韓國林學會誌 81(4) : 337-345. 1992
Jour. Korean For. Soc. 81(4) : 337-345. 1992

森林理水機能의 定量的 評價方法에 관한 硏究(II)[1]

— 粗度係數의 應用을 中心으로 —

李 憲 浩[2]

A Study on a Quantitative Method in Estimating Forest Effects for Streamflow Regulation (II)[1]

— Mainly Dealing with Application of Coefficient for Slope Roughness —

Heon Ho Lee[2]

要 約

산지유역은 대부분이 水源帶이고 수자원상 중요한 위치를 차지하고 있기 때문에 수자원의 확보와 홍수재해의 경감을 위해 삼림의 유량조절기능과 雨水流出에 미치는 삼림의 영향을 정량적으로 해석할 필요가 있다.

본 논문은 유출해석모델로 Kinematic wave법을 채용했다. 그리고 모델의 助變數(parameter)로서 斜面粗度係數를 동정(calibration)에 의해 추정해서 그 값으로 삼림의 理水機能을 평가할 수가 있었다. 본 논문에 사용한 水文資料는 東京大學 愛知연습림의 두 시험유역에서 관측한 자료이다. 삼림이 수기능의 평가방법으로서 제안한 조도계수의 추정방법과 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 조도계수(N_s)는 산복사면의 表面流의 流水抵抗을 나타낸다. 즉 삼림의 성장과 함께 A_0層의 발달에 의해 雨水의 流下가 방해를 받는다.
2. Kinematic wave法에 의한 모델실험에 의하여 河道의 直接流出量을 계산할 때 조변수로서 사면조도계수의 값을 추정할 수가 있었다.
3. 穴宮流域에서의 조도계수는 지수함수적으로 일정치에 漸近하면서 증대하는 곡선상에 있고, 치산조림의 성과가 나타나기 시작한 1940년대 전후의 급격한 증대가 특징적이다. 한편 白坂流域에서는 직선적으로 微增경향이 있는 것으로 지표의 상태에는 거의 변화가 없었던 것이 推擦된다.
4. 조도계수값의 증대는 직접유출량의 감소 및 基底流出量의 증대와 직접적인 관련이 있었다. 林相의 良好化와 함께 한 강우에 대한 직접유출량의 비율은 상대적으로 감소하고, 기저유출량의 비율이 증가하는 경향이 인정되었다. 그러나 한 강우에 대한 유출량의 절대량은 經年的으로 감소해 가는 경향이 있었다.

ABSTRACT

In this research, a kinematic wave model was applied for the runoff analysis, Regulation of streamflow was estimated by the calibration of roughness coefficient as a parameter. The data analyzed were obtained from

[1] 接受 1992年 8月 21日 Recieved on August 21, 1992.
[2] 영남대학교 농축산 대학 임학과 Department of Forestry Youngnam University, Gyongsan 713-749, Korea

Ananomiya and Shirasaka experimental basins at Tokyo University Forest in Aichi. Estimation methods and characteristics of roughness coefficient as a evaluation method of hydrological function of forest are summarized as follows :

1. Roughness coefficient(N_S) indicates the resistance of hillslope to the flowing water of surface runoff. There exists an hypothesis that resistance of hillslope to flowing water increase with the growth forest and development of the A_0 layer.
2. Roughness coefficient(N_S) was estimated by the parameter when the stream direct runoff was calculated by using the kinematic wave.
3. Secular change of 'N_S' in ananomiya has a curve which has an upper limit and increases exponentially near the limit. The curve quickly increased from 1935 to 1945 when results of afforestation for erosion control were thought to be effective. On the other hand, slight increase of 'N_S' in Shirasaka indicates that there was not such a big change in the surface of soil layer.
4. The increase of 'N_S' was related with decrease of direct runoff and increase of base flow. It was recognized that the rate of direct runoff decreased with the improvement of forest physiognomy and the rate of base flow was increased. But absolute value of water runoff per one storm decreased in chronological order.

Key words : Secular change of forest cover, roughness coefficient, runoff, hydrological function of forest, forest and streamflow measurement experiment.

緖 論

삼림상태의 변화가 유역의 유출특성에 대해 어떻게 영향을 끼치고 있는가를 정량적으로 밝히는 것은 삼림수문학에 있어서 오래전부터 중요한 연구과제로 되어있다.

유역에 주어지는 水文曲線은 복잡한 유출경로를 거쳐서 형성되는 유출량의 시계열 변화이다. 수문곡선으로 부터 유역의 유출특성을 추출하는 데는 어떠한 하나의 모델을 매개로 해서 數値로 表現할 필요가 있다. 현재까지의 연구성과로서는 주로 對照流域法에 의해 삼림의 수문적 기능에 관한 많은 지식이 얻어지고 있지만, 이들의 성과는 대부분이 정성적인 해명의 영역을 벗어나지 않고 있는 것으로 볼 수 있다. 근년에는 소유역을 대상으로 해서 삼림상태의 변화와 유출특성에 관해 각 조변수의 경년변화를 추적하는 수법[8,10]이 나오고 있다. 삼림 이수기능의 정량적 해명에는 산지에서 일어나고 있는 水循環過程中에서 그 기능이 밝혀져야 한다.

일반적으로 삼림지에서는 雨量의 增加, 降水의 遮斷, 地面蒸發의 抑制, 融雪을 늦추는 등의 이수기능을 생각할 수 있고, 여기서 강수차단, 침투능강화, 증산의 3작용이 종합되어 호우홍수를 경감시키는 삼림의 효과로 보고있다. 理水機能 해석의 평가대상으로서 流況, 損失量, 最大流量, 蒸發散量, 貯留能, 浸透能등을 생각할 수 있고 그 평가방법은 1) 산지에서 현지실험과 측정에 의해 수관차단량, 증발산량, 침투량등을 직접적으로 평가하는 즉 水순환 과정중의 단위과정의 해석에 의한 삼림의 수문적 기능의 평가방법과 본 논문에서 사용하고 있는 2) 森林流域試驗에 의해 관측된 강수량과 유량자료를 이용한 유출모델의 해석에 의해 水文量의 변화를 추정하는 방법으로 크게 분류할 수 있다. 특히 2)번째의 평가방법을 대상으로 해서 필자가 제안하고 있는 부분유출역의 추정에 의한 평가방법[2,4], 유역 고유의 수문지표를 이용한 손실량과 저류량모델에 의한 평가방법[5,7,12], 그리고 본 논문의 조도계수의 經年 변화량의 해석에 의한 평가방법등은 정성적 및 정량적 해석이 가능하고 나아가 장래의 산지에서 수문량변화의 예측도 가능하다.

본 연구에서는 임황변화에 따르는 단기유출특성의 추적과 함께 산복사면의 조도계수의 경년변화와 水文諸量과의 관계에 대해 분석을 한 후 조

도계수에 의해 어는 특정년도의 유량재현성을 검토한다. 그리고 이 결과를 이용한 삼림이수기능의 평가방법에의 접근에 대해서 연구성과를 발표한다. 이 방법의 특징은 홍수유량과 관련이 깊은 유역표층부를 대상으로 하는 장점을 가지고 있다는 점이다.

材料 및 方法

1. 試驗流域의 概況 및 水文資料

1) 유역개황

본 연구의 對象流域은 日本 東京大學 愛知演習林의 4시험유역 중에서 白坂流域(Shirasaka basin)과 穴宮流域(Ananomiya basin)으로 선정했다. 이들 유역은 1920年代부터 수문관측을 개시해서 현재까지 계속되고 있다.

시험유역의 林相變遷過程을 보면, 白坂流域은 관측개시기 부터 상당히 양호한 임상으로 덮혀있었고, 반면 穴宮流域은 임상이 관측초기의 척악한 상태에서 그 후 사방조림의 성과등으로 현재는 林冠이 울폐할 정도로 양호화 되었다. 森林과 水의 관계 또는 임상변화에 따른 水流出特性을 구명하려면, 임상의 경년변화에 대한 量的인 파악이 필수조건이 된다. 필자는 양유역에 대해, 1930年代~1980年代까지의 임상의 갱년변화를 임상도와 삼림조사자료 그리고 航空寫眞의 畫像處理手法에 의해 비교적 명확하게 추정[5]하고 있다. 이 결과와 임상과의 대응을 보기위해 Fig. 1.에 두 유역에 있어서 裸地面積率의 경년변화의 推移를 나타냈다. 여기서 裸地面積率은 년대별 항공사진을 畫像處理로 분석을 해서 구한 결과이고, 삼림축적과 함께 임상의 경년변화의 척도로서 이용했다. Fig. 1.를 보면, 白坂流域이 穴宮流域보다 경년적으로 裸地面積率의 감소추세가 완만했고, 또한 관측 초기에도 상대적으로 나지면적율의 규모가 작았다는 것을 말해주고 있는데, 이는 문헌[5]에 의한 자료와도 일치하는 것으로 白坂의 임상은 量水觀測 개시기부터 상당히 좋은 林相으로 덮혀 있었던 사실을 확인시켜 주고 있다.

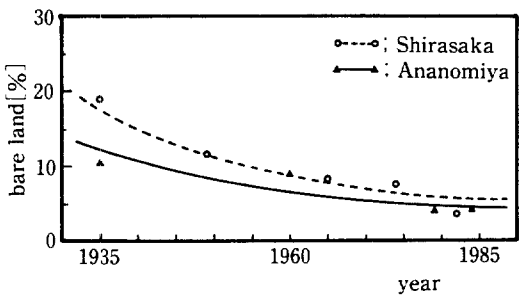


Fig. 1. Secular change of bare land area in experimental basin.

한편, 穴宮의 임상은, 量水觀測開始期는 유역전체가 거의 禿山의 상태였지만, 그후 치산조림의 성과에 의해 서서히 임상이 양호화 해 왔다.

2) 수문자료

강수량의 관측은 日雨量計와 自記雨量計를 병용해서 실시하고 있다. 본 논문중 短期流出解析에 사용한 자료는 사이폰식 日卷의 자기우량계를 10分마다 0.1mm의 精度로 읽은 값을 이용하고 있다. 설치위치는 測水所 부근에 각 유역마다 1개소의 雨量觀測所가 배치되어 있다. 流量은 測水所에 있어서 水位觀測으로 부터 구했다. 水位自記記錄은 시간당 1.5cm, 계측축척 1/5의 日卷自記水位計가 사용되고 있다.

觀測水位로 부터 구한 流量은 量水堰堤에서 유출하는 유량이고, 이것은 貯水池에 의해 유량이 조절된 후의 유량이다. 따라서 단기유출해석에 있어서는 저수지에 의해 조절되기 이전의 저수지에의 流入量을 구할 필요가 있는데, 그 계산은 山口의 β法[15]을 이용했다.

해석에 이용한 단기수문자료는 白坂유역과 穴宮유역에서 1935年~1985年까지의 자료에서 각각 15개씩의 高水例를 선택해서 流量分離의 결과와 함께 Table 1.~Table 2.에 나타냈다. 高水의 선정기간은 해석조건을 일정하게 하기위해 주로 夏期의 6월~10월로 했다.

2. 解析方法

본 논문의 목적상 단기유출해석모델을 이용해서 조도계수의 값을 추정한 후에 임상과의 관계를 밝히고 또한 그 결과를 근거로 해서, 조도계가 삼림이수기능의 평가척도로서의 적합성을 검토하고자 한다.

본 유출해석과정의 개념도는 Fig. 2.에 나타낸 것처럼, 損失量모델, 地下水低減모델, 有效降雨分離모델과 直接流出에의 變換모델이 포함되어 있다. 이 모델의 가운데 損失量과 流出可能雨量의 분리는 可變의 最大損失指標 I_f[5,7,8]를 이용해서 임상의 변화를 증발산을 포함한 損失에 대응

Table 1. Runoff components and runoff - data of short period at Shirasaka basin.

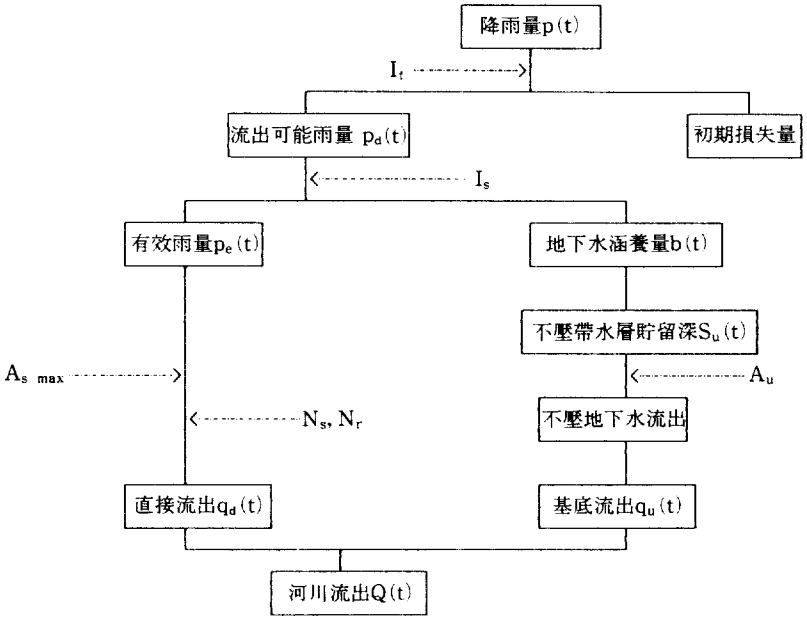
高水番號	開始日時 [年月日]	解析時間 [min]	全降雨量 [mm]	有效雨量 [mm]	全流出量 [mm]	直接流出量 [mm]	基底流出量 [mm]
1	1935.08.10	2480	71.5	6.7146	9.8046	6.7853	3.0188
2	1939.09.17	2270	88.0	11.4630	18.0708	11.3225	6.7483
3	1941.08.13	1400	62.9	3.4244	7.6207	3.4299	4.1907
4	1943.08.04	1000	53.4	2.8850	5.3253	2.8921	2.4332
5	1951.08.22	1610	58.7	2.5063	5.3046	2.5696	2.7353
6	1957.09.07	1790	71.5	11.8192	30.1046	11.7188	18.3876
7	1961.10.06	2050	65.1	5.3595	8.3623	5.2271	3.1352
8	1965.09.16	3450	206.8	48.7732	81.0686	48.0987	32.9699
9	1967.09.13	1770	41.5	2.2623	5.4046	2.2296	3.1750
10	1973.10.13	2980	99.2	12.4539	21.0978	12.8997	8.1981
11	1977.06.17	2950	110.7	14.1289	27.1415	14.4036	12.7380
12	1979.08.22	1800	48.2	6.7401	15.6050	6.7212	8.8838
13	1981.09.25	2930	81.7	11.4150	27.2984	11.3231	15.9753
14	1983.07.14	3250	82.2	8.7111	25.0387	8.8099	16.2288
15	1985.09.13	4270	79.5	5.6307	12.4496	5.5629	6.8867

Table 2. Runoff componets and runoff - data of short period at Ananomiya basin.

高水番號	開始日時 [年月日]	解析時間 [min]	全降雨量 [mm]	有效雨量 [mm]	全流出量 [mm]	直接流出量 [mm]	基底流出量 [mm]
1	1935.08.10	2430	78.6	9.1504	14.1828	9.0262	5.1566
2	1937.07.28	1230	54.2	12.4809	16.2787	12.4476	3.8312
3	1941.08.13	930	81.9	8.7943	14.0214	8.7721	5.2493
4	1943.08.04	1880	79.5	7.2931	14.5911	7.3338	7.2573
5	1951.08.22	1000	48.5	5.3381	8.0558	5.1641	2.8917
6	1953.09.12	1580	38.1	4.0272	7.9698	4.0775	3.8923
7	1955.07.23	1600	114.2	10.6970	19.0277	10.5391	8.4886
8	1957.06.26	3150	119.0	18.2870	39.8226	18.3500	21.4726
9	1959.08.08	1770	65.3	7.7617	12.6328	7.6106	5.0222
10	1961.09.14	3700	98.2	10.4312	18.0689	10.0875	7.9814
11	1965.10.14	1880	47.0	4.0689	7.4439	4.1651	3.2788
12	1969.06.25	1140	77.4	11.6380	19.6037	11.4513	8.1524
13	1975.08.06	1140	84.2	8.0955	15.8304	8.1602	7.6702
14	1981.09.25	1010	71.8	9.6723	18.2386	9.5826	8.6560
15	1983.08.15	4400	84.8	7.5233	22.4303	7.7400	14.6903

시키는 것이 가능하고, 또 直接流出量과 基底流量의 분리모델은 初期流量에 근거한 可變의 可能最大貯留指標 I_s[5,7,8]를 이용해서 결정할 수 있다. 그리고 部分流出域의 계산과정을 이 부모델(submodel)과 조합시켜서 直接流出의 부모델로서 等價粗度法을 이용하고 있다. 損失量 및 有效雨量의 分離모델과 부분유출역의 추정모델 그리고 등가조도법에 있어서의 水流의 연속방정식등의 구체적인 해법은 문헌[1,5,9]에 상세히 나타냈다. 여기서는 有效降雨에서 직접유출에의 변환이 等價粗度에 의해서 결정되는 사실에 주목하고, 평가방법의 측면에 초점을 맞추어서 해석을 했다.

等價粗度를 구하기위해 Kinematic Wave법[3,5,11,13]를 유역에 적용하려면, 流域을 斜面과 河道의 2要素로 분해할 필요가 있다. 이것은 해석의 최소단위로서 山腹斜面과 하나의 河道를 가진 矩形化된 유역에 있어서, 사면에 내린 강우는 사면을 流下해서 河道로 流入되어 하도의 흐름을 형성하고 流域下流端의 流量이 형성되는 것으로 보고있다. Kinematic Wave법으로 모델실험에 의해 직접유출량을 계산할 때 유일한 조변수로 사용되는 斜面의 등가조도의 값은 실제로 측정 또는 추정하는 것은 매우 곤란하지만 山地表面의 被覆狀態의 樣相에 따라 變化할 것으로 예상된



* I_f ; Index of maximum loss
I_s ; Index of maximum potential retention
A_u ; Unconfined ground water recession constant
$A_{s\ max}$; Maximum value of source area
N_s ; Roughness coefficient of slope
N_r ; Roughness coefficient of channel

Fig. 2. Conceptual diagram of process of runoff and parameters.

다. 따라서 경년적으로 조도계수의 값을 추정할 수 있으면, 이를 이용해서 삼림이수기능과의 관련을 밝힐 수 있다. 즉 임상의 경년변화에 따른 사면조도계수(N_s)의 변화양상과 산지유역에서의 직접유출량 및 기저유출량의 변동과의 관계를 파악함으로서 삼림의 直接流出量과 기저유출량에 미치는 영향을 정량적으로 평가할 수 있다.

그리고 경년적으로 구한 각 조변수의 추정회귀식을 이용하면, 어느 특정강우에 대한 년대별 유량을 재현시켜서 위 결과를 확인할 수 있고, 동시에 과거의 어느 특정년대에 대한 각 水文諸量의 추정이 가능하므로 임상의 경년변화에 따른 水流出 특성의 정량적 평가도 함께 실시했다.

본 모델의 특성은 조변수의 數가 적고, 勾配, 形狀, 粗度등의 流域表面의 物理的 特性을 고려하고 있기 때문에 유역간의 비교에도 합리적인 근거가 주어지고 있고, 구조가 간결한 集中正數系의 모델로서 물리적 배경이 강하다고 볼 수 있다.

結果 및 考察

山地流域에 있어서 임상의 양호화에 따라 산복사면의 토양심이 두껍게 형성되어 간다고 생각할 때, 사면상의 水流의 마찰저항력이 정량적으로 평가될 수 있으며 그 마찰저항력의 변화는 年代別로 산지유역에 있어서 임상의 경년변화에 따라 土壤深(특히 litter層)발달의 경년변화와 대응하고 있는 것으로 생각할 수 있다.

본 연구의 直接流出系의 모델內에서는 임상상태에 의해 변화하는 조변수는 斜面 및 河道의 등가조도 뿐이다. 여기서 사면의 조도계수는 직접유출에 관한 계산수문곡선이 관측된 실제의 직접유출 수문곡선의 형상과 일치하도록 試算(calibaration)하여 결정했다. Fig. 3에 白坂流域과 穴宮流域의 실측수문곡선과 계산수문곡선의 試算例를 한개씩 나타냈다. 전반적으로 양유역 모두 高水例의 대부분에 대해서 계산수문곡선이 실측수문곡선을 잘 재현하고 있는 결과를 얻었고, 이는 본 해석에 사용한 단기유출해석 모델인 등가조도법의 적합도가 양호함을 말해주고 있다.

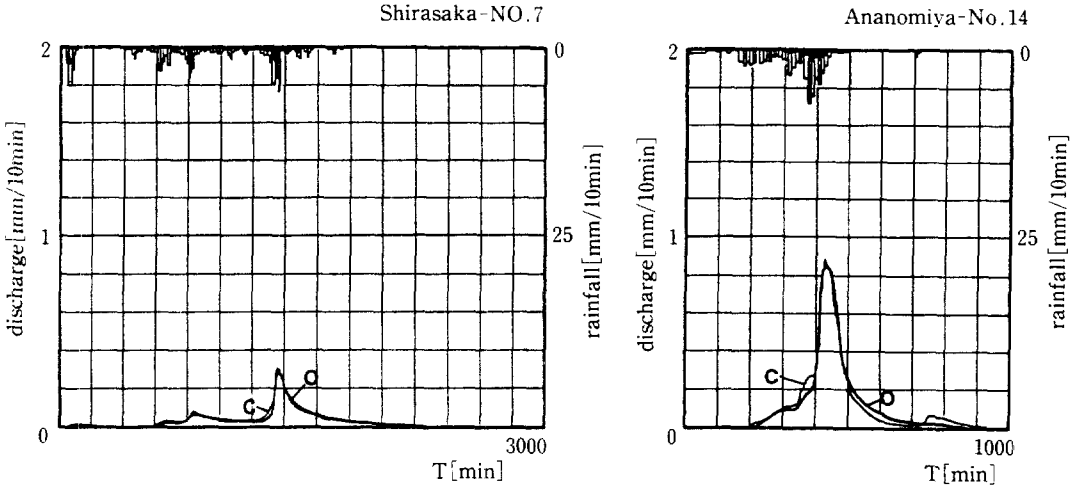


Fig. 3. Calibration of observed hydrograph and calculated hydrograph in experimental basin.
* 1) Histogram shows rainfall intensity, and dark area represents effective rain fall.
2) O ; observed hydrograph, C ; calculated hydrograph.

1. 斜面粗度係數의 經年變化

산복사면에 있어서 조도계수는 유역내의 지형, 토양, 식생등의 유역특성에 의해서 각각의 특정의 값을 가진다. 이 조번수에 대해서 임상변화에 대응하는 추적을 행하기 위해서는 다음의 2가지의 가정이 필요하다. 1) 본 시험유역에서는 식생, 토양이외의 유역인자가 거의 변화가 없는 것으로 보는 것과, 2) 사면을 流下하는 水은 Manning의 抵抗則에 따르는 것으로 본다. 2)가정에 대해서는, 필자가 이미 산지에서 인공수로를 이용한 현지의 표층 모델실험에 의해 산지유역에 있어서 裸地의 表土層上의 水의 흐름 및 litter層中의 水의 흐름은 Manning 則에 따르고 있는 것을 확인했다[6]. 위의 두 가정이 성립한다고 하면, 등가조도는 임상의 상태에 따라서 변화하는 것이 예상된다. 단 河道의 조도계수는 경년적으로 거의 변화가 없는 것으로 보고 양 유역 모두 土水路의 표준치[14]인 0.05를 이용했다. Fig. 4.에 두 유역에 대해 年代別로 각각 산복사면에 있어서 조도계수(N_s)의 경년변화의 推移를 나타냈다. 白坂유역에서 사면조도계수의 경년변화는 작지만 경년적으로 약간 직선적으로 증가하고 있는 것으로 나타났다. 이 결과로 부터 白坂의 임상이 1930년대 부터 상당히 양호한 임상에 덮혀 있었고, 그 후 경년적으로 임상이 서서히 양호화 해 온 것과 대응하고 있다. 그리고 얻어

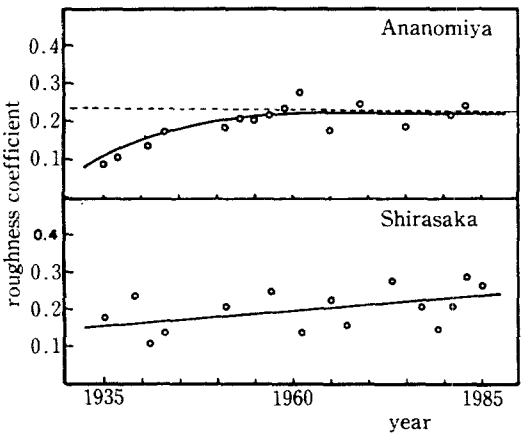


Fig. 4. Secular change of roughness coefficient in experimental basin.

진 사면조도계수의 범위는 대개 0.1~0.4인 것을 알았다.

한편 穴宮에서 사면조도계수의 경년변화는 비교적 크고 指數曲線의 형으로 증가하고 있다. 이는 白坂에서 조도계수의 변화경향과는 상당히 다른데, 穴宮에서 조도계수의 변동추이를 분명히 하기 위해서는 곡선회귀식[5]을 이용하면 좋다. 구해진 N_s의 범위는 白坂처럼 대개 0.1~0.4로 나타나서 실험에 의해 구한 litter層中의 水流의 조도계수와 거의 같은 범위인 것을 판명했다. 穴宮에서 사면조도계수의 경년변화는 1930年代에는 매우 낮고, 1940年代부터 서서히 높게되어 1950

년대 전후에 걸쳐서 급속히 증대하고 이후 微增의 경향이 있는 것으로 생각할 수 있다. 이 결과는 穴宮의 裸地面積率이 감소해가는 것과 잘 대응하고 있다. 손실의 경년변화가 직선적으로 증대한것[7]에 비해, 이 변화는 특징적이지만 그 이유에 대해서는 본 논문에서 분명히 구명할 수가 없었다.

사면의 조도계수가 크게되면 流水抵抗도 크게 되는 것과, 유역임상의 변천상황과를 對比시켜보면 두 유역 모두 각각의 특성과 合致하고 있다. 즉 사면조도계수의 값은 수리학적으로는 流路의 마찰저항을 표현하는 조변수이지만, 한 산지유역을 대상으로 생각하는 경우는 산복사면의 식생과 토양에 의해서 결정되는 것으로 생각할 수 있기 때문에 유역특성을 표현하는 하나의 조변수임을 확인했다.

2. 斜面粗度係數와 森林理水機能

임상의 양호화로 산복사면에서 유수저항이 크게되면 조도계수의 값이 증가되므로 직접유출량은 감소하고 상대적으로 基底流出量은 증대하는 것으로 예상된다. 실제로 위에서 임상변화의 양상이 서로 다른 2유역에 대해 장기간에 걸쳐서 사면조도계수의 경년변동을 추적했고, 다음은 이 결과와 삼림이수기능과에 관해서 요약한다. 개개의 短期流出에 대해 損失量 및 유효우량을 분리하고, 이어서 직접유출량과 기저유출량을 계산에 의해서 구해두고 상기의 경년적으로 구한 조도계수값과 적접유출량의 변화양상을 대비 시켜보면 조도계수와 이들 유출량과의 대응관계를 파악할 수가 있으므로, 사면조도계수는 특히 이들 두 수문인자에 대한 삼림이수기능의 평가척도로 이용할 수가 있었다.

Fig. 5., Fig. 6.에 두 유역에 있어서 조도계수의 경년변화에 대응하는 각 유출량의 변화양상을 나타냈다. 여기서 직접유출량과 기저유출량의 변동양상을 비교하기 위해서 각각 전유출량에 대한 비율을 구했다. 양 유역 모두 조도계수의 값이 증가할수록 경년적으로 직접유출량은 감소하는 경향이 보이고(Fig. 5), 기저유출량은 상대적으로 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 6). 양유역의 두 유출량을 비교해 보면, 白坂에서 직접 유출량 및 기저유출량의 증대 혹은 감소하는 변동폭이 상대적으로 작은 것으로 나타났다. 이러한 두 유출량의 증대 혹은 감소 경향의 차이는 두 유역에 있어서 서로 다른 임상의 양호화의 변천과정에 따른 손실량 증대의 차이에 의한 것으로 볼 수 있다.

그러나 위의 비교는 똑같은 강우를 대상으로 할 수 없으므로 유역간 유출량의 변화에 대한 객관성이 결여 될 수 있다. 이러한 결점을 보완하기 위해서 각 년대에 대해 어느 특정 강우에 대한 유출량을 역으로 재현함으로서 해결할 수가 있었다. 즉 현재 또는 과거의 어느 특정의 단기유출에 대해서 구하고자 하는 과거의 어느 시기에 해당하는 조변수들을 이용해서 모델실험으로 그 年代의 유출량을 재현해서 추정했다. 단 년대별로 각 유출특성을 나타내는 조변수의 결정은 미리 경년적으로 구해둔 개개의 회귀식[5](Fig. 4)을 이용했다. 구체적인 해설결과의 例로서, 白坂의 1981년 9월 25일에 내린 강우(Table 1.의 高水番號 13)와 穴宮의 같은 날의 경우(Table 2.

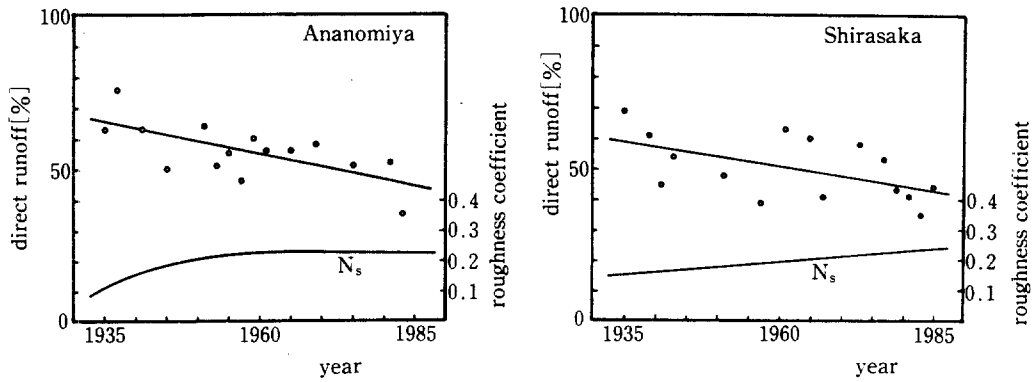


Fig. 5. Secular change of direct runoff correspond to change of roughness coefficient.

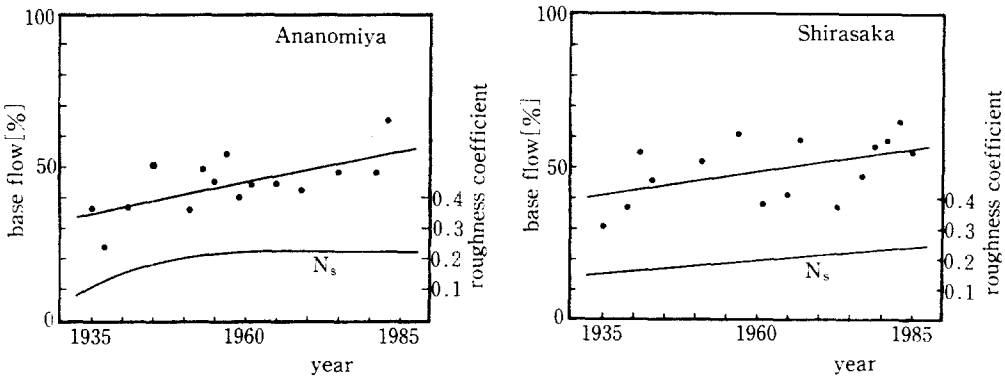


Fig. 6. Secular change of base flow correspond to change of roughness coefficient.

Table 3. Response of hydrological components on the same rainfall in chronological order.

		年度	全流出量 [mm]	直接流出量 [mm]	基底流出量 [mm]	斜面粗度係數
白坂	實測値	1981	29.2984	11.3231 (0.41)	15.9753 (0.59)	0.21
	推定値	1955	29.1617	12.5213 (0.43)	16.6404 (0.57)	0.19
		1935	31.8869	14.7747 (0.46)	17.1122 (0.54)	0.17
穴宮	實測値	1981	18.2386	9.5826 (0.53)	8.6560 (0.47)	0.22
	推定値	1955	21.4597	11.1215 (0.52)	10.3382 (0.48)	0.19
		1935	26.1167	15.1900 (0.58)	10.9267 (0.42)	0.14

* ( ) ; The proportion of runoff to the total flow.

의 高水番號14)에 대해서 1935년도, 1955년도의 文水諸量의 應答을 조사해서 Table 3. 에 나타냈다. 이 표에서 유출량의 비율은, 임상의 양호화와 함께 직접유출량은 경년적으로 감소해 왔고, 기저유출량은 역으로 증대해 왔는 것을 확인할 수 있다. 유역별로 보면 白坂의 경우가 두 유출량의 변동폭이 완만하고, 穴宮에서는 상대적으로 변등폭이 다소 급하게 나타났는데 이결과도 두 유역의 임상의 양호화의 경년적인 변천상황[5,8]과 잘 대응하고 있다. 한편 한 강우에 대한 全流出量의 경년변화를 보면, 경년적으로 絶對水量은 감소해 간다. 즉 임상의 양호화에 의한 증발산의 증대로 인해 점점 손실량이 증대해 감에 따라 상대적으로 직접유출량이나 기저유출량으로 되는 水量의 절대치는 감소해 가는 것으로 판단했다. 이 결과로 산지에서 임상이 양호화함에 따라 우리가 이용할 수 있는 水資源의 絶對量은 확실히 감소해 가는 것을 정량적으로 확인할 수 있었다. 근간에 삼림의 수원함량기능 이나 理水機能이 강조되고 있는 것은, 삼림이 수자원의 절대량을 증대시키는데는 역행하지만, 산지에서 유출의 지연효과, 홍수유출량의 감소기능, 지속적인 기저유출량의 공급기능등의 이수기능에 그 비중을 두는 것으로 생각된다.

결론적으로, 조도계수를 이용하는 본 연구방법에 의하면 임상과 유출량과의 관계를 객관적으로 평가할 수 있어서 조도계수 및 그 외의 유출특성을 나타내는 조변수와 삼림과의 대응을 분명히 밝힘으로써 삼림의 이수기능을 정량적으로 평가할 수가 있었다. 금후는 항공사진과 임상도를 이

용해서 본 유역의 임상소밀도와 임목축적의 경년변화를 추적해서, 임황변화를 객관적으로 평가하고 유역의 분할도 지류의 형상에 따라 세분해서 유출모델의 조변수와의 대응을 정확히 검토할 필요가 있는 것으로 생각된다.

引 用 文 獻

1. 日野幹雄・長谷部正彦. 1985. 水文流出解析. 森北出版(株). 254 pp.
2. Kirkby, M.J. 1978. Hillslope Hydrology. John Wiley & Sons. 25-31.
3. 鎌田萬. 1982. 山腹斜面の等價粗度に關する研究. 土論集 328 : 47-55.
4. 李憲浩. 1992. 森林理水機能의 定量的 評價方法에 관한 研究-部分流出域의 推定法을 中心으로-. 嶺南大學校 資源問題研究所論文集 11(1) : 77-84.
5. 李憲浩. 1991. 森相の經年變化が水流出特性に及ぼす影響. 東京大學演習林研究報告 86 : 77-178.
6. 李憲浩・芝野博文. 1990. リタ-層中を流下する雨水の水理特性. 日林誌 72(3) : 223-229.
7. 李憲浩・芝野博文. 1989. 林相變化に伴う初期損失の經年變化. 日本水文・水資源 學會研究發表要旨集(1989년) : 123-126.
8. 李憲浩・芝野博文・西尾邦彦. 1988. 林況變化に伴う短期流出特性の追跡. 東京大學演習林研究報告 80 : 109-128.
9. Overton Meadows. 1976. Storm Waber Molding. Academic Press. 358 pp.
10. 太田岳史・高橋智己・竹內美次. 1990. タム流域 における森林狀態が流出特性に與える影響の流出モデルによる評價. 日本水文・水資源學會 3(1) : 17-25.
11. Palmer, V.J. 1946. Retardance coefficient for low flow in channels lined with vegetation. trans. A.G.U. 27(II) : 187-197.
12. 芝野博文・李憲浩. 1991. 流域內の植被の回復に伴う蒸發散過程の變化. 日本林學會發表論文要旨集(1991).
13. 杉山博信. 1980. 斜面雨水流の抵抗則に關する實驗的研究. 農土論集 87 : 16-23.
14. 土木學會(日本). 1985. 水理公式集. 日本土木學會編 : 162-163.
15. Yamaguchi I. and Nishion K. 1979. Studies on forest hydrology in the Tokyo University forest in Aichi. J. Jpn. For. Soc. 61(4) : 135-141.