

研究報告

惠蓀林場三種林分2001年枯落物及養分迴歸量研究¹

周育如² 顏江河³

【摘要】以台灣中部惠蓀林場三種不同林分（天然林、杉木林、次生林）為對象，自2001年1月至2001年12月，調查每月枯落物量，包括落葉、枝條、繁殖體及其它，並分析養分的迴歸量。結果顯示全年枯落物總量以天然闊葉林 $5,508.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 為最高，次生闊葉林為 $3,664.1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 次之，杉木人工林 $976.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 為最低。枯落物量在月份間有極顯著的差異，可區分為雙高峰期，一為3月的生長季節，大量老葉被新葉取代而脫落，另一為6~7月的颱風季節，因颱風侵襲而影響枯落物的總量及其成分比例。三種林分枯落物各成分中，皆以落葉量所佔比率為最高佔60.4~71.4%、枝條枯佔12~16%、繁殖體佔4.5~14.4%、其他部份佔8.2~14.4%。枯落物各養分迴歸量皆為天然闊葉林 > 次生闊葉林 > 杉木人工林。三種林分全年養分迴歸量為碳 $417.6 \sim 2,250.1 \text{ kg ha}^{-1}$ 、氮 $11.9 \sim 85.3 \text{ kg ha}^{-1}$ 、磷 $1.0 \sim 7.5 \text{ kg ha}^{-1}$ 、鉀 $5.8 \sim 55.6 \text{ kg ha}^{-1}$ 、鈣 $5.5 \sim 49.8 \text{ kg ha}^{-1}$ 、鎂 $2.1 \sim 14.3 \text{ kg ha}^{-1}$ 。

【關鍵字】 枯落物、養分濃度、養分迴歸量、季節變化

Research paper

Study on the Litterfall and Recycling Amount of Nutrients of Three Stands in Hui-Sun Experimental Forest During 2001¹

Yu-Ju Chou² Chiang-Her Yen³

【Abstract】 The monthly amount of litterfall and nutrient recycling amount of three different stands (natural hardwood stand, NS; China-fir plantation stand, CPS; and secondary hardwood stand, SS) in the Hui-Sun Experimental Forest were monitored from Jan. 2001 to Dec. 2001. The results showed that the annual total litterfall of NS ($5,508.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) was the highest followed by SS ($3,664.1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$), CPS ($976.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) was the lowest. The amounts of litterfall varied significantly with month and indicated that litterfall showed two peaks during the study period. One was in growth season (March), and the other one was in typhoon season (June and July). The litterfall of which 60.4-71.4% was composed of leaf, 12-

1. 本研究為行政院國科會補助之專題研究計畫(NSC89-2621-B-005-007-A10)

This project was sponsored by the National Science Council, R.O.C. Grant number (NSC89-2621-B-005-007-A10)

2. 國立中興大學森林系研究生

Graduate student, Department of Forestry, NCHU.

3. 國立中興大學森林系助理教授，通訊作者

Assistant Professor, Department of Forestry, NCHU. Corresponding author.

16% was branch, 4.5-14.4% was reproduction, and the remainder (8.2-14.4%) comprised other plant materials. The litterfall nutrient recycling amounts were $NS > SS > CPS$. Recycling amounts of these nutrients included $417.6-2,250.1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ C}$, $11.9-85.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $1.0-7.5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$, $5.8-55.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}$, $5.5-49.8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Ca}$ and $2.1-14.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Mg}$, respectively.

【Key words】 litterfall, nutrient concentration, nutrient recycled amount, seasonal variation.

一、前言

森林生態系的養分循環是由枯落物及植群根系動態所構成的，其中枯落物的分解為土壤養分的主要來源，在森林土壤表層形成一個養分輸出與輸入系統 (Burghouts *et al.*, 1998)，植群根系的吸收是防止生態系養分輸出的重要機制，另外土壤微生物固定養分亦被認為是生態系養分留存的重要機制 (Vitousek and Matson, 1984)。林木生長所需的養分來源，為脫落前老葉之養分轉移及枯落物分解所釋放之養分 (Fisk *et al.*, 1998)。故枯落物分解控制林地營養的有效性及循環速率，並間接影響森林的淨生產力 (Rutigliano *et al.*, 1996)。

環境因子、林分植群組成、林分年齡、林分經營皆會直接影響枯落物的量與質變化，間接左右枯落物的分解及養分循環速率。森林生態系通常含有多種林分，視樹種及生態社會結構而異，會形成不同質、量的枯落物並呈現出不同的分解速率 (Rogers, 2002)。

枯落物掉落至林地經過物理、化學及生物等作用，轉化成簡單的分子迴歸自然環境。整個過程受到許多因素的影響。大體而言，影響因素分成四大類，包含植物體種類、化學成分、氣象、生物。台灣地區每年夏、秋之際易受到颱風侵襲，造成林地的枯倒木發生，亦使未成熟的枯落物提早掉落，影響枯落物的總量與性質。

本試驗地之前已有張華洲 (1997) 及陳佳慧 (2000) 進行過枯落物的調查，本研究繼續探討三種林分之枯落物量的變化，比較不同調查年度間枯落物量的差異及颱風對本試驗地枯

落物的影響，所得結果可作為惠蓀林場長期生態研究的基礎資料。

二、材料與方法

(一) 樣區位置

本試驗地位於中興大學惠蓀林場第三林班，關刀溪水源地集水區，樣區海拔 700~1,300 m，該樣區內主要植群可分為：1. 未經人為干擾的天然闊葉林，其林相組成達極盛相社會之原始天然林，每公頃約 1,980 株，主要優勢樹種包括香桂、豬腳楠、反刺槿、南投石櫟等，為臺灣典型的樟櫟群叢；2. 杉木人工林，於 1964 年栽植，1977 年實施疏伐作業之杉木林，每公頃約 1,220 株；3. 次生闊葉林，於 1958 年實施砍伐後未經造林，任由其根株萌蘖與種子自然萌芽而成，其組成已近於原生林，每公頃約 7,600 株，優勢木包括柏拉木、香桂、薯豆、大丁黃等 (呂金誠和歐辰雄, 1996)。

(二) 不同林分之枯落物量調查

在三個林分中分別架設以網孔為 1 mm 尼龍網做成直徑為 52 cm 之圓形網袋，深約 50 cm。以三根長約 120 cm 的塑膠管柱架起尼龍網並固定之，離地約 50 cm，綁上標籤。本試驗承接陳佳慧 (2000) 的試驗，每 3 個收集網為 1 重複，每個林分設 4 重複，共 12 個收集網，設置地點隨機分佈。原本 3 個林分共設 36 個收集網，但由於受到 921 地震的影響，使得天然闊葉林中，溪流左側大面積崩塌成裸露地，以致收集網僅剩 6 個，因此，3 個林分共設 30 個收集網。每個月將收集網內枯落物帶

回實驗室，區分葉、枝條、繁殖體、其他（昆蟲、排泄物或不可分辨之碎屑）4 個部分，以 65 °C 烘乾一週後進行秤重，計算每月的枯落物落葉量。不同成分枯落物經磨粉後依顏江河與陳佳慧（2000）方法，進行 C, N, P, K, Ca, Mg 養分分析。所得數據以 SPSS 視窗 8.0 版分析軟體，進行不同林分枯落物的變方分析。

三、結果

(一) 枯落物量

2001 年 1 月至 2001 年 12 月，惠蓀林場三種林分的枯落物量之變化，如表 1 所示（4~5 月和 6~7 月因受到颱風及豪雨侵襲，道路崩塌中斷，無法取得單月之枯落物量，因此將 4~5 月和 6~7 月所蒐集的枯落物

量 ÷ 蒐集天數 × 30，視為單月枯落物量）。三種林分之年度高峰皆在 6~9 月，應是由於當年連續颱風影響所致，其中以 6~7 月在天然闊葉林、杉木人工林、次生闊葉林分別為 763.8、264.9、960.7 kg ha⁻¹（表 1），主要是此月有 5 個颱風侵襲，其中以強烈的桃芝颱風影響最為嚴重。天然闊葉林和杉木人工林之最低峰，分別發生在 12 月與 11 月，而次生闊葉林卻是在 1~2 月，此結果與陳佳慧（2000）所調查趨勢有所差異。

三種林分之枯落物量，依序為天然闊葉林 > 次生闊葉林 > 杉木人工林且三林分間呈顯著差異，只有在 6~7 月時，次生闊葉林枯落物量高於天然闊葉林。同一林分在不同月份上的枯落物量，三種林分之最高量均達最低量的數倍，分別為天然闊葉林 2.1 倍、次生

表 1. 惠蓀林場三種林分於 2001 年 1 月至 2001 年 12 月間枯落物量 (kg ha⁻¹ month⁻¹) 變化情形

Table 1. Temporal disbution of litterfall (kg ha⁻¹ month⁻¹) of three stands in Hui-Sun Experiment Forest from Jan. 2001 to Dec. 2001.

調查時間	天然闊葉林	杉木人工林	次生闊葉林
Jan.	431.7 ± 185.5 ^{y ab}	126.0 ± 114.7 ^{x d}	183.3 ± 121.8 ^{x a}
Feb.	561.5 ± 117.8 ^{y abc}	122.1 ± 92.6 ^{x cd}	167.2 ± 108.3 ^{x a}
Mar.	665.0 ± 144.6 ^{z bc}	90.4 ± 48.2 ^{x abcd}	314.0 ± 227.4 ^{y abc}
Apr., May.	428.8 ± 169.0 ^{y ab}	53.9 ± 49.6 ^{x abc}	400.8 ± 211.1 ^{y bc}
Jun., Jul.	763.8 ± 135.8 ^{z c}	264.9 ± 115.6 ^{x e}	960.7 ± 235.8 ^{y d}
Aug.	692.3 ± 356.9 ^{z bc}	117.3 ± 67.9 ^{x cd}	440.8 ± 130.5 ^{y c}
Sep.	649.1 ± 155.0 ^{z bc}	104.9 ± 114.0 ^{x bcd}	417.5 ± 226.6 ^{y c}
Oct.	434.8 ± 133.2 ^{z ab}	37.5 ± 25.2 ^{x ab}	198.2 ± 122.4 ^{y a}
Nov.	519.4 ± 312.4 ^{y abc}	25.9 ± 35.4 ^{x a}	253.8 ± 149.3 ^{y ab}
Dec.	361.8 ± 214.4 ^{y a}	33.6 ± 21.4 ^{x a}	327.8 ± 173.5 ^{y abc}
總計	5,508.2	976.5	3,664.1

註：1.橫列平均值後之字母（x, y, z）若不同表 Duncan's test 檢定結果有顯著差異（p<0.05）

2.直行平均值後之字母（a, b,....., e）若不同表 Duncan's test 檢定結果有顯著差異（p<0.05）

闊葉林 5.7 倍、杉木人工林 10.2 倍，若是排除因颱風所造成的大量枯落物月份，則倍數分別為天然闊葉林 1.9 倍、次生闊葉林 2.6 倍、杉木人工林 5.0 倍，皆顯示出天然闊葉林呈現較穩定的月枯落量。

全年平均枯落物總量，以天然闊葉林 $5,508.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 為最高、次生闊葉林為 $3,664.1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 次之、杉木人工林 $976.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ 為最低。此結果與張華洲 (1997)、陳佳慧 (2000) 所調查結果雖趨勢一致，惟各林分總量差異極大 (表 4)。

(二) 枯落物各組成分

三種林分枯落物各組成分的季節變化如圖 1 所示。落葉枯落量在天然闊葉林中呈現出高低起伏不定的狀況，在一年中有三次的高峰，分別在 3、6~7 月及 9 月，於 6~7 月時達到最高量為 473.4 kg ha^{-1} ；在杉木人工林中出現單一高峰，集中於 6~7 月，其最高量為 167.0 kg ha^{-1} ；在次生闊葉林中，落葉量較集中於 3~9 月間，於 6~7 月達到最高量為 638.7 kg ha^{-1} 。

杉木人工林和次生闊葉林的枝條掉落量呈現出雙高峰期，主要集中在 6~7 月和 9 月，

都是受到颱風的影響，其兩林分之最高量皆為最低量的 45 倍；天然闊葉林的枝條掉落量則呈現單一高峰期，集中在 6~9 月，亦是受到颱風影響，於 8 月時達到最高量為 187.8 kg ha^{-1} 。

繁殖體部分，在天然闊葉林與杉木人工林中呈現出雙高峰期，前者分別出現在 3 月 (158.0 kg ha^{-1}) 和 11 月 (150.6 kg ha^{-1})，後者則出現於 6~7 月 (7.4 kg ha^{-1}) 和 9 月 (18.8 kg ha^{-1})；次生闊葉林則呈單一高峰期，集中於 4~7 月，於 4~5 月時達到最高量為 47.7 kg ha^{-1} 。

不同林分間枯落物量組成分配比例如表 2 所示。三種林分枯落物各成分中，以落葉量所佔比率為最高，分別為次生闊葉林佔 71.4 % 為最高，天然闊葉林佔 60.4 % 為最低；枝條枯落量在三種林分間，呈現出相似的比率約 12~16 %；繁殖體枯落量以天然闊葉林佔 14.4 % 為最高，次生闊葉林佔 4.5 % 為最低；其他部份則以杉木人工林佔 14.4 % 為最高，次生闊葉林佔 8.2 % 為最低。三種林分之落葉量與枝條、繁殖體與其他組成部分間皆有顯著差異。比較各個成分在不同林分中的變異，天

表 2. 惠蓀林場三種不同林分枯落物量組成成分 (2001 年 1 月至 2001 年 12 月)

Table 2. The litterfall composition of three stands in Hui-Sun Experiment Forest from Jan. 2001 to Dec. 2001.

	天然闊葉林		杉木人工林		次生闊葉林	
	$\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$	%	$\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$	%	$\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$	%
葉部	$3,325.1 \pm 99.1^{y b}$	60.4	$652.3 \pm 45.9^{x b}$	66.8	$2,617.3 \pm 149.9^{y b}$	71.4
枝條	$687.9 \pm 64.7^{x a}$	12.5	$138.8 \pm 18.6^{x a}$	14.2	$582.8 \pm 72.7^{x a}$	15.9
繁殖體	$792.2 \pm 44.6^{y a}$	14.4	$45.4 \pm 5.4^{x a}$	4.6	$165.0 \pm 13.0^{x a}$	4.5
其他	$703.0 \pm 49.8^{y a}$	12.7	$140.1 \pm 9.3^{x a}$	14.4	$299.0 \pm 22.1^{x a}$	8.2
總量	5,508.2	100.0	976.6	100.0	3,664.1	100.0

註：1.橫列平均值後之字母 (x, y, z) 若不同表 Duncan's test 檢定結果有顯著差異 ($p < 0.05$)

2.直行平均值後之字母 (a, b,....., e) 若不同表 Duncan's test 檢定結果有顯著差異 ($p < 0.05$)

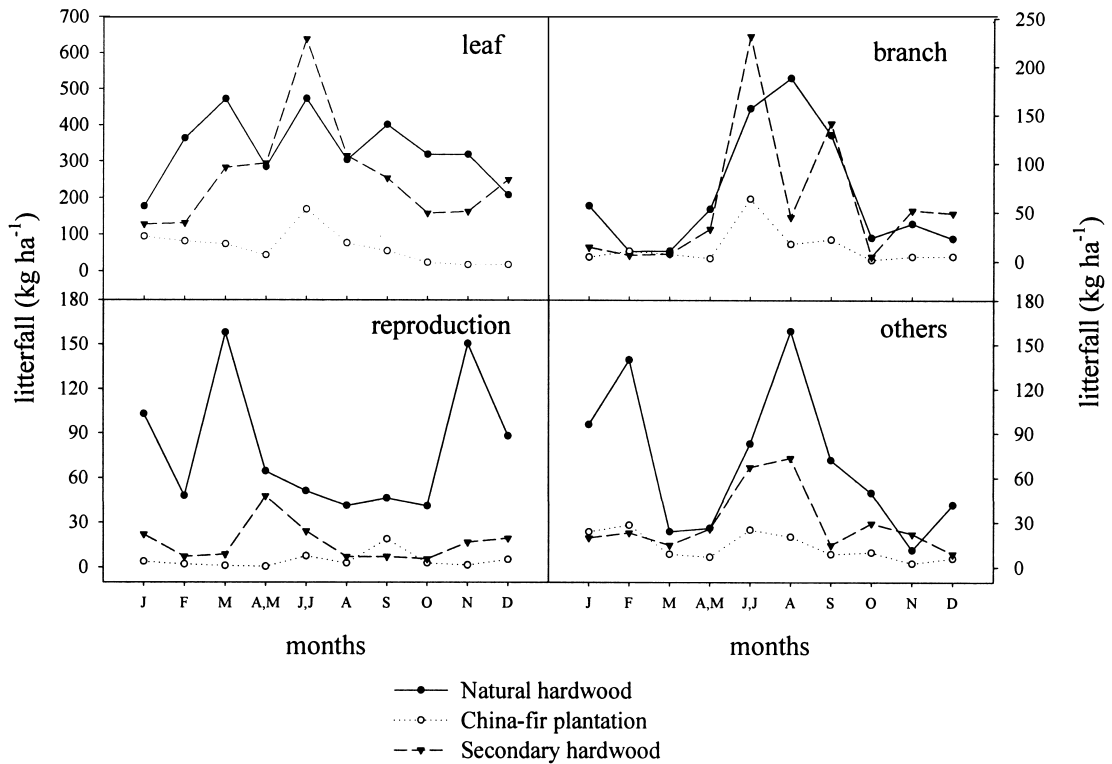


圖 1. 惠蓀林場三種林分 2001 年枯落物之各組成月份變動

Fig. 1. The monthly variation of litterfall composition of three stands in Hui-Sun Experiment Forest.

然闊葉林、次生闊葉林的落葉量無顯著差異，但和杉木人工林的落葉量間則有顯著差異，枝條部分在三種林分中皆無顯著差異，天然闊葉林的繁殖體及其他部分則與另二林分有顯著差異。

(三) 枯落物養分迴歸量

三種林分之各養分的迴歸量 (表 3)，皆為天然闊葉林 > 次生闊葉林 > 杉木人工林。不論在那個林分，或在那個組成分，各主要的養分輸入量皆以碳量為最大，其次為氮，然後依次為鉀、鈣、鎂，其中鉀與鈣量相近，磷為最低量。

每年碳迴歸量在天然闊葉林為 2,250.1 kg ha⁻¹ 為最高，杉木人工林 417.6 kg ha⁻¹

為最低，其他養分氮、磷、鉀、鈣、鎂皆以天然闊葉林為最高量，年迴歸量分別為 85.3、7.5、55.6、49.8、14.3 kg ha⁻¹，而杉木人工林為最低量，其年迴歸量分別為 11.9、1.0、5.8、5.5、2.1 kg ha⁻¹。

在天然闊葉林中，各養分迴歸量除了鈣以外 (其最低量在繁殖體)，皆以落葉組成分為最高，其次為繁殖體與其他部分，兩者迴歸量相近，枝條部分為最低。在杉木人工林中，除了鎂以外，各養分迴歸量則以葉子 > 其他 > 枝條 > 繁殖體。在次生闊葉林，除了氮、磷以外，養分迴歸量是以葉子 > 枝條 > 其他 > 繁殖體。

表 3. 三種林分枯落物量的各組成成分之養分年迴歸量 (kg ha⁻¹ yr⁻¹)Table 3. Annual nutrient recycled amount (kg ha⁻¹ yr⁻¹) of different litterfall composition of three stands in Hui-Sun Experiment Forest.

	C		N		P		K		Ca		Mg	
	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
天然闊葉林												
葉部	1358.7	60.4	47.7	55.9	3.6	47.7	32.7	58.8	33.1	66.4	9.0	62.9
枝條	281.8	12.5	7.7	9.0	0.6	8.3	5.1	9.2	5.6	11.3	1.6	11.2
繁殖體	326.0	14.5	14.2	16.6	1.6	21.7	11.1	20.0	3.4	6.9	1.9	13.4
其他	283.6	12.6	15.7	18.4	1.7	22.4	6.7	12.1	7.7	15.4	1.8	12.5
總量	2250.1	100.0	85.3	100.0	7.5	100.0	55.6	100.0	49.8	100.0	14.3	100.0
杉木人工林												
葉部	281.6	67.4	7.6	63.7	0.6	61.5	4.1	70.2	4.2	75.7	1.5	70.9
枝條	58.0	13.9	1.1	9.0	0.1	10.0	0.6	10.5	0.4	8.2	0.3	12.7
繁殖體	19.0	4.6	0.7	6.3	0.1	8.0	0.3	5.7	0.2	3.3	0.1	4.4
其他	59.0	14.1	2.5	21.0	0.2	20.5	0.8	13.6	0.7	12.8	0.2	12.0
總量	417.6	100.0	11.9	100.0	1.0	100.0	5.8	100.0	5.5	100.0	2.1	100.0
次生闊葉林												
葉部	1067.5	71.2	31.9	69.6	1.9	65.1	20.8	75.4	10.0	72.5	7.1	74.7
枝條	239.2	16.0	5.6	12.1	0.3	11.0	3.2	11.8	2.3	16.4	1.3	13.3
繁殖體	67.8	4.5	2.6	5.8	0.3	8.7	1.4	5.0	0.4	3.2	0.4	4.3
其他	124.4	8.3	5.7	12.5	0.5	15.2	2.2	7.8	1.1	7.9	0.7	7.7
總量	1498.9	100.0	45.8	100.0	3.0	100.0	27.6	100.0	13.8	100.0	9.5	100.0

四、討論

惠蓀林場的年枯落總量在天然闊葉林為 5.51 t ha⁻¹，在杉木人工林為 0.98 t ha⁻¹，而在次生闊葉林則為 3.66 t ha⁻¹，除了杉木人工林偏低外，另外兩種闊葉林符合世界亞熱帶落葉闊葉林的正常範圍 (1.2~5.8 t ha⁻¹)，但卻未到達熱帶落葉闊葉林的範圍 (5.6~11.6 t ha⁻¹) (Vogt *et al.*, 1986)。與近年國內森林枯落物相比較，天然闊葉林與福山闊葉林 (未受颱風侵襲年度) 枯落物量 5.60 t ha⁻¹ (林國銓, 1997) 及南仁山樣區枯落物量 5.48 t ha⁻¹ (劉湘瑤, 1994) 有相

似的年總量，但略高於棲蘭山枯落物量 5.07 t ha⁻¹ (林世宗, 1998)；次生闊葉林皆低於上述範圍；杉木人工林枯落量，則是國內目前研究針葉林相枯落物量中最低者。

三種林分的枯落物總量，若與同一試驗地的張華洲 (1997) 和陳佳慧 (2000) 的結果相比較 (表 4)，具有相同的趨勢，即年枯落物量以天然闊葉林 > 次生闊葉林 > 杉木人工林，這是由於林地中樹種組成影響所致，研究指出闊葉林所產生的枯落物具有較豐富的養分，其分解速率亦快於針葉林，林地有機物質循環速率

增加，不但會產生大量的枯落物，亦會促進枯落物的分解（Klemmedson, 1992；Xu and Hirata, 2002）。

雖然枯落物總量具有相同的趨勢，但與調查數據相比較，全年總量差異極大。比較三個年度間枯落物總量的差異，年總量（18.48 t ha⁻¹）及各組成之枯落物總量（10.48, 5.43, 1.82 t ha⁻¹），皆以 1998~1999 年時為最大量，而其他部分則以 2001 年時為最大量（1.14 t ha⁻¹），其中枝條部分在 1998~1999 年時高達 5.43 公噸，佔年總量 29%，這是因為受到強烈颱風侵襲所致。比較各組成分在各林分所分配的比例，可發現落葉在 1998~1999 年及 2001 年時，都以次生闊葉林具有最高比例；枝條在 1995~1996 及 1998~1999 年

時，以杉木人工林之百分比為最高；繁殖體則在 1998~1999 年及 2001 年時，以天然闊葉林有較高百分比，可看出枝條在杉木人工林中佔有極大的比例，這些枝條枯落物，其中以剝落的樹皮及被風吹掉的完整樹枝為最多。

本試驗期間受到 9 個颱風侵襲，但只有在月枯落物量有顯著的影響，特別是在 6~7 月，三種林分之枯落物量皆達到最高量，分別為 763.8 t ha⁻¹、264.9 t ha⁻¹、960.7 t ha⁻¹，因為在此期間連續遭受到 5 個颱風（奇比、尤特、潭美、玉兔、桃芝）影響所致。在全年枯落物量方面，只有在天然闊葉林中造成顯著影響，為張華洲（1997）結果的 1.5 倍，次生闊葉林則無差異，杉木人工林不但沒有因受到颱風的影響而增量，反而有大量下降的現象，推測可

表 4. 惠蓀林場三種林分不同年份間枯落物量比較

Table 4. The comparison of litterfall collected in different year of three stands in Hui-Sun Experiment Forest.

	總量	葉部		枝條		繁殖體		其他		
	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	%	t ha ⁻¹	%	t ha ⁻¹	%	t ha ⁻¹	%	
張華洲(1995~1996)										
天然闊葉林	3.63	3.36	92.5	0.20	5.5	0.04	1.2	0.03	0.8	
杉木人工林	3.62	3.32	91.6	0.22	6.0	0.04	1.1	0.05	1.3	
次生闊葉林	3.48	3.07	88.1	0.15	4.2	0.23	6.7	0.03	1.0	
總量	10.73	9.75		0.92		0.31		0.11		
陳佳慧(1998~1999)										
天然闊葉林	7.10	3.92	55.4	1.73	24.3	1.03	14.5	0.41	5.8	
杉木人工林	4.66	2.45	52.5	1.86	39.8	0.30	6.5	0.06	1.2	
次生闊葉林	6.72	4.11	61.2	1.84	27.4	0.49	7.3	0.28	4.1	
總量	18.48	10.48		5.43		1.82		0.34		
本研究(2001)										
天然闊葉林	5.51	3.33	60.4	0.69	12.5	0.79	14.4	0.70	12.7	
杉木人工林	0.98	0.65	66.8	0.14	14.2	0.05	4.6	0.14	14.4	
次生闊葉林	3.66	2.62	71.4	0.58	15.9	0.17	4.5	0.30	8.2	
總量	10.15	6.60		1.41		1.01		1.14		

能是因為 1999 年的颱風將整個樹冠層吹得乾乾淨淨，影響杉木人工林以後枯落量的掉落情況，抑或是特殊年度間所產生的現象，其詳細原因有待進一步的監測及更多的數據來證實之。

台灣地理位置處於季風區之海島，受到颱風侵襲的頻率甚高，對於森林枯落物的總量及性質有很大的影響。颱風的發生使全年枯落物量上升，通常為較無颱風年度枯落物量的 1.5~3 倍不等（張峻德、徐正鍾，1987；林世宗 1989；林國銓 1997）。颱風不但影響年枯落物量，也影響枯落物各成分所佔的比例，由表 4 可以明顯的觀察到，受到颱風影響落葉佔的比例由 88.1~92.5 % 下降至 52.5~71.4 %，其餘成分所佔比例皆有上升，特別是枝條上升最多，從 4.2~6.0 % 上升至 12.5~39.8 %，即落葉與枝條間的比例受到颱風影響所控制，當落葉比例越大時，枝條比例相對也越低。

由於颱風會形成大量的雨水和強風，使大量枯死木風倒，並造成未成熟的枝葉提早掉落，包含綠色新鮮葉、嫩枝條、未成熟花果實，這些含有很多易移動養分的有機物（特別是氮、磷、鉀），其養分含量通常會大於一般自然落下的枯落物。正常的月枯落物量除了在高峯期（指因生長季之初或結束及乾、濕季變化所造成之自然因素）時會有顯著的差異外，其餘應是平均分散於一整年當中，然颱風會造成枯落物集中於某幾天大量的掉落，這些突然大量輸入的枯落物，將會直接影響林地的養分循環，此枯落物可能是森林受到干擾後，在林相恢復初期重要養分來源（Xu and Hirata, 2002）。

惠蓀林場三種林分在枯落物的季節性變化月份間的差異大，可分為二個高峯期，一在 3 月（杉木人工林無此現象），此時為生長季，大量老葉被新葉取代而脫落，特別是在

天然闊葉林中，其 3 月的葉枯落量達到次高量，這是因 2~3 月正是台灣山龍眼和血藤的展葉期。另一高峯期為 6~7 月，是受到颱風的影響，使三種林分的葉枯落量皆達到最高量。年度內的高峯期，與張華洲、陳佳慧之結果比較，三個年度皆呈現出雙高峯，其中第一個高峯期，約在 3~6 月間，是受到生長季的影響，第二個高峯期，在 95~96 年時，與雨量有高度的相關性，隨雨量多寡而增減，在 98~99 及 2001 年，則是因颱風的侵襲所造成。

三種林分各組成之枯落物量，與陳佳慧（2000）結果相比較，試驗期間落葉與枝條掉落量的高峯期雖然不盡相同，但主要是隨著颱風侵襲程度而增減；繁殖體部分，三種林分的高峯期，除了次生闊葉林未達到雙高峯外，其餘皆類似。天然闊葉林和次生闊葉林在 3~4 月有較高量的繁殖體，主要為優勢木台灣山龍眼和血藤的開花期，和台灣黃杞的結果期所致。

養分迴歸於森林林床是藉由三個途徑所控制，分別為枯落物（litterfall）、穿落水（throughfall）及幹流水（stemfall），很多研究報告顯示，枯落物為養分迴歸於森林林床的最主要來源（Brinson *et al.*, 1980; Stevens *et al.*, 1989; Herbohn and Congdon, 1998），但由於鉀元素為移動性，容易遭受雨水淋洗，因此在大部分的森林中，鉀元素是藉由穿落水迴歸於林床為主要途徑。而養分含量之多寡，係隨枯落物總量的增加而增加，各林分之養分含量均以落葉為主要回歸方式，其量佔總枯落物量養分含量之 60 % 以上，三種林分之各養分的年輸入量，皆為天然闊葉林 > 次生闊葉林 > 杉木人工林。天然闊葉林的年輸入量，如與澳洲的熱帶雨林比較，其所含的養分含量皆較澳洲雨林高，特別是磷、鉀的含量，分別為澳洲雨林的 3.5 與 2.5 倍

(Herbohen and Congdon, 1998)。

養分含量是枯落物重量與其養分濃度所產生的結果，杉木人工林的養分濃度並不低，但由於其枯落物量很低，導致其迴歸量不高，與其他報告相比較，是目前杉木林相報告中，為最低養分迴歸量。這樣的結果，除了受到枯落物量多寡的影響外，亦有可能受到土壤肥力影響，使其養分濃度變低 (Herbohen and Congdon, 1998)，或是受到雨量淋洗影響，使蒐集網內之枯落物有部份的養分流失。

枯落物中落葉的養分含量比其他組成成分高，是林木養分迴歸的主要途徑，而季節的變化會明顯的影響落葉的養分濃度及含量，長期及短期氣候干擾會直接影響枯落物掉落的模式，在本研究中便有颱風的干擾，使得在颱風時期的枯落物組成分配有所改變。一年中枯落物的組成比例，可看出落葉在枯落物中佔有極高的比例 (表 2)，因此在養分流動上，落葉的養分流動控制著總枯落物量的養分流動，即使其他有機物組成中養分濃度高於落葉 (Pedersen and Bille-Hansen, 1999)。因此，落葉比其他組成成分在養分迴歸上扮演更重要的地位。

五、參考文獻

呂金誠、歐辰雄 (1996) 關刀溪長期生態研究區森林植群之初步研究(1)。中興大學實驗林報告 18(1) : 77-108。

林世宗 (1989) 不同栽植距離下柳杉林分之生長及其養分動態之研究。國立台灣大學森林學研究所博士論文。

林世宗 (1998) 棲蘭山闊葉林枯落物及其養分之變動。中華林學季刊 31(2) : 115-130。

林國銓 (1997) 福山闊葉林枯落物及枝葉層之動態變化。台灣林業科學 12(2) : 135-144。

張峻德、徐正鍾 (1987) 柳杉、杉木林脫落枝

葉量及養分含量之季節變化。中華林學季刊 20(4) : 47-64。

張華洲 (1997) 惠蓀林場三種林分枯枝落葉量及其養分含量之季節變動。國立中興大學森林學研究所碩士論文。

陳佳慧 (2000) 關刀溪不同林分枯落物及土壤養分含量之動態變化。國立中興大學森林學研究所碩士論文。

劉湘瑤 (1994) 南仁山區亞熱帶雨林凋落物量及其養分含量之研究。國立台灣大學植物學研究所碩士論文。

顏江河、陳佳慧 (2002) 惠蓀林場三種林分枯落物養分迴歸量之季節變化。林業研究季刊 24(1) : 53-70。

Brinson, M. M., H. D. Bradshaw, R. N. Holmes and J. B. Elkins (1980) Litterfall, stemflow, and throughfall nutrient fluxes in an alluvial swamp forest. *Ecology* 61 : 827-835.

Burghouts, T. B. A., N. M. Van Straalen and L. A. Harmon (1998) Spatial heterogeneity of element and litter turnover in a Bornean rain forest. *J. Trop. Ecol.* 14 : 477-506.

Fisk, M. C., S. K. Schmidt and T. R. Seastedt (1998) Topographic patterns of above and belowground production and nitrogen cycling in alpine tundra. *Ecology* 79 (7) : 2253-2266.

Herbohn, J. L. and R. A. Congdon (1998) Ecosystem dynamics at disturbed and undisturbed sites in North Queensland wet tropical rain forest. III. Nutrient returns to the forest floor through litterfall. *J. Trop. Ecol.* 14 : 217-229.

Klemmedson, J. O. (1992) Decomposition and nutrient release from mixtures of Gambel oak and ponderosa pine leaf litter. *For. Ecol. Manage.* 47: 349-361.

- Pedersen, L. B. and J. Bille-Hansen (1999) A comparison of litterfall and element fluxes in even aged Norway spruce, sitka spruce and beech stands in Denmark. *For. Ecol. Manage.* 114: 55-70.
- Rogers, H. M. (2002) Litterfall, decomposition and nutrient release in a lowland tropical rain forest, Morobe Province, Papua New Guinea. *J. Trop. Ecol.* 18 : 449-456.
- Rutigliano, F. A., A. Virzo De Santo, B. Berg, A. Alfani and A. Fioretto (1996) Litter Decomposition in decaying leaves of *fagus sylvatica* and needles of *abies alba*. *Soil Biol. Biochem.* 28(1): 101-106.
- Stevens, P.A., M. Hornung and S. Hughes (1989) Solute concentrations, and major nutrient cycles in a mature Sitka spruceplantation in Beddgelert Forest North Wales. *For. Ecol.Manage.* 27 : 1-20.
- Vogt, K. A., C. C. Grier and D. J. Vogt (1986) Production, turnover, and nutrient dynamics of Above-ground detritus of world forests. *Adv. Ecol. Res.* 15: 303-1377.
- Vitousek, P. M. and P. A. Matson (1984) Mechanisms of nitrogen retention in forest ecosystems: a field experiment. *Science* 255: 51-52.
- Xu, N. X. and E. Hirata (2002) Forest floor mass and litterfall in *pinus luchuensis* plantations with and without broad-leaved tree. *For. Ecol.Manage.* 157: 165-173.