

## 전나무落葉의 分解에 따른 Microbial Population의 變化에 關한 研究

張 楠 基, 林 暎 得

(서울大學校師範大學校 生物科)

### Studies on microbial population affecting the decomposition of fir litter.

Chang, Nam Kee and Rim, Young Deuk.

(Department of Biology, College of Education, Seoul National University)

#### Abstract.

1) The aim of present investigation is to elucidate the relation of the balance of the production and decomposition of the fir litter in Kwangnung plantation stands.

2) The decay constant, K, of litters was 0.185 for the fir stand at Kwangnung.

3) The mode for the accumulation of organic carbon ( $C_A$ ) is

$$C_A = 610(1 - e^{-0.185t}),$$

and for the decay of organic carbon (C)

$$C = 610 e^{-0.185t}.$$

4) The time required for the decay of half of the accumulated organic carbon in the fir stand is 3.74 years and for 99% of elimination 27.02 years.

5) The litters of *Abies holophylla* killed by heat and washed with alcohol-benzol, with hot water, or with both alcohol-benzol and hot water were incubated after inoculated with suspension of firwood soil. Plate counts were made of fungi and bacteria from time to time.

6) Removal of the alcohol-benzol soluble substance stimulates at the beginning of the decay the growth of fungi and also of bacteria.

7) Removal of the water soluble fraction is detrimental to the growth of fungi in particular.

8) The distribution of soil microbial population is higher in both F and H horizon of the fir plantation soil in Kwangnung. However, the number of soil microorganisms decreases with the depth in forest soil.

#### 緒 論

전형적인 전나무(*Abies holophylla*) 植林은 光陵(京畿·楊州)에서 볼 수 있으며 그 落葉은 소나무나 잣나무林的 境遇와는 달리 人間の 影響을 比較的 적게 받기 때문에 落葉의 分解를 研究하는데 좋은 材料가 된다고 生覺된다. 그러나 이 樹種에 對한 落葉의 生産量과 分解에 關한 보고는 아직 없다.

Jenny Gessel & Bingham(1949)은 美國의 Costa Rica 와 California 의 森林에서 有機物의 生産量과 分解를 調査한 結果 落葉의 生産量은 溫帶地方 보

다도 熱帶地方에서 많으나 分解는 오히려 熱帶地方에서 낮다고 하였다.

Shanko 와 Olson(1961)은 Great Smoky 山에서 낙엽의 分解가 樹種 및 高度에 따라 다르다고 하였고 Witkam 와 Vander Drift(1962)는 乾燥가 落葉의 分解를 크게 저해 한다고 하였다.

Danbenmire & Prusso(1963)는 전나무의 잎을 가을에 採取하여 一定한 습도하에서 溫度의 變化에 依한 重量 損失을 測定하여 20°C에서 보다 10°C에서 損失이 약간 큰 結果를 얻었다.

Olson(1963)은 여러學者들의 研究結果를 綜合

의으로 分析하여 分解常數를 計算하였으며 climax stage에서 落葉의 축적과 分解에 依한 energy의 變化를 研究하였다. Kim, Chang 및 Chung(1966~1967)은 韓國에서 安定狀態에 있는 松林과 참나무林의 落葉生産量과 分解와의 關係와 分解率에 따른 土壤養分의 수직수평적인 變動과 Microbial population의 消長에 關於하여 研究하였으며 本 論文에서는 진나무 植林의 安定狀態下에서 落葉의 生産 및 分解를 分析하고 진나무 낙엽의 分解와 土壤에 따른 Microbial population의 變化와 分布를 調查하였다.

**材料 및 方法**

**調查地의 概況**

光陵의 森林은 서울에서 東北方 8 km에 位置하며 林業試驗場의 保護下에 참나무, 소나무, 잣나무, 落葉松林을 비롯하여 울창한 진나무植林을 볼 수 있다.

이 試驗林의 面積은 2,200 陌餘로 東西가 3,977m, 南北이 8,034 m나 되고 高度는 海발 200~600 m에 達한다.

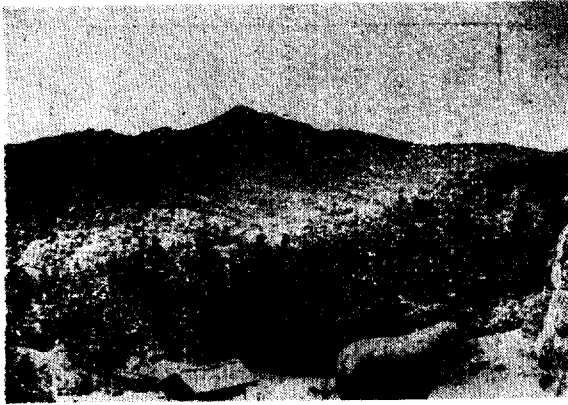


Fig. 1. Fir plantation in Kwangnung

이 지역의 年平均降雨量은 1169 mm이며 여름 三個月(6,7,8月)의 平均溫度는 23.3°C, 年平均溫度는 10.1°C이다.

光陵의 林土는 花崗岩에서 由來한 砂質土壤으로 되어 있으며 比較的 humus를 많이 품고 있으며 profile의 發達이 뚜렷하다. A.層以下는 humus와 無機土壤이 잘 混合되어 表層은 暗褐色을 나타내며 밑으로 갈 수목 점점 褐色과 黃褐色으로 變한다.

**落葉의 採取**

진나무는 대개 11月末頃에 落葉이 떨어지나 落葉을 採取하기는 활엽수림에서 보다는 쉽지 않다. 그러므로 진나무植林의 落葉을 採取하기 爲하여 1邊의 길이가 1 m되는 正四角形의 틀을 만들고 이에 nylon布를 固定시킨 후 네모퉁이에 말뚝을 박아서 바람에 날려가지 않도록 하였다. 이러한 落葉의 採取는 1967年 4月 5日에 設置하여 翌年 4月 5日까지 가끔 nylon布위에 떨어진 낙엽을 모아서 무게를 달았다.

落葉을 採取한 바로 밑에서 F,H,A.層別로 humus를 採取하여 前年까지의 humus의 堆積量을 求하였다.

**落葉의 分解에 따르는 Microbial Population의 測定**

진나무의 落葉을 1966年 가을에 採取하여 2日間 80°C로 加熱한 후

- (1) alcohol과 benzol(1:2)의 混合溶液에 12時間
- (2) 熱水에 6時間
- (3) alcohol과 benzol의 混合溶液에 담근후 다시 熱水에
- (4) Control

等으로 區分 處理하여 各 50 g을 直徑이 10 cm, 길이 10 cm인 용기에 넣어 26°C로 보관하고 tap water로 축인후 tap water 5l에 진나무林土 100 g을 섞어 準備한 soil suspension으로 정중환 다음 實驗期間동안 습도를 64~68%로 유지하였다. microbes數의 決定은 Waksman's(1927) acid glucose-peptone agar media를 使用하여 fungi의 數를 測定하였고 Bacteria는 sodium caseinate agar media (sodium caseinate 2g, glucose 1g, dipotassium phosphate 0.2g, magnesium sulphate 0.2g, ferrous sulfate trace, tap water 1000 cc, agar 12.5g)로 決定하였다.

**土壤微生物의 測定方法**

林土의 層은 L, F, H, A<sub>0</sub>, 0~5 cm, 5~10 cm, 10~15 cm, 15~20 cm, 20~25 cm, 25~30 cm, 30 cm以下等 11層으로 區別하여 林土의 有機物分解에 責任이 있는 soil bacteria와 fungi를 稀釋平板法(Dilution plate method)에 依하여 算定하였다.

- (1) Soil bacteria

林土중에 存在하는 土壤細菌의 數는 1g의 土壤試料를 10<sup>4</sup>~10<sup>5</sup>倍로 稀釋하여 Limpman & Brown's

synthetic agar media 를 사용하여 8日間 27°C 에서 培養하고 生成된 colony 를 darkfield Quebec colony counter 로 計算하였다.

(2) Soil fungi

土壤中에 存在하는 fungi 의 數는 1g 의 sample 을 10<sup>3</sup>~10<sup>4</sup> 倍로 稀釋하여 glucose agar media 로 3日 間 30°C 에서 培養한 후 colony counter 로 計算하였다.

有機炭素의 定量

各土壤層別로 含有하고 있는 有機炭素의 量은 Wet oxidation 法으로 연소시켜 適定法으로 溶量分析하였다.

實驗結果 및 考察

落葉의 年生産量 : 光陵의 전나무의 植林下에서 落葉의 年生産量과 堆積한 F, H, A. 層의 Humus 를 有機炭素量으로 定量分析한 結果는 Table 1 과 같다.

Table 1. Amount of organic carbon in the soils(L, F, H, A horizon) obtained Fir plantations in Kwangnung.

Plantation	Horizon	amount of organic carbon(g/m)	decomposition constant (K)
Abies holophylla plantation	L	113.3±3.94	0.185
	F	192.0±2.16	
	H	300.1±2.93	
	A.	117.9±3.36	

落葉의 林床堆積 및 分解理論

落葉이 林床에서 分解되는 年間速度를 알려면 落葉의 生産과 分解가 平衡狀態에 到達한 安定林을 찾아야한다. 이러한 곳에서는 堆積된 有機物의 量에 對한 落下되는 落葉의 比를 알면 그 落葉의 分解常數를 決定할 수 있기 때문이다.

이제 一時點에서 堆積된 F, H, A. 層의 有機炭素量을 各各 C<sub>F</sub>, C<sub>H</sub>, C<sub>Ao</sub> 라 表示하면 總堆積有 機炭素量 C<sub>A</sub> 는

C<sub>A</sub>=C<sub>F</sub>+C<sub>H</sub>+C<sub>Ao</sub>.....(1)

그리고 各各의 分解常數를 K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> 라하면 分解量 C<sub>D</sub> 는

C<sub>D</sub>=K<sub>1</sub>C<sub>F</sub>+K<sub>2</sub>C<sub>H</sub>+K<sub>3</sub>C<sub>Ao</sub>.....(2)

로 表示된다. 또 落葉의 連續의 分解 過程에 있어서 K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> 의 分解常數는 K 로 바꾸어 쓸 수

있다. 따라서

C<sub>D</sub>=KC<sub>A</sub>으로 變形된다.

이제 落葉의 年生産量을 有機炭素量으로 換算하고 그 值를 C<sub>L</sub>, 林床의 有機炭素의 總集積量을 C<sub>T</sub> 라 하면

C<sub>T</sub>=C<sub>L</sub>+{C<sub>F</sub>+C<sub>H</sub>+C<sub>Ao</sub>}-K{C<sub>F</sub>+C<sub>H</sub>+C<sub>Ao</sub>} =C<sub>L</sub>+C<sub>A</sub>-KC<sub>A</sub>.....(4)

그런데 森林에서의 既存落葉有機炭素의 堆積量은 C<sub>A</sub> 이므로 年增加有機炭素量 ΔC 는

ΔC=C<sub>L</sub>-KC<sub>A</sub>이고

落葉의 年間 分解速度(Jenny et al, 1948, Olson 1963, Kim and Chang 1966)는

dC<sub>A</sub>/dt=C<sub>L</sub>-kC<sub>L</sub>.....(6)

로 된다.

極相林에서 落葉의 堆積量이 一定하게 유지되는 것은 有機物의 年生産量과 年消失量이 同一하기 때문이다. 따라서

C<sub>L</sub>=kC<sub>A</sub>

그러므로 K=C<sub>L</sub>/C<sub>A</sub>.....(7)

(7)式에서의 같이 分解常數 K 는 極相林의 境遇에 만 求할 수 있으며 本實驗의 結果 光陵 전나무植林에서 求한 K 의 値는 0.185 이었다. (Table 1)

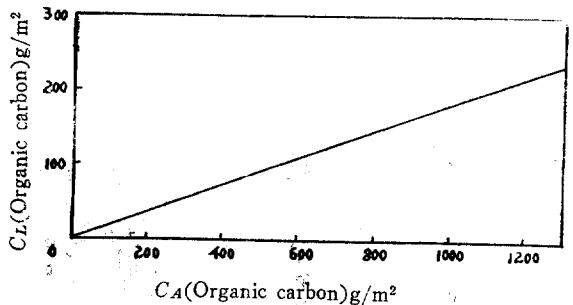


Fig. 2. Decay constant, K, of fir litter in Kwangnung plantation

落葉의 林床堆積

林床에 떨어진 落葉의 堆積은 落葉의 分解가 一年間에 이루어지지 못하고 그 以上の 期間을 要하기 때문에 落葉의 生産과 分解가 同一하게 될 때까지 落葉의 堆積이 계속된다. 따라서 落葉의 林床堆積은 다음과 같이 (6)式을 變形하여

dC<sub>A</sub>/C<sub>L</sub>/K-C<sub>A</sub>=kdt

最初의 林床에는 落葉이 없으므로 t=0 일때 C<sub>A</sub>=0, 따라서 t는 0에서 t까지, C<sub>A</sub>는 0에서 C<sub>A</sub> 까지 積分하면

$$\int_0^{C_A} \frac{dC_A}{C_L/k - C_A} = k \int_0^t dt$$

上式을 풀면

$$\ln\left(1 - \frac{C_A}{C_L/k}\right) = -kt \dots\dots\dots(8)$$

(8)式에서 堆積量  $C_A$  를求하면

$$C_A = \frac{C_L}{K(1 - e^{-kt})} \dots\dots\dots(9)$$

分解率  $K C_A$  를求하면

$$K C_A = C_L(1 - e^{-kt}) \dots\dots\dots(10)$$

光陵의 전나무 植林에 있어서는

$$C_A = 610(1 - e^{-kt}) \dots\dots\dots(11)$$

$$k C_A = 113(1 - e^{-0.185t}) \dots\dots\dots(12)$$

로表示되며 (11), (12)式에依하여 전나무 落葉의 林床堆積과 loss rate 를알수있다.

**落葉의 林床分解速度**

落葉의 分解를表示하는式은 침가되는 年生産量인  $C_L$  이 零인 境遇로 (6)式에서

$$\frac{dC_A}{dt} = -k C_A \dots\dots\dots(13)$$

$k$  가 負인 것은 落葉의 有機炭素量이 점차로 감소한다는 뜻이며 (13)式에서

$$\frac{dC_A}{C_A} = -k dt$$

最初의 時間  $t_0$  때에  $C_A$  에 量을  $C_0$ ,  $T$  時間 경과후의 時間을  $t$  라 하고 그 때 有機炭素의 量을  $C$  라 할때

$$\ln \frac{C}{C_0} = -kt \dots\dots\dots(14)$$

(14)式에서

$$\frac{C}{C_0} = e^{-kt} \dots\dots\dots(15)$$

그러므로 分解되고 남은 殘有 有機炭素量  $C$  는

$$C = C_0 e^{-kt} \dots\dots\dots(16)$$

光陵의 전나무 植林에 있어서 林床의 落葉分解曲線을表示하는 (16)式은

$$C = 610e^{-0.185T} \dots\dots\dots(17)$$

로 된다. 落葉의 分解에 所要되는 時間  $T$  는 (14)式에서

$$T = -\frac{\ln \frac{C}{C_0}}{k} \dots\dots\dots(18)$$

그러므로 光陵전나무 植林의 경우는  $T_{1/2} = 3.74$  年,  $T_{1/20} = 16.21$  年,  $T_{1/100} = 27.02$  年으로 推定할수있다.

光陵의 氣候 및 林床條件下에서 전나무 落葉의 分解와 堆積 및 分解하는데 要하는 時間은 Fig. 3에서 보는바와 같다.

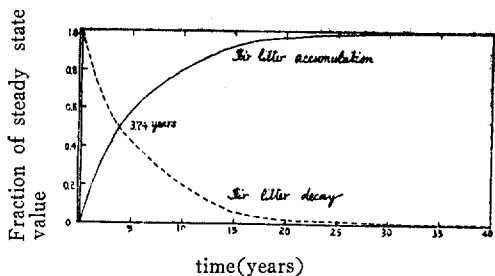


Fig. 3. Showing relation of the accumulation and decay of litter in fir plantation at Kwangnung.

**전나무落葉의 分解物質과 時間에 따른 Microbial population**

土壤微生物의 個體集團의 發達は 一定한 mode 로 增加하여 成長發達하게 된다.

이 mode 에 입각하여 落葉의 分解微生物의 成長을 調査한 結果는 다음과 같다.

(1) Microbial population 의 成長 mode.

微生物을 비롯한 모든 生物의 成長曲線은 S 字形을 나타낸다는 것은 널리 알려진 바이다. 本論文에서는 成長曲線을 mode 化하기 爲하여 다음과 같이 考察分析하였다.

微生物個體群의 個體數는 分裂에 依하여 增加하여 微生物의 死亡에 依하여 減少한다.

그러나 微生物은 利用하는 空間과 物質에 限界가 있을 때 이 個體數의 增加하는 mode 가 언제나 유지되는 것은 아니며 大多數의 경우 密度의 增加와 함께 增殖率이 低下하여간다. Verhulst-pearl 이 主張하는 바와 같이 增殖率의 低下가 個體數의 增加에 比例하고 있다면 自然增殖係數  $\epsilon$  는  $\epsilon - hn$  로 바꾸어 쓸수 있다.

$$\frac{dN}{dt} = (\epsilon - hN)N \dots\dots\dots(19)$$

따라서 (19)式은 微生物의 成長曲線을 表示하는 式이고 微生物의 數  $N$  을求하면

$$N = \frac{S}{1 + S e^{-\epsilon t}} \dots\dots\dots(20)$$

이 式이 微生物個體群의 個體增加를 나타내는 것이다.

(2) Fungi

전나무 落葉의 分解에 參與하는 fungi 의 數는 各 處理區에 따라 다르며 그 結果는 Fig. 4에서 보는 바와 같다. 處理區別로 個體群의 增加를 보면 Control 區에서는  $S = 6.3 \times 10^9$  이며 alcohol 과 benzol 의 침출區에서는  $S = 1.4 \times 10^9$  이었고 hot water 침출

區에서는  $S=1.25 \times 10^7$  로 急減하는 것을 觀察할 수 있었다. 따라서 落葉의 分解初期에 fungi가 必要로 하는 物質은 hot water 溶解物質이라는 것을 알 수 있다.

alcohol과 Benzol 溶液에 落葉을 담구어 溶출하고 다시 hot water에 침출하여 分解시킨 결과

$S=8.6 \times 10^6$  으로 分解가 지연되는 것으로 보아 分解의 지연은 alcohol과 Benzol 용해물질 hot water와 alcohol과 Benzol에 용해하지 않는 物質이라는 것을 알 수 있다. 이미 考察한 mode에 적용하여  $\epsilon$ 를 計算하고 成長曲線의 mode를 表示하는 6式은 Table 2와 같다.

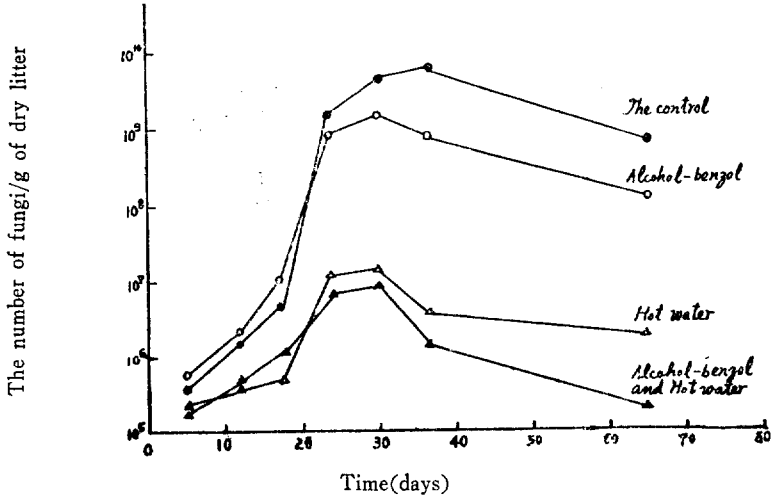


Fig. 4. The number of fungi in fir litter as influenced by alcohol-benzol, hot water, alcohol-benzol and hot water, and the control.

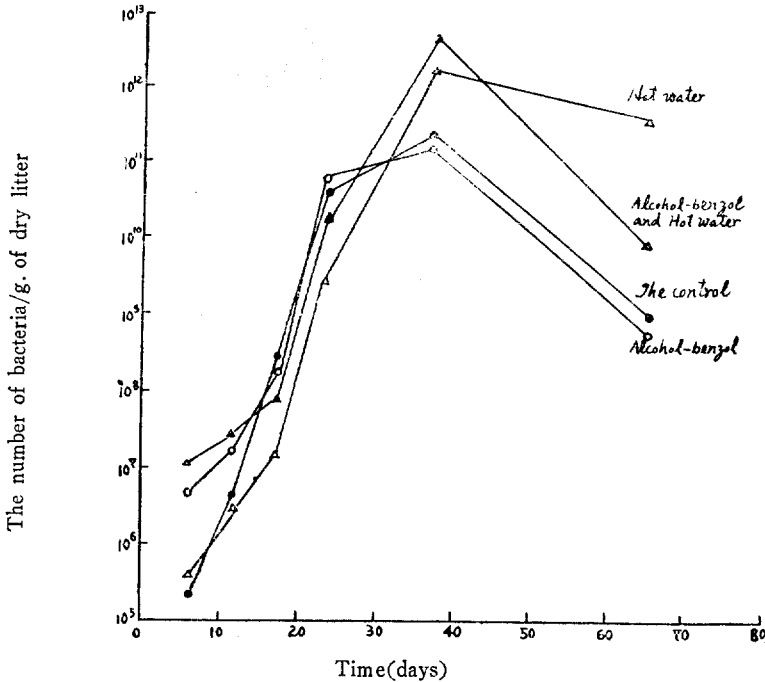


Fig. 5. The number of bacteria in fir litter as influenced by alcohol-benzol, hot water, alcohol-benzol and hot water, and the control.

Table 2에서 보는 바와 같이 自然増殖係數는 Control區가 779.03로 가장 높고 alcohol과 Benzol 침출區가 479.16으로 그 다음이며 hot water區와 alcohol-benzol과 hot water 침출구가 0.79, 0.362로 大端히 작았다. 落葉의 分解에는 일단 steady state에 到達하였다가 分解로 因한 有機物의 減少로 population은 減감하게 된다.

(3) Bacteria

4個의 處理區에서 土壤有機物의 分解에 參與하

는 微生物을 接種하고 時間에 따른 個體群의 發達을 調査한 結果는 Fig. 5에서 表示하였다.

Bacteria의 自然增加係數는 Control區에서 59675, alcohol과 Benzol區에서 2175, hot water區가 251135, alcohol-Benzol과 hot water區가 25424이며 steady state의 個體數는  $2.4 \times 10^{11}$ ,  $1.6 \times 10^{12}$ ,  $1.7 \times 10^{12}$ ,  $4.5 \times 10^{12}$ 이었다.

이에 따른 Bacteria의 成長 mode는 Table 2에서 보여주는 바와 같다.

Table 2. The modes of soil fungi and bacteria growth in fir flitter.

Microbes	Treatment	$\epsilon$ (increase coefficient)	S (number in steady state)	Mode
Fungi	Control	779.03	$6.3 \times 10^9$	$N = \frac{6.3 \times 10^9}{1 + 6.3 \times 10^9 \times e^{-779.03T}}$
	Alcohol and Benzol	479.16	$1.4 \times 10^9$	$N = \frac{1.4 \times 10^9}{1 + 1.4 \times 10^9 \times e^{-479.16T}}$
	Hot water	0.479	$1.25 \times 10^7$	$N = \frac{1.25 \times 10^7}{1 + 1.25 \times 10^7 \times e^{-0.479T}}$
	Alcohol and Benzol Hotwater	0.362	$8.6 \times 10^6$	$N = \frac{8.6 \times 10^6}{1 + 8.6 \times 10^6 \times e^{-0.362T}}$
Bacteria	Control	59675	$2.4 \times 10^{11}$	$N = \frac{2.4 \times 10^{11}}{1 + 2.4 \times 10^{11} \times e^{-59675T}}$
	Alcohol & Benzol	2175	$1.6 \times 10^{11}$	$N = \frac{1.6 \times 10^{11}}{1 + 1.6 \times 10^{11} \times e^{-2175T}}$
	Hot water	251135	$1.7 \times 10^{12}$	$N = \frac{1.7 \times 10^{12}}{1 + 1.7 \times 10^{12} \times e^{-251135T}}$
	Alcohol & Benzol Hot water	25424	$4.5 \times 10^{12}$	$N = \frac{4.5 \times 10^{12}}{1 + 4.5 \times 10^{12} \times e^{-25424T}}$

Fig. 6에서 보는 바와 같이 Bacteria는 Fungi와 는 달리 alcohol-benzol 용해물질만이 初期分解에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

전나무林土의 地層에 따른 Microbial population의 變化

전나무林의 L, F, H, A.層을 비롯하여 0~5 cm, 5~10 cm, 10~15 cm, 15~20 cm, 20~25 cm, 25~30 cm, 30 cm 以下等으로 區分하여 Microbial population의 수직분포상태를 調査하였다. 그 結果는 Fig. 6과 같으며 Bacteria는 F層에서  $2.1 \times 10^8$  ( $\times 10^8/g$ ), H層에서  $1.8 \times 10^8$  ( $\times 10^8/g$ )로 가장 높고 A.層까지는 점차 감소하나 mineral soil層에 도달하면 急減하여 地下로 내려갈수록 감소하는 경향을 나타낸다.

Fungi의 population은 F層에서  $1.1 \times 10^2$  ( $\times 10^4/g$ ), H層에서 ( $1.05 \times 10^4/g$ )로 증가하나 그 以下層이 되면 점차로 감소한다.

이 사실은 F층과 H層에서 전나무의 落葉이 가

장 旺盛하게 分解하고 있다는 것을 나타내는 結果이다.

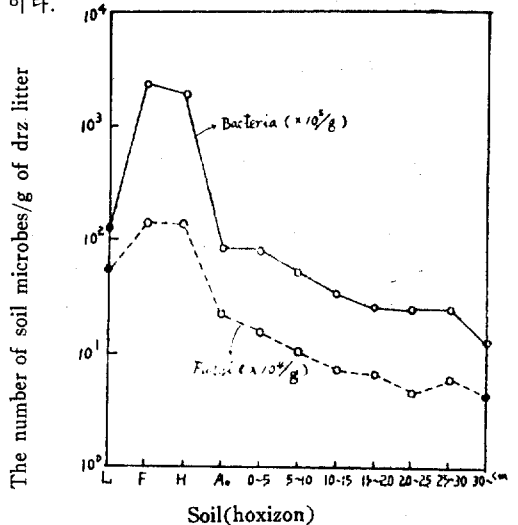


Fig. 6. The number of soil microbes found in the fir plantation soils at Kwangnung.

## 論 議

落葉을 비롯한 土壤有機物의 分解는 主로 微生物에 依하여 이루어진다고 생각된다. 本論文에서 研究對象으로한 전나무 植林은 安定狀態에 到達한 群落으로 Jenny et al.(1959), Olson(1963), Kim and Chang(1966)等에 依하여 理論化된 mode에 依하여 展開하였으며 다만 L, F, H, A. 層의 有機炭素를 各各 고려하여 보충하였다.

전나무 林床에서 전나무낙엽의 分解는 소나무 林床(Kim 1966)에서의 松葉의 分解보다 빠르고 참나무(Kim 1966) 林床에서 참나무落葉의 分解보다는 훨씬 지연된 結果를 얻었다.

Daubenmire(1963)는 100 日間 전나무잎을 人工적으로 實驗室에서 10°C 와 20°C 의 條件下에서 一定한 습도를 주고 分解시킨 結果 20°C 에서보다 10°C 에서 分解率이 높았고 Kim 과 Chang(1966)은 소나무와 참나무落葉의 分해는 溫度의 增加에

따라 分解率이 增加한다는 사실을 밝혔다. 이러한 結果로 미루어 보아 전나무낙엽은 低溫에서 오히려 잘 分解되므로 年平均溫度가 10.1°C 인 光陵에서는 소나무낙엽 보다 分解速度가 빠른 것으로 생각된다.

전나무낙엽의 分解實驗에서는 (20)式에서 알 수 있는 바와 같이 微生物의 個體群의 發達이 一定한 mode로 나타나며 다만 自然增殖係數  $\epsilon$  와 最高限界個體數인  $S$ 의 差異에 依하여 成長을 分析할 수 있었다. 그 結果 初期分解에는 水溶性物質이 큰 역할을 하며 alcohol-benzol에 용해되는 물질과 그 이외의 不溶性物質이 分解를 지연시킨다는 것을 알 수 있었다. 이런 물질은 主로 resin 과 같은 樹脂라고 생각된다.

전나무 植林土에 있어서 微生物의 수직 分布狀態는 F, H 層에서 가장 많고 地下로 내려가면 갈수록 population이 점점 감소한다. 이 結果는 Kim 과 Chang(1967)에 依하여 報告된 소나무 林土의 微生物의 수직 分布狀態와 一致하는 結果이다.

## 摘 要

전나무 植林의 林床에서 分解하는 전나무落葉의 分解와 堆積을 調査하였으며 新鮮한 落葉의 分解에 따른 Microbial population의 變化와 微生物의 수직分布狀態를 研究하였다.

1. 光陵의 전나무 植林에서 落葉의 堆積을 表示하는 mode는 落葉의 堆積量을  $CA$ , 時間을  $t$ 라 할 때

$$CA=610(1-e^{-0.185t})$$

2. 落葉의 分解는 그 有機炭素의 量을  $C$ 라 하면  $C=610e^{-0.185T}$

3. 光陵의 전나무 林床에서 전나무落葉의 分解에 要하는 時間은 그 有機物이 50%, 95%, 99% 分解하는데 各各 3.74年, 16.21年, 27.02年이 걸린다.

4. 전나무落葉을 溫度 26°C, 습도 64~68%로 유지하고 分解시킨 때의 微生物의 成長 mode는

$$N=\frac{S}{1-Se^{-\epsilon t}}$$

로 表示되며 이 式에서  $N$ 은 菌의 個體數,  $S$ 는 限界個體數,  $\epsilon$ 는 自然增殖係數,  $t$ 는 時間을 나타낸다.

5. 成長 mode에 依하여 分析한 結果 Hot water 용해물질은 分해 초기에 消費되며 alcohol-benzol可溶物質은 전나무낙엽의 分해를 지연시킨다.

6. 전나무 林土에 있어서 微生物의 수직분포 상태는 F, H 層에서 가장 높고 地下로 내려 갈수록 점점 감소한다.

## References

- 1) Daubenmire, R. and Don C. Prusso: 1963. Studies of the decomposition rates of tree litter. Ecology 44 : 589~592.
- 2) Jenny Hans, 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.

3) Kim, C. M. and N. K. Chang : 1965. The decomposition rate of litter affecting the amount of mineral nutrients of forest soil in Korea. Bulletin of the Ecological Society of America. September 14. 1965.

4) Kim, C. M. and W.H. Chung : 1966. Decomposition rate of plant residue and the vertical distribution of mineral nutrients in the woodland soil. The Journal of Graduate School, College of Education, S.N.U. 3 : 113~125.

5) Kim, C.M. and N.K. Chang: 1967. Effect of the soil micro-organism, temperature, moisture content and mineral salts on the decay rate of soil

organic matter. The College of Education Review. 9(1) : 117~126.

6) Kim' C.M. and N.K. Chagn: 1967. On the decay rate of soil organic matter and changes of soil microbial population. The Korean Journal of Botany. 10(1) : 21~30.

7) Olson, J.S.: 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology 44 : 322~330.

8) Watman, S.A. and F.G. Tenney: 1927. The decomposition of natural organic materials and their decomposition in the soil. II. Influence of age plant upon the rapidity and nature of its decomposition plants. Soil Sci. 24 : 317~334.