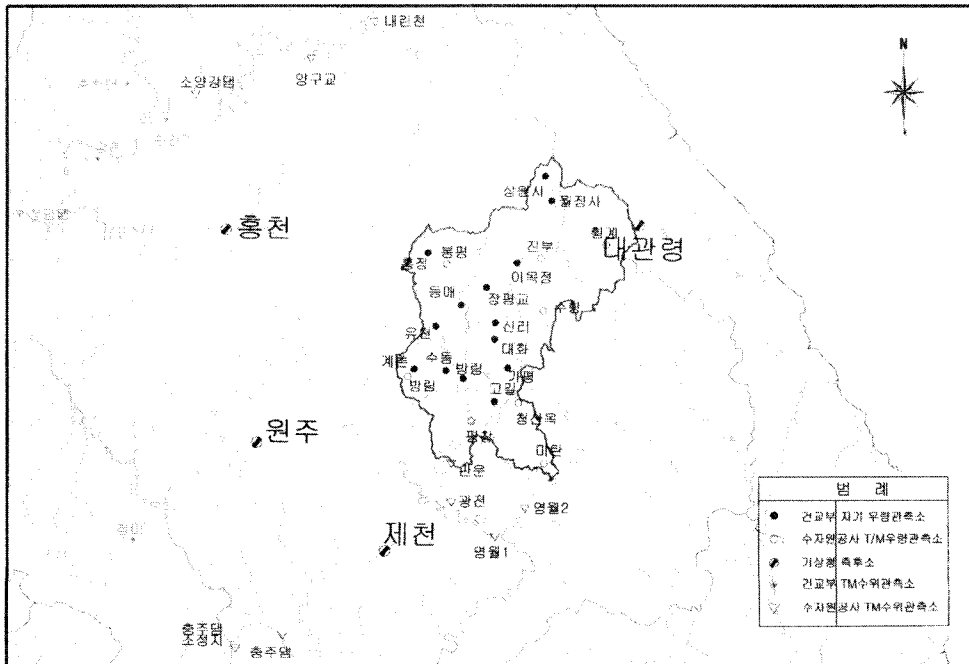


Fig. 5. The Observatory Stations of Researched Watershed.

3.2 유황곡선 분석

평창군의 연구대상유역 I, II, III, IV 군의 유황곡선 분석은 Fig. 6(a), (b), (c), (d)와 같이 유출양상이 비슷한 하천을 유사한 유출 Pattern을 나타내고 있

다. 각 군별로 유출곡선에 나타난 근접한 상황에 의하여 5개 소하천을 택하여 토지이용인자인 C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 를 회귀 다중 1차 연립방정식에 구할 수 있도록 선택하여 채택하였다.

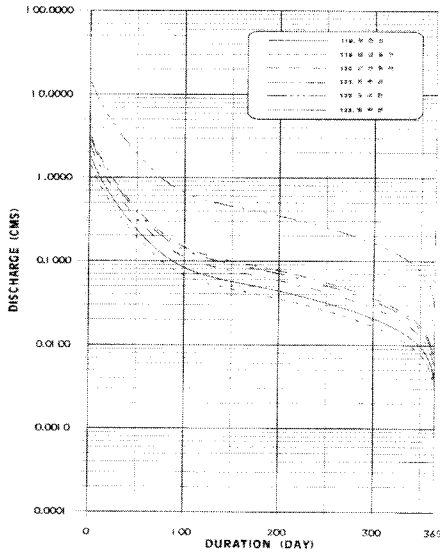


Fig. 6. The Time-Discharge Curves for Group I Rivers (a).

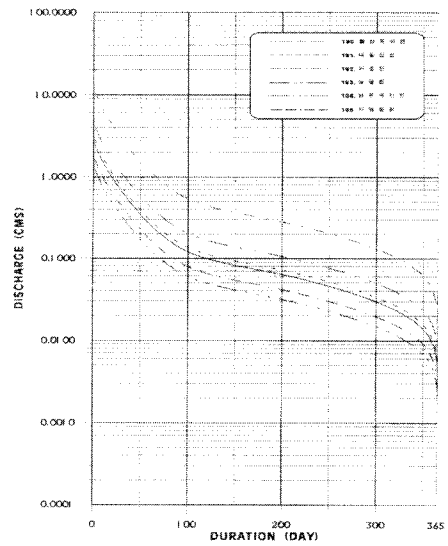


Fig. 6. The Time-Discharge Curves for Group II Rivers (b).

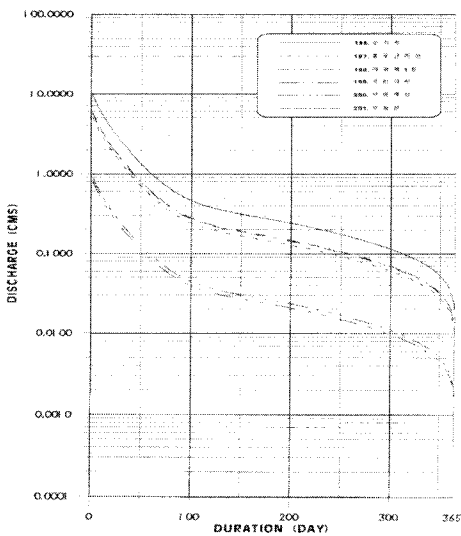


Fig. 6. The Time-Discharge Curves for Group III Rivers (c).

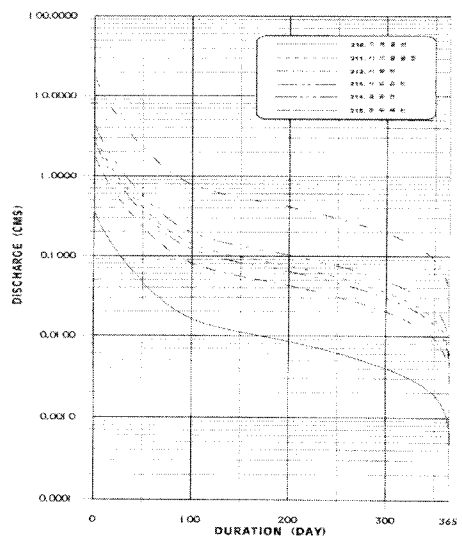


Fig. 6. The Time-Discharge Curves for Group IV Rivers (d).

3.3 각 소유역의 토지분포 상황

소유역군들의 소하천별 토지이용상황을 각각의 소유역 면적 백분율로 표시하여 유출량의 인자로 선택하였다. 즉 전, 답,

임야, 대지 및 기타로 구분하여 4개 소유역군을 표시하면 Table 6(a), (b), (c), (d)와 같다.

Table 6. The Situation of Land Use for Four Groups

(unit: %, km²)

(a) Group I

River name	Basin area		Dry field		Rice field		Forest		House site		Others	
	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area
Chan. C.	100.0	3.20	12.24	0.39	19.95	0.64	39.47	1.26	4.69	0.15	23.65	0.76
Nam. C.	100.0	2.59	22.48	0.58	8.47	0.22	43.32	1.12	2.05	0.05	23.68	0.61
Keum. C.	100.0	4.29	7.96	0.34	0.00	0.00	47.38	2.03	0.00	0.00	44.66	1.92
Pyon. C.	100.0	5.19	22.03	1.14	6.78	0.35	53.08	2.76	1.26	0.07	16.85	0.87
Beol. C.	100.0	5.61	5.61	0.23	0.00	0.00	91.57	5.14	0.00	0.00	2.82	0.24

(b) Group II

River name	Basin area		Dry field		Rice field		Forest		House site		Others	
	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area
Hwal. C.	100.0	4.60	5.86	0.27	0.00	0.00	94.14	4.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Nae. C.	100.0	5.21	10.31	0.54	0.08		89.61	4.67	0.00	0.00	0.00	0.00
Neung. C.	100.0	7.69	10.67	0.82	3.03	0.23	86.28	6.63	0.00	0.00	0.02	0.00
Neom. C.	100.0	2.29	8.88	0.20	1.99	0.05	89.13	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Gyry. C.	100.0	3.01	17.72	0.53	0.33	0.01	80.96	2.44	0.96	0.03	0.03	0.00

(c) Group III

River name	Basin area		Dry field		Rice field		Forest		House site		Others	
	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area
Sinki C.	100.0	17.79	2.82	0.50	1.15	0.20	95.87	17.06	0.13	0.02	0.03	0.00
Bong. C.	100.0	9.39	2.82	0.26	0.00	0.00	97.18	9.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Mapyo. C.	100.0	10.50	9.91	1.04	6.38	0.67	83.71	8.79	0.00	0.00	0.00	0.00
Bori. C.	100.0	1.70	4.62	0.08	0.00	0.00	95.38	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00
Suhang C.	100.0	10.80	4.67	0.50	0.43	0.05	80.45	8.69	0.06	0.01	14.39	1.55

(d) Group IV

River name	Basin area		Dry field		Rice field		Forest		House site		Others	
	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area	ratio	area
Sabu. C.	100.0	5.41	18.29	0.99	0.13	0.01	78.93	4.27	0.87	0.05	1.78	0.10
Chaha. C.	100.0	29.97	7.34	2.20	0.10	0.03	90.78	27.21	0.10	0.03	1.68	0.50
Seony. C.	100.0	7.48	7.02	0.53	0.00	0.00	92.98	6.95	0.00	0.00	0.00	0.00
Galgol C.	100.0	4.61	12.64	0.58	1.29	0.06	85.11	3.92	0.96	0.04	0.00	0.00
Chund. C.	100.0	3.08	12.85	0.40	3.02	0.09	82.62	2.54	1.51	0.05	0.00	0.00

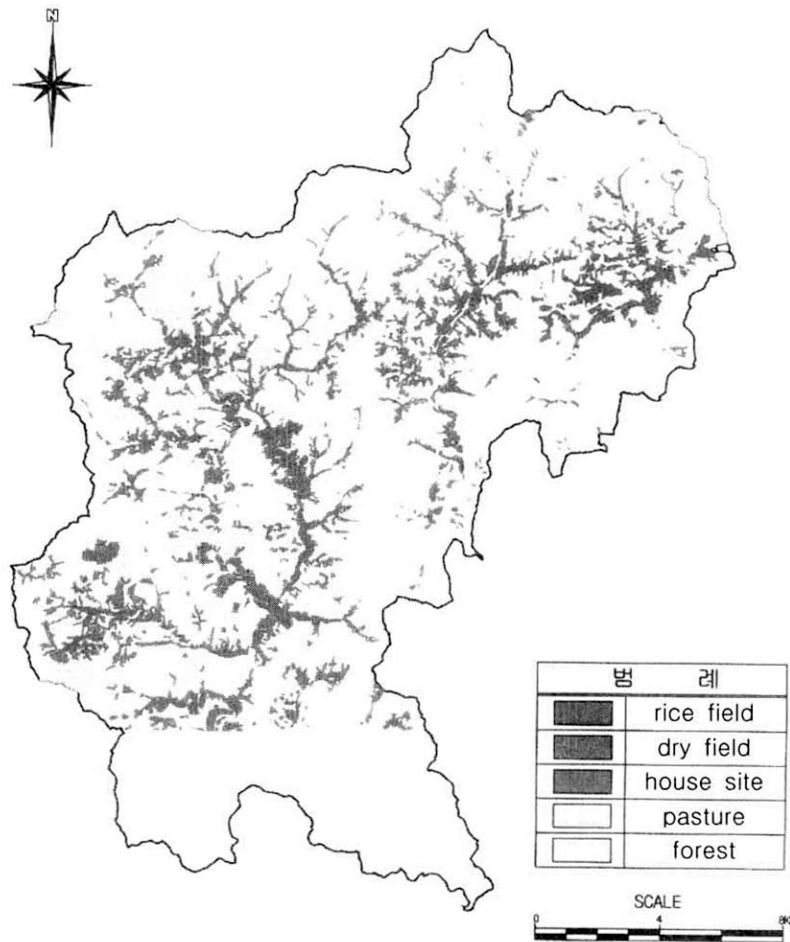


Fig. 7. The Land Use Map of Study Watershed.

4. 분석 및 고찰

4.1 다중회귀 1차 방정식

유역의 유출에 영향을 주는 토지의 이용면적을 백분율로 놓고 영향을 주는 인자의 계수를 각각 받은 c_1 , 논은 c_2 , 임야는 c_3 , 주거지 c_4 및 기타 c_5 로 놓고 강수량 P 를 적용했을 때 유출량 Q 를 구하는 다중회귀 1차방정식을 표시하면 다음과 같다.

$$Q = (c_1X_1 + c_2X_2 + c_3X_3 + c_4X_4 + c_5X_5)P \dots \dots \dots (2)$$

$$y(Q/P) = c_1X_1 + c_2X_2 + c_3X_3 + c_4X_4 + c_5X_5 \dots \dots \dots (3)$$

여기서, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 : 논, 밭, 임야, 주거지 및 기타의 백분비.

$y=Q/P$: 유출량을 강수량으로 나눈 값.

4.2 분석

c_5 의 계속 값을 구하여 표 7(a), (b), (c), (d)를 얻었다.
 각 유역군 별로 월별로 c_1, c_2, c_3, c_4 .

Table 7.(a) The Coefficient of Group I (c_1, c_2, c_3, c_4, c_5)

ri.name mon.	Changchon Cheon	Namandong Cheon	Keumsand- ong Cheon	Pyongchon Cheon	Beolmak Cheon
Jan	0.497809	0.393394	0.501838	0.906186	0.501685
Feb	0.457219	0.007274	0.483164	2.3315	0.466904
Mar	0.433025	0.666514	0.419491	-0.53392	0.430521
Apr	0.51717	0.778947	0.492698	-0.569926	0.510018
May	0.423266	0.739867	0.404572	-0.87415	0.422351
Jun	0.444527	0.692668	0.437103	-0.57471	0.446208
Jul	0.699578	0.285755	0.718412	2.39739	0.6998
Aug	0.696160	0.98629	0.68518	-0.48658	0.697226
Sep	0.676478	0.933588	0.667657	-0.36716	0.67836
Oct	0.57159	0.795483	0.554781	-0.36363	0.566243
Nov	0.454433	0.684414	0.449995	-0.45596	0.462383
Dec	0.525557	0.192585	0.506887	1.87848	0.475234

Table 7.(b) The Coefficient of Group II (c_1, c_2, c_3, c_4, c_5)

ri.name mon.	Hwalsanm- oki Cheon	Naedongs- an Cheon	Neunggol Cheon	Neomeun- gokgeon C.	Gyryoung- dong C.
Jan	0.437893	0.566144	0.498436	1.17814	7.94119
Feb	0.370678	0.941005	0.453023	2.67754	-29.6021
Mar	0.479865	0.217221	0.434763	-0.6122	7.71031
Apr	0.577569	0.194176	0.517399	-0.89982	11.9898
May	0.507964	-0.04271	0.43027	-1.54844	20.1068
Jun	0.502674	0.208464	0.452379	-0.57916	5.70456
Jul	0.581327	1.24333	0.689486	3.10707	-18.4299
Aug	0.77445	0.353952	0.704552	-0.80212	12.2348
Sep	0.735382	0.405263	0.685115	-0.521	9.98355
Oct	0.6208	0.015816	0.570756	-1.90245	59.0038
Nov	0.498296	0.28732	0.463996	-0.221185	-1.01868
Dec	0.460177	0.729597	0.488703	1.48522	-9.48469

Table 7.(c) The Coefficient of Group III(c_1, c_2, c_3, c_4, c_5)

ri.name mon.	Sinki Cheon	Bongdug- ongri C.	Mapyoun- g-l C.	Borijae Cheon	Suhang Cheon
Jan	0.394155	0.687032	0.501544	-4.55864	0.502004
Feb	-0.59096	1.63194	0.504258	-31.1844	0.60042
Mar	0.906471	0.157367	0.410193	13.5886	0.386789
Apr	1.10296	0.110148	0.486178	18.2768	0.424767
May	1.19312	-0.26992	0.389395	24.1267	0.284626
Jun	0.947364	-0.09877	0.426864	16.8767	0.377052
Jul	-0.14833	1.46264	0.733	-26.8824	0.823552
Aug	1.41118	-0.05482	0.668403	23.0766	0.596266
Sep	1.34592	-0.07228	0.650479	21.5712	0.586349
Oct	1.05929	0.17725	0.545511	15.8118	0.501695
Nov	0.942647	-0.04032	0.438981	14.7083	0.388749
Dec	-0.09175	1.2794	0.520696	-18.6454	0.580387

Table 7.(d) The Coefficient of Group IV(c_1, c_2, c_3, c_4, c_5)

ri.name mon.	Saburnag- gol Cheon	Chahang Cheon	Seonyeok- gol Cheon	Galgol Cheon	Chundum- ok Cheon
Jan	0.5146	0.556462	0.490146	0.266943	0.49828
Feb	0.380348	0.107247	0.444152	1.32132	0.385515
Mar	0.386212	0.184747	0.445816	1.26066	0.480456
Apr	0.523039	0.436512	0.528072	0.726722	0.519145
May	0.399261	0.169183	0.444399	1.23586	0.482268
Jun	0.46132	0.433718	0.460592	0.537028	0.48042
Jul	0.756424	1.131	0.667676	-0.76175	0.564349
Aug	0.697376	0.593291	0.716501	1.0759	0.741263
Sep	0.684532	0.633269	0.693339	0.874592	0.71215
Oct	0.579627	0.608795	0.576939	0.525167	0.597672
Nov	0.461661	0.480502	0.468982	0.529904	0.516124
Dec	0.478131	0.596657	0.481304	0.355493	0.565804

4.3 월별 상관계수

Table 8에서 보는 바와 같이 월별 각 군별 관측치와 계산치의 유출량의 상관계

수 r값은 0.875 ~ 1.0000 사이에 있어 유의성이 대단히 높은 것으로 판단되었 다.

Table 8. The Relative Coefficient of Monthly Observed and Calculated Runoff

Watersh. \ Mon	Month					
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
Group I	0.98795	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
Group II	1.00000	0.99929	1.00000	0.99639	1.00000	0.99813
Group III	0.99803	1.00000	0.69497	0.99980	1.00000	0.99932
Group IV	0.87500	0.96610	0.87500	1.00000	1.00000	1.00000

Watersh. \ Mon	Month					
	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Group I	1.00000	0.9980	0.99746	0.99717	1.00000	0.99858
Group II	0.99875	0.99371	0.99691	1.00000	0.99539	0.99597
Group III	0.99987	0.99981	0.99980	0.88765	1.00000	0.99984
Group IV	0.99333	0.70711	0.77460	1.00000	1.00000	0.95239

4.4 면적비와 유출량비

유출률이 강수량이 적은 3, 5, 2, 6월
이 0.42~0.45이고 우기인 7, 8, 9월이

0.67~0.71로서 강우량이 많은 하절기에는
손실량이 적으므로 유출률이 높아
유출량이 크게 나타났음을 알 수 있으며,
일반적인 수문지형확상의 특성과 강우분

Table 9. The Ratio of Land Area and Runoff of Land Use

river name		dry field	rice field	forest	house site	others
Group I (Changchon Cheon)	area ratio (%)	12.24	19.95	39.37	4.69	23.65
	Jan. runoff ra. (%)	12.20	15.74	39.72	8.52	23.79
	Jul. runoff ra. (%)	12.16	8.09	40.27	15.97	23.50
Group II (Gyryoung- dong C.)	area ratio (%)	17.72	0.33	80.96	0.96	0.03
	Jan. runoff ra. (%)	15.62	0.04	81.24	0.02	0.05
	Jul. runoff ra. (%)	14.93	0.06	80.94	4.32	-0.08
Group III (Sinki Cheon)	area ratio (%)	2.82	1.15	95.87	0.13	0.03
	Jan. runoff ra. (%)	2.25	1.60	97.32	-1.20	0.03
	Jul. runoff ra. (%)	-0.06	2.47	103.24	-5.13	0.01
Group IV (Saburang- gol C.)	area ratio (%)	18.29	0.13	78.93	0.87	1.78
	Jan. runoff ra. (%)	19.09	0.02	78.49	0.05	0.80
	Jul. runoff ra. (%)	20.64	0.02	78.62	0.09	1.50

포의 특성이 이 유역들에서도 부합되고 있었다.

Table 9에서 보논바와 같이 토지이용의 면적비가 1월과 7월에 산출된 유출량에 미치는 백분율을 보면 I군의 장춘천에서는 임야가 39.47%로서 1월의 유출비도 39.72%, 7월의 유출비도 40.27% 영향을 주는 것으로 나타났고, 전(밭)과 답(논) 및 기타도 면적비율이 산출된 유출량비에 비슷한 양상을 나타냈다.

II군과 IV군도 비슷하나, IV군의 신기천의 임야는 면적비가 95.87%로서 크게 차지하여 산출된 유출비에도 크게 영향을 미쳐 103.24까지 계산되었으나 밭(전)과 대지가 (-)인자로 작용하므로 전체 유출량비 100%에는 그리 문제 될 것이 없다.

따라서 토지이용의 면적비가 유출량비에 크게 작용하고 특히 임야의 면적이 큰 면적비를 차지할 경우는 유출고에 더 큰 영향을 준다고 판단된다.

5. 결 론

강원도 평창군의 소유역 I, II, III, IV개 군역으로 나누어 토지이용별(논, 밭, 임야, 주거지 및 기타)로 Kajiyama 식에서 얻은 유출량을 관측자료로 하여 토지이용이 유출량에 미치는 영향을 다중회귀1차방정식으로 추정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유출률은 강수량이 적은 3, 5, 2, 6월은 0.42~0.45정도 이고, 우기인 6, 7, 8에는 유출률이 0.67~0.71로서 수문지형학상 특성과 강우분포 특성을

잘 나타내고 있다.

2. 회귀식은 유출량 $Q = (c_1X_1 + c_2X_2 + c_3X_3 + c_4X_4 + c_5X_5)P$ 를 얻었다.(P는 강수량)
3. 회귀방정식에서 구한 계수 c_1, c_2, c_3, c_4, c_5 를 상관계수로 검증한 결과 대단히 높은 유의성과 상관성이 인정되었으며, 면적비가 유출량비에도 비례해서 영향을 미치고 있었다.
4. 이 유역에 확률우량을 30, 50, 80, 100, 200년 빈도의 강우량을 산출해서 회귀식에 대입하면 월별유출예상치를 추정할 수 있다.
5. 향후 수자원의 합리적인 개발 및 이용을 위하여 소유역별 유출량을 미리 측정하므로써 유역의 수자원 계획 수립에 도움이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 장석환, 배종원, 한건연, 2002, 바람직한 자연형 소하천 정비방향연구 2002년 분과위원회 연구 과업보고서, 한국수자원학회, pp 101-157, 2002. 12. 13.
2. 최지용, 2003, 유역의 수질 환경생태 관리 방안, 제11회 세계 물의 날 기념 심포지움, 우리나라의 유역 물관리 개선방안, 한국수자원학회, 한국수자원공사.
3. 정선군, 2001, 임계천하천정비기본계획보고서, 2001. 6. pp 1-240
4. 전병호, 2002, 유역종합치수 계획수립의 문제점과 개선방안, 한국물학술단체연합회 제5회 물포럼, pp 1-22.

5. Im Sang Jun, K.M. Brannan and saied Mostaghimi, 2003 Calibration and Validation of the HDPF Model on an Urbanizing Watershed in Virginia, USA, Water Engineering Research, Vol.4 No.3, pp 141-154.
6. 김창완, 2003. 하천진화모형을 이용한 안정하천의 설계. 建設技術情報. 통권 230호, 2003. 1. 한국건설기술연구원, 수자원환경연구부, pp 11-18.
7. 김경탁, 최윤석, 2003. 유역 분할에 따른 유출응답에 관한 연구. 한국수자원학회 논문집, Vol.36, No.2, pp 911-924.
8. 강신욱, 이동률 외 1인, 2004. 토양 수분 저류구조를 가진 탱크 모형의 보정에 관한 연구. 한국수자원학회 논문집, Vol.27, No.2, pp 133-144.
9. 김성준, 김선주 외3인, 2003. 홍수기 논의 저류량 산정모형 개발 및 적용. 한국수자원학회 논문집, Vol.36 No.6, pp 901-910.
10. 이찬주, 우효섭 외 2인, 2004. 지형 인자를 이용한 하천분류 체계의 적용성 검토. 한국수자원학회논문집 Vol. 37, No.1 pp 1-11.
11. 이삼희, 2003. 물의 관리. ①하천에 생명을 불어넣자. 동아일보 2003. 1. 7 pp A15
12. Mishra S. K., M.K.Jain, A.K.Rastoyi and V.P. Singh, 2003. Comparison of Existing and Modified SCS-CN Models. Proceedings of the International Conference on Water and Environment (WE-2003), Watershed Hydrology, pp 104-122, Dec. 15-18, 2003, Bhopal, India.
13. 평창군, 2003.1. 소하천정비 종합계획(제Ⅱ권역), pp1~1892.
14. Rakhecha P. R. and V. P. Singh Some Aspects of Hydrometeorology of Madhy a Pradesh, Proceedings of the International Conference on Water and Environment (WE-2003), Watershed Hydrology, pp 3-17, Dec. 15-18, 2003, Bhopal, India.
15. 유동훈, 수유역 및 대유역 홍수유출 모형의 적용. 한국수자원학회, 한국수자원학회논문집, Vol. 36, No.1, pp 87-104. 2003. 2.
16. 유양수, 2003년 다목적 물관리 전망 및 시스템 개선계획. 水資源情報, Vol. 8, No.1. 통권 25호, pp 2-11. 2003. 3
17. Singh, R, K.N. Tiwari and B.C. Mal, 2003. Watershed Parameters and AGNPS Model sensitivity to Cell Size, Proceedings of the International Conference on Water and Environment (WE-2003) Bhopal, India, Advances in Hydrology, pp 86-100, Dec. 15-18, 2003
18. Tiwari A. K. and V. N. Sharda. 2003. Overland Flow Routing Through Time-Area Segments in Small Catchment. Proceedings of the International Conference on Water and Environment(WE-2003), Watershed Hydrology, pp 158-167, Dec 15-18, Bhopal, India.

19. 우효섭, 이삼희외 14명, 2000. 자연형 하천공법의 개발, 양재천 시험적용, G-7 연구과제, 환경부, 국립환경연구원, 한국건설기술연구원, 서울대 환경계획연구소, 2000. 10.
20. 元泰常, 1964. 河川工學, 文運當, pp 1-232.
21. 윤태훈, 생태환경수리학, 淸文閣, 6-107, 2003.