

韓半島의 몇 森林型에 따른 林土有機物 蓄積量의 緯度の差異에 對해서

任 良 宰·林 映 得
(仁川敎育大學)

Latitudinal Differences in the Accumulation of Soil Organic Matter
in Selected Korean Forst Types.

Yim, Yang Jai · Young deuk, Rim
(Inchon Teacher's College)

(1971. 6. 4 접수)

Abstract

Accumulation of soil organic matter and its vertical distribution at different latitudes in peninsular Korea were studied in the soil of four different forest types viz. Pinus densiflora forest, Castanea forest, Quercus acutissima forest and Carpinus laxiflora forest. Among them, accumulation of soil organic matter in Cheju sites, with a mean annual temperature of 15°C, was maximum with increasing latitude, soil organic matter concentration decreased. Considering the relationship between concentration of soil organic matter and some climatic conditions, it seems that concentrations of soil organic matter is a function of annual temperature, especially warmth index or cold index.

緒 論

一般으로 自然林에서의 林土中の 有機物含量은 地上部로부터의 落枝葉等の 形態로 供給되는 有機物量과 그 分解에 依해서 消失되는 量에 左右되고, 이 供給과 分解流失의 速度는 林地의 氣候條件과 樹種, 林令等に 依해서 決定된다.

이러한 林土有機物の 蓄積에 關한 研究中에서 注目할만한 것은 溫帶와 熱帶의 森林土의 有機物含量의 比較(Jenny et al 1949), 松栢林과 潤槲樹林과의 土壤有機物 堆積效率 比較(Ovington 1960), 樹種과 山地의 高度에 따른 落葉의 分解速度의 差異(Shanks and Olson 1961), 熱帶林에서의 有機物の 堆積과 分解(Yoda and Kira 1969)에 關한 研究等일 것이다.

韓半島의 森林土의 有機物含量에 關해서는 若干의 報文(金遊敏 1964, 1966 其他)이 있으나 그 大部分이 特定

地域을 對象으로 하고 있고 韓半島全域 또는 南部地域을 概觀한 報告는 아직 없다. 韓半島는 그 氣候의 特性, 例컨대 寒暑의 淸한 較差 때문에 世界의 다른 地域과 相當한 差異가 있을 것으로 豫想되는데, 氣候條件이나 森林型의 差異가 果然 어느程度로 林土有機物蓄積에 反映되느냐 하는 것은 興味있는 問題일 것이다.

그리하여 이 論文에서는 植生分布上 韓半島의 暖帶 溫帶南部 및 中部(Uyeki; 植木秀幹 1933)의 地域 사이에 氣候條件과 森林型에 따른 林土有機物含量의 差異를 考察하고자 한다. 이러한 研究에는 여러 地點의 資料와 永年의 調査를 基礎로 해야할 것이지만 現在의 여건으로는 이와 같은 일이 短時日內에는 어려울 것 같고, 또 代제적인 傾向은 數個 標本地에서 얻은 結果로도 알아낼 수 있으므로 여기에서는 主로 濟州島, 海南, 內藏山, 鷄龍山, 京畿道光陵地域의 林土分析의 結果를 바탕으로하여 다른 研究者들의 結果와 比較하면서 前記한 問題를 論議하고자 한다.

材料 및 方法

1) 調査地의 選定

暖帶에 屬하는 南海岸一帶와 그 以北인 溫帶南部와 中部에 該當하는 氣候의 差異와 森林型에 따른 土壤有機物含有量을 보기 위해서 年降水量 約 1,100~1,500 mm사이의 地域인 半島의 西部의 主要 林地를 調査地로 擇했다. 卽 濟州島에서 京畿道光陵까지 사이에 격

당한 間隔으로 떨어져 있고 韓半島의 다른 地域에 比較해서 比較的 人間의 影響이 적고, 密閉된 樹齡 20年以上의 林地(二次林)를 調査地로 擇하였다. 樹齡 20年以上을 擇한 것은 森林의 成立에 따라 林土中の 有機物含有量이 增加하나 20年以後에는 거의 平衡狀態를 이룸에 根據를 두고 있다(Shidei: 四手井綱英 1963)

土壤採取는 1970年 7月부터 11月사이에 同一林土에 對해서 3地點 採土하였다. 調査地의 森林型과 그 隣接地의 氣候條件은 表 1과 2에 記錄한 바와 같다.

Tabl 1. Chactcristics of experimental sites.

1. 濟州道		E 126°07' N 33°27'		年平均氣溫 15°C		降水量 1,439.9mm	
森林型	調査地點	調査地標高	優占種의 樹齡	樹高	林床	土壤色	採集日
소나무군집	남제주군중문면 영실부근	800m	30년이상	약 15m	—	회색	1970.7.30
서나무군집	북제주군탐라계곡	1,000m	"	"	명석딸기	흑갈색	1970.7.29
참나무군집	"	"	"	"	"	"	"
밤나무군집	북제주군관음사부근	580m	"	10~15m	명석딸기, 이삭여뀌	"	1970.7.28
2. 海南		E 126°35' N 34°33'					
소나무군집	대흥사부근	300m	"	10~12	싸리나무	갈색	1970.8.2
서나무군집	"	"	"	"	—	"	"
밤나무군집	"	"	"	"	싸리나무	"	"
참나무군집	"	"	"	"	"	"	"
3. 內藏山		E 126°48' N 35°27'					
서나무군집	내장사부근	300m	"	10~12	즈릿대	"	1970.8.2
참나무군집	"	"	"	"	"	"	"
참나무군집	"	"	"	"	"	"	"
4. 鷲龍山		E 126°48' N 35°27'					
소나무군집	갑사부근	200m	"	12m	—	회색	1970.11.4
밤나무군집	"	"	"	"	억새, 조릿대	갈색	"
참나무군집	"	"	"	"	"	"	"
5. 水原		E 127°01' N 37°16'					
소나무군집	수원시서문동서북면	200m	약 20년	10~12	—	황갈색	1970.11.5
6. 光陵		E 127°20' N 37°40'					
소나무군집	광릉모로저원	200m	30년이상	12~15	—	회색	1970.9.3
서나무군집	광릉세조능맞은원	"	"	"	—	"	"
참나무군집	"	"	"	"	—	"	"
밤나무군집	"	"	"	"	—	"	"

Table 2. Climatic indices of the experimental site

土壤調查地	濟州島(嶺擘山)		海南	內藏山	鵝龍山	水原	光陵
氣象資料를 얻은地點	西歸浦	濟州	海南	井邑	公州	水原	서울
年平均氣溫	15.5	14.7	13.5	12.7	12.3	11.0	11.1
溫濕指數	126.2	116.2	110.0	107.3	103.4	96.8	97.5
寒冷指數	0	-0.2	-8.1	-15.0	-19.6	-25.1	-24.4
年降水量	1816.9	1439.9	1132.8	1173.1	1329.6	1247.4	1259.2
最大蒸發散量	810.1	779.1	779.0	762.6	747.9	710.5	629.6
Thornthwaite's moisture index	124.3	84.7	50.4	53.8	77.8	75.6	84.1
Thornthwaite의 Im에 의한 區分	A	B ₄	B ₂	B ₂	B ₃	B ₃	B ₄
Uyeki의 森林帶	暖帶	暖帶	暖帶	溫帶南部	溫帶南部	溫帶中部	溫帶中部

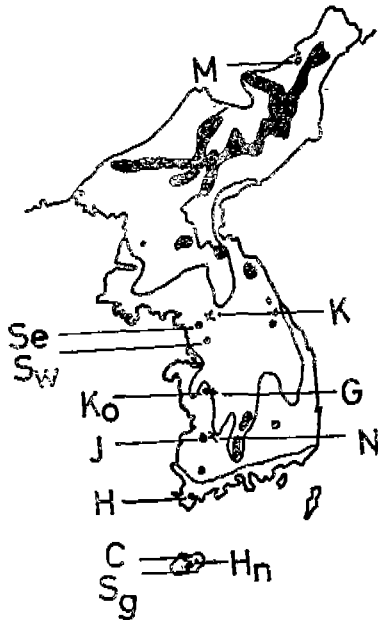


Fig. 1. Map showing the geographical location of studied forests and the forest zones of Korea (Uyeki, 1933)

M: Musan, Se: Seoul, Sw: Suwon, Ko: Kongju, J: Chongueup, H: Haenam, C: Cheju, Sg: Sogipo, K: Kwangnung, G: Mt. Geryong, N: Mt. Naejang, Hn: Mt. Hanla

2) 土壤有機物の 定置과 그 比較

各調查地의 林床 下層으로부터 地下 70cm 길이까지 사이를 10cm 간격으로 各層別로 約 500g의 土壤을 採取하여 陰乾시킨 後에 2mm 체로 쳐서 105°C의 乾燥器속에 24時間 넣어둔 다음 550°C로 6시간 灼熱시켜 有機物의 消失量을 定置하여 土壤乾燥에 대한 消失量

을 %로 表示하여 同一地點에서의 有機物含量의 垂直의 分布와 異地點間의 差異를 比較하였다.

3) 有機物分解恒數의 決定

各 試料의 有機物의 分解率은 試料에서 放出되는 CO₂를 定置하여 計算하였다. 試料의 水分含量은 自然狀態를 維持하도록 하여 密閉된 容器에 넣고 NaOH 0.75 N Solution을 담은 작은 容器를 그 안에 넣어 3日間 放置한 다음, 이것을 HCl 0.75 N solution으로 적정하여 CO₂의 放出量을 定置하여 이로부터 分解恒數 K를 求하였다. 이때의 室溫은 14°C (光陵試料의 測定時) 또는 18°C (濟州島의 試料測定時)였다. 分解恒數 K는 다음의 式으로 求하였다.

$$K = -\ln \frac{C_1}{C_0} / T$$

K; 分解恒數

C₀; 分解되기 전의 炭素의 量

C₁; T時間 경과後의 남은 炭素의 量

T; C₀가 C₁까지 變하는데 要하는 時間

結 果

灼熱消失法에 依한 各森林別 各깊이의 林土有機物含量%은 表3과 같다. 이것을 林地別로 有機物含量%의 垂直分布를 보면 Fig. 2와 같다.

灼熱消失法의 土壤深度에 따른 減小傾向은 一般으로 널리 알려진 것과 같은 類型이므로, (Kimura 1963)의 Ignition loss(%)와 Carbon Concentration(%)가 正比例한다는 것이 여기에도 適用된다면 Carbon concentration이 Fig. 2와 비슷한 類型으로 變할 것으로 보인다.

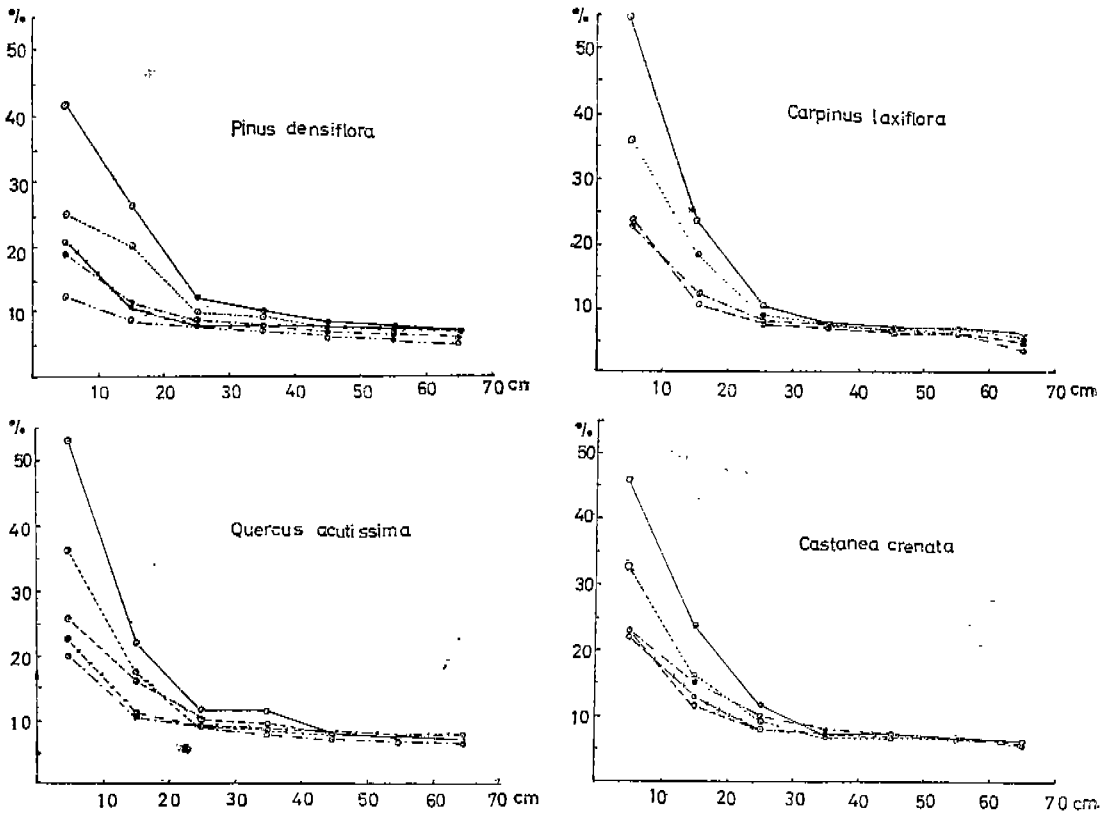


Fig. 2. Vertical distribution of organic matter concentrations in the four forest soils. Horizontal line:depth of soil. Vertical line:soil organic matter concentration (d.w g/d.w g)×100

Table 3. Comparison of soil organic matter accumulation among the forest types.

1. 소나무林土의 유기물함량(%)

depth(cm)		0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70
제주도	도	42.0	26.6	12.4	10.3	8.0	7.8	7.4
해남	남	25.2	20.3	10.0	9.3	7.8	7.6	7.0
내장산	산	—	—	—	—	—	—	—
계룡산	산	20.8	10.9	7.9	7.9	7.5	7.1	6.4
수원	원	12.4	8.6	7.8	7.4	6.0	5.6	5.2
광능	능	18.0	11.3	9.0	7.8	7.0	7.1	6.4

2. 서나무林土의 유기물함량(%)

제주도	도	55.0	23.7	10.7	7.7	7.4	7.0	6.3
해남	남	36.2	18.2	9.4	7.6	7.0	7.0	5.4
내장산	산	23.4	12.3	8.2	7.0	7.1	6.0	3.8
계룡산	산	—	—	—	—	—	—	—
수원	원	—	—	—	—	—	—	—
광능	능	24.0	10.7	7.5	7.0	6.3	6.0	5.0

3. 밤나무林土의 유기물함량(%)

제주도	46.5	24.0	11.6	7.3	7.3	6.5	5.2
해남	32.7	16.2	9.1	7.0	6.8	6.5	6.1
내장산	23.2	15.4	10.2	7.8	7.0	6.4	6.0
계룡산	23.0	11.5	8.0	7.5	7.0	6.4	6.5
수원※	—	—	—	—	—	—	—
광릉	22.6	13.2	7.9	8.0	6.8	6.3	5.8

4. 참나무林土의 유기물함량

제주도	53.0	21.7	11.4	11.0	7.2	7.0	6.8
해남	36.0	17.8	8.6	8.2	7.4	7.0	6.8
내장산	25.8	16.6	9.9	7.9	6.8	6.2	6.3
계룡산	22.6	10.8	9.0	7.6	7.8	7.6	7.4
수원※	—	—	—	—	—	—	—
광릉	20.0	10.4	9.0	7.6	7.0	6.1	6.0

※은 이 研究에 알맞는 균집이 없어서 調査하지 않았음

이것을 다시 森林型別 有機物含量的 緯度에 따른 變化를 보면 그림3과 같다.

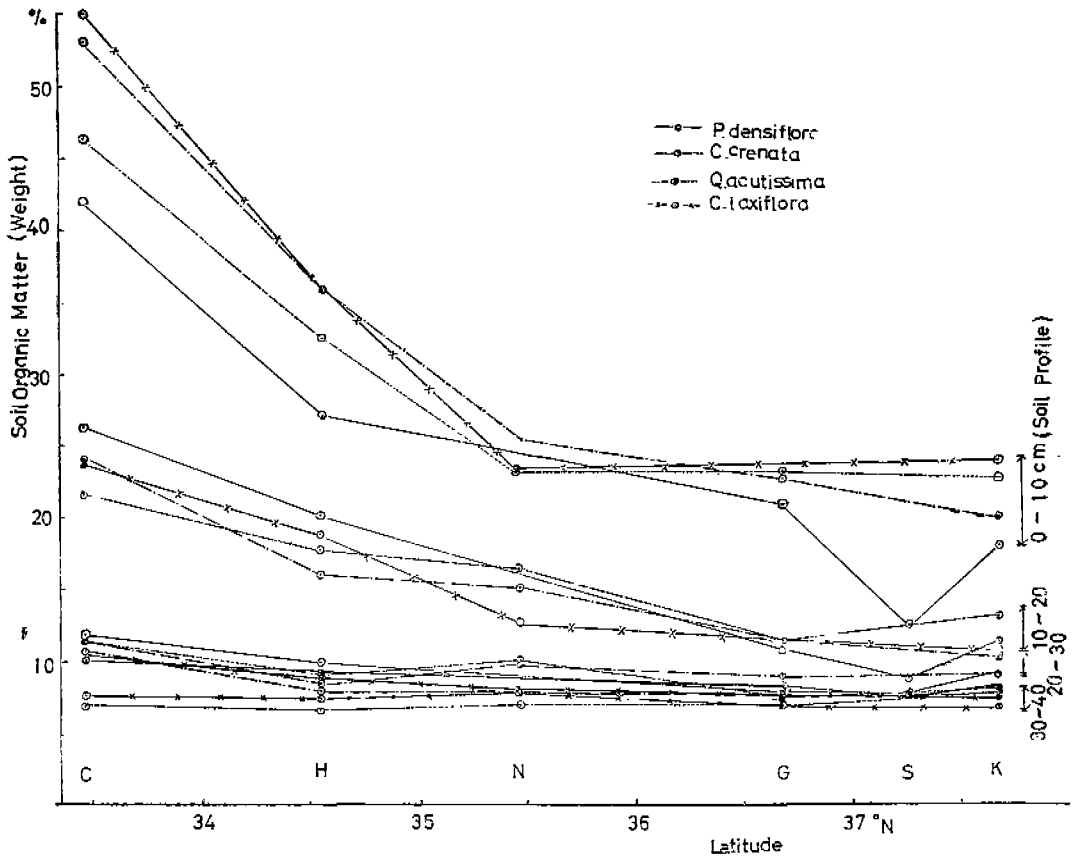


Fig. 3. Latitudinal changes in soil organic matter concentration of the four forest types.

C: Cheju H: Haenam, N: Mt. Naejang, G: Mt. Geryong, S: Suwon, K: Kwangnung

以上으로 보면 소나무, 서나무, 밤나무, 참나무의 숲에서土壤의各層마다大體로濟州島·海南·鷄龍山·水原·光陵의順으로 N 33°~38°사이에서緯도가 높아짐에 따라서有機物含量的減少傾向을 나타내

고 있다. 그러나 소나무林에서 光陵이比較的 높은 값을 나타내고 있고 서나무, 참나무林에서는濟州島가 越等하게 높은 값을 나타내고 있는 것이 特異하다. 이리 때문에濟州島는 標高 800m(소나무林) 또는

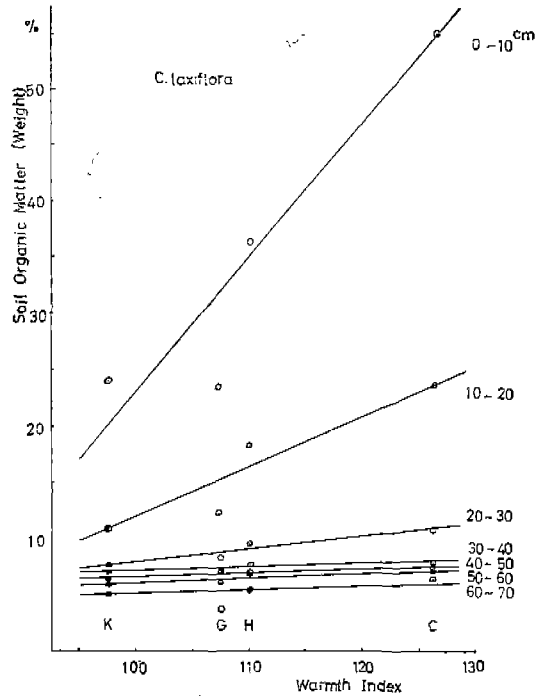
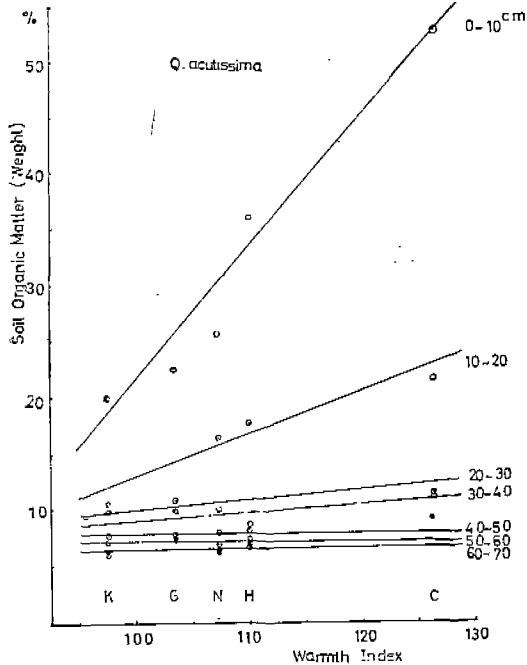
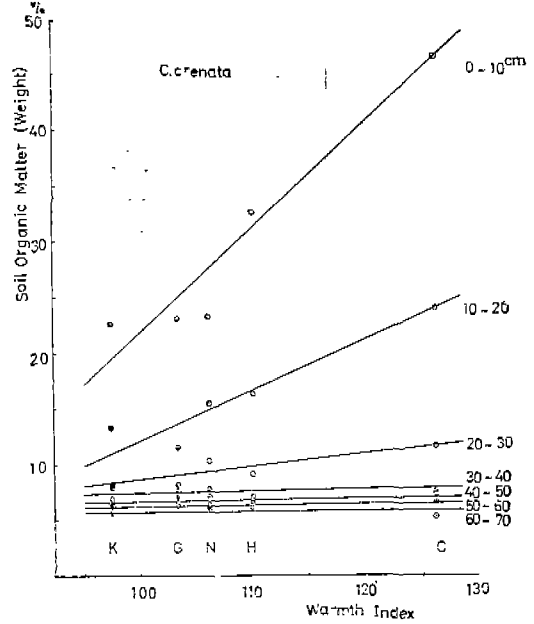
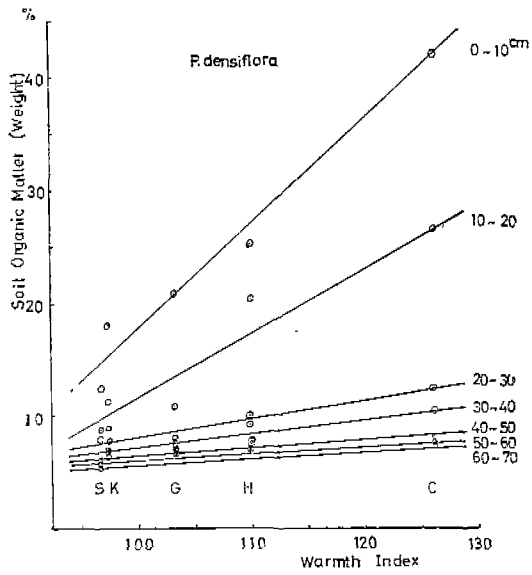


Fig 4. Vertical distribution of soil organic matter Concentrations in relation to change in the warmth index. C: Cheju, H: Haenam, N: Mt. Naejang, G: Mt. Geryong, S: Suwon, K: Kwangnung

1,000m(서나무 및 참나무林土)附近에서 採取한 土層이며, 이는 Yoda and Kira (1969)에서 보는 바와 같이 一定高度까지는 標高의 增加에 따라 有機炭素의 增加 傾向을 나타내는 現象(그러나 이것은 熱帶에서 高度에 따른 氣溫의 降下와 關係있는 것)과 類似한 것인지 아니면 이런 程度까지는 緯度差(即 氣溫이 直接 關係있음)에 起因하는 것인지 分明치 않다. 또한 緯度差에 따른 有機含量의 差異는 土壤의 깊이 30~40cm 附近까지이고 그 以下의 깊이에서는 緯度差에 따른 變動은 거의 없다. 表土中의 有機物含量의 變動과 氣候條件中의 어느 要因과 相關關係가 있는 가를 알아 본 結果, 降水量이나 最大蒸發散量 또는 moisture index (Thorntwaite 1948)等과는 相關이 없는 듯하고 年平均氣溫이나 溫濕指數 또는 寒冷指數와는 比較的 相關關係를 본 수 있었(Fig. 4 a.b.c.d) 이것은 南韓만이 아니고 威統北道茂山郡에서 얻은 Data를 包含해서 比較했을 때에도 氣溫依存의 임을 알 수 있다.(Fig. 6 a.b)

考 察

表土에서의 有機物含量變動이 氣溫에 依存하는 傾向은 다음 몇가지 要因으로 說明할 수 있을 듯 하다. 落枝葉의 形態로 生産되는 有機物은 溫帶보다는 熱帶地方이 많으나 林床의 分解率은 溫帶地方이 낮아서 그 結果 溫帶地方에 炭素의 蓄積이 많다고 報告하고 있는데 (Jenny et al 1949) 韓半島의 林土에서 有機物分解率을 나타내는 分解恒數 K의 값을 金邊敏(1966)과 著者 등의 그것을 比較하면, 分解恒數는 森林型에 따라 一定하고 緯度差에 依한 差異는 無視할 程度다.(表 4) 또한 소나무林에서 보듯 참나무 其他의 闊葉樹의 落葉의 分解速度가 빠름은 다른 많은 研究者들의 結果와 비슷하다(大政正隆·森經一, 1937)

Table 4. Comparison of the decay constant K

林地別	森林型	分解恒數 (K)	測定率	調 查 者
光 陵	소나무林	0.13	1966	金 邊 敏
		0.13	1970	任良宰·林映得
	참나무林	0.28	1966	金 邊 敏
		0.29	1970	任良宰·林映得
濟 州 島 (漢 挈 山)	소나무林	0.14	1970	任良宰·林映得
	참나무林	0.28	1970	"

金邊敏(1966)은 光陵의 참나무林에서의 有機物의 供給量을 0.315tons/ha/yr로 推定하고 있고, 그와 同一方法에 依한 著者 등의 推定은 0.425ton/ha/yr 트 이보다 높은 값을 나타냈지만 Bary and Gorham(1964)가 낸 同緯度의 平均値보다 훨씬 낮고, 다른 어느 記錄보다 낮은 값을 나타내고 있다.(齊藤紀 1960) Bary and Gorham(1964)은 緯度의 增加와 年間落葉生産量과의 사이에는 負의 相關關係가 있음을 밝혔는데, 그들에 依하면 緯度(南·北) 30~40°에서의 年間生産量은 平均 約 7~5tons/ha/yr의 범위 에 있다.

그러나 Kim(1963)에 依하면 江降地方의 樹齡20~80年의 森林에서, 椴나무가 優勢한 林地에서는 4.990 ton/ha/yr의 落葉이, 椴참나무가 優勢한 林地에서는 5.145ton/ha/yr의 落葉이 供給된다. 以上으로 보아 前記한 推定量은 實地測定値와는 相當한 차이가 있는 듯하다.

如何든 韓半島에서의 緯度差에 따른 落枝葉供給量은 比較할 Data가 없으므로 現論의으로 論議하는 수밖에 없다. 即 地表의 有機物生産曲線과 有機物分解消耗 曲線과의 差에서 생기는 結果로 有機物蓄積量의 最大値는 10~20°C의 域에 存在하게 된다.(川村 1954). Yoda and Kira (1969)는 Thailand에서의 調査에서 年平均氣溫 15°C 附近에 有機炭素의 蓄積의 peak를 이루고 低溫 또는 高溫으로 갈에 따라 減小하는 傾向이 있는 것으로 報告하고 있다.(濟州道의 年平均氣溫은 約15°C)

Table 5. Ignition loss % of pine forest soil and its climatic conditions in Musan (Hirrao 1942)

		N42°12' 標高 500~1,600m				
		土壤의 깊이				
森 林 型		0~30cm	30~100cm			
Pinus densiflora	소나무	3.37%	2.55%			
Abies nephrolepis	분리나무	13.30%	3.39%			
Quercus mongolica	신갈나무	8.95%	4.31%			
Larix olgensis	일갈나무	7.74%	4.61%			
地名	氣象測定	年平均氣溫	溫濕指數	寒冷指數	全年降水量	moisture index
茂山郡九州帝大演習林	1940年午前10時 1回測定	5.5°C	※ 74.2	※ -68.7	442.6	
茂山	中央觀象臺資料	5.8°C	71.3	-61.7	536.5	3.1

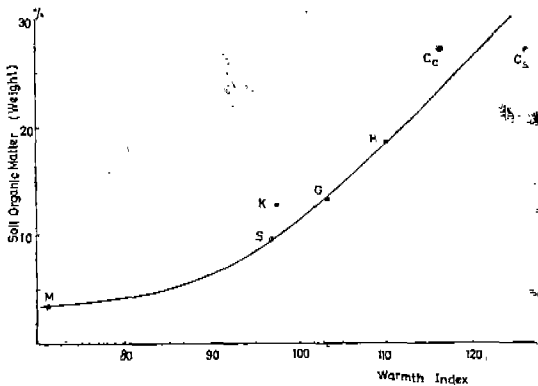
※ 著者の 計算에 依함

韓半島에서 緯度の 增大에 따라 林上有機物の 減少傾向은 氣溫差에 起因하고 있다면 植物의 成長과의 關係에서 案出된 溫濕指數 (Kira; 1945)나 寒冷指數(Kira: 1968)와 土壤有機物の 集積이 相關이 있음은 期待할 수 있다. 따라서 高緯도에 갈수록 土壤有機物蓄積量이 繼續 減少될 것을 豫想할 수 있다. Hirao(平尾經信1942)의 威鏡北道 茂山郡에서의 調査結果를 보면 表5와 같다.

이중 소나무林의 土壤有機物含量을 著者 등이 0—10, 10—20, 20—30cm의 層에서 取한 試料에서 얻은 값의 平均値와 比較하면 濟州 27.0%, 海南 18.5%, 鷄龍山 13.2%, 水原 9.6%, 光陵 12.8%, 茂山 3.37%(平尾經信의 Data)로 된다.

이것을 緯도와의 關係에서 考察하면 Fig. 5와 같이 된다.

다음 氣候要因과의 關係 特別 Warmth index 또는 Moisture index 와의 關係를 보면 前述한바와 같이



Warmth index가 moisture index 보다 뚜렷한 影響을 미치고 있는 것 같다(Fig.6의 a와 b)

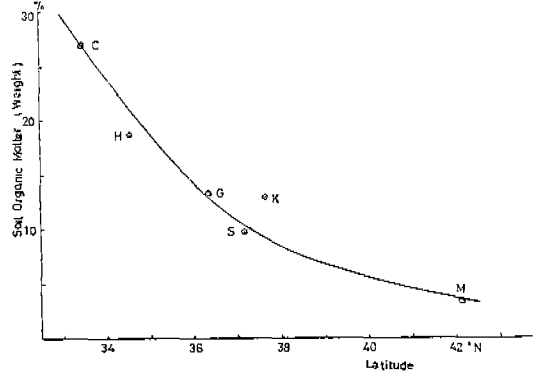


Fig. 5. Latitudinal change of organic matter in surface soil of *P. densiflora* forest. C: Cheju, H: Haenam, G: Mt. Geryong S: Suwon K: Kwagnung M: Musan

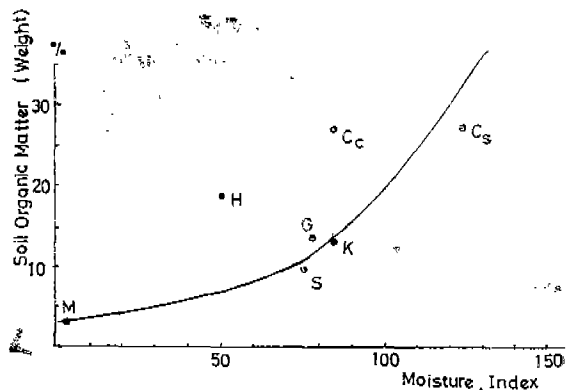


Fig. 6 Comparison of the relationship between soil organic matter concentration of *P. densiflora* forest and warmth index(left), and moisture index. (right)

Meaning of the symbol C.H.G,S,K,M is same with that of the Fig. 5. Ce: City cheju, Sg: Sugipo

摘 要

1. 植物分布上 暖帶와 溫帶에 걸쳐 있는 韓半島南部에서의 소나무·서나무·참나무·밤나무 4가지 植物群集안의 土壤에 對해서 緯度差에 따르는 有機物の 蓄積量의 垂直分布를 調査하였다.

2. Jenny 등과 Yoda and Kira의 年平均氣溫과 有機炭素蓄積과의 關係에 對한 報告는 大體로 이 調査에서의 結果와 一致하나 表土層에서는 氣溫의 影響이 좀더 銳敏하게 反映됨을 밝혔다.

3. 어느 森林型에서나 大體로 濟州島·海南·內藏山

鷄龍山·水原·光陵順으로 緯도가 높아질에 따라 有機物蓄積量의 減少傾向을 보였는데, 이는 年平均 15°C 附近에서 peak로하여 高溫 또는 低溫으로 됨에 따라 감소하는 一般傾向과 一致하며 다른 Data가 거의 없는데, Hirao(1942)의 Data와의 比較는 이를 뒷받침해주고 있다.

4. 土壤의 깊이 40cm 以上の 곳에는 氣候의 影響을 적게 받는것 같은데, 表土에서는 比較的 銳敏하게 氣溫의 函數로서 나타나는 것이 分明하다.

5. 森林型間的 有機物の 蓄積은 表土層(여기에서는 10~20cm)을 보면 暖帶에서는 소나무林(針葉樹)에,

溫帶에서는 潤葉樹林에서 各各 높은 값을 나타내었다.

6. 調査地의 年平均降雨量이 約 1,100mm 以上の 處를 擇하였는바 土壤濕度에 따른 土壤有機物量의 變動은 氣溫만큼 分明하지 않았다.

參 考 文 獻

1. Bary, J.R. and E. Gorham 1964 Litter production in forests of the world. Cragg, J.B. ed. *Advances in ecological research*. Academic Press London & New York. 2:101—157.
2. Jenny, N., 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. 1964 The nutrient holding capacity of woodland soils in Korea. *Seoul Univ. J.(B)*, 16:148—172.
4. _____, 1966. 落葉의 生産과 分解에 따르는 森林土壤의 變動에 對하여, *Seoul Univ. J.(B)*, 17: 83—92.
5. Kim, Su-San, 1963 *Pedologist* 7, (1): 33
6. Kimura, M., 1963 Dynamics of vegetation in relation to soil development in Northern Yats-gatake. *Jap. Jour. Bot.* 18(2):255—287
7. Ovington, J.D. and D. Heitkamp, 1960 Accumulation of energy in forest Plantation in Britain. *J. Ecology* 48:639.
8. Yoda, K and T. Kira 1969 Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand V. *Nature & Life in SE Asia*, 4:83—110.
9. 平尾經信, 1942. 九州帝國大學北鮮演習林內 天然林의 生態學的研究 112
10. 川村一水, 1954. 農林土壤學 74.
11. 吉良龍夫, 1945 農業地理學의 基礎としての 京亞의 新氣候區分 京都大學 農學部.
12. 大政正隆, 森經一, 1937 落葉に關する二, 三の研究 帝室林野局林試報告 3:39—107.
13. 齋藤紀, 1960 有機物の分解と物質の循環, 吉良龍夫編 生態學大系Ⅱ 卷上 348—373.
14. 四手井綱英, 1963 アカマツ林の造成, 地球出版 128.
15. 植木秀幹, 1933 朝鮮森林植物帶 植物分類及植物地理 2(2):82.
16. 任良宰, 1970 韓半島의 氣候條件과 樹種의 分布와의 關係에 關한 研究, 仁川教育大學 論文集 第五輯 315—336.