

소유역의 토지이용이 유출 특성에 미치는 영향

The Influence on the Runoff Characteristics by the Land Use in Small Watersheds

최 예 환*, 최 중 대**
Choi, Ye-Hwan Choi, Joong-Dae

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. Espacially as the exordinary climatic phenomena, water resources and water content 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 fiver rivers watersheds including to Hwalsanmogicheon etc., group III five small river watersheds including Singicheon etc., group IV including to Sabulanggolcheon 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 Formular 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, exordinary 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·대유역의 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 분석함으로서 토지이용이 유출량에 미치는 영향과 예측강수량을 통해서 유출량을 예측함으로서 수요량에 대비할 수 있는 수자원확보에 그 목적이 있다.

* 강원대학교 농업공학부 교수 · E-mail : yhchoi@kangwon.ac.kr

** 강원대학교 농업공학부 부교수 · E-mail : jdchoi@kangwon.ac.kr

따라서 연구대상소유역은 유출상황과 유역의 토지이용상황 및 강수량이 비슷한 4개 소유역군으로 제Ⅰ군은 장촌천 외(남안동천, 금산동천, 평촌천, 벌막천) 4개 소하천, 제Ⅱ군은 활산목이천 외(내동산천, 능골천, 님은곡천, 지령동천) 4개 소하천, 제Ⅲ군은 신기천 외(봉두곶리천, 마평제1천, 보릿재천, 수향천) 3개 소하천, 제Ⅳ군은 사브랑골천 외(차향천, 서넉골천, 갈골천, 춘두옥천) 4개 하천의 지표상황인 전, 답, 임야, 대지 및 기타 등의 토지이용상황에 따라 유출의 영향을 주고 있다. 여기에 Kajiyama공식으로 산출한 월별유출고를 이용하여 토지이용 인자를 회귀다중1차방정식으로 유도하여, 즉 $Q=(c_1x_1+c_2x_2+c_3x_3+c_4x_4+c_5x_5)P$ (Q: 유출고, $x_1\cdots$: 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 월별 예측 강수량을 미리 추정하면, 회귀식에서 월별유출량을 산출할 수 있다. 앞으로 발생할 수 있는 소하천유역의 재현기간별 월별 수자원량을 추정함으로서 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), 고르포기산(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 강릉시와 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. 평창군은 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, 흥정천, 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 2지류이며, 지방2급 하천인 흥정천 유역에 속하는 소유역들이다. 흥정천 유역은 평창군 봉평면의 북쪽에 위치하고 있으며, 북쪽으로는 홍천군, 서쪽으로는 횡성군과 접하고 있으며, 상류는 산지하천이고, 중류에서 덕거천과 합류한 후 봉평읍을 좌우로 흘러 속사천과 합류 후 평창강에 유입되는 하천으로 유로연장은 27.5km, 유역면적은 147.24km²이다.

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

3. 유출량의 분석

3.1 Kajiyama 공식의 산출된 유출량

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

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

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

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 Kajiyama 공식을 이용해서 월별 유출고를 산출한 후 본 연구 소유역의 역거리제공법(RDS)을 이용하여 각 소유역의 유역 중심까지의 거리를 Kajiyama 식에 적용하여 값을 얻었다. 그림 5는 연구대상 유역의 주위의 4개 관측소와 연구유역도이다. 그 결과 표1과 같았다.

표 1. 제 I 군 소하천의 Kajiyama 식에서 얻은 월별 유출고 (단위: mm)

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

3.2 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 표2(a)와 같다.

표 2. 제 4개 군의 토지이용상황

(단위: %, km²)

(a) 제 I 군

소하천명	유역면적		전		답		임야		대지		기타	
	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적
장촌천	100.0	3.20	12.24	0.39	19.95	0.64	39.47	1.26	4.69	0.15	23.65	0.76
남안동천	100.0	2.59	22.48	0.58	8.47	0.22	43.32	1.12	2.05	0.05	23.68	0.61
금산동천	100.0	4.29	7.96	0.34	0.00	0.00	47.38	2.03	0.00	0.00	44.66	1.92
평촌천	100.0	5.19	22.03	1.14	6.78	0.35	53.08	2.76	1.26	0.07	16.85	0.87
벌막천	100.0	5.61	5.61	0.23	0.00	0.00	91.57	5.14	0.00	0.00	2.82	0.24

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 분 석

각 유역군 별로 월별로 c_1, c_2, c_3, c_4, c_5 의 계수 값을 구하여 표 3(a)을 얻었다.

표 3(a) Group I의 계수 값(c_1, c_2, c_3, c_4, c_5)

	장촌천	남안동천	금산동천	평촌천	벌막천
1월	0.497809	0.393394	0.501838	0.906186	0.501685
2월	0.457219	0.007274	0.483164	2.3315	0.466904
3월	0.433025	0.666514	0.419491	-0.53392	0.430521
4월	0.51717	0.778947	0.492698	-0.569926	0.510018
5월	0.423266	0.739867	0.404572	-0.87415	0.422351
6월	0.444527	0.692668	0.437103	-0.57471	0.446208
7월	0.699578	0.285755	0.718412	2.39739	0.6998
8월	0.696160	0.98629	0.68518	-0.48658	0.697226
9월	0.676478	0.933588	0.667657	-0.36716	0.67836
10월	0.57159	0.795483	0.554781	-0.36363	0.566243
11월	0.454433	0.684414	0.449995	-0.45596	0.462383
12월	0.525557	0.192585	0.506887	1.87848	0.475234

4.3 면적비와 유출량비

유출률이 강수량이 적은 3, 5, 2, 6월이 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 수문지형학상의 특성과 강우분포의 특성이 이 유역들에서도 부합되고 있었다.

표9에서 보는바와 같이 토지이용의 면적비가 1월과 7월에 산출된 유출량에 미치는 백분율을 보면 I 군의 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 추정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유출률은 강수량이 적은 3, 5, 2, 6월은 0.42~0.45정도 이고, 우기인 6, 7, 8월에는 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 연구과업보고서, 한국수자원학회, pp 101-157, 2002. 12. 13.
2. 김성준, 김선주 외3인, 2003, 홍수기 논의 저류량 산정모형 개발 및 적용. 한국수자원학회 논문집. Vol.36 No.6, pp 901-910.
3. 평창군, 2003.1, 소하천정비 종합계획(제II권역), pp1~1892.