

# 冠岳山에 植栽된 리기다소나무林에서의 落葉의 生産과 分解

金 載 根·張 楠 基  
서울대학교 사범대학 생물교육과

## Litter Production and Decomposition in the *Pinus rigida* Plantation in Mt. Kwan-ak

Kim, Jae-Geun and Nam-Kee Chang  
Dept. of Biology, College of Education, Seoul National University

### ABSTRACT

Annual production and decomposition of litter were studied in *Pinus rigida* plantation in Mt. Kwan-ak.

The peak time of litter production was October-November. The litterfall at that time was 54% of annual litter production. But the peak time of litterfall of reproductive parts was June-July. The peak times of litter production in *Alnus hirsuta* plantation were June-July, and November. It is thought that difference of seasonal distribution of litterfall between two forest types were assigned to litter falling factors such as temperature and insects.

Total amount of litter loss increased according to time. Particularly, the peak time of loss rate was July-August.

It was shown that the protein and phosphorus contents were accumulated in the litter for an experimental period. The amount of crude protein increased to 150% of initial amount. The amount of potassium was increased by August and then decreased rapidly. The contents of crude fat, holocellulose, lignin, and Na were decreased slowly. The loss of holocellulose was the largiest among them. Calcium was in steady state.

It was thought that this variation pattern was assigned to leaching of soluble parts by high temperature, rainfall and growth rate of microorganisms.

### 서 론

森林生態系에서 養分の 移入과 移出은 養分循環에서 重要하게 다루어지고 있으며, 양분의 이입은 주로 落葉에 의존하고 있다(Bray and Gorham, 1964). 양분의 이출은 주로 미생물에 의한 分解와 강우에 의한 洗脫로 이루어지고 있기 때문에 林床에서의 낙엽의 분해는 重要하게 다루어지고 있다.

낙엽의 생산량은 기온, 강우량 및 昆蟲 등에 의해 결정되며(Saito, 1981), 일반적으로 삼림이 平衡狀態에 도달하게 되면 생산량 또한 일정하게 유지된다(Turner and Lambert, 1986). 낙엽의 생산이 계절적으로 다른 양상을 나타내는데 반년 매해 같은 형태가 유지된다(Twilley *et al.*, 1986; Mitchell *et al.*, 1986; Sharma and Ambasht, 1987).

낙엽의 分解는 낙엽의 成分과 環境에 의해 결정된다(Kucera, 1959). 張과 朴(1986), 張 등(1987), 박과 이(1981) 등은 우리나라 삼림에서의 낙엽 분해율을 통한 양분순환을 밝혔다. 그리고 金과 張(1967)은 온도와 습도 및 무기물이 낙엽의 분해에 미치는 영향을 조사하였다. 낙엽의 성분에 따라서 분해율에 차이가 나타나는데(Kucera, 1959; Aber and Melillo, 1980; Melillo *et al.*, 1982; Berg *et al.*, 1982), 이중 C/N ratio가 분해속도에 가장 큰 영향을 미치고 있다(Fogel and Cromach, 1977). 낙엽이 분해되는 동안 구성성분의 변화가 나타나게 되며(Fahey, 1983), 이러한 변화는 구성성분의 분해율과 관련된다.

낙엽의 분해에 관련된 토양미생물의 數와 酵素活性度の 온도와 강우량에 따라서 영향을 받는다(Federle *et al.*, 1982). 우리나라 리기다소나무림에서 미생물의 변동은 Chang and Yoo(1986)에 의해 조사되었으며, 온도가 가장 높고 강우량이 많은 7-8월에 외분비효소의 활성도가 가장 높다고 하였다. 그러나 조사된 결과가 미생물의 수와 효소의 변화에 한정되었기 때문에 낙엽의 분해율을 결정할 수 있는 낙엽성분의 변화를 조사할 필요가 있다.

그러므로 본 연구에서는 우리나라에서 많이 식재되고 있는 리기다소나무 식재림에서 1년간의 낙엽생산량 변화와 낙엽을 구성하는 각 성분의 초기 분해과정을 조사하였다. 또한 낙엽이 낙하하는 시기와 분해되는 양상을 함께 고려하였다.

### 조사지소의 개황 및 연구방법

#### 조사지소의 개황

본 연구는 해발 692 m, 동경 126°57', 북위 37°27'에 위치하는 冠岳山의 산록에 위치한 서울大學校 교내의 리기다소나무 식재림에서 행하였다. 이 지역의 연 평균 기온은 11.6°C 이고 평균 강수량은 1364.8 mm이며(중앙기상대, 1985), 조사기간 동안의 월별 평균 기온 및 강수량은 Fig.1과 같이 8월의 평균 기온이 21.7°C로 가장 높고 1월의 평균 기온이 -4.8°C로 가장 낮다. 강수량은 7-8월에 가장 높게 나타났다.

조사지소를 중심으로 10×10 m<sup>2</sup> 방형구를 사용하여 이 지역의 植生을 조사한 바에 의하면, 목본종 교목은 모두 리기다소나무 (*Pinus rigida*)이며, 왕벚나무(*Prunus yedoensis*), 족제비싸리(*Amorpha fruticosa*), 싸리(*Lespedeza bicolor*), 졸참나무(*Quercus ser-*

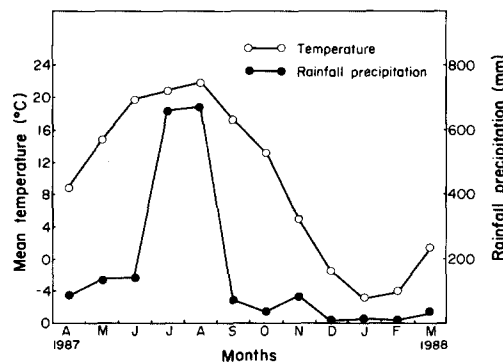


Fig. 1. Annual temperature and precipitation in Mt. Kwan-ak.

**Table 1.** Size-class distribution of trees in studied sites

Sites	Species	Size classes in centimeters, D.B.H.									
		1-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20
1	<i>Pinus rigida</i>			3	1	8	3	2	3	3	
	<i>Quercus acutissima</i>			1							
2	<i>Pinus rigida</i>		3	1	3	5	4	4	2	1	1
	<i>Quercus acutissima</i>		3								
3	<i>Pinus rigida</i>	1	4	1	4	6	2	2	1	3	1
	<i>Alnus hirsuta</i>		2								
	<i>Quercus acutissima</i>	2		1							
	<i>Robinia pseudo-acacia</i>		1								
	<i>Lespedeza bicolor</i>	1									
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	1									
4	<i>Pinus rigida</i>	1	1	1	4	6	9	3	2		
5	<i>Alnus hirsuta</i>	2	1	2	6	3	2	2			

*rutata*), 은행나무 (*Ginkgo biloba*), 땅비짜리 (*Indigofera kirilowii*), 병꽃 (*Weigela subsessilis*), 조팝나무 (*Spiraea prunifolia* var. *stellipila*), 물오리나무 (*Alnus hirsuta*), 진달래 (*Rhododendron mucronulatum*), 당단풍나무 (*Acer pseudo-sieboldianum*), 상수리나무 (*Q. acutissima*), 개웃나무 (*Rhus trichocarpa*), 아까시나무 (*Robinia pseudo-acacia*), 붉나무 (*R. chinensis*) 등이 관목의 형태로 나타났다. 초본으로는 닭의장풀 (*Commelina communis*), 등골나물 (*Eupatorium chinensis* var. *simplicifolium*), 명석말기 (*Rhubs parvifolius*), 양지꽃 (*Potentilla fragarioides*), 김의털 (*Festuca ovina*), 축 (*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 그늘사초 (*Carex lanceolata*), 고삼 (*Sophora flavescens*), 매화노루발 (*Chimaphila japonica*), 꿩이밥 (*Oxalis corniculata*), 오이풀 (*Sanguisorba officinalis*), 쇠풀 (*Andropogon brevifolius*), 무릇 (*Scilla scilloides*), 새 (*Arundinella hirta*), 미역취 (*Solidago virga-aurea* var. *asiatica*), 맑은대쭉 (*Artemisia keiskeana*), 구절초 (*Chrysanthemum zawadski* var. *latilobum*), 담쟁이덩굴 (*Phathenocissus tricusnidata*), 새팻 (*Phaseolus nipponensis*), 비수리 (*Lespedeza cuneata*) 등이 나타났다. 그리고 모든 조사지소의 樹冠은 닫혀있었다.

조사지소별 size class분류 (Table 1)에 의하면, D.B.H. 6-12 cm에 해당하는 개체가 많았으며, 각각의 sites가 비슷하였다.

**생산량 조사**

리기다소나무 식재림 세곳 (site 1.2.3)을 선정하여 낙하량으로 생산량을 측정하였다.

Litter trap은 0.5×0.5 m<sup>2</sup>의 나무틀에 mesh size 0.6 mm인 화학섬유를 덮은 것으로, 지상 0.6 m 높이에 설치하였다. Litter trap안에 들어간 litterfall은 1987년 4월부터 1988년 3월까지 1개월당 2회 회수하였으며, 회수한 litterfall은 잎, 가지와 꺾질, 생식부위 (꽃과 종자), 그리고 기타 (곤충의 배설물, 리기다소나무 이외의 litterfall 등)로 각각 나누었으며, 85°C에서 24시간 건조시켜 1개월 단위로 생산량을 나타내었다.

**낙엽의 분해 조사**

### Litter bag의 설치 및 회수

전년도에 떨어진 리기다소나무잎을 1987년 3월 21일에 채집하였으며, mesh size 0.6 mm 인 화학섬유로 20×25 cm litter bag을 제작하여, 자연건조시킨 리기다소나무 잎을 50 g씩 넣어 봉하였다. 이 litter bag을 1987년 4월 1일 리기다소나무 식재림(site 4)에서 미생물의 所藏에 가장 많고, 분해가 왕성한 humus층(金과 張, 1967; Chang and Yoo, 1986)에 넣어두고, 1개월에 1개씩 회수하여 분석에 이용하였다. 또한 1987년 4월 1일부터 1개월마다 1개씩의 litter bag을 동일한 곳의 humus층에 넣었다가 1988년 3월 31일에 회수하여 분석에 이용하였다.

### 분석 방법

회수한 litter bag속의 낙엽을 공기중에서 충분히 건조시킨 후 분쇄기로 갈아 standard sieve No. 35-60 사이의 것을 시료로 사용하였다.

수분함량은 105°C 항온기속에서 24시간 건조시킨 후 측정하였다. 총 인산량 및 Na, Ca, K량은 시료를 450°C에서 4시간 灼熱시킨 후, 1/2 conc. HCl에 용해시킨 후 증류수로 희석하여, Whatman No. 44여과지로 여과시킨 후 측정하였다. 희석용액내의 인산량은 standard molybdate법에 의해 spectrophotometer로 정량하였으며, Ca, Na, K는 시료를 450°C의 전기로에서 4시간 태운 후 燒失量으로 측정하였다. 粗蛋白質은 flame emission법에 의해 flame photometer로 정량하였다(Chapman, 1976). 유기물함량 micro-Kjeldahl법으로 정량한 질소함량에 6.25를 곱하여 산출하였다(한국생화학회, 1979). Holocellulose는 75°C에서 sodium chlorite와 10% acetic acid로 lignin을 제거하여 얻었다(Allen *et al.*, 1974). 조지방은 soxhlet기구에서 ethyl-ether로 6시간 추출하였으며, lignin은 72% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 사용하는 Allen *et al.*(1974)의 방법을 사용하였다.

위의 모든 분석은 반복으로 행하였으며, 결과는 평균값을 사용하였다.

## 결과 및 논의

### 생산량의 조사

리기다소나무 식재림에서의 연간 낙엽 총 생산량은 604.4 g/m<sup>2</sup>·year이었으며, 이중 54%가 10월과 11월에 낙하하였다(Fig. 2). 이중 생식부위는 6-7월에 67%가 낙하하였으며, 가지와 꺾질은 30%가 7월에 낙하하였다. 우리나라의 다른 곳에서의 생산량(高, 1987)도 이와 비슷하게 나타나고 있다. 미국에서 *Pinus*속의 생산량의 경우 *P. banksiana* 907.0 g/m<sup>2</sup>(Foster and Morrison, 1976), *P. contorta* 168 g/m<sup>2</sup>(Fahey, 1983)에 비교할 때 중간 정도의 값을 가진다고 할 수 있으나, Olson(1963)의 낙엽 생산량에 대한 기준중에서 매우 높은 편이라고 할 수 있는 400 g/m<sup>2</sup> 이상이 낙하하기 때문에 생산량은 매우 높았다고 할 수 있다.

1년간 낙엽의 낙하량은 계절에 따라 큰 차이를 보이고 있다(Fig. 2). 낙엽은 주로 10월과 11월에 낙하하고 있는데 이것은 낙엽의 落下要因(Saito, 1981)중 기온의 강하 때문에 나타난 현상이라 할 수 있다. 생식부위는 주로 6-7개월에 낙하하고 있는데, 이것은 수꽃의 開花가 5월말에 이루어지고(張 등, 1988), 이후 바람과 강우에 의해서 떨어지기 때문이라 생각된다. 그리고 종자는 생식부위의 변화에 영향을 거의 미치지 못하고 있다. 또한 그림에는 별도로 나타내지 않았지만 7월에 나뭇가지와 꺾질이 많이 떨어졌는데, 이것은 장마기간 중의 바람과 강우에 의한 영향으로 사료된다. 이외의 기타부분은 연중 고

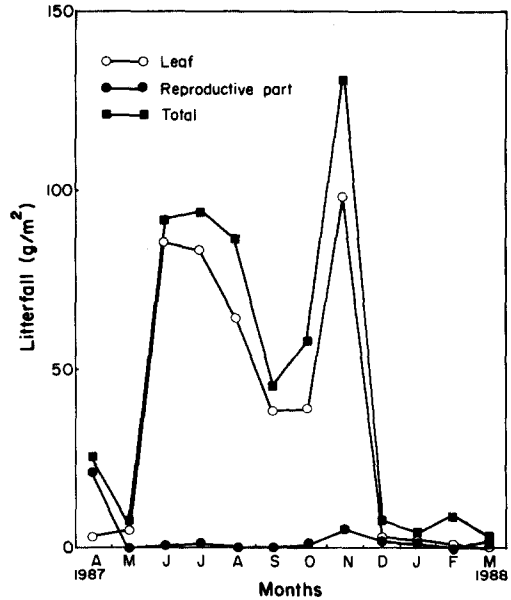
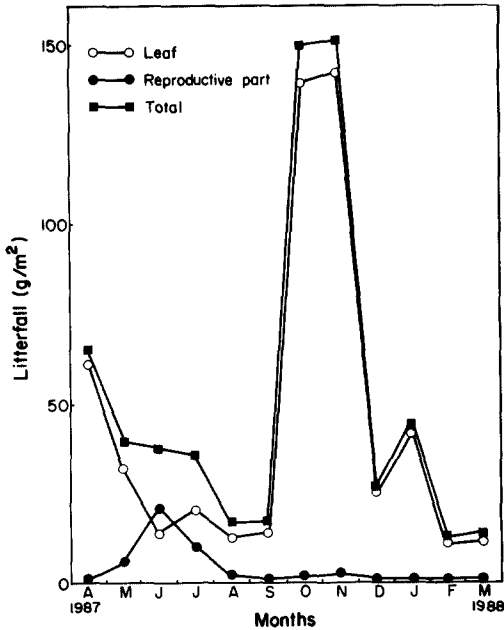


Fig. 2. Annual fluctuation of litterfall in *Pinus rigida* plantation.

Fig. 3. Annual fluctuation of litterfall in *Alnus hirsuta* plantation.

르게 낙하하였다. 이것은 Fig. 3의 물오리나무(*Alnus hirsuta*)의 낙하 양상과 다르게 나타났다. 즉 물오리나무의 경우 총 559.5 g/m<sup>2</sup>·year이 낙하하였는데, 6-8월의 사이에 이 중의 48.5%가 낙하하고 있으며, 이것은 10월과 11월의 33.4%보다도 많았다. 이것은 6-8월의 사이의 蟲害에 의한 것으로 본 조사결과 밝혀졌으며, 이러한 결과는 솔잎혹파리에 감염된 *Pinus densiflora*(미발표)에서도 나타났다. 그리고 생식부위는 주로 4월에 낙하하고 있으며, 11월에도 어느정도 낙하하고 있다. 4월에 낙하하는 것은 주로 開花後의 수꽃이었으며, 11월의 것은 주로 종자였다. 이것은 물오리나무가 리기다소나무보다 종자의 생산이 많음을 의미한다. 물오리나무림에서는 기타에 해당하는 것이 상당히 많이 낙하되었는데 이것의 대부분은 주변에서 날아온 낙엽송의 잎이었다. Fig. 2와 Fig. 3의 total은 잎과 생식부, 그리고 별도로 표시하지 않은 가지와 꺾질, 기타의 종합을 의미한다. 이 두 종류의 경우에는 낙엽의 낙하양상이 서로 다르게 나타나고 있다. 그러나 Sharma and Ambasht(1987)의 *Alnus nepalensis*에서 나타나듯이 낙엽 낙하요인의 큰 변화가 없을 때에는 해마다 같은 양상의 월별 낙하량을 보일 것으로 생각된다.

이러한 월별 낙하량의 차이는 월별 분해량, 더 나아가 양분의 순환에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

### 낙엽의 분해

회수시기를 중심으로 본 유기물함량의 변화

1년간 건량의 감소는 약 30%가 일어났으며, 특히 7-8월에 17%가 감소되었다. 수분 함량은 7월까지 증가한 후 거의 일정수준을 유지하였다(Fig. 4). 유기물질과 조지질, holocellulose, lignin의 감소는 건량의 경우와 비슷한 양상을 보이는 반면, 조단백질은 점차 증가하여 일년 후에는 처음의 15% 정도까지 되었다(Fig. 4-7). 이들의 감소는 holocellulose 45%, 조지질 30%, 유기물질 30%, lignin 15%가 각각 일어났다.

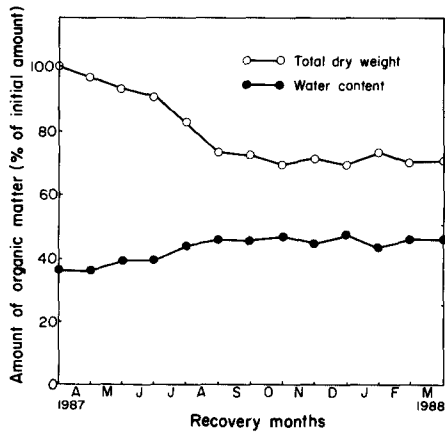


Fig. 4. Percentage of initial organic matter remaining and percent water content of material remaining during decomposition in litter bags of *Pinus rigida* leaves.

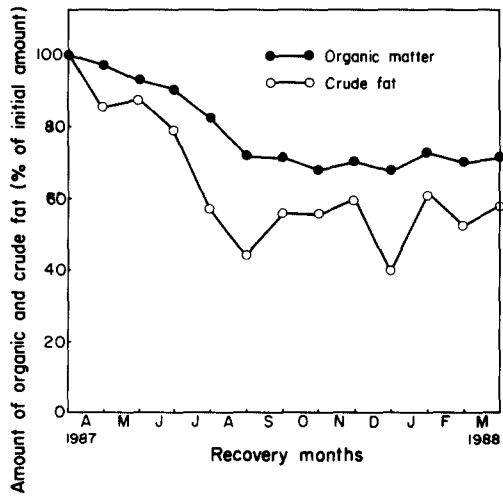


Fig. 5. Percentages of initial organic matter and crude fat during decomposition of *Pinus rigida* leaves.

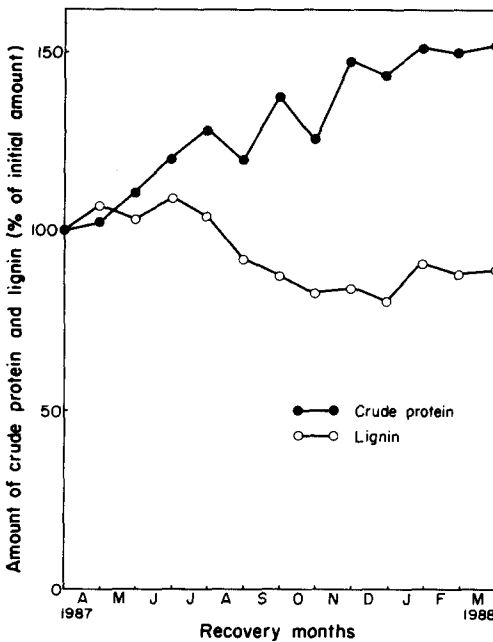


Fig. 6. Percentages of initial crude protein and lignin remaining during decomposition of *Pinus rigida* litter.

*Pinus rigida*의 30%는 감소가 많이 일어난 것이며, 이는 낙엽의 질과 환경적인 요소의 차이에 의한 것(Mentemeyer, 1978)으로 생각된다.

조단백질을 제외한 모든 유기물의 감소(Fig.4-7)가 7-8월에 집중되었는데, 이는 온

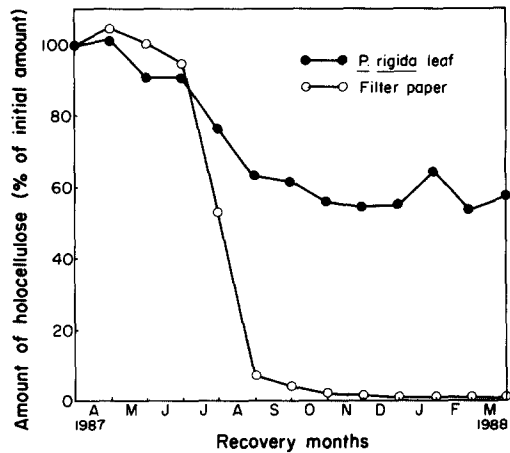


Fig. 7. Percentages of initial holocellulose of *Pinus rigida* leaves and filter paper remaining during decomposition.

Berg *et al.*(1982)의 scots pine에서 건량의 감소는 처음 일년동안 27%가 일어났으며, Fahey(1983)의 *Pinus contorta*에서는 21-23%의 건량감소가 일어났다. 이에 비하면 *Pinus rigida*의 30%는 감소가 많이 일어난 것이며, 이는 낙엽의 질과 환경적인 요소의 차이에 의한 것(Mentemeyer, 1978)으로 생각된다.

도와 습도에 의한 영향(Brinson, 1977; Chang and Yoo, 1986; Federle *et al.*, 1982)으로 思料된다. 그리고 이러한 영향은 Fig.1의 평균기온과 강수량의 변화에서 예상할 수 있다. 또한 이때에 수용성 탄수화물도 상당히 감소하고 있다는 것을 Suberkropp *et al.* (1976)과 O'Connell(1987), Yavitt and Fahey(1986)의 결과에서 알 수 있다. 이들중 lignin과 holocellulose는 낙엽의 주성분이며, 분해가 잘 일어나지 않는 물질로 알려졌다 (Suberkropp *et al.*, 1976). 이들 두 성분중 導管을 구성하는 lignin의 분해가 상당히 늦게 일어남을 알 수 있다.

조단백질의 경우(Fig.6)는 점차 증가하는 양상을 보이는데, 이는 Yavitt and Fahey (1986), Brinson(1977), Melillo *et al.*(1982), Fahey(1983)의 결과와 일치한다. 그러나 실제 낙엽자체의 단백질 함량이 1년내에 처음의 절반수준으로 줄어든다는 Yavitt and Fahey(1986)의 결과를 보면, 조단백질의 증가가 낙엽자체의 변화에 의해서라기 보다는 외부의 유입에 의한 것이라고 할 수 있다. 이러한 현상을 설명하기 위하여 Fahey(1983)는 낙엽을 분해하는 곰팡이의 무기물조성 변화와 실험실에서의 분해과정을 조사하였으나, 곰팡이에서의 질소농도가 더 높다는 사실을 밝히지 못하였다. 그래서 Yavitt and Fahey(1986)는 낙엽을 통과하기 전의 물과 통과 후의 물에 존재하는 무기물양의 변화를 조사하였다. 이들의 실험결과를 종합해 보면, 미생물은 외부에서 질소를 받아들이고 있으며 많은 양의 미생물이 분해 초기단계에 외부에서 移入되고 있다고 한다. 그리고 이러한 결과는 Chang and Yoo(1986)의 미생물의 변동(Fig.14)과 일치하고 있다. Lignin은 7-8월에 가장 많이 감소하나 조단백질을 제외한 유기물중 가장 적게 감소한다(Fig.6). 이것은 조단백질을 제외한 유기물중 lignin의 분해율이 가장 낮다는 Oh(1976)의 결과와 일치하며, 이러한 사실 때문에 장기간의 분해율 결정요소로 작용하고 있다(Berg *et al.*, 1982). 조단백질과 lignin의 이러한 특징을 이용하여 낙엽의 성분과 분해율과의 관계를 조사하였으며, 이 결과 조단백질의 함량(Melillo *et al.*, 1982), 또는 C/N ratio(O'Connell, 1987; Fogel and Cromack, 1977)에 의해 분해율이 결정된다고 한다. 또한 Melillo *et al.*(1982)은 N의 함량이 많은 낙엽일수록 lignin의 함량이 분해율이 더 큰 영향을 미친다고 한다. Holocellulose의 경우에도 7-8월에 가장 많이 분해되었는데 이것은 동일한 장소에서 거름종이를 가지고 행한 실험에서 더욱 잘 나타나고 있다(Fig.7). Cellulose에 관한 Chang and Yoo(1986)의 실험에서도 역시 6-8월에 cellulase activity가 전체의 34%로 가장 높게 나타난다. 또한 온도와 강수량이 CMCase activity와 상관관계가 크게 나타난 것과 미생물의 소장(Fig.14)이 많아진다는 사실로 미루어 미생물이 cellulose를 분해하여 살아감을 알 수 있다.

Fig.8은 유기물별 농도를 나타낸 그림이다. 전체유기물질의 농도는 점차 감소하다가 1월부터 갑자기 증가하는데 이것은 상대적으로 무기물의 함량이 감소한다는 것을 뜻하며, 이는 Fig.9의 무기물변화에 잘 설명되고 있다. Holocellulose는 농도가 점차 낮아지며, lignin과 조단백질은 점차 증가한다. Lignin과 조단백질 농도의 증가는 여러 연구(Oh, 1976; Suberkropp *et al.*, 1976; Yavitt and Fahey, 1986; Berg *et al.*, 1982; Melillo *et al.*, 1982) 결과와 일치되며, 이는 조단백질의 경우는 미생물과 lignin의 경우는 분해율과 관련이 있지만 이들 둘이 서로 결합하여 분해가 더 안되는 lignin-protein복합체를 형성하기

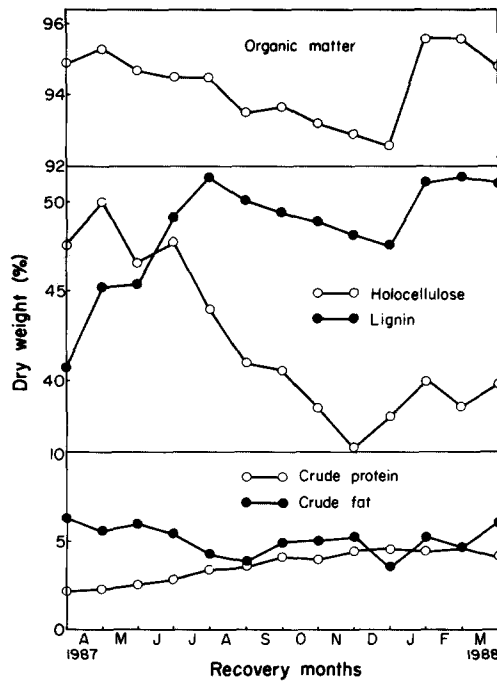


Fig. 8. Changes in organic nutrient concentrations during decomposition of *Pinus rigida* leaves.

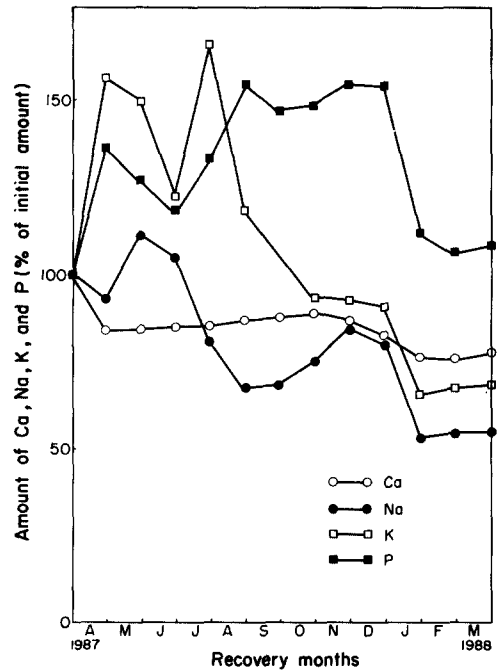


Fig. 9. Percentages of initial elements remaining during decomposition of *Pinus rigida* leaves.

회수시기를 중심으로 본 무기물함량의 변화

Fig.9는 무기물함량의 변화를 나타내고 있는데, P의 경우는 점차 증가하다가 1월이 되어 떨어지는 반면 K는 7월까지 증가하다가 이후 급격히 감소한다. Ca의 경우는 처음의 85% 수준을 계속 유지하였으며, Na의 경우는 심한 변화를 나타내며 처음의 54%까지 감소하고 있다.

P의 증가는 일반적으로 나타나는 양상(Brinson, 1977; Yavitt and Fahey, 1986; Maheswaran and Attiwill, 1987; Gosz *et al.*, 1973; Fahey, 1983)을 보이고 있으나, Ca의 경우에는 일정하게 감소해 다른 연구(Fahey, 1983; Maheswaran and Attiwill, 1987; Yavitt and Fahey, 1986)와 다른 양상을 보였다. K의 경우는 Brinson(1977), Yavitt and Fahey(1986), Maheswaran and Attiwill(1987), Gosz *et al.*(1973), Fahey(1983) 및 Attiwill(1987)의 결과와 다른 양상을 보인다. 즉 이들의 결과에서는 점차 감소하나, 본 결과(Fig.9)에서는 증가하다가 갑자기 감소한다. 특히 8월 이후에 갑자기 감소하는 현상으로 보아 강우량과 관계가 있다고 사료된다. 무기물의 첨가에 의한 분해율의 변화시에, 첨가후 분해율이 커진다는 사실은 낙엽자체가 가지는 무기물의 양이 미생물의 최적의 상태로 번식하기에는 부족하다는 것을 의미한다. 무기물 첨가실험(金과 張, 1967)에 의하면 P만이 분해율에 영향을 주고 있다. 그리고 Kucera(1959)에 의하면 양이온은 식물체에 soluble form으로 존재하여 초기에 빨리 감소한다고 한다. 그러므로 본 실험결과의 경우 P만이 미생물의 생장에 제한요소가 될 정도로 적게 존재하며, 나머지는 충분히 존재한다고 할 수 있다. 특히 Ca와 같은 경우에는 미생물이 살기에 적당한 양이 존재한다고 할 수 있다.



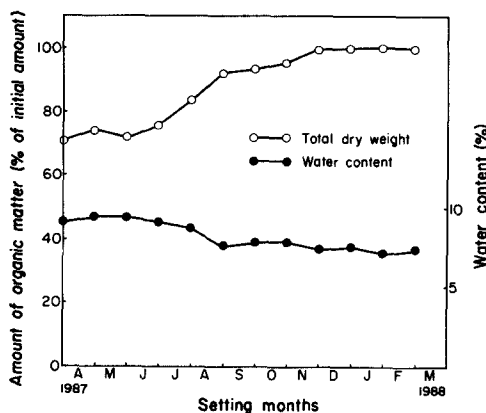


Fig. 10. Percentages of initial organic matter remaining and percent water content of material remaining during decomposition in litter bags of *Pinus rigida* leaves.

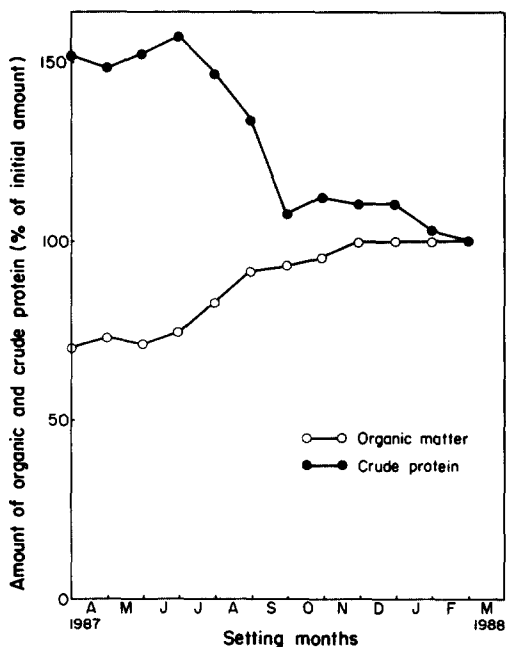


Fig. 11. Percentages of initial organic matter and crude protein remaining during decomposition of *Pinus rigida* leaves.

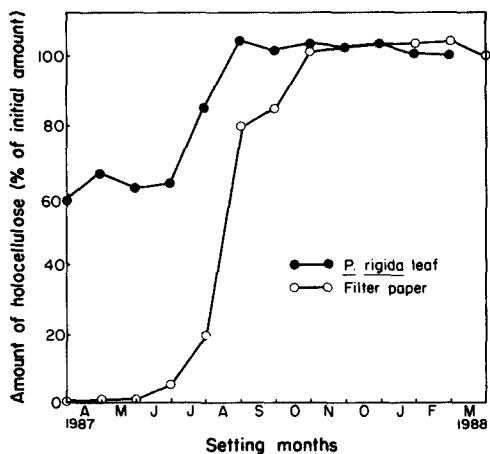


Fig. 12. Percentages of initial holocellulose of *Pinus rigida* leaves and filter paper remaining during decomposition.

1월 이후에 모든 무기물의 양이 급격히 감소하였다. 이것은 그동안 분해에 관여하던 미생물이 추위에 의해 죽은 후 눈이 녹은 물에 여러 이온들이 씻겨내려가기 때문이라고 생각되며, 이를 밝히기 위해서는 더 많은 실험이 필요하다고 생각된다.

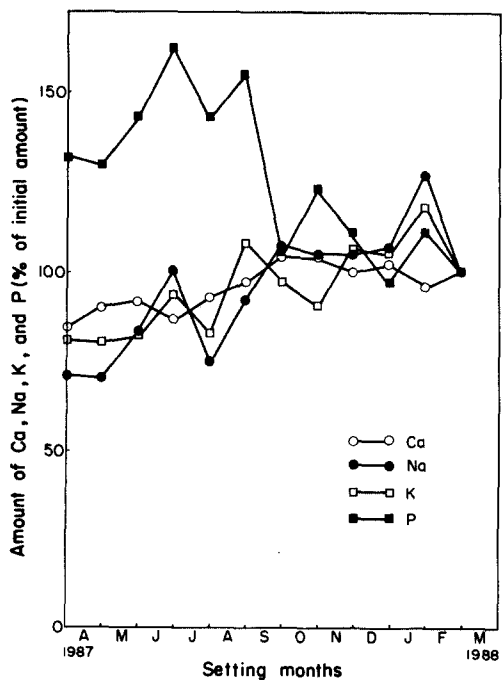


Fig. 13. Percentages of initial elements remaining during decomposition of *Pinus rigida* leaves.

설치시기를 중심으로 본 유기물-무기물함량의 변화

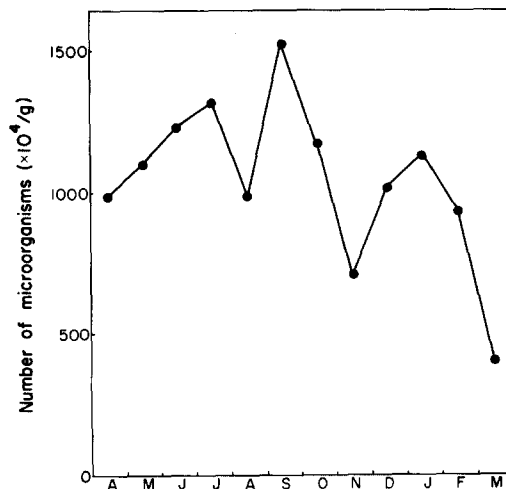
Fig.2-3에 의하면 낙엽의 낙하가 일정 시기에만 일어나는 것이 아니라, 양적으로는 차이가 있지만 연중 꾸준히 일어나고 있다. 그러므로 낙엽의 분해 또한 매월 이입되는 양과 이출되는 양을 함께 고려해야 한다.

Fig.10-13은 매월 이입되는 낙엽에 중심을 둔 분해양상이다. 총 건량의 감소는 4-5월에 설치한 것이 비슷하며, 7-8월 사이에 설치한 것에서 차이가 심하게 나타나고 있다. 그 이후에는 비슷하게 감소한다. 이것은 Fig.4에서와 같은 현상을 나타내고 있다. 즉 7-8월의 분해요인이 낙엽의 분해에 가장 많이 작용하고 있음을 나타낸다. 수분함량(Fig.10) 또한 8월 이후에는 일정하게 나타나고 있으며 이는 낙엽의 분해정도에 따라 수분함유량에 차이가 남을 의미한다.

총 유기물질과 조단백질(Fig.11)은 Fig.5와 6의 결과와 같게 나타난다. 즉 총 유기물질의 경우는 낙하된 낙엽이 오래될수록 많이 분해되며, 특히 7-8월 사이에 가장 많은 분해가 일어났다. 그리고 조단백질의 경우에는 7-8월을 중심으로 급격히 증가하고 있음을 보여준다. 이는 7-8월을 중심으로 미생물의 移入과 번식이 주로 이루어지고 있음을 나타낸다. Fig.12의 holocellulose분해 역시 대부분이 7-8월에 이루어지고 있으며, 이는 Fig.7의 결과와 일치한다. Fig.13의 무기물 변화양상 또한 Fig.9의 결과를 뒷받침하고 있다. 즉 무기물의 변화는 미생물의 변화와 강수량의 변화에 크게 영향을 받는다.

낙하되는 시기에 따라 낙엽의 성분이 다르다(Fahey, 1983) 할지라도 분해되는 양상은 비슷하리라 사료되므로, 위의 결과에서 나타난 것처럼 본조사지에서의 낙엽의 분해는 주로 7-8월에 이루어진다고 할 수 있다.

낙엽의 생산과 분해에 관한 본 연구의 결과에 나타나듯이 본조사지에서의 낙엽의 생산은 주로 10-11월에 낙하하고 있으나, 실제로 대부분의 분해가 일어나는 시기는 7-8월이다. 이것은 Chang and Yoo(1986)의 겨울철 결과와 다름을 의미한다. 즉 겨울철에도 미생물의 활성은 어느정도 유지된다 할지라도 실제로 분해되는 양은 아주 미미함을 의미한다. 그러나 겨울철을 제외한 다른 때의 분해는 미생물에 의해 영향을 받고 있으며, 7-8월의 강우에 의해 더욱 분해를 촉진시킬 수 있었다. 그리고 본 조사지에서의 낙엽분해 정도는 낙엽이 입상에 얼마나 오래 있었느냐에 의해 결정된다기 보다는 7-8월전에



낙하하였는지, 후에 낙하하였는지에 의해 정된다고 할 수 있다. 또한 낙엽의 분해에 미생물의 성장(Fig.14)이 크게 관여하고 있기 때문에, 미생물의 성장에 대한 제한요인으로 작용하고 있는 요소는 분해가 진행됨에 따라 그 양이 증가하는 질소와 인이라 할 수 있다.

Fig. 14. Annual fluctuation of microorganisms on humus horizon of a *Pinus rigida* stand in Mt. Kwan-ak; from data of Chang and Yoo (1986).

## 요 약

1987년 4월부터 1988년 3월까지 冠岳山의 리기다소나무 植栽林에서 落葉의 월별 生産量과 分解量을 조사하였다.

낙엽의 최대 落下時期는 10-11월이며, 이때 54%가 낙하되었다. 生殖部位의 최대 낙하시기는 6-7월로 67%가 낙하하였다. 이는 물오리나무의 6-7월, 11월의 최대 낙하시기와 다른 양상을 보였으며, 이러한 차이는 온도와 蟲害같은 낙하요인의 차이에 의한 것으로 思料된다.

낙엽의 총 분해는 오래될수록 많이 이루어졌으며, 주로 1년중 7-8월에 이루어졌다. 成分別 變化樣相은 다음과 같다.

粗蛋白質과 인은 분해가 이루어지는 동안 처음보다 증가하였으며, 조단백질은 처음의 150%까지 증가하였다. 칼륨은 점차 증가하다가 8월 이후에 갑자기 큰폭으로 감소하였다. 조지질, holocellulose, lignin, Na은 점차 감소하였으며 이 중 holocellulose의 감소가 가장 많이 이루어졌다. 칼슘은 일정수준을 계속 유지하였다.

이러한 변화양상은 고온과 降雨에 의한 수용성물질의 洗脫과 미생물의 성장율에서의 변화 때문이라고 생각된다.

## 引 用 文 獻

- Aber, J.E. and J.M. Melillo. 1980. Litter decomposition; measuring relative contributions of organic matter and forest soils. *Can. J. Bot.* 58:426-431.
- Allen, S.E., H.M. Grimshaw and J.A. Parkinson. 1974. *Chemical analysis of ecological materials*. Blackwell Scientific Pub. U.S.A. pp.243-254.
- Berg, B.K., T.P. Hannus and O. Theander. 1982. Changes in organic chemical components of needle litter during decomposition; long-term decomposition in a scots pine forest. I. *Can. J. Bot.* 60:1310-1319.
- Bray, J.R. and E. Gorham. 1964. Litter production in forest of the world. *Advances in Ecological Research* 2:101-157.
- Brinson, M.M. 1977. Decomposition and nutrient exchange of litter in an alluvial swamp forest. *Ecology* 58:601-609.
- Chang, N.K. and J.H. Yoo. 1986. Annual fluctuations and vertical distribution of cellulase, xylanase activities and soil microorganisms in humus horizon of a *Pinus rigida* stand. *Korean J. Ecol.* 9:231-241.
- 張楠基·朴相昌. 1986. 남한의 松柏林에 있어서 낙엽의 生産과 分解에 관한 연구. *한국생태학회지* 9: 79-90.
- 張楠基·金南一·金載根. 1988. 冠岳山에서 空中花粉의 飛散時期와 飛散量の 변화. *한국생태학회지* 11: 193-200.
- 張楠基·李性圭·李福善·金姬伯. 1987. 韓國의 落葉分解圖 및 年間 無機養分循環에 관한 研究. *한국생태학회지* 10: 183-194.
- 중앙기상대. 1985. *한국기후편람*. pp. 40-51.
- Fahey, T.J. 1983. Nutrient dynamics of aboveground detritus in lodgepole pine (*Pinus contorta* ssp. *latifolia*) ecosystems, southeastern Wyoming. *Ecol. Monogr.* 53:51-72.
- Federle, T.W., V.L. McKinley and J.R. Vestal. 1982. Physical determinants of microbial colonization and decomposition of plant litter in an arctic lake. *Microb. Ecol.* 8:127-138.
- Fogel, R. and K. Cromack. 1977. Effect of habitat and substrate quality on Douglas fir litter decomposition in western Oregon. *Can. J. Bot.* 55:1632-1640.

- Foster, N.W. and I.K. Morrison. 1976. Distribution and cycling of nutrients in a natural *Pinus banksiana* ecosystem. *Ecology* 57:110-120.
- Foth, H.D. 1984. Fundamentals of soil science. 7th. John Wiley and Sons. New York. pp.152-154.
- Gosz, J.R., G.E. Likens and F.H. Bormann. 1973. Nutrient release from decomposing leaf and branch litter in Hubbard Brook forest, New Hampshire. *Ecol. Monogr.* 43:173-191.
- 한국생화학회. 1979. 실험생화학. 탐구당. 서울. pp. 83-84.
- 金遵敏·張楠基. 1967. 土壤有機物の分解에 미치는 土壤微生物, 濕度 및 無機鹽類. 서울大學校 師範大學報 9 : 117-126.
- 高孝善. 1987. 계룡산과 팔공산의 高度에 따른 落葉의 生産과 分解에 관한 연구. 서울大學校 大學院 碩士學位論文.
- Kucera, C.L. 1959. Weathering characteristics of deciduous leaf litter. *Ecology* 40:485-487.
- Maheswaran, J. and P.M. Attiwill. 1987. Loss of organic matter, elements and organic fractions in decomposing *Eucalyptus microcarpa* leaf litter. *Can. J. Bot.* 65:2601-2606.
- Meentemeyer, V. 1978. Macroclimate and lignin control of decomposition rates. *Ecology* 59:465-472.
- Melillo, J.M., J.D. Aber and J.F. Muratore. 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf decomposition dynamics. *Ecology* 63:621-626.
- Mitchell, D.T., P.G.F. Coley, S. Webb and N. Allsopp. 1986. Litterfall and decomposition processes in coastal Fynbos vegetation, southwestern Cape, south Africa. *J. Ecology* 74:977-993.
- O'Connell, A.M. 1987. Litter dynamics in Karri (*Eucalyptus diversicolor*) forests of south-western Australia. *J. Ecology* 75:781-796.
- Oh, K.H. 1976. The decomposition rates of the organic constituents of the litter in *Pragmatis longivalvis* grassland in a delta of the Nakdong River. M.E. Thesis, Seoul National University.
- Olson, J.S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 44:322-331.
- 박봉규·이인숙. 1981. 남한의 삼림생태계에 있어서 낙엽의 분해 모델. 한국생태학회지 4 : 38-51.
- Saito, H. 1981. Factors affecting annual fluctuations and annual litterfall in evergreen coniferus (*Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc.)
- Sharma, E. and R. Ambasht. 1987. Litterfall, decomposition and nutrient release in an age sequence of *Alnus nepalensis* plantation stands in the eastern Himalaya. *J. Ecology* 75:997-1010.
- Suberkropp, K., G.L. Godshark and M.J. Klung. 1976. Changes in the chemical composition of leaves during processing in a woodland stream. *Ecology* 57:720-727.
- Turner, J. and M.J. Lambert. 1986. Nutrition and nutritional relationships of *Pinus radiata*. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17:325-350.
- Twilley, R.R., A.E. Lugo and C. Patterson-Zucca. 1986. Litter production and turnover in basin mangrove forests in southwest Florida. *Ecology* 67:670-683.
- Yavitt, T.B. and T.J. Fahey. 1986. Litter decay and leaching from the forest floor in *Pinus contorta* (Lodgepole pine) ecosystems. *J. Ecology* 74:525-545.

(1989年 2月 3日 接受)