Korean J. Ecol. 9(4) : 185~192, 1986

德裕山의 高度에 따글 落葉의 生產과 分解에 관한 硏究

張 楠 基·鄭 美 愛
(서울대학교 사범대학 생물학과)

A Study on the Production and Decomposition of Litters along Altitude of Mt. Dŏkyoo

Chang, Nam-Kee and Mi-Ae Chung
(*Dept. of Biology, College of Education, Seoul National University*)

ABSTRACT

The production and decomposition rate of litters from the three different locations, *Quercus acutissima* forest at 630 m, *Q. mongolica* forests at 1,005m and 1,490 m of Mt. Dŏkyoo, were estimated by Olson model. The contents of N, P, K, Ca and Na in soils were measured and the relationships among them were elucidated.

The amounts of litter production in *Q. mongolica* were the lowest, 378.96 g/m^2 at 1,490 m and the highest, 876.12 g/m^2 at 1,005 m. And the amounts of litter production in *Q. acutissima* at 630 m was 686.16 g/m^2. The decay rate of litters in *Q. mongolica* was the smallest, 0.123 at 1,490 m, and the largest, 0.222 at 1,005 m. And that in *Q. acutissima* was 0.169 at 630 m which was the medium rate. The production and decay rate of litters decreased with the ascending altitude. The values at 630 m were smaller than those at 1,005 m. This might be due to the fact that the tree species at 630 m was *Q. acutissima* which was different from *Q. mongolica* at 1,005 m and 1,490 m. The half-life of litter decay in *Q. monglica* was 5.634 years at 1,490 m and 3.134 years at 1,005 m. And that in *Q. acutissima* was 4.132 years at 630 m. The decay rates of litters were tend to be inversely proportional to the ascending altitude. The annual standing stocks of mineral nutrients and their amounts returned to the soil were proportional to the decay rate of organic matters.

緖 論

생태계에서 생산자는 태양 에너지를 이용하여 무기물을 유기물로 동화시켜 소비자와 분해자에게 먹이를 제공해 준다. 삼림식물에 의해 고정된 태양에너지의 대부분은 식물체내의 유기물로 함유되어 있다가 낙엽 또는 낙지 상태로 임상에 유입되고, 분해에 관여하는 토양 생물에 의해 무기물로 분해된다. 따라서 낙엽의 생산, 축적 및 분해는 삼림 생태계 내에서의 물질순환에 중요한 의미를 갖는다.

이와 같은 삼림의 물질순환을 연구하기 위해 낙엽의 축적과 분해에 관한 많은 수리적 모

Table 1. Mathematical models of accumulation and decomposition of litters

Model	Author
$k=\frac{1}{t}2.303\log\frac{a}{a-x}$	Birshtein (1911)
$F=Fe(1-e^{-kt})$	Jenny *et al.* (1949)
$Bn=Aa(1-a)^{n-1}$	Aliev (1960)
$K=K_0/[1+(P/100)]^n$	Minderman (1968)
$W=A+B\cdot r^t$	Howard & Howard (1974)
$X/X_0=e^{-kt}$	Olson (1963)

델들이 만들어졌다. 그들에는 Jenny *et al.* (1949)의 지수곡선 모델, Minderman (1968)의 회귀 지수곡선의 합모델, Howard and Howard(1974)의 회귀 점근선 모델, 그리고 여러학자들의 연구 결과를 종합적으로 분석하여 낙엽의 축적과 분해를 유기 탄소량의 변화로 생각한 Olson(1963)의 부지수곡선 모델 등이 있다(Table 1). 이들 모델들의 주축은 지수곡선 모델이며 그 이외의 것들은 이것을 약간 변형하여 발전시킨 것들이다. 이들 중 가장 많이 쓰여지고 있는 것이 Olson(1963)의 부지수곡선 모델인데 실제로 우리나라에서도 많은 학자들이 이 Olson의 모델로 분해율을 산출해 내었다(Chang and Kim, 1983; Chang and Han, 1985; Chang and Lim, 1968; Park and Kim, 1970; Park and Lee, 1980).

본 연구에서는 비교적 산림이 잘 보호된 지역으로 거의 평형상태에 도달한 것으로 보이는 덕유산을 고도 별로 조사하여 Olson의 모델을 이용하여 고도에 따른 낙엽의 생산과 분해율을 비교해 보고자 한다.

材料 및 調査 方法

조사지의 개황 덕유산은 높이 1,614 m로 북위 36°51′ 동경 127°45′에 위치하여 전북 무주군, 경남 거창군 등 2개군에 걸쳐 솟아 있는 산이다. 이곳의 토양은 화강암, 현무암에서 유래한 삼림 갈색토에 속하며 많은 humus를 포함하여 높은 보수능을 유지한다. 이 조사지소의 월 평균 기온 및 월 평균 강수량은 Fig. 1에 나타나 있다.

낙엽의 생산과 분해를 연구할 경우 Olson(1963)이 지적한 바와 같이 낙엽의 분해와 축적, 그리고 물질순환이 평형상태에 도달한 삼림을 연구 대상으로 택해야 한다. 본 연구에서 선정된 덕유산은 그 삼림이 잘 보존되어 거의 평형상태에 도달한 것으로 판단된다.

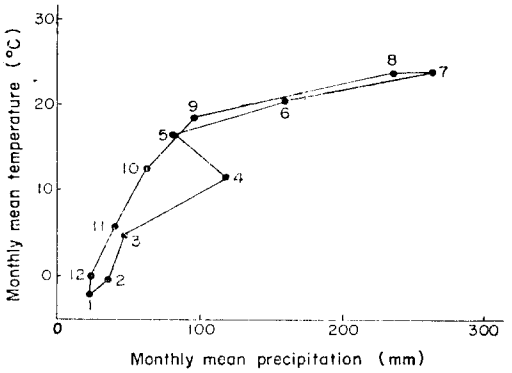

Fig. 1. Temperature-precipitation climograph at Mt. Dŏkyoo.

조사 방법 덕유산의 고도를 크게 3등분하여 고도 630 m와 1,005 m, 그리고 1,490 m에서 각각 시료를 채취하였는데 고도 1,490 m와 1,005 m에서는 두지역 모두 신갈나무(***Quercus mongolica***) 군락에서 채집하였고 고도 630 m에서는 상수리나무(***Quercus acutissima***) 군락에서 채집하였다. 고도별로 낙엽의 생산과 분해를 비교하려면 같은 종의 군락에서 채집하는 것이 좋으나 고도 500 m 근처에는 평형상태에 도달한 신갈나무 군락이 없어서, 같은 속에 속하는 상수리나무 군락에서 채집하였다. 1986년 4월 5~6일에 조사지역의 임상에 (25×25)cm의 방형구를 설치하고 L,F,H 및 A_1층(Wilde and Voit, 1955)의 낙엽을 층별로

채취한 후 이를 밀봉하여 실험실로 운반하였다. 운반한 재료는 공기 중에서 충분히 건조시킨 후 분쇄기로 갈아 토양병에 보관하였다.

낙엽의 성분분석은 다음과 같은 방법으로 실시하였다.

a) 시료의 건량 및 함수량은 105°C의 항온기에서 24시간 건조시킨 후 측정하였고 연간 낙엽 생산량은 단위 m^2당 건량으로 환산하였다(Chapman, 1976).

b) 유기물함량은 500~550°C의 전기로에서 5시간 작열하여 그 무게의 감소량으로 측정하였으며 유기탄소량은 유기물량을 1.732로 나누어 구하였다.

c) 총질소량은 micro-kjeldahl법에 의해 정량하였다(한국생화학회, 1979).

d) 인은 시료를 태워 완전 재화한 다음 standard molybdate법에 의해 spectrophotometer로 정량하였다(Chapman, 1976).

e) 총칼륨, 총칼슘, 총나트륨은 1N HCl 용액으로 추출하였고, 유효칼륨, 유효칼슘, 유효나트륨은 1N ammonium acetate용액(pH 7.0)으로 추출하여 flame emmission법에 의해 flame photometer로 정량하였다(Chapman, 1976).

낙엽의 분해모델 본 연구에서는 Olson(1963)의 분해 모델에 적용하여 분해상수 k를 구하였으며 낙엽의 반감기, 95%감기 및 99%감기를 추정하였다.

結果 및 論議

낙엽의 생산량(L)은 Table 2과 Table 3에서 보는 바와 같이 고도 1,005 m 지점의 신갈나무림이 가장 많았고, 고도 1,490 m 지점의 신갈나무림이 가장 적었다. 그러나 임상에 축적된 낙엽의 양($F+H+A_2$)은 고도 630 m 지점이 가장 많았고 고도 1,490 m 지점이 가장 적게 나타났다. 함수량을 비교분석해 본 결과 고도별로 큰 차이가 나지 않았으며 F, H, A_1층으로 깊어감에 따라 수분함량이 줄어들었다. 낙엽의 분해속도는 낙엽의 생산량과 임상에 의하여 축적된 유기물의 비에 의하여 결정되는데 Olson(1963)의 낙엽분해모델로부터 구한 분해상수 k값과 낙엽이 분해되는데 소요되는 시간은 Table 4와 Fig. 2에 나타나 있다. 고도 1,490 m지점은 k=0.123이고, 고도 1,005 m 지점은 k=0.222로 이들 신갈나무림간의

Table 2. The amount of fresh weight, water content and dry weight in litter samples

Altitude (m)	Forest	Horizon	Fresh wt. (g/m^2)	Water cont. (%)	Dry wt. (g/m^2)
1,490	*Quercus mongolica*	L	419.2 ± 78.2	9.60±0.59	378.96± 92.14
		F	1,320.0 ±210.8	11.58±0.77	1,167.14±159.21
		H	819.2 ± 87.5	9.80±0.62	738.92± 97.29
		A_1	1,406.4 ±208.7	9.16±0.53	1,277.57±147.47
1,005	*Quercus mongolica*	L	966.4 ±115.2	9.27±0.61	876.12± 98.63
		F	773.94±216.47	11.49±0.75	683.39±185.79
		H	2,327.43±650.98	9.72±0.64	2,097.19±572.96
		A_1	1,656.64±463.36	6.87±0.59	1,545.62±441.24
630	*Quercus acutissima*	L	756.80±201.60	9.12±0.83	686.16±176.99
		F	1,657.72±254.29	10.93±1.03	1,474.01±209.52
		H	2,082.20±319.40	9.10±1.63	1,887.52±256.40
		A_1	1,818.63±278.97	6.38±0.34	1,701.65±254.99

Table 3. The amount of organic matter and organic carbon in litter samples

Altitude (m)	Forest	Horizon	Organic matter(%)	Organic matter(g/m²)	Organic carbon(g/m²)
1,490	*Quercus mongolica*	L	93.0 ±0.02	352.43±101.21	203.48± 49.38
		F	92.9 ±0.13	1,084.27±124.03	626.02±124.48
		H	84.0 ±2.96	620.69±111.74	358.37± 87.29
		A_1	64.0 ±4.73	817.64± 88.19	472.08± 92.36
1,005	*Quercus mongolica*	L	93.0 ±0.01	814.79± 91.72	470.44± 52.96
		F	86.5 ±0.71	592.07±164.13	341.84± 94.76
		H	70.9 ±2.69	1,497.79±446.07	864.78±257.55
		A_1	58.5 ±9.19	875.51±157.66	505.49± 91.03
630	*Quercus acutissima*	L	94.45±0.21	647.81±166.14	374.02± 95.92
		F	84.20±3.11	1,236.51±143.99	713.92± 83.13
		H	62.50±4.95	1,188.67±226.31	686.30±130.66
		A_1	41.20±6.79	713.32±186.74	411.85±107.82

k값에서는 상당한 차이를 보이며, 고도 630 m지점의 상수리나무림은 k=0.169로 그 중간 값을 나타냈는데 이것은 분해속도가 수종에 따라 달라진다는 보고와 일치하는 결과이다 (Daubenmire, 1953; Green and Nye, 1959; Kim and Chang, 1965). 즉 토양 유기물은 분

Table 4. Parameters and times in year for decomposition of organic matter

Altitude (m)	Forest	k	Decay parameter 1/k	Half time 0.693/k	95% time 3/k	99% time 5/k
1,490	*Quercus mongolica*	0.123±0.013	8.130±0.062	5.634±0.623	24.39±1.52	40.65±2.01
1,005	*Quercus mongolica*	0.222±0.027	4.580±0.548	3.174±0.380	13.74±1.64	22.90±2.74
630	*Quercus acutissima*	0.169±0.012	5.963±0.407	4.132±0.282	17.88±1.22	29.81±2.03

해에 관여하는 토양생물에 의하여 분해되어 무기물로 환원되는데, 그 분해속도는 수종과 토양조건에 따라 달라지며 그 결과 토양으로 환원되는 무기양분의 양에도 차이가 생기는 것이다. 또한 Shanks and Olson(1961)에 따르면 고도가 높아짐에 따라 낙엽의 분해가 느려진다고 보고하였는데 신갈나무림에서만 k값들을 비교해 보면 이러한 사실을 알 수 있다. 만일 고도 630 m지점에서도 평형상태에 있는 신갈나무림이 있어서 그곳의 토양을 채취할 수 있었다면 그 분해상수 k는 고도 1,005 m의 k값 0.222보다 더 크게 나왔을 것으로 예상되나 수종이 다르기 때문에 k=0.169로 나타난 것으로 볼 수 있다. 이러한 고도의 차이는 기온의 감소를 유발하여 낙엽의 분해와 축적에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 100 m 상승할 때마

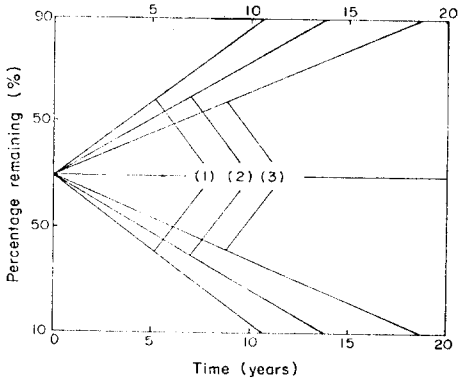

Fig. 2. Fractional decomposition and accumulation of litters.
(1) *Quercus mongolica* at altitude 1,005 m
(2) *Quercus acutissima* at altitude 630 m
(3) *Quercus mongolica* at altitude 1,490 m

Table 5. The decal and accumulation model of litters

Altitude(m)	Forest	Decay model	Accumulation model
1,490	*Quercus mongolica*	$C=1,456.47e^{-0.123t}$	$C=1,456.47(1-e^{-0.123t})$
1,005	*Quercus mongolica*	$C=1,712.11e^{-0.222t}$	$C=1,712.11(1-e^{-0.222t})$
630	*Quercus acutissima*	$C=1,812.07e^{-0.169t}$	$C=1,812.07(1-e^{-0.169t})$

다 0.65°C만큼 감소되는 기온감률을 고려하여 각 고도의 연평균 기온을 계산해보면 고도 630 m지점이 8.77°C이고 고도 1,005 m지점이 6.33°C, 그리고 고도 1,490 m지점이 3.18 °C가 된다. 고도 1,005 m지점과 고도 1,490 m의 온도차가 약 3.15°C 차이남에 따라 분해 상수 값이 약 0.1정도 차이가 남을 알 수 있다. Chang and Han(1985)에 의하면 해남의 상수리나무의 경우 k=0.274로 보고되었는데 해남의 연평균 기온이 13.15°C인 것을 고려해 보면 본 조사결과 보다 높게 나타난 이유는 기온차이 때문인 것으로 생각된다. 유기물

Table 6. The contents of N and P in litter samples

Altitude (m)	Forest	Horizon	Total N		Available P		Total P	
			(%)	(g/m²)	(%)	(mg/m²)	(%)	(mg/m²)
1,490	*Quercus mongolica*	L	1.70	6.46	0.0234	92.02	0.058	219.80
		F	2.30	26.87	0.0320	373.48	0.072	840.34
		H	2.09	15.46	0.0168	124.14	0.070	517.24
		A_1	1.85	23.61	0.0069	88.15	0.068	86.87
1,005	*Quercus mongolica*	L	1.87	16.42	0.0168	148.67	0.056	498.52
		F	2.21	15.34	0.0194	129.05	0.062	418.13
		H	2.16	43.30	0.0061	129.46	0.005	1,124.80
		A_1	1.77	27.14	0.0036	49.91	0.060	918.55
630	*Quercus acutissima*	L	1.21	8.29	0.0145	103.04	0.033	228.20
		F	1.73	25.70	0.0227	335.65	0.048	720.10
		H	1.74	33.21	0.0035	68.63	0.044	827.94
		A_1	1.11	19.14	0.0020	35.31	0.041	700.23

Table 7. The contents of available K, Ca, and Na in litter samples

Altitude (m)	Forest	Horizon	K		Ca		Na	
			(%)	(mg/m²)	(%)	(g/m²)	(%)	(mg/m²)
1,490	*Quercus mongolica*	L	0.0569	215.55	0.3272	1.24	0.0011	4.17
		F	0.0563	656.52	0.4816	5.62	0.0060	70.03
		H	0.0456	337.17	0.6213	4.59	0.0078	57.27
		A_1	0.0450	574.91	0.4780	6.11	0.0078	99.01
1,005	*Quercus mongolica*	L	0.0563	491.59	0.2482	2.17	0.0060	52.57
		F	0.0544	363.47	0.3640	2.53	0.0070	48.77
		H	0.0444	898.40	0.2225	4.66	0.0081	181.70
		A_1	0.0375	543.76	0.1802	2.65	0.0063	94.40
630	*Quercus acutissima*	L	0.0413	295.21	0.3015	2.10	0.0055	38.63
		F	0.0466	696.78	0.5956	8.86	0.0067	99.26
		H	0.0385	742.34	0.5111	9.66	0.0069	132.80
		A_1	0.2097	499.60	0.3144	5.41	0.0074	120.50

Table 8. The content of total K, Ca, and Na in litter samples

Altitude (m)	Forest	Horizon	K		Ca		Na	
			(%)	(g/m²)	(%)	(g/m²)	(%)	(mg/m²)
1,490	*Quercus mongolica*	L	0.0563	0.21	1.3537	5.13	0.0115	43.58
		F	0.0450	0.53	1.3383	15.62	0.0115	134.22
		H	0.0875	0.65	1.1476	8.48	0.0180	133.01
		A_1	0.1200	1.53	0.4853	6.20	0.0230	293.84
1,005	*Quercus mongolica*	L	0.0425	0.36	0.8824	7.69	0.0098	86.16
		F	0.0731	0.49	0.6912	4.67	0.0130	89.77
		H	0.1144	2.41	0.1692	3.59	0.0143	294.55
		A_1	0.1325	2.11	0.1398	2.19	0.0203	331.74
630	*Quercus acutissima*	L	0.0406	0.28	1.4007	9.55	0.0115	79.35
		F	0.0644	0.93	1.5331	22.90	0.0159	234.26
		H	0.1263	2.36	0.4780	9.08	0.0183	339.99
		A_1	0.1663	2.79	0.1986	3.36	0.0183	312.47

이 분해되는데 소요되는 시간은 분해상수 k에 반비례하며 반감기를 비교해 보면 고도 1,005 m의 신갈나무림이 3.174년으로 가장 짧고 고도 1,490 m의 신갈나무림이 5.634년으로 가장 긴 것으로 나타났다. 또한 분해상수 k와 낙엽의 생산량은 거의 비례하는 경향을 나타내었다. 덕유산의 고도에 다른 낙엽의 분해모델은 Table 5에 주어져 있다.

낙엽의 분해속도와 토양조건과의 관계를 알아보기 위하여 토양의 총질소, 인, 칼륨, 칼슘 및 나트륨의 함량을 조사하였는데 그 결과는 Table 6, 7, 8에 있다. 낙엽의 총 질소함량을 비교해 보면 고도 1,005 m지점이 1.87%로 가장 높게 나타났고 고도 630 m지점이 1.21%로 가장 적게 나타났다. 임상에 축적된 총질소함량도 고도 1,005 m지점이 가장 높았고 고

Table 9. The parameters and times in year for decay of the mineral nutrients

Elements	site	k	Decay parameter	Half time 0.693/k	95% time 3/k	99% time 5/k
N	A	0.0892	11.211	7.769	33.633	56.055
	B	0.1628	6.143	4.257	18.429	30.715
	C	0.0949	10.537	7.302	31.611	52.685
P	A	0.1321	7.570	5.246	22.710	37.850
	B	0.1674	5.974	4.140	17.922	29.870
	C	0.0904	11.062	7.666	33.186	55.310
K	A	0.0731	13.680	9.480	41.040	68.400
	B	0.0764	13.089	9.071	39.267	65.445
	C	0.0434	23.041	15.967	69.123	115.205
Ca	A	0.1448	6.906	4.786	20.718	34.530
	B	0.4341	2.304	1.597	6.912	11.520
	C	0.2118	4.721	3.272	14.163	23.605
Na	A	0.0721	13.870	9.612	41.610	69.350
	B	0.1131	8.842	6.128	25.526	44.210
	C	0.0805	12.422	8.608	37.266	62.110

Site A: *Quercus mongolica* at altitude 1,490 m, Site B: *Quercus mongolica* at altitude 1,005 m, Site C: *Quercus acutissima* at altitude 630 m

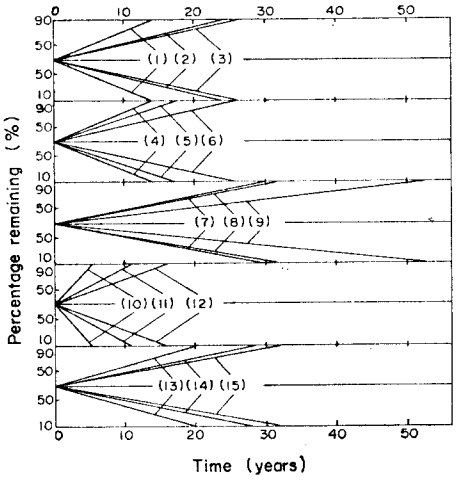

Fig. 3. Fractional decomposition and accumulation of mineral nutrients.
(1) of N in site B (2) of N in site C
(3) of N in site A (4) of P in site B
(5) of P in site A (6) of P in site C
(7) of K in site B (8) of K in site A
(9) of K in site C (10) of Ca in site B
(11) of Ca in site C (12) of Ca in site A
(13) of Na in site B (14) of Na in site C
(15) of Na in site A
Site A : *Quercus mongolica* at altitude 1,490 m
Site B : *Quercus mongolica* at altitude 1,005 m
Site C : *Quercus acutissima* at altitude 630 m

도 630 m지점이 가장 적게 나타났다. 인의 경우는 낙엽의 인의 함량이 고도 1,490 m지점에서 0.058%로 가장 높았고 고도 630 m지점이 0.033%로 가장 적게 나타났으며 임상에 축적된 인 함량도 고도 1,490 m지점이 가장 높았고 고도 630 m지점이 가장 적게 나타났다. 질소와 인의 함량이 고도 630 m지점에서 가장 적게 나타났는데 그 이유는 질소와 인이 낙엽의 분해자의 가장 중요한 필수원소이기 때문에 임상에 축적되기 보다는 재생산에 참여하기 때문이라고 생각된다. 총칼슘, 총칼륨, 총나트륨, 유효 나트륨 및 유효칼륨양은 층별로차이가 있으며 총칼륨, 총나트륨, 유효나트륨 양은 밑층으로 갈수록 그 양이 증가했고 총칼슘양과 유효칼륨양은 밑층으로 갈수록 감소하였다.

질소, 인, 칼륨, 칼슘 및 나트륨의 분해상수와 최초량의 50%, 95% 및 99%가 분해하여 무기화되는데 필요한 시간을 계산한 결과는 Table 9과 Fig. 3에 나타나있다. 질소, 인, 칼륨, 칼슘 및 나트륨의 무기화는 일반적으로 칼슘>인>질소>나트륨>칼륨의 순서로 빠르게 나타났으며, 질소, 칼슘, 나트륨의 경우는 유기물의 분해상수 k와 일치하는 경향을 나타내고 있다.

摘 要

덕유산의 고도를 크게 3등분하여 고도 630 m의 상수리나무림과 고도 1,005 m와 1,490 m의 신갈나무림에서의 낙엽의 생산과 분해율을 측정하고 토양에 함유되어 있는 질소, 인, 칼륨, 칼슘 및 나트륨의 양을 조사하여 이들 간의 상호관계를 보았는데 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

고도 1,490 m지점의 신갈나무림의 낙엽생산량은 378.96 g/m²로 가장 적었으며 고도 1,005 m지점의 신갈나무림의 낙엽생산량은 876.12 g/m²로 가장 많았고, 고도 630 m지점의 상수리나무림은 686.16 g/m²로 그 중간값을 나타내었다. 낙엽의 분해상수는 고도 1,490 m지점의 신갈나무림이 0.123으로 가장 작았으며 고도 1,005 m지점의 신갈나무림이 0.222로 가장 컸고, 고도 630 m지점의 상수리나무림은 0.169로 그 중간값을 나타내었다. 고도가 높아질수록 낙엽의 생산량과 분해상수가 작아짐을 알 수 있는데 고도 630 m지점의 낙엽생산량과 분해상수값이 고도 1,005 m지점의 값보다 오히려 적게 나온 것은 고도 630 m지점의 수종이 다른 고도의 신갈나무와는 다른 상수리나무림이었기 때문에 그 수종간의 차이에

의해 생긴 결과라고 생각된다. 낙엽의 분해반감기는 고도 1,490 m지점의 신갈나무림이 5.634년으로 가장 길었고 고도 1,005 m지점의 신갈나무림이 3.174년으로 가장 짧았으며 고도 630 m지점의 상수리나무림은 4.132년이었다. 낙엽의 분해속도는 고도에 반비례하는 경향을 나타내며 연간무기물함량 및 분해속도는 유기물의 분해속도와 비례하는 경향을 나타내었다.

引 用 文 獻

박봉규 · 김준민 · 장남기. (1970). 광릉 및 오대산의 주요 삼림식물의 에너지의 양분순환에 대하여. 한국 생활과학연구원 논총, **4** : 49~62.

박봉규 · 이인숙. (1980). 광릉의 잎갈나무와 졸참나무의 낙엽분해에 대한 잎의 영양함량과 입지의 영향. 한국식물학회지, **23** : 45~48.

장남기 · 임영득. (1968). 전나무 낙엽의 분해에 따른 microbial population의 변화에 대한 연구. 미생물학회지, **6** : 93~99.

한국 생화학회. (1979). 실험생화학. pp. 83-84. 탐구당. 서울.

Chang, N.K. and I.J. Kim. (1983). A study of the matter production and decomposition of ***Quercus serrata*** and ***Carpinus laxiflora*** forests at Piagol in Mt. Jiri. Korean J. Ecol., **6** : 198~207.

Chang, N.K. and S.E. Han. (1985). A study on the production and decomposition of litters of evergreen broadleaved forests in Haenam and Köje-do. Korean J. Ecol., **8** : 163~169.

Chapman, S.B. (1976). Methods in plant ecology. Blackwell Sci. Publ., pp. 412~466.

Daubenmire, R. (1953). Nutrient content of leaf litter of trees in the northen Rocky Mountaines. Ecology, **34** : 786~793.

Greenland, D.J. and P.J. Nye. (1959). Increases in the carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows. Soil Sci., **10**:285~299.

Howard, P.J.A. and D.M. Howard. (1974). Microbial decomposition of tree and shrub leaf litter. I. Weight loss and chemical composition of decomposing litter. Oikos, **25** : 341~352.

Jenny, H., S.P. Gessel and F.T. Bingham. (1949). Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. Soil Sci., **68** : 419~432.

Kim, C.M. and N.K. Chang. (1965). The decomposition rate of litter affecting the amount of mineral nutrients of forest soil in Korea. Bull. Eco. Soc. Am, Sep. 14.

Minderman, G. (1968). Addition, decomposition and accumulation of organic matter in forest. J. Ecol., **56** : 355~362.

Olson, J.S. (1963). Energy storage and balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology, **44** : 322~331.

Shanks, R.E. and J.S. Olson. (1961). First-year breakdown of leaf litter in Southern Appalachian forests. Science, **134** : 194~195.

Wilde, S.A. and G.K. Voit. (1955). Analysis of soils and plants for foresters and horticulturists. pp. 70~71.

(1986年 10月 2日 接受)