

피아골 極相林의 水分 및 養分の 收支에 關하여

任 良 宰 · 金 聖 德 · 辛 昌 男*

(中央大學校 文理科大學 生物學科 · *忠南大學校 理工大學 生物學科)

Water and nutrients budget on the climax forest at the Piagol, Mt. Chiri.

by

Yim, Yang Jai, Seong Deog Kim and Chang Nam Sin*

(Dept. of Biology, Chung-Ang Univ., * Dept. of Biology, Choongnam Natl. Univ.)

Abstract

The water balance and soil properties of the climax forest of Piagol, were studied.

The average annual rainfall is ca. 14.85 million tons and the amount of annual potential evapotranspiration is ca. 5.03 million tons in the area. From the water balance sheet the run off rate was 66.1% of the total rainfall (9.82 million tons). Judging from water balance diagram, there would be neither water deficiency nor dry season.

Soil properties such as pH, CEC in the soil of *Quercus mongolica* community were 4.6-5.3 and 5.50-12.98 meg., which were slightly higher than those of *Carpinus laxiflora* community respectively.

緒 論

韓國의 森林植生은 約 4,000年 前부터 人間에 의한 激甚한 破壞를 받아 現在에는 自然森林植生을 찾아 보기 매우 어려운 實情이다. 그러나 智異山 피아골의 森林은 이러한 破壞를 거의 받지 않은 自然森林植生中の 하나이다.

이 지역은 森林植生の 分布帶로 볼 때 *Carpinus laxiflora* Bl.를 優占種으로 하는 冷溫帶 南部에 位置하는 서나무 (*Carpinus laxiflora* Bl.)와 갈참나무(*Quercus aliena* Bl.)의 極相林이다(Yim & Kira 1975). 實際, 이 곳을 踏査하여 보면 다른 어느 곳 보다 이와같은 森林植生帶의 特徵을 뚜렷이 나타내고 있다. 따라서 이러한 極相林의 構造나 物質循環을 밝힌다는 것은 破壞된 植生이나

破壞되어가는 植生을 研究하는데 貴重한 도움을 줄 뿐 아니라, 그 自體로서도 韓半島의 森林生態系를 究明하는데 매우 重要한 뜻을 지닌다.

本 研究은 피아골 極相林에 對한 綜合的 研究의 一環으로서, 水分 및 養分의 收支를 밝히는 것을 目的으로 하고 있다. 그러나 不過 數個月이라는 限定된 研究期間은 研究의 性質上 必要로 하는 最小限의 期間인 一年間의 調查期間에도 未達하므로 標題의 研究에 充實하기에는 困難했다.

그러나 이러한 難點을 克服하기 위하여, 調查한 Data의 最大限 利用을 꾀하였다. 앞으로의 此種 研究의 方向 提示에 힘을 들이고 豫備調查的 性格을 띠게 된 것도 이 때문이다. 그러나 이제까지 이 調查地에 對하여 標題와 關聯된 研究가 全無하였던 것을 감안하면 이러한 程度의 研究라도 多少나마 同 極相林을 究明하는데 도움이 되리라 믿는다.

調查 方法

本 研究의 目的인 피아골 極相林의 水分 및 養分의 收支를 밝히기 위해서 이들에게 重要한 作用을 하는 氣候特性에 對해 考察하고 調查地 面積을 算出한 後에 進行하였다.

1. 氣候 特性

水分 및 養分의 收支에 큰 役割을 하는 氣候要因인 降雨과 溫度에 對해 考察하였다.

光陽에 位置한 서울大學校 南部演習林 事務所에서 얻은 피아골의 氣象資料(1968年~1981年)를 利用하여 氣候의 年變動을 考察하였다.

2. 調查地 面積

國立 地理院의 地形圖(1:25,000)를 利用하여 水系를 基準으로 地域을 9個로 나누고 이들 地域의 水系가 合流하는 地點을 5個目(集水地點)으로 定했다(Fig. 1)..

즉 Fig. 1을 보면 I目은 B+C, II目은 I目+A+D……, V目은 IV目+H+I이다. 하지만 H, I 地域은 調查地 밖에 있어서 調查面積 算出의 範圍에서 除外하였다.

7個 地域의 地圖上의 面積을 各各 算出해서 다시 實面積으로 換算하였다. 그리고 地圖上의 面積 測定은 Planimeter에 의하였고 點數法에 의해 再檢하였다.

3. 水分 收支

水分 收支에 影響을 들만한 氣候要因을 平價하기 위해서 Walter(1975)의 Climate-diagram과 Thornthwaite(1948)의 水分 收支圖 및 Hythergraph를 作成하였다.

그리고 調查地域의 年間 總降雨量과 年間 最大蒸發散量 및 年間 總流出量을 求해서 이들과 比較 分析하였다.

年間 總降雨量

上記한 피아골의 氣象資料에 의거하여 各各의 年平均 降雨量을 求해서 다시 그 값들의 算術平均

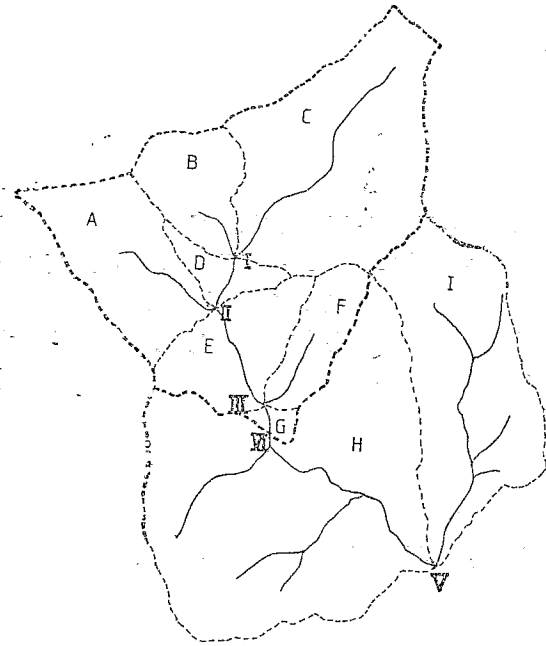


Fig. 1. Drainages in the Piagol, Mt. Chiri.

値에 調査面積을 乘하였다.

年間 最大蒸發散量

다음의 Thornthwaite(1948)의 半經驗式에 의하여 月間 最大蒸發散量을 求하였다.

$$e=1.6(10t/I)^a$$

$$I=\sum_{1}^{12}(t/5)^{1.514}$$

$$a=675 \times 10^{-9}I^3 - 777 \times 10^{-7}I^2 + 1,792 \times 10^5 I + 0.49239$$

(단, t : 月平均氣溫

e : 1日의 日照時間을 12時間, 1個月을 30日로 看做했을 때의 最大蒸發散量)

이 月間 最大蒸發散量으로부터 年間 最大蒸發散量을 求하였다.

Penmana法에 依한 것과 蒸發散量의 差異는 Yim & Kira(1976)에 의해 검토하였다.

年間 最大流出量

年間 總降雨量에서 年間 最大蒸發散量을 뺀 값을 年間 最大流出量으로 看做하였다.

4. 養分 收支

어느 時點에서의 養分の 流入과 流出은 빗물 속의 養분과 調査地 이외에서의 自然流入量을 推定하고 流水에 섞여 흘러나가는 量 및 呼吸量 등을 測定하여 養分の 收支表를 作成하여야 한다.

또한 養分の 自然流入은 降雨에 의한 것 이외에 植生型에 따른 落枝葉의 流入量, 動物의 移動物質의 添加 또는 減少 등을 들 수 있다.

最小한 1年이 걸리는 것이기 때문에 몇개월 동안에는 이러한 細密한 作業을 하기위한 Data를 얻지 못하였으므로 養분에 影響을 주는 植生形, Soil profile 調査와 토양분석을 실시하였고 純一次生産總量과 litter量을 推定하였다.

Kira(吉良 1976)에 의하면 地下部の 推定値를 포함한 全純生産速度 ΔPn t/ha·Yr와 WI와는 陽의 相關關係가 있어 다음 式으로 近似시킬 수 있다.

$$\Delta Pn=0.0859WI+8.40$$

Lieth(1972, Lieth & Whittaker 1975)에 의하면 年純生産速度 ΔPn t/ha·Yr와 年平均氣溫 $T^{\circ}C$ 와는 다음 式이 成立한다.

$$\Delta Pn=30/(1+e^{1.815-0.1197T})$$

이들 式에 의하여 年間 添加되는 有機物量을 推定하였다.

Litter量은 測定値가 없으므로 年間 4 tons/ha·Yr로 하여 調査面積에 따라 算出하였다.

結果 및 論議

1. 氣候特性

調査地域은 標高 600m~1,500m 사이의 山岳地帶로서 年平均氣溫은 11.4°C이며 同緯度의 他地域 (光州: 12.8°C, 釜山: 13.8°C)과 比較하면 낮은 값을 나타내고 있으나 年平均降雨量은 1,984.3 mm로 韓半島內에서 最多雨地域의 하나로 이는 地形性降雨에 의한 것으로 생각된다.

1970년부터 1981년까지의 月平均氣溫 및 月平均降雨量의 年變動은 Fig. 2와 같다. 調査地의 大部分이 *Carpinus laxiflora* Bl.로 덮여 있는 것은 이러한 比較的 溫暖하고 豊富한 降雨量과 關係가 있는 것으로 보인다.

2. 調査地 面積 算出

水系를 기준으로 調査地를 7개 地域으로 나눈 면적은 Table 1에서 보는 바와 같다. G까지의 累計面積은 7.48km²이다.

Table 1. Area of drainage in the Piagol, Mt. Chiri

Drainage	Area of drainage (km ²)	Drainage	Area of drainage (km ²)
A	1.46	E	1.00
B	0.83	F	0.62
C	3.13	G	0.09
D	0.35		
Total		7.48	

3. 水分 收支

Walter(1975)의 Climate-diagram(Fig. 3)을 그려본 結果, 降雨曲線이 氣溫曲線보다 낮아지는 곳이 없으므로 Walter(1975)의 定義에 의한 乾燥季는 없는 셈이다. 또한 Thornthwaite(1948)의 水分 收支圖(Fig. 4) 및 Hythergraph(Fig. 5)를 作成하여 比較 檢討한 結果는 溫帶 南部의 夏季多雨型 地域에 屬함을 알 수 있으며, 따라서, 植生型에 영향을 줄만한 水分 不足은 나타나지 않았다. 피아골의 氣象資料에 依據해서 年平均降雨量과 蒸發散量 및 流出量에 對한 表(Table 2)를 作成하였다.

年間 總降雨量

피아골의 氣象資料(1968~1981)에 의한 年平均降雨量에 調査面積 7.48km²를 乘한 年間 總降雨量은 14,849,990 ton (약 14.85×10⁶ ton)으로 計算되었다.

年間 最大蒸發散量

Thornthwaite(1940)의 半經驗式에 의해 計算한 結果 5,034,960 ton(약 5.03×10⁶ ton)이다.

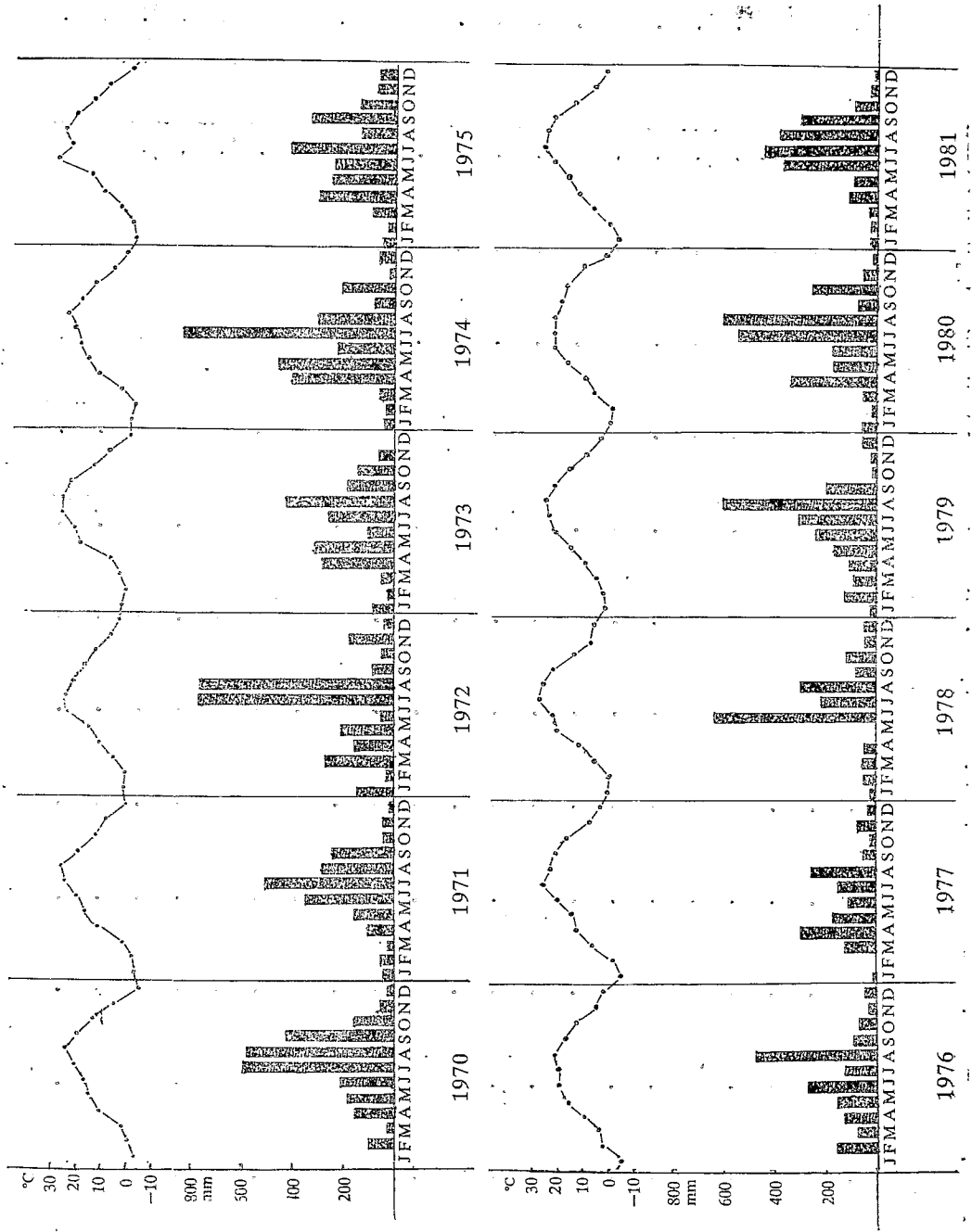


Fig. 2. Change of monthly average air temperature and monthly precipitation from 1970 to 1981 in the Piagol, Mt. Chiri.

Table 2. Average annual precipitation, potential evapotranspiration and run off in the Piagol, Mt. Chiri

Drainage	Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annual
A	P*	57.77	69.76	106.91	284.02	274.22	366.36	618.78	606.35	251.26	149.76	73.56	43.38	2,902.62
	PE**	0	0	15.37	60.55	115.10	199.27	181.64	195.10	132.50	76.64	26.91	1.32	964.37
	RO***	57.77	69.76	91.54	233.47	159.12	167.09	437.14	411.25	118.76	73.12	46.65	42.06	1,938.25
B	P	32.74	39.53	60.53	160.94	155.39	207.60	350.64	343.60	142.38	84.86	41.69	24.53	1,644.74
	PE	0	0	8.71	34.31	65.22	90.25	102.93	110.56	75.08	43.43	15.25	0.75	546.48
	RO	32.74	39.53	51.82	126.63	90.17	117.35	247.71	223.04	67.30	41.43	26.44	23.78	1,098.26
C	P	123.61	149.27	228.76	607.73	586.76	783.91	1,324.04	1,297.44	537.63	320.45	157.41	92.82	6,210.57
	PE	0	0	32.86	129.56	246.68	340.79	388.67	417.46	283.52	163.98	57.58	2.82	2,063.51
	RO	123.61	149.27	195.90	478.17	340.47	443.12	935.37	879.98	254.11	156.47	99.85	90.00	4,147.06
D	P	13.90	16.78	25.72	68.33	65.98	88.14	148.88	145.89	60.45	36.03	17.70	10.44	698.24
	PE	0	0	3.70	14.57	27.70	38.32	43.70	46.84	31.88	18.44	6.47	0.32	233.03
	RO	13.90	16.78	22.02	53.76	38.28	49.82	105.18	98.95	28.57	17.59	11.23	10.12	465.30
E	P	39.50	47.70	73.10	194.20	187.50	250.50	423.10	414.60	171.80	102.40	50.30	29.70	1,984.66
	PE	0	0	10.51	41.40	78.70	108.90	124.20	133.40	90.60	52.40	18.40	0.90	659.40
	RO	39.50	47.70	62.59	152.80	108.80	141.60	298.90	281.20	81.20	50.00	31.90	28.80	1,325.26
F	P	24.37	29.43	45.09	119.80	115.67	154.53	261.76	255.76	105.98	63.17	31.03	18.30	1,224.26
	PE	0	0	6.48	25.54	48.55	67.18	76.62	82.29	55.89	32.32	11.35	0.56	406.77
	RO	24.37	29.43	38.61	94.26	67.12	87.35	184.38	173.47	50.09	30.85	19.68	6.74	817.49
G	P	3.68	4.44	6.81	18.08	17.46	23.33	39.40	38.61	16.00	9.54	4.68	2.76	184.81
	PE	0	0	0.68	3.86	7.33	10.14	11.56	12.42	8.27	4.88	1.71	0.08	61.40
	RO	3.68	4.44	5.83	14.22	10.13	13.19	27.84	26.19	7.73	4.66	2.97	2.68	123.41

* precipitation ** potential evapotranspiration ***run off (X10³ton)

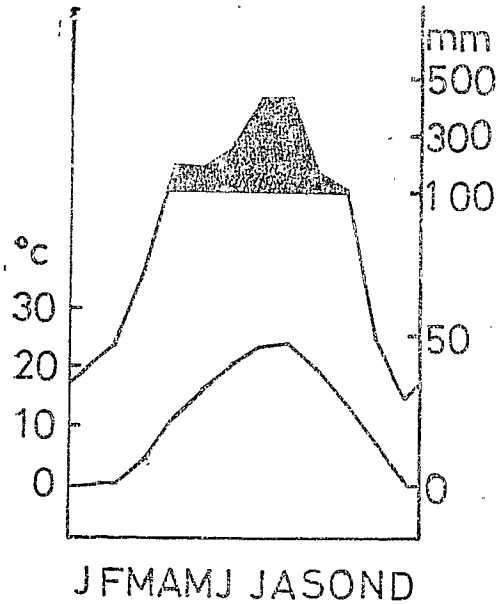


Fig. 3. Climate-diagram in the Piagol, Mt. Chiri.

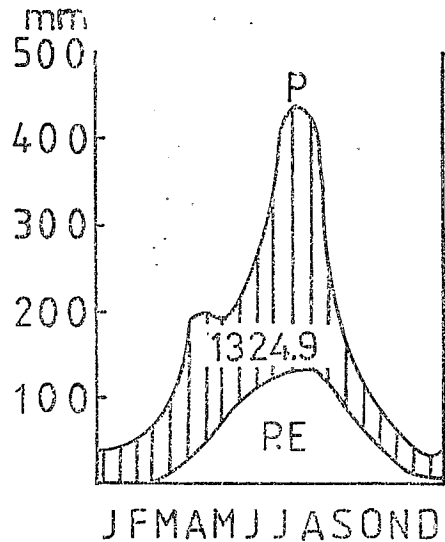


Fig. 4. Water balance diagram in the Piagol, Mt. Chiri.

P: precipitation.
PE: potential evapotranspiration.

이 값은 年間 總降雨量 14.85×10^6 ton의 33.9%에 해당한다.

年間 總流出量

年間 總降雨量 - 年間 最大蒸發散量 = 總流出量으로 假定한다면, 9,815,030ton(약 9.82×10^6 ton)이 되는데 이는 總降雨量의 66.1%이다.

4. 養分 收支

養分の 流入과 流出에 關한 收支表를 作成해야 하지만 짧은 調査期間으로 인해 Data를 충분히 얻지 못하였으므로 이러한 研究의 基礎가 되는 植生型과 토양조사를 실시하였다.

植生型

100m의 高度別 間隔을 두고 20個地

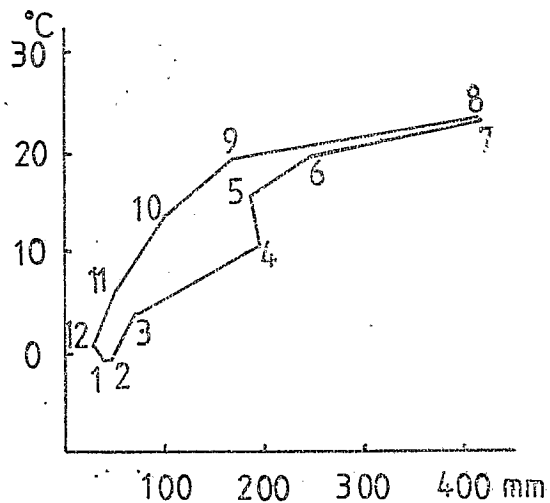


Fig. 5. Hythergraph in the Piagol, Mt. Chiri.

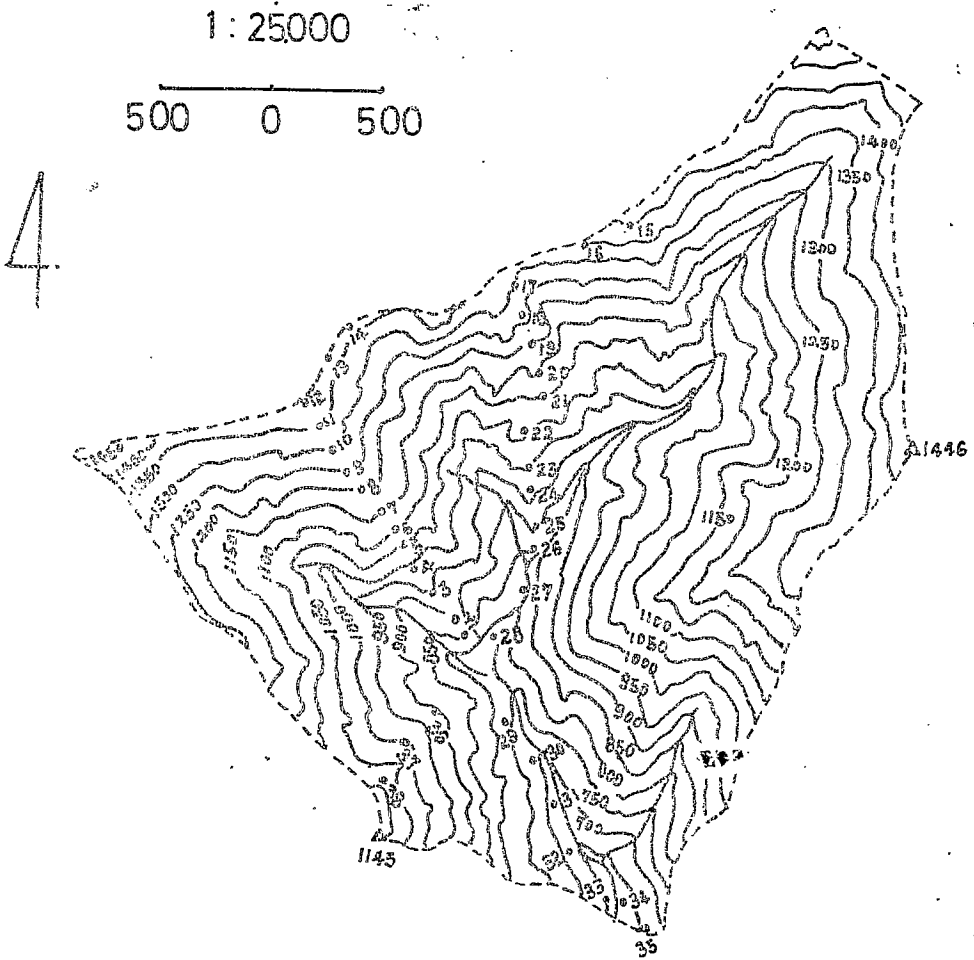


Fig. 6. Topography and sampled site of the Piagol, Mt. Chiri.

點을 선정하여 (Fig. 6) 調査하였다.

그 結果 900m~1,500m를 推移帶로 하여 서나무群集과 신갈나무群集으로 區分되며 1,350m 以上の 능선부에는 *Rhododendron schlipenbachii* Max., *Rhododendron mucronulatum* var. *albiflora* Nakai, *Quercus mongolica* Fisher ex Turczaninow의 灌木林과 一部地域에 草地가 形成되어 있다.

토양 조사

6月과 9月의 2회에 걸쳐 50m의 高度別 間隔을 두고 30個 地點 (Fig. 7)의 soil profile을 調査하고 토양을 채취하여 실험실에서 分析하였다.

高度勾配에 따른 soil profile과 soil analysis의 結果는 Table 3과 Fig. 8, 9에 나타나 있다.

土壤分析의 結果와 植生帶를 연관지어 보면 soil pH의 범위는 신갈나무群集에서 4.6~5.3, 서나무群集에서 4.7~5.7의 범위를 나타내고 있으며 (Fig. 8-B), CEC의 경우에는 신갈나무群集에서

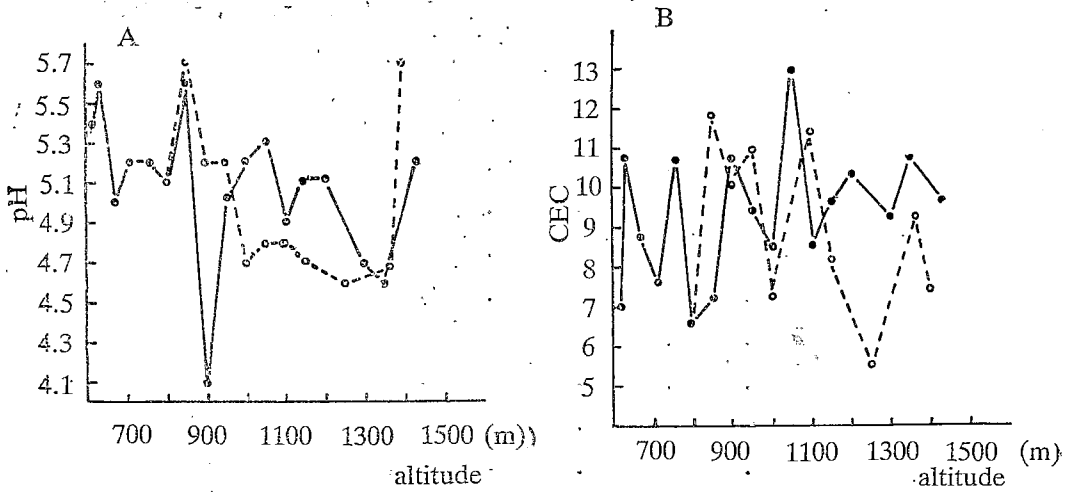


Fig. 7. Change of soil pH(A) and CEC(B) along the altitudinal gradient in the Piagol, Mt. Chiri.
 ●—●—● from Samhongsso to Nogodan, ○—○—○ from Samgeori to Imgeolryeong

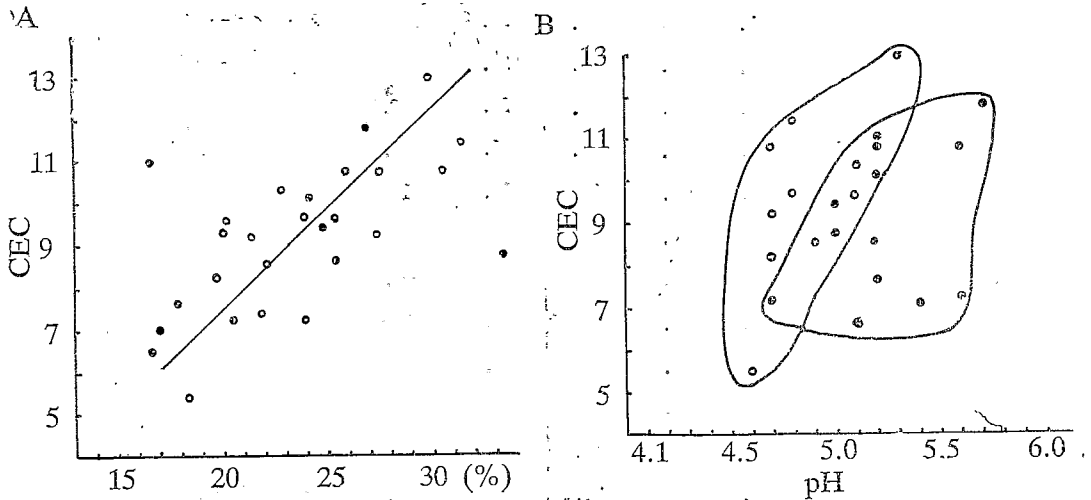


Fig. 8. Relationship between CEC and the percentage of organic matters(A) and soil pH(B) in the Piagol, Mt. Chiri.

○ *Quercus mongolica* forest, ● *Carpinus laxiflora* forest

5.50—12.98의 범위를, 서나무群集에서는 6.60—11.88의 범위를 나타내고 있다(Fig. 8-A).

이로 미루어 보아 일반적으로 서나무群集이 상대적으로 비옥함을 알 수가 있었다. 또한 유기물 함량과 CEC의 관계를 보면 유기물 함량이 증가함에 따라 CEC는 비례적으로 증가함을 알 수 있다(Fig. 8-A).

純一次生産量

Lieth(1972)의 式에 의하면 1,531.20g/m²·Yr로 推定되었고 Kira(1976)의 式에 의하면 16,3905 ton/ha·Yr로 算出되었다.

Table 3. Soil conditions along the altitudinal gradient in the Piagol, Mt. Chiri

Plot No.	Altitude	pH	CEC*	Soil water content (%)	Organic matter (%)	Depth of soil horizon(cm)			
						A ₀	A ₁	A ₂	B
1	850	5.6	7.26	28.36	21.47	2-3	4-5	5-6	above 20
2	900	4.1	10.78	20.50	27.61	1-2	3-5	5-6	above 15
3	950	5.0	9.46	19.80	24.75	0.5-1	2-3	5-7	above 20
4	1,000	5.2	8.58	22.33	25.57	0.5-1	2-3	3-7	"
5	1,050	5.3	12.98	32.88	29.94	3-5	4-5	2-3	"
6	1,100	4.9	8.58	8.58	22.21	1.5-3	2-3	2-8	"
7	1,150	5.1	9.68	19.93	20.37	0.5-1	1-2	6-8	"
8	1,200	5.1	10.34	16.44	22.92	0.5	1-2	3-4	"
10	1,300	4.7	9.24	36.31	27.53	2-3	4-5	10-12	"
11	1,350	4.7	10.78	31.80	30.71	2-3	7-8	7-8	"
12	1,430	5.3	9.68	21.74	23.84	1-2	2-3	7-10	"
14	1,350	5.6	9.46	28.72	20.66	0.5-1	2-3	10-15	"
15	1,400	5.7	7.48	27.69	21.95	2-3	7-8	12-15	"
16	1,360	4.7	9.24	25.98	21.34	0.5	1-2	1-2	"
17	1,250	4.6	5.50	19.10	18.57	0.3	3-4	3-4	"
18	1,150	4.7	8.28	20.76	19.82	1-2	3-4	10-15	"
21	1,100	4.8	11.44	32.28	31.54	0	7-8	10-15	"
22	1,050	4.8	9.68	35.68	25.46	1-1.5	2-3	15-18	"
23	1,000	4.7	7.26	10.00	23.94	2-3	3-4	12-18	"
24	950	5.2	11.00	23.37	16.70	2-3	4-5	12-15	"
25	900	5.2	10.12	16.01	24.28	3-4	3-4	10-15	"
26	850	5.7	11.88	30.30	25.94	1.5-2	4-5	8-10	"
28	790	5.1	6.60	26.59	16.73	0.5	6-7	10-12	above 15
29	760	6.2	10.78	24.46	25.87	0.3	6-8	6-8	above 20
30	710	5.2	7.70	23.31	18.06	1-3	2-3	4-5	"
31	670	5.0	8.80	13.70	33.43	0.5-1.5	3-4	15-20	"
33	630	5.6	10.78	26.44	28.07	0.5	3-4	15-18	"
34	620	5.4	7.04	23.84	16.80	0	1-2	15-18	"
35	620	5.4	8.36	24.04	20.48	0.5-1	5-6	5-10	"

CEC*: Cation Exchange Capacity, meq/100g.

落枝葉量

年間 4 ton/ha·Yr의 값과 調查面積 7.48km²를 乘한 29.92 ton/ha·Yr로 推定된다.

同 植生이 極相林이라는 것을 考慮하면 養分の 流入과 流出은 平衡을 이루고 있을 것으로 推定되나(Likens et al. 1972) 이것을 立證할 Data는 얻지 못하였다. 溫帶落葉樹林(*Fagus sylvatica*)의 nutrient turnover를 보면(Nihlgard 1972) litter fall은 C 3,000, N 69, P 5.0, K 14.4, Ca 31.7, Mg 4.3 kg·h⁻¹·Yr⁻¹이며 여기에서의 soil exchange pool은 P 84, K 56, Ca 175, Mg 38 kg·ha⁻¹이며 organic turnover와 macronutrient elements의 turnover 사이에는 陽의 直線의 相關關係가 있다(Swift et al. 1979).

피아골 極相林도 이와 비슷한 結果를 얻을 것으로 보인다.

摘 要

1. 本 研究에서 피아골 極相林內의 月間 및 年間的 總降雨量, 總蒸發散量, 總流出量을 算出하여 水分 收支를 밝혔다. 年間 總降雨量은 약 14.85×10⁶ton, 年間 最大蒸發散量은 약 5.03×10⁶ton, 年間 總流出量은 약 9.82×10⁶ton으로 算出되었으며 流出量은 降雨量의 66.1%가 된다.

2. 피아골 極相林內에서는 Thornthwaite(1948)의 水分 收支나 Walter(1975)의 Climate-diagram으로 볼 때 水分 不足은 없으며 年平均降雨量은 1,984.3mm이며, Hythergraph 上으로는 夏季多雨形에 屬한다.

3. 標高 900m—1,000m를 推移帶로하여 신갈나무群集과 서나무群集으로 區分되며 신갈나무群集에서의 soil pH는 4.6—5.3, 서나무群集에서는 4.7—5.7의 범위를 나타낸다. CEC는 前者에서 5.50—12.98, 後者에서는 6.60—11.88을 나타낸다.

4. CEC와 유기물 함량과의 사이에는 유기물 함량이 증가함에 따라 CEC는 비례적으로 증가한다.

參 考 文 獻

- 中央氣象臺, 1968. 한국기후표, 서울.
- Kira, T., 1974. A climatological interpretation of Japanese vegetation zones. *Vegetation Science and Environmental Protection* ed. Miyawaki, A. & R. Tüxen Maruzen Co. Ltd. 21—38.
- 吉良龍夫, 1976. 陸上生態系. 生態學講座 2. 共立出版. 東京. 166pp.
- Lieth, H., 1972. Über die Primärproduktion der Pflanzendecke der Erde. *Zeit Angew. Bot.* 46 : 1—27.
- Lieth, H. and R.H. Whittaker, 1975. Primary productivity of the Biosphere. *Ecological studies*. 14. Springer-Verlag, Berlin, 339pp.
- Lieth, G.E. and F.H. Bormann, 1972. Nutrient cycling in ecosystem. In *ecosystem structure and function*. ed. John H. Wiens. Oregon State Univ. Ann. Bio. Col., 31 : 25—67.
- Nakane, K., 1980. A simulation model of the seasonal variation of cycling of soil organic carbon in forest ecosystem *Jap. J. Ecol.*, 30 : 19—29.
- Nihlgard, B., 1972. Plant biomass, primary production and distribution of chemical elements in a beech and a planted spruce forest in south Sweden. *Oikos*, 23 : 69—81.
- Swift, M.J., O.W. Heal and J.M. Anderson, 1979. *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Blackwell Scientific Pub. Oxford, 372pp.
- Thornthwaite, C.E., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geog. Rev.*, 38 : 85—94.
- Walter, H., F. Harnickell and D. Mueller-Dombois, 1975. *Climate-diagram Maps*. Springer-Verlag,

Berlin, Heidelberg, New York, 36pp.

Yim, Y-J and T. Kira, 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula

I. Distribution of some indices of thermal climate. *Jap. J. Ecol.* 25(2) : 77—78.

—, 1976. — II. Distribution of climatic humidity/aridity, *Jap. J. Ecol.*, 26(3) : 157—164.