

낙엽활엽수림에 있어서 표고 경도에 따른 임상유기물량의 변화

이 명 중¹⁾

Changes of the Amount of Forest Floor Organic Matter in Deciduous Forest along the Altitudinal Gradient

Myong - jong Yi¹⁾

요 약

강원대학교 부속 연습림의 낙엽활엽수림에서 임상유기물(O층)의 집적에 미치는 표고의 영향을 조사하였다. 표고가 높아짐에 따라 O층의 두께는 증가하였으며, 이러한 경향은 F2층과 H층에서 뚜렷하였다. O층의 두께(X, cm)와 무게(Y, kg/m²)의 관계는 직선회귀식 $Y(kg/m^2) = aX(cm)$ 에 근사하였으며, F2층, H층 및 F2 + H층에 대한 계수 "a"의 값은 각각 0.43, 0.61 및 0.53이었다.

유기물의 용적중은 F2층, H층 및 F2+H층에서 각각 45g/dm³, 60g/dm³ 및 55g/dm³ 전후로 추정되었다. O층의 양은 표고 280m에서의 13ton/ha으로부터 표고 710m의 41ton/ha의 범위에 있었으며, F1, F2 및 H층은 각각 5~10ton/ha, 5~11ton/ha 및 13~40ton/ha의 범위를 차지하였다.

ABSTRACT

Altitudinal effects on the accumulation of O layer were examined for deciduous broad-leaved forests in the experimental forest of Kangwon National University. There found a marked increased towards the higher altitudes in the thickness of O layer. These trends could be observed conspicuously on the F2 and H layers. The relation between thickness (X, cm) and dry weight (Y, kg/m²) of O layer was approximated by linear regression equations; $Y(kg/m^2) = aX(cm)$. The values of coefficient "a" for the F2, H and F2+H layers were 0.43, 0.61 and 0.53, respectively. Bulk densities of the accumulated organic matter estimated nearly to be 45g/dm³ in F2 layer, 60g/dm³ in H layer and 55g/dm³ in F2+H layer. The amount of O layer ranged from 13ton/ha for the forest at 280m in altitude to 41ton/ha for the upper forest at 710m in altitude. Among these total amount of the O layer, F1, F2

1) 강원대학교 임과대학 임학과. Department of Forestry, College of Forestry, Kangwon National University Chunchon, Korea.

and H layer occupied to be 5~10ton/ha, 5~11ton/ha and 13~40ton/ha, respectively.

Key words : O layer, deciduous forest, bulkdensity, altitudinal gradient

서 론

삼림생태계에 있어서 토양은 물질이 집적·순환하는 장소로서 삼림의 생활에 있어 매우 중요하다. 일반적으로 삼림토양에서는 임상유기물의 분해와 무기화가 느리고 다량의 유기물이 토양에 집적하는데 그의 과정은 토양의 형성이나 삼림의 생활과 직접 관계하고 있다.

토양으로의 유기물의 집적은 식물의 고사로 출발한다. 동·식물의 유체(litter)는 litterfall로서 토양에 공급되며 이것이 삼림생태계의 특유 모습인 임상을 형성하게 된다. 임상의 유기물층(O층)은 그 공급원인 식물유체의 분해정도에 따라 다양한 모습으로 나타나며 삼림생태계의 물질순환에 있어서 중요한 역할을 한다. 수체-O층-토양을 통한 물질의 순환은 삼림의 생산력을 지탱하는 근본 메커니즘이란 것은 잘 알려진 사실이다. 1960년 이후 IBP를 계기로 이 분야의 연구는 여러 외국에서 인공림, 천연림을 불문하고 활발하게 연구되어, 수종, 임령, 위도, 표고, 지위, 토양형 등의 입지 인자에 따라 질적·양적으로 그 경향이 크게 다르다는 것이 명확히 밝혀졌다(河田, 1971;堤, 1987, 1989;Yoda and Kira, 1971;Maruyama et al., 1977).

그러나 삼림대 중에서 활엽수림을 대상으로 한 자료는 상대적으로 적으며, 또한 산지에 있어서 기본적인 환경경도인 표고의 효과를 주요 인자로 보고 검토한 예는 드물다(丸山, 1965; Yoda and Kira, 1971;Maruyama et al., 1977).

본 연구에서는 강원대학교 부속연습림의 활엽수림을 대상으로 표고차에 따른 임상유기물의 집적량의 차이를 조사한 결과를 정리하였다. 이는 지속적인 물질생산 시스템으로서의 활엽수림의 물질적 기반이나 배경을 밝히는 하나의 실마리를 얻기 위함이며, 또한 표고 환경 효과의 실태에 대한 일부도 파악할 수 있을 것으로 생각된다.

조사지 및 조사방법

조사지는 강원대학교 부속 연습림내 구절산의 신갈나무가 우점하고 있는 활엽수림을 대상으로 하였다. 조사내용 및 조사방법은 Maruyama 등(1977)의 수법을 따랐다. 표고차에 의한 임상유기물(O층)의 양적 차이를 조사하기 위한 조사구는 급격한 변화의 미지형을 피하고 가능한 한 동일 사면 방향의 완만한 사면을 선정하였다. 이렇게 함으로서 어느 정도 방위, 경사도, 지형 등의 국부적인 입지조건을 유사하도록하여 얻어진 결과는 기본적으로 표고의 효과로 볼 수 있다고 간주하였다. 단, 산정부근에는 암석지가 널리 분포하고 복잡한 미지형으로 되어 있기 때문에 동일사면의 조사지 선정이 불가능하였으므로 북동사면을 선정하였다.(표 1)

산정 부근을 제외한 하부의 조사지는 서~남서 사면이었다. 구절산의 표고 280m, 410m, 560m, 710m에 각각 20m×20m의 조사구(P1~P4)를 설정하였다. 조사구의 개요를 표 1에 나타냈다.

Table 1. Outline of the study sites.

Plot	Altitude	Slope inclination	Aspect	Tree density
	m	°		stems/ha
P1	280	6	W	392
P2	410	18	S22° W	423
P3	560	13	S48° W	380
P4	710	21	N28° E	365

임상유기물층(O층)의 시료는 4개 조사구 모두 50cm×50cm 방형틀을 설치하고 1개 조사구 당 5개소씩 채취하였다. O층의 채취에 있어서는 먼저 분해의 정도에 따라 L층, F층 및 H층으로 구분하고 방형틀 내의 O층 두께를 측정하고, 동시에 현지에서 생중량을 측정하였다. 이 때 수목 및 초본식생의 뿌리는 제거하였다. 이들 시료를 층위별로 일부 채취하여 실험실로 옮겨 72시간 건조한 후 각각의 중량을 측정하여 수분함량을 구했다.

L층은 신선하며 원형을 그대로 유지하는 임상의 낙엽층을 한정하는 것으로 (Pritchette and Fisher, 1987; 河田와 小島, 1976), 본 조사의 시기는 새로운 낙엽이 있기 2개월전이었으며 또한 활엽수림의 경우 L층에 대한 두께의 측정은 매우 애매모호한 경우가 많았으므로 금회의 연구에서는 L층에 대한 측정은 생략하였다.

F층에 대해서는 분해의 진행 정도에 따라 비교적 분해초기의 F1층과 분해가 상당히 진행되어 mat상으로 채취할 수 있는 F2층(Maruyama et al., 1977)으로 나누었다. H층은 litter가 분해된 세편들이 포함되어 있지 않은 무정형의 층으로 하였다.

결과 및 고찰

현지와 실내에서 측정된 자료를 이용하여 O층의 두께, O층의 두께와 무게와의 관계 및 O층의 집적량에 대한 결과를 정리하였다. 이들 항목에 대한 해석방법은 주로 기존의 방법(Maruyama et al., 1977)을 따랐다.

O층의 두께

각 조사지의 표고차에 따른 O층의 각 층위별(F1, F2 및 H)의 두께에 대한 시료를 정리하여 그 결과를 빈도분포도(그림 1)로 나타냈다.

그림 1에서 표고차에 따른 층별 두께의 변화를 보면 상대적으로 F1층에서 가장 적게 나타나 표고차에 따른 변화가 적었으며, mode는 1.3~2.3cm 정도였다. F1층의 분해가 더욱 진행하여 F2층이 되면 mode는 다소 이동하는 경향을 나타냈다. 즉 표고 280m에서 0.5cm 정도의 mode가, 표고 410m에서 1.5cm, 530m에서 2.5cm, 710m에서 4cm 정도로 표고가 높아짐에 따라 점차 증대하였다.

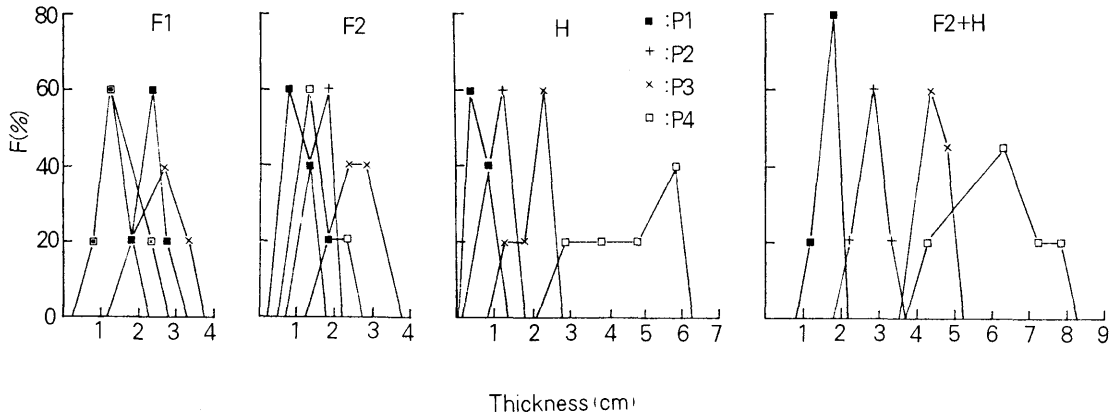


Fig. 1. Frequency curves on the thickness of O layer in deciduous forest along the altitudinal gradient.

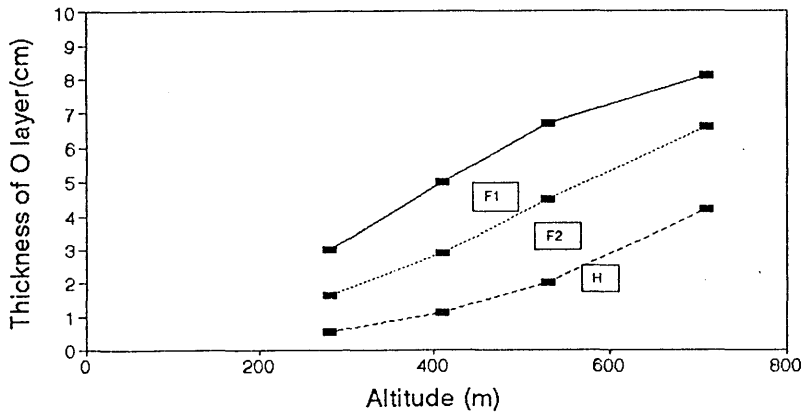


Fig. 2. Changes of the thickness of O layer at different altitudes in deciduous forest.

한편 이와 같은 경향은 H층에서 좀 더 뚜렷하게 나타났다. 또한 F2층과 H층의 합계의 두께에 있어서도 280m에서 1.8cm 전후의 mode가, 410m에서 2.8cm, 530m에서 4cm 및 710m에서 6cm 정도로 나타나 표고가 높아짐에 따라

점차 증가하는 경향을 나타냈다.

이와 같은 결과로 표고의 증가에 따른 임상 유기물의 두께의 증가는 분해 중에 있는 유기물층인 F층 중에서도 F1층보다는 F2층이, F2층보다는 부식의 H층에서 유래함을 나타낸다고

볼 수 있다. 이것은 丸山와 北村(1965)가 너도밤나무림에서 고도에 따른 토양유기물의 변화를 조사한 결과나 표고를 주요환경도의 지표로 하여 유기물의 집적량을 연구한 이전의 보고(Maruyama et al., 1977)와 일치한다.

이와 같은 표고와 임상유기물의 평균두께와의 관계를 그림으로 나타내 보면 그림 2와 같다.

그림 2에서 보면 F1층은 F2층이나 H층에 비하여 표고차에 따른 증감의 변화가 상대적으로 적었으며, 1.5~2.0cm 정도의 범의에 있었다. 이에 대하여 F2층은 최저표고인 280m에서 약 1cm 정도의 두께였으나, 410m에선 약 1.8cm, 530m 및 710m에서는 약 2.5cm 정도로 점차 증가하였다. 한편 표고차에 따른 H층의 두께변화는 F2층의 경우보다도 더욱 현저하여 280m에서 약 0.5cm의 두께가 표고 530m 및 710m에서는 각각 2cm 및 4cm 정도에 이르렀다. 결과적으로 F2+H층의 두께를 보면 710m에서는 6.5cm 정도로 280m에서의 1.5cm 정도의 두께보다 약 4배 증가했음을 알 수 있었다.

임상유기물층 중에서 최상부 낙엽층(L층)을 제외한 O층(F1+F2+H) 전체에 대하여 보면 280m에서는 약 3cm 정도의 두께가, 표고 710m에서는 8cm 정도에 달하는 것으로 나타났다. 본 조사에서는 L층은 앞에서 설명한 이유때문에 생략되었으나, 이를 포함시킨다면 O층의 전체 두께는 하부 산록에서는 4cm 전후, 산정 부근에선 9cm 전후가 될 것으로 예측된다. 이 결과는 Maruyama et al. (1977)이 너도밤나무림에서 조사한 표고 500m에서의 4cm 전후나 산정 부근 1500m에서의 10cm 전후의 두께보다 높은 값을 나타냈다. 朝日(1983)은 동경대학교

북해도 연습림의 표고 300m에서 900m 사이에는 표고가 증가함에 따라 O층의 두께가 점차 증가하고, 700~900m에서 최대치가 보이는 사실을 확인하였다.

이와 같은 사실들은 동일한 환경경도를 가진 사면일지라도 표고차에 따른 토양의 수분환경이 임상유기물의 분해속도에 영향을 미치기 때문으로 생각되며(Waring과 Schlesinger, 1986; 堤, 1989), 따라서 이와 같은 임상의 상태 변화는 삼림생태계의 물질순환계에 크게 관여한다고 볼 수 있다.

O층의 두께와 무게

각 표고별로 조사채취한 O층의 각 층위별의 두께(X, cm)와 무게(Y, kg/m²)의 측정치로부터 두께-무게의 관계를 나타내면 그림 3~5와 같다.

앞에서 설명한 바와 같이 본 조사에서의 F1층은 표고의 고저에 따른 증감의 경향도 명확하지 않았으며 현지에서의 두께측정시 F2층 및 H층에 비하여 결코 정확성을 기대하기 어려웠기 때문에 F2층, H층 및 F2+H층에 대하여 검토하였다.

표고에 따른 두께(X, cm)와 무게(Y, kg/m²)의 관계는 F2층과 H층에서 각각 $Y_{F2}(dw \cdot kg/m^2) = 0.43 \times F2(cm)$ 및 $Y_H(dw \cdot kg/m^2) = 0.61 \times H(cm)$ 의 비추정식에 근사시킬 수 있었다. F2 및 H의 각각 X-Y관계에 대한 기울기는 다소 다르게 나타났으며, H층에서는 F2층에 비하여 약 1.4배의 용적비중(bulk density)을 갖는 것으로 나타났다. 즉 같은 임상의 O층에서도 단위 용적당 건조중량은 F2층 보다 H층이 약 1.4배 전후인 것을 알 수 있다.

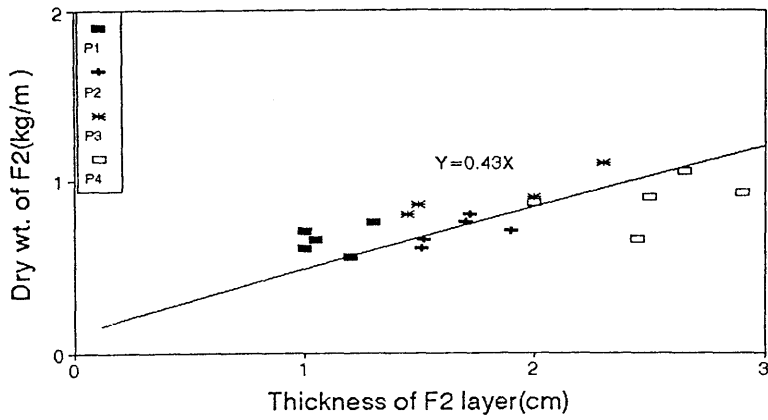


Fig. 3. Relationship between the thickness and dry weight of F2 layer at different altitudes in deciduous forest.

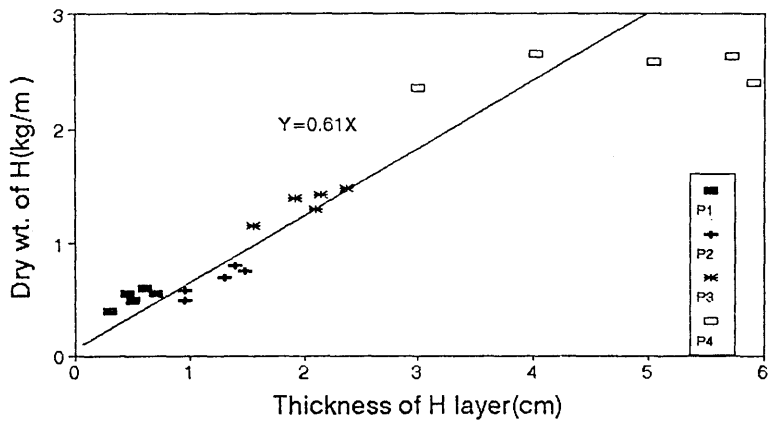


Fig. 4. Relationship between the thickness and dry weight of H layer at different altitudes in deciduous forest.

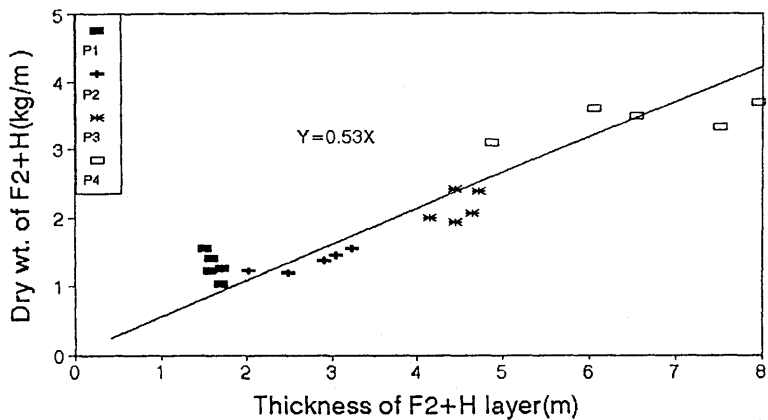


Fig. 5. Relationship between the thickness and dry weight of F2+H layer at different altitudes in deciduous forest.

한편 F2+H층의 X-Y관계는 $Y_{F2+H}(dw \cdot kg/m^2) = 0.53 \times F2+H(cm)$ 에 근사하였다. 이 값은 Maruyama 등 (1977)이 너도밤나무림에서 조사한 F2+H의 값 기율이 0.93보다 낮았다.

이상의 결과에 의하면 신갈나무를 우점종으로 하는 본 조사지역의 O층의 용적비중은 F2층에서 대략 $45g/dm^2$ 전후 H층에서 $60g/dm^2$ 전후, 그리고 F2+H층에서 $55g/dm^2$ 전후의 값을 갖는것으로 추정된다.

본 조사에서는 F1층은 앞에서 설명한 바와 같은 이유로 제외하였으나, F1층을 포함시킨다면 위의 용적비중값은 좀 더 낮아진다. 内田 (1959)가 일본 북해도의 침엽수림에서 임상의 퇴적부식에 대하여 조사한 용적중은 임상의 mor형 부식이 32.2, 해면상의 mor형 부식이 3.8인 경우를 제외하면 대부분이 10.3~16.0, 즉 $103 \sim 160g/dm^2$ 이었다. 또한 가문비나무림에서 O층의 용적중이 $100 \sim 130g/dm^2$ 인 조사 보고도 있다(四大學合同調査班, 1960). 이들의 값과 비교하면 본 조사의 온대활엽수림의 퇴적부식은 F2층, H층, F2+H층은 모두 아한대의, 더우기 침엽수림의 퇴적부식보다 훨씬 작았다.

유기물의 집적량

표고별 각 조사지의 $50cm \times 50cm$ 내의 O층 집적량의 실측치로부터, 표고와 O층의 집적량(평균치)의 관계를 그림 6과 표 2에 나타냈다.

F2층이나 H층에 비해 상대적으로 F1층은 표고차에 따른 변화가 적었으며 6~10ton/ha전후의 집적량을 나타냈다. 그러나 F2층은 F1층보다 표고가 높아짐에 따라 집적량이 많아지는 경향을 보였으며, ha당 5ton~11ton 정도의 범위였다. 고도에 따른 집적량의 차이는 F2층보다도 H층에 더욱 현저하게 나타났으며 280m에서는 3ton/ha정도였으나 510m에서는 약 11ton/ha로 증가하였으며 710m에서는 22ton/ha에 이르렀다.

F1+F2+H층, 즉 O층의 전체의 합계는 280m의 13ton/ha에서 710m의 41ton/ha정도의 범위에 있었다. 한편 앞에서 O층의 두께(X)와 무게(Y)의 비추정식으로부터 구한 값은 15ton/ha~42ton/ha으로 다소 큰 값을 나타냈으나 큰 차는 없었다. 실측치와 추정치 모두 유기물의 집적량은 고도에 의존하는 경향이 뚜렷하였다.

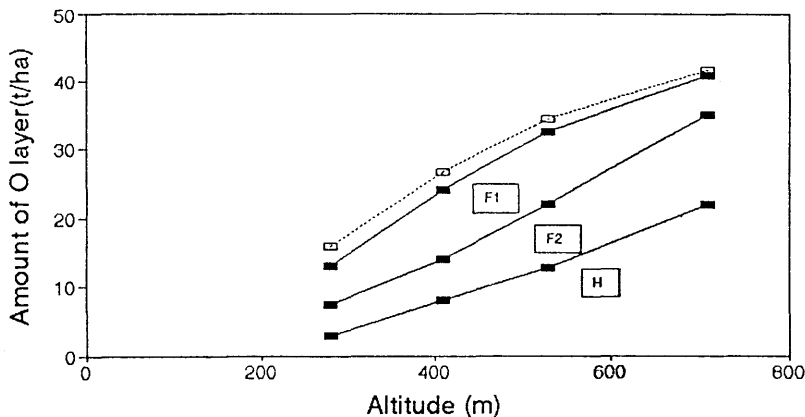


Fig. 6. Changes of the amount of O layer along the altitudinal gradient. Dotted line denotes the estimates of O layer values.

Table 2. The thickness and dry weight of accumulates O layer in deciduous forests.

Altitude	O layer thickness				O layer dry weight			
	F1	F2	H	Sum	F1	F2	H	Sum
<i>m</i>		<i>cm</i>			<i>ton/ha</i>			
280	1.4	1.1	0.5	3.0	5.54	4.52	3.02	13.08
410	2.4	1.7	1.2	5.3	10.06	6.08	8.30	25.44
530	2.5	2.3	1.7	6.5	10.51	9.23	11.41	31.16
710	1.5	1.7	4.1	7.3	8.12	11.08	22.10	41.30

본 조사에서의 추정치 15~42ton/ha의 값은, 침엽수림에서의 30~96ton/ha(内田, 1959), 분비나무림에서의 30~96ton/ha 및 가문비나무림에서의 76ton/ha(四大學, 1960) 보다 낮았으나 물참나무림의 5.5~5.7ton/ha보다는 많았으며, 낙엽송림의 12.6~46.8ton/ha과 비슷하였다(河田, 1971).

삼림에서 임상유기물의 집적은 수목을 주체로 하는 삼림식생의 litter가 토양으로 공급되는 속도와 이들의 분해속도간의 균형에 의해 좌우된다(Waring와 Schlesinger, 1987; Olson, 1963). 그러므로 집적량의 차이를 가져오는 원인에는 공급속도의 차이에 의해서 유래하는 것과, 분해속도의 차이에서 오는 것이 있을 것이다.

본 조사지의 임목밀도는 표고별로 큰 차이가 없으며(표 1), 신갈나무가 우점하는 낙엽활엽수림으로 개체목의 크기에 있어서도 크게 다르지 않았다. 그러나 임상유기물(O층)의 차이는 커서 하부산록보다 상부에서 3배 정도 많았다(그림 6, 표 2). 이와 같은 상·하부의 차이는 유기물의 공급속도의 차이라기 보다는 분해속도의 차이에서 유래하였다고 볼 수 있다.

한편 분해속도의 차이를 유발하는 요인은 사면이라는 지형적 요인, 그에 따른 수분환경이나 물질의 이동 등에 따른 상황들의 차이가 삼림토양생물군의 분해활동에 영향을 미치기 때문으로 생각된다. Maruyama 등(1977)은 고해발지의 O층의 양이 많은 것은 저온에 의한 토양생물의 분해활동의 억제로 설명하였다. 또한

渡邊와 吉野(1971)은 유기물의 집적량과 토양동물의 현존량과는 반비례하며, 분해율과 토양동물량과는 비례한다고 했다.

본 연구의 내용은 유기물의 공급에 의한 집적량에 한정된 것이었으므로, 삼림생태계의 물질순환의 균형을 파악하기 위해서는, 유기물의 공급 및 분해에 대한 조사는 물론 광질 토양층의 양분원소, 특히 탄소, 질소, C/N비 등에 대한 조사가 진행되어야 할 것이다.

인 용 문 헌

1. 朝日正美. 1963. 東京大學校北海道演習林における森林土壤の分類に関する研究. 東大演報 58 : 1-132.
2. 河田 弘. 1971. 森林生態系における養分循環(總說). 森林立地 13 : 1-16.
3. 河田 弘·小島俊郎. 1976. 環境測定法IV-森林土壤-. 共立出版. 東京 166pp.
4. Maruyama, K., Utsumi, T. and Kera, H. 1977. Accumulation and turnover of soil organic matter and nitrogen along the environmental gradients -Ecological studies on natural beech forest(31)-. Bull. Niigata Univ. For. 10 : 19-40.
5. 丸山幸平·北村 剛. 1965. 高度による土壤有機物およびN量の變化 -ブナ林の生態學的研究(10)-. 日林講 76 : 123-126.

6. Olson, J.S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecol.* 44 : 322-331.
7. Prichett, W.L. and Fisher, R.F. 1987. Properties and Management of Forest Soils. John Wiley & Sons, Inc. 494pp.
8. 堤 利夫. 1989. 森林土壤學. 朝倉書店. 東京. 166pp.
9. _____. 1987. 森林の物質循環. 東京大學出版會. 124pp.
10. 渡邊弘之・古野東洲. 1971. 和歌山縣下のモミ, ツガ天然林の大型土壤動物相. 京大演報 42 : 44-50.
11. 内田丈夫. 1959. 北海道における針葉樹林の堆積腐植に関する研究. 林試研究 114 : 53-205.
12. Waring, R.H. and Schlesinger, W.H. 1987. Forest Ecosystems. Academic Press, Inc. New York. 340pp.
13. Yoda, K. and Kira, T. 1969. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. V. Accumulation and turnover of soil organic matter, with notes on the altitudinal soil sequence on Khao (Mt.) Luang, Peninsular Thailand. *Nature & Life in S.E. Asia* 6 : 83-110.
14. 四大學合同調査班. 1960. 森林の生産力に関する研究. (I) 北海道の主要針葉樹林について. 國策 パルプ. 東京.