

## 속리산 신갈나무림의 토양층별 영양염류 함량과 분해율

강 상 준\* · 한 동 열<sup>1</sup>충북대학교 사범대학 과학교육학부, <sup>1</sup>충북대학교 대학원 생물학과Nutrients and Decomposition Rate Accumulated on Soil Layers  
in *Quercus mongolica* Forest of Mt. Songnisan National ParkSang-Joon Kang\* and Dong-Yeoul Han<sup>1</sup>School of Science Ed., College of Ed., Chungbuk National University,  
<sup>1</sup>Graduate School, Chungbuk National University, Cheongju 361-763

**Abstract** - The content of nutrients such as organic carbon, nitrogen, phosphorus and potassium accumulated on soil layers in *Quercus mongolica* forest of Mt. Songnisan National Park located at central part of Korea was measured, and then the decomposition constants and decay times of the nutrients were also calculated by the negative coefficient model (Olson, 1963). The quantities of organic carbon of L-layer, F-layer, H-layer and A<sub>1</sub>-layer of the forest stand were 231.25 g m<sup>-2</sup>, 291.50 g m<sup>-2</sup>, 166.91 g m<sup>-2</sup> and 174.51 g m<sup>-2</sup>, respectively. The content of organic carbon and nitrogen contained in L-layer and F-layer showed large quantity than those of other layers. The large amount of phosphorus and potassium was observed at the H-layer and A<sub>1</sub>-layer. On the other hand, the decomposition constants (k) of soil organic matter were as follows : organic carbon (k = 0.3657), nitrogen (k = 0.3319), phosphorus (k = 0.2050), and potassium (k = 0.0934) and the decay times needed to 99% decomposition of nutrients in soil organic matter were as follows: that is, organic carbon, nitrogen, phosphorus and potassium was 13.94 years, 15.18 years, 24.79 years, and 55.11 years, respectively. By the application of Turbo Pascal Program on the inflowed and outflowed nutrients to the forest stand, 87.67% (714.84 g m<sup>-2</sup>) of organic carbon inflowed was decomposed and 81.62% (1,594.62 g m<sup>-2</sup>) of organic carbon accumulated was decomposed. And 84.98% of nitrogen inflowed was decomposed and 70.26% of nitrogen accumulated was also decayed. 50.00% of phosphorus input and 40.31% of potassium input were decomposed, and 38.46% of phosphorus and 33.03% of potassium accumulated were also decayed, respectively. Therefore, it is suggested that *Quercus mongolica* forest surveyed in the present study is maintaining in steady state because input and output amounts of nutrients is shown a similar pattern.

**Key words** : nutrients, Olson model, organic carbon, decomposition constant, decomposition time, decay model, accumulation model

\* Corresponding author: Sang-Joon Kang, Tel. 043-261-2730,  
Fax. 043-271-0526, E-mail. kangsj@cbucc.chungbuk.ac.kr

## 서 론

삼림 생태계에서 임상에 축적된 유기물의 대부분은 그 삼림을 구성하고 있는 수목의 낙엽이다(Ovington and Heitkamp 1960). 낙엽낙지(litter)는 식물체로부터 탈리하는 모든 유기물을 뜻하며, 잎 뿐만 아니라 작은 가지, 시들은 꽃과 열매, 그리고 죽은 뿌리도 포함된다. 식물체에서 탈리한 유기물은 토양과 미생물에 접촉하여 분해되는 과정에서 유기물내에 포함되어 있는 탄소는 CO<sub>2</sub> 가스로 방출되며, 나머지 무기물질은 식물의 영양염류(nutrient)로 사용된다. 따라서 낙엽의 분해는 삼림 생태계 내의 물질 순환에 있어서 가장 기본적인 과정이라고 할 수 있다(Berg and Agren 1984).

낙엽의 분해 속도는 기후조건, 낙엽의 종류, 토양의 조건, 고도, 방위등에 따라 다르다(박과 김 1985). 낙엽의 분해 속도가 지나치게 빠르면 삼림이 흡수하고 토양이 보유할 수 있는 양보다 더 많은 영양염류가 용탈됨으로써 토양의 비옥도를 낮출 수 있다. 반면에, 낙엽의 분해 속도가 느리면 임분에 두꺼운 낙엽층을 형성함으로써, 대부분의 영양염류는 낙엽층에 머무르게 되어 영양염류의 순환이 늦어지고, 수분을 많이 포함하게 되어 토양의 온도가 낮아지므로 수목의 생장에 불리하게 작용할 수 있다.

지금까지 낙엽의 분해와 축적에 관한 많은 수리적 모델들이 제시되어 왔다. 그 모델들 중 가장 많이 응용되어 쓰여지고 있는 것이 Olson(1963)의 질지수곡선 모델이다. 실제로 우리나라에서도 많은 학자들이 Olson 모델로 낙엽 분해율을 산출해 낸 연구들이 있다(박 등 1970; 박과 이 1980; 장과 김 1983; Chang and Han 1985; Chang and Lim 1986; 장 1989).

본 연구는 신갈나무(*Quercus mongolica*)림 토양에 축적된 영양염류량을 산출하고, 각 영양염류가 분해되는데 소요되는 시간을 Olson의 질지수곡선 모델로 추정하여 군락의 안정 상태 여부를 영양염류의 유입과 분해 속도로 판단해 보고, 아울러 CO<sub>2</sub> 순환을 모델링하는데 기초 자료를 얻고자 수행하였다.

## 조사지 개황

국립공원 속리산 용바위골에 형성되어 있는 신갈나무림(표고 560~640 m)은 북위 36° 32' 30", 동경 127° 50' 00"에 위치하고 있으며, 연강수량은 1,700~2,000 mm, 연평균기온은 11~12°C, 연평균 지면온도는 14°C이었다.

조사지 내의 임상에 50×50 cm<sup>2</sup>의 방형구를 임의로 5

개 지소에 설치하여 토양을 회수하였다. 5개 지소 중 2개 지소는 개활지의 토양을 채취하였고, 나머지 3개 지소는 피음하의 토양을 채취하였다. 조사지의 유기물층 깊이는 L층 2.5~3.5 cm, F층 2.5~3.2 cm, H층 1.1~1.8 cm, A<sub>1</sub>층 1.0~1.7 cm이었고, 각 층의 평균 깊이는 L층 2.94 cm, F층 2.86 cm, H층 1.48 cm, A<sub>1</sub>층 1.38 cm로 하층으로 갈수록 유기물을 함유한 층의 깊이가 낮아지는 경향을 보였다.

층별 건중량은 L층 339.37~709.91 g m<sup>-2</sup>, F층 440.80~937.29 g m<sup>-2</sup>, H층 328.68~785.69 g m<sup>-2</sup>, A<sub>1</sub>층 462.08~982.02 g m<sup>-2</sup>이었고, 각 층별 평균 건중량은 L층 530.04 g m<sup>-2</sup>, F층 723.45 g m<sup>-2</sup>, H층 497.75 g m<sup>-2</sup>, A<sub>1</sub>층 676.32 g m<sup>-2</sup>로 F층이 발달한 구조를 보였다.

조사지의 각 층별 수분 함량은 L층 26.16~41.37%, F층 48.96~67.14%, H층 54.74~67.16%, A<sub>1</sub>층 37.34~63.58%이었고, 각 층별 평균 수분 함량은 L층 36.17%, F층 57.20%, H층 59.94%, A<sub>1</sub>층 52.29%로 H층이 수분을 가장 많이 함유하고 있었고, 다음으로 F층, A<sub>1</sub>층 순이었으며, L층이 가장 적은 수분 함유율을 보였다.

신갈나무림의 임목밀도는 923본 ha<sup>-1</sup>이었고, 평균 흉고직경은 11.7 cm이었으며, 평균 수고는 11.6 m이었다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료 채취

토양은 임의로 5개 지소를 선정하여 50×50 cm<sup>2</sup>의 방형구를 설치하였고, 방형구 내에 들어 온 낙엽과 토양은 Wilde and Voit(1955)의 방법에 따라 채취·분류하였다. 층별로 분류한 토양은 토양봉투에 담아 밀봉하여 실험실로 운반하였고, 시료는 실온에서 충분히 건조시킨 후 분쇄기로 갈아 토양병에 보관하였다.

### 2. 유기탄소 (C)

시료 4g을 도가니에 담아 600°C 전기로에 넣고 6시간 작열시킨 후 건중량에서 회분량을 빼어 수중별 낙엽의 소실량을 계산하였다. 수중별 소실량을 보정계수 1.69로 나누어 ha당 임분에 유입된 유기탄소량을 산출하였다(Grogan 1998).

### 3. 질소 (N)

질소 분석은 Kjeldahl Protein/Nitrogen Analyzer 장치(Kjeltec Auto 1035/1038 System, Tecator AB)를 사용하였다.

#### 4. 인 (P)

5개 지소의 L층, F층의 분말 시료를 각각 2g씩 취하여 200 mL 플라스크에 넣고, 전처리를 한 후 parafilm으로 싸서 보관하였다. 또한 H층과 A<sub>1</sub>층의 시료는 2 mm sieve로 걸러 1 N Ammonium fluoride (NH<sub>4</sub>F) 30 mL와 0.5 N 염산 (HCl) 50 mL를 가한 후 증류수를 첨가하여 용액의 total volume을 1 L로 하였다. 250 μm Sieve로 거른 토양 2.85 g을 플라스크에 넣고 혼합액 20 mL를 가한 후 1분 동안 shaking하여 감압플라스크 여과장치를 사용하여 filtering을 하여 ICP Emission Spectrometer (ICPS-1000IV, Shimazu)로 인 함량을 분석하였다.

#### 5. 칼륨 (K)

H층과 A<sub>1</sub>층의 시료를 2 mm Sieve로 거른 분말을 플라스크에 5g 취하여 1 N Ammonium acetate (NH<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>COO) 50 mL를 가한 후 30분 동안 shaking하였고, 감압플라스크 여과장치를 사용하여 filtering을 한 용액을 ICP Emission Spectrometer (ICPS-1000IV, Shimazu)로 칼륨 함량을 분석하였다.

#### 6. 영양염류의 분해

유기탄소의 분해와 무기물의 분해는 Olson 모델을 적용하였고, 군락의 상태는 Turbo Pascal로 programming하여 임분에 유입된 영양염류 함량과 분해된 영양염류 함량을 분석하여 진단하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 유기탄소 (C) 함량

조사지의 토양층별 유기물 함량과 유기탄소 함량의 평균값을 Fig. 1에 나타내었다. 각 층별 유기물 함량은 L층이 260.07~540.95 g m<sup>-2</sup>로 평균 400.5 g m<sup>-2</sup>, F층이 303.63~655.68 g m<sup>-2</sup>로 평균 504.9 g m<sup>-2</sup>, H층이 186.03~386.82 g m<sup>-2</sup>로 평균 289.1 g m<sup>-2</sup>, A<sub>1</sub>층이 171.20~454.35 g m<sup>-2</sup>로 평균 302.3 g m<sup>-2</sup>으로서 F층이 유기물을 가장 많이 함유하고 있었다.

토양 내 유기탄소 함량은 L층이 150.16~312.33 g m<sup>-2</sup>로 평균 231.3 g m<sup>-2</sup>, F층이 175.31~378.57 g m<sup>-2</sup>로 평균 291.5 g m<sup>-2</sup>, H층이 107.41~223.34 g m<sup>-2</sup>로 평균 166.9 g m<sup>-2</sup>, A<sub>1</sub>층이 98.85~262.33 g m<sup>-2</sup>로 평균 174.5 g m<sup>-2</sup>으로서 F층, L층, H층, A<sub>1</sub>층 순으로 유기탄소 함량이 많았다.

토양층별 유기탄소 함유율은 Fig. 2에서 보는 바와 같

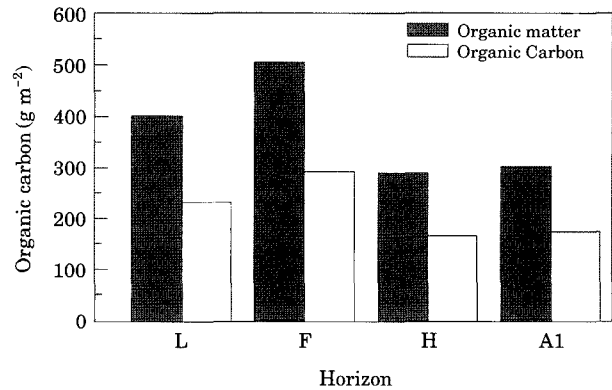


Fig. 1. The organic matter content and organic carbon content according to soil profile.

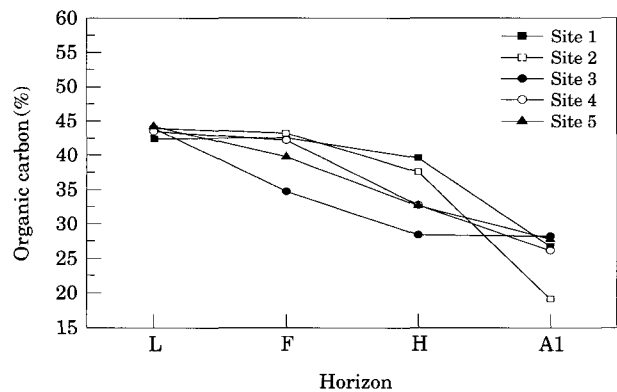


Fig. 2. The ratio of organic carbon content of soil layers according to the sites.

이 L층이 42.44~44.25%, F층이 34.75~43.24%, H층이 28.43~39.65%, A<sub>1</sub>층이 18.96~28.19%이었고, 층별 평균 유기탄소 함유율은 L층이 43.63%, F층이 40.29%, H층이 33.53%, A<sub>1</sub>층이 25.80%로 하층으로 갈수록 유기탄소 함유율이 낮아지는 경향을 보였으며, 조사지 내의 평균 유기탄소 함유율은 35.81%이었다.

낙엽층과 여러 토양층에 들어있는 유기탄소의 양을 분석해 보면, 낙엽이 임분으로 유입되어서 분해가 아직 진행되지 않은 L층은 Litter trap에서 회수한 낙엽 속에 포함되어 있는 평균 유기탄소 함유율(45.92~46.60%)보다 조금 낮았다.

임분의 토양층을 낙엽층과 집적층으로 구분하여 유기탄소 함량을 산출한 결과, 낙엽층(L층)이 231.25 g m<sup>-2</sup>이었고, 집적층(F층+H층+A<sub>1</sub>층)이 632.92 g m<sup>-2</sup>이었다.

#### 2. 질소 (N) 함량

신갈나무림의 토양층별 질소 함량은 Fig. 3에서 보는

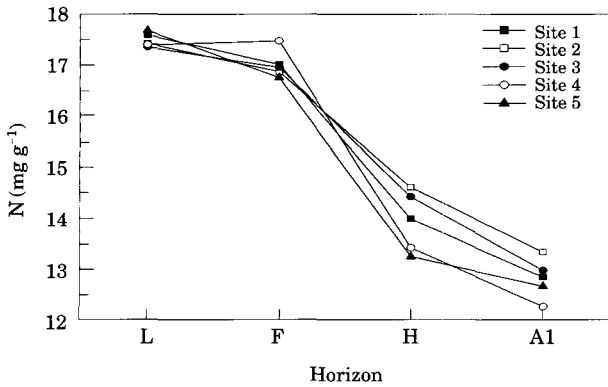


Fig. 3. The nitrogen content of soil layers according to the sites.

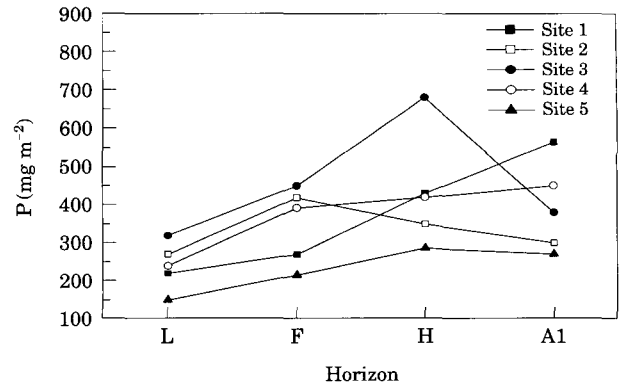


Fig. 5. The phosphorus content of soil layers according to the sites.

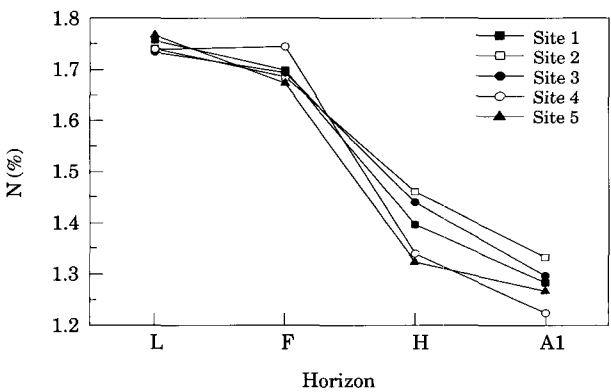


Fig. 4. The ratio of nitrogen content according to soil profile in 5 randomly selected areas in the studied area.

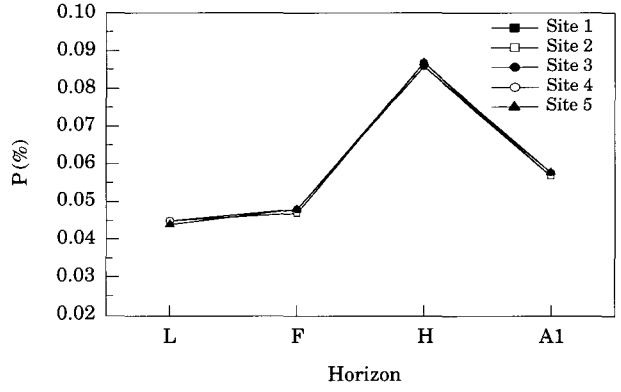


Fig. 6. The ratio of phosphorus content according to soil profile in 5 randomly selected areas in the studied area.

바와 같이 L층이 17.39~17.67 mg g<sup>-1</sup>, F층이 16.86~17.46 mg g<sup>-1</sup>, H층이 14.60~31.24 mg g<sup>-1</sup>, A<sub>1</sub>층이 12.24~13.33 mg g<sup>-1</sup>이었고, 각 층별 평균 질소 함량은 L층이 17.47 mg g<sup>-1</sup>, F층이 17.00 mg g<sup>-1</sup>, H층이 13.92 mg g<sup>-1</sup>, A<sub>1</sub>층이 12.80 mg g<sup>-1</sup>이었다. 이 양을 g m<sup>-2</sup>로 환산하면 L층이 9.249 g m<sup>-2</sup>, F층이 12.313 g m<sup>-2</sup>, H층이 6.972 g m<sup>-2</sup>, A<sub>1</sub>층이 8.642 g m<sup>-2</sup>이었다.

토양층별 평균 질소 함유율은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 L층이 1.75%, F층이 1.70%, H층이 1.40%, A<sub>1</sub>층이 1.28%이었고, 조사지 내의 평균 질소 함유율은 1.53%이었다.

토양층의 C/N 비는 L층이 24.93, F층이 23.70, H층이 23.95, A<sub>1</sub>층이 20.16이었고, 평균 C/N 비는 23.27이었다.

### 3. 인 (P) 함량

신갈나무림의 토양 2g속에 들어있는 용액 1mL당 인

함량은 L층이 4.41995±0.04~4.573 48±0.05 μg mL<sup>-1</sup>, F층이 4.78677±0.10~4.89093±0.10 μg mL<sup>-1</sup>, H층이 8.64461±0.08~8.79987±0.03 μg mL<sup>-1</sup>, A<sub>1</sub>층이 5.75352±0.04~5.86266±0.01 μg mL<sup>-1</sup>이었고, 층별 평균 인 함량은 L층이 4.52066 μg mL<sup>-1</sup>, F층이 4.8367 μg mL<sup>-1</sup>, H층이 8.7158 μg mL<sup>-1</sup>, A<sub>1</sub>층이 5.8118 μg mL<sup>-1</sup>이었다. 이 양을 mg m<sup>-2</sup>로 환산하면 L층이 240.00 mg m<sup>-2</sup>, F층이 349.33 mg m<sup>-2</sup>, H층이 433.34 mg m<sup>-2</sup>, A<sub>1</sub>층이 392.74 mg m<sup>-2</sup>이었다(Fig. 5).

토양층별 평균 인 함유율은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 L층이 0.044~0.045%, F층이 0.047~0.048%, H층이 0.086~0.087%, A<sub>1</sub>층이 0.057~0.058%이었으며, 조사지 내의 평균 인 함유율은 0.048%이었다.

### 4. 칼륨 (K) 함량

신갈나무림의 토양 2g속에 들어있는 용액 1mL 당 칼

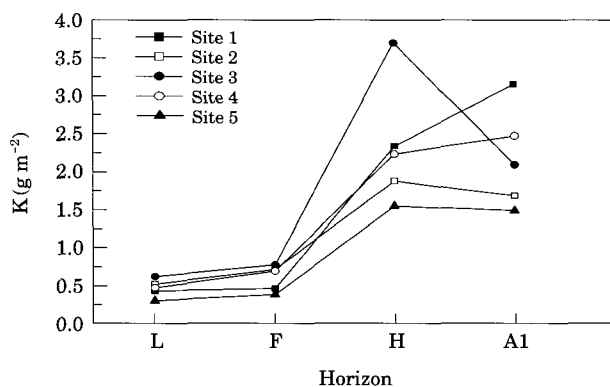


Fig. 7. The potassium content of soil layers according to the sites.

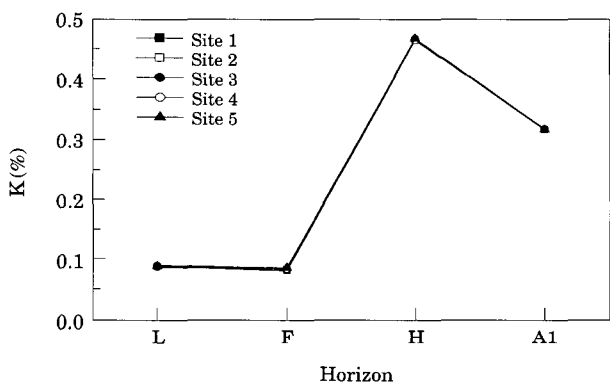


Fig. 8. The ratio of potassium content according to soil profile in 5 randomly selected areas in the studied area.

칼륨 함량은 L층이  $8.73350 \pm 0.16 \sim 8.94761 \pm 0.11 \mu\text{g mL}^{-1}$ , F층이  $8.10882 \pm 0.09 \sim 8.62069 \pm 0.06 \mu\text{g mL}^{-1}$ , H층이  $46.51358 \pm 0.12 \sim 46.85408 \pm 0.31 \mu\text{g mL}^{-1}$ , A<sub>1</sub>층이  $31.81267 \pm 0.16 \sim 31.91932 \pm 0.04 \mu\text{g mL}^{-1}$ 이었고, 각 층별 평균 칼륨함량은 L층이  $8.83794 \mu\text{g mL}^{-1}$ , F층이  $8.35103 \mu\text{g mL}^{-1}$ , H층이  $46.67620 \mu\text{g mL}^{-1}$ , A<sub>1</sub>층이  $31.87202 \mu\text{g mL}^{-1}$ 이었다. 이 양을  $\text{mg m}^{-2}$ 로 환산하면 L층이  $468.45 \text{ mg m}^{-2}$ , F층이  $604.16 \text{ mg m}^{-2}$ , H층이  $2,323.31 \text{ mg m}^{-2}$ , A<sub>1</sub>층이  $2,155.57 \text{ mg m}^{-2}$ 이었다(Fig. 7).

5개 지소의 토양층별 칼륨 함유율은 Fig. 8에서 보는 바와 같이 L층이 0.09%, F층이 0.08%, H층이 0.47%, A<sub>1</sub>층이 0.32%이었으며, 조사지 내의 평균 칼륨 함유율은 0.23%이었다.

임분의 토양층을 낙엽층과 집적층으로 구분하여 칼륨 함량을 산출한 결과, 낙엽층이  $468.03 \text{ mg m}^{-2}$ 이었고, 집적층이  $5,082.51 \text{ mg m}^{-2}$ 이었다.

### 5. 영양염류의 분해 시간

조사지의 토양층별 유기탄소 함량, 질소 함량, 인 함량, 칼륨 함량을 각 지소별로 낙엽층과 집적층으로 구분하고 각 지소별 분해상수를 구한 결과, 각각의 분해상수는  $k = 0.3657, 0.3319, 0.2050, 0.0934$ 이었다(Table 1).

따라서 각 영양염류의 분해 모델(Decay Model, Decomposition Model)은 각각

$$\text{유기탄소 } C = 632.917e^{-0.3657t}$$

$$\text{질소 } N = 27.927e^{-0.3319t}$$

$$\text{인 } P = 1.175e^{-0.2050t}$$

$$\text{칼륨 } K = 5.082e^{-0.0934t}$$

축적 모델(Accumulation Model)은 각각

$$\text{유기탄소 } C = 632.917(1 - e^{-0.3657t})$$

$$\text{질소 } N = 27.927(1 - e^{-0.3319t})$$

$$\text{인 } P = 1.175(1 - e^{-0.2050t})$$

$$\text{칼륨 } K = 5.082(1 - e^{-0.0934t})$$

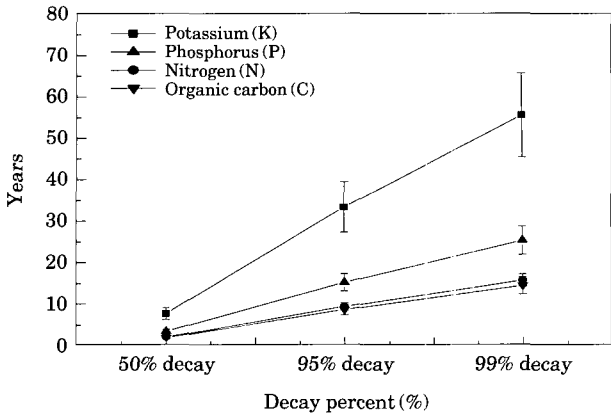
로 나타낼 수 있다.

$C = C_0e^{-kt}$ 에서 C는 유기탄소(C)가 분해되고 남은 양이므로, 분해되는 비율은  $\frac{C_0 - C}{C_0} = 1 - e^{-kt}$ 이다. 이를 식  $1 - e^{-0.3657t}$ 에 대입하여 각 지소별 유기탄소가 분해되는 시간을 구한 결과, Fig. 9에서 보는 바와 같이 유기탄소가 50% 분해되는데 소요되는 시간은  $\frac{0.693}{k} = 1.93 \pm 0.30$ 년, 95% 분해되는데  $\frac{3}{k} = 8.36 \pm 1.31$ 년, 99% 분해되는데  $\frac{5}{k} = 13.94 \pm 2.18$ 년이었다.

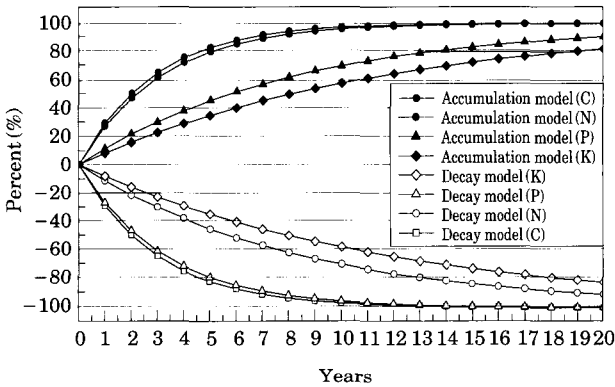
질소가 분해되는데 소요되는 시간은 Fig. 9에서 보는

Table 1. Decomposition constant (k), decay parameter (1/k), half time (0.693/k), 95% time (3/k), and 99% time (5/k) of organic carbon, nitrogen, phosphorus and potassium in 5 randomly selected areas in the studied area

Site	k	Decay parameter (1/k)	Half time (0.693/k)	95% time (3/k)	99% time (5/k)
Organic carbon	$0.3657 \pm 0.0555$	$2.787 \pm 0.4357$	$1.932 \pm 0.3020$	$8.362 \pm 1.3072$	$13.936 \pm 2.1787$
Nitrogen	$0.3319 \pm 0.0320$	$3.036 \pm 0.2944$	$2.104 \pm 0.2040$	$9.107 \pm 0.8832$	$15.178 \pm 1.4720$
Phosphorus	$0.2050 \pm 0.0300$	$4.957 \pm 0.6806$	$3.435 \pm 0.4717$	$14.871 \pm 2.0419$	$24.786 \pm 3.4031$
Potassium	$0.0934 \pm 0.0187$	$11.022 \pm 2.0392$	$7.638 \pm 1.4131$	$33.065 \pm 6.1175$	$55.109 \pm 10.1958$



**Fig. 9.** Decomposition time of organic carbon, nitrogen, phosphorus and potassium required the decay of half time (0.693/k), 95% time (3/k), and 99% time (5/k).



**Fig. 10.** Decay model and accumulation model expressed by percentage of organic carbon, nitrogen, phosphorus and potassium.

바와 같이 50% 분해되는데  $\frac{0.693}{k} = 2.10 \pm 0.20$ 년, 95%

분해되는데  $\frac{3}{k} = 9.11 \pm 0.88$ 년, 99% 분해되는데  $\frac{5}{k} = 15.18 \pm 1.47$ 년이었다.

인이 분해되는데 소요되는 시간은 Fig. 9에서 보는 바와 같이 50% 분해되는데 걸리는 시간은  $\frac{0.693}{k} = 3.44 \pm 0.47$ 년, 95% 분해되는데  $\frac{3}{k} = 14.87 \pm 2.04$ 년, 99% 분해되

는데  $\frac{5}{k} = 24.79 \pm 3.40$ 년이었다.

한편, 칼륨이 분해되는데 소요되는 시간은 Fig. 9에서 보는 바와 같이 50% 분해되는데  $\frac{0.693}{k} = 7.64 \pm 1.41$ 년,

95% 분해되는데  $\frac{3}{k} = 33.07 \pm 6.12$ 년, 99% 분해되는데

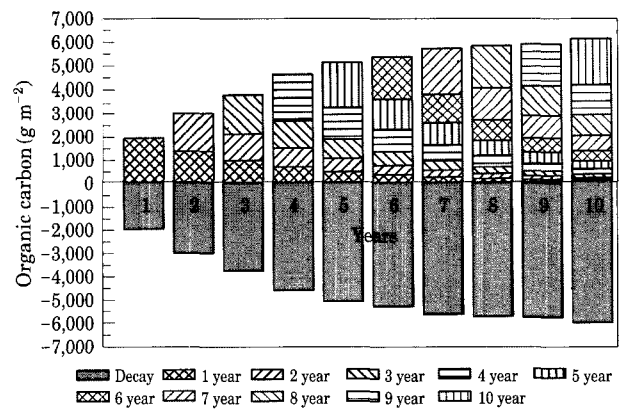
$\frac{5}{k} = 55.11 \pm 10.20$ 년이었다.

조사지의 토양층별 영양염류 분해를 종합하여 살펴보면, 유기탄소의 분해상수(k)=0.3657, 질소의 분해상수(k)=0.3319, 인의 분해상수(k)=0.2050, 칼륨의 분해상수(k)=0.0934이었고, Olson의 분해 모델에 각각의 분해 상수들을 대입하여 낙엽 속의 각 원소가 99% 분해되는데 걸리는 시간을 구해 본 결과, Fig. 10에서 보는 바와 같이 유기탄소(C)가 분해되는 시간이 13.936년으로 가장 빨랐으며 그 다음으로 질소(N)가 15.178년이었으며, 인(P)이 24.786년이었으며, 칼륨(K)이 55.109년으로 분해되는데 가장 오랜 시간이 소요되었다. 유기탄소, 질소, 인은 생태계 내에서 이동, 축적, 배분, 전환하면서 물질이 순환하지만, 순환 cycle이 없는 칼륨(K)의 경우 분해에 오랜 시간이 소요되는 특이성을 보였다.

6. 군락의 안정 상태 진단

속리산 신갈나무림에서 매년 생산되는 영양염류량과 이출되는 영양염류량이 같다고 가정하였을 때, 집적층의 영양 염류 분해량은 Olson의負지수곡선 모델인  $X = X_0 e^{-kt}$ 를 만족하기 때문에 신갈나무림으로 유입되는 영양 염류량과 집적층에 축적된 영양염류량을 조사지에서 산출된 값을 기초로 하여, Turbo Pascal로 Programming한 후 임분에 유입된 영양염류량과 분해된 영양염류량을 각 연도별로 추정하여 군락의 상태를 진단하였다.

유기탄소(C)가 분해되는 양은 Fig. 11에서 보는 바와 같이 1년이 경과된 후 임분에 축적된 1,953.71g m<sup>-2</sup>의 유기탄소 중 898.87g m<sup>-2</sup>(46.01%), 임분에 유입된



**Fig. 11.** The annual amount of organic carbon decomposed from the forest floor and accumulated to the floor.

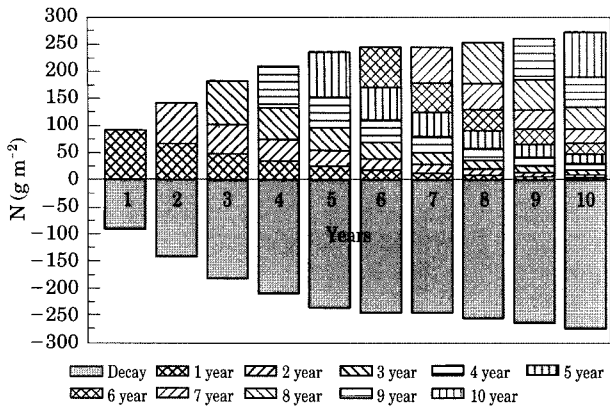


Fig. 12. The annual amount of nitrogen decomposed from the forest floor and accumulated to the floor.

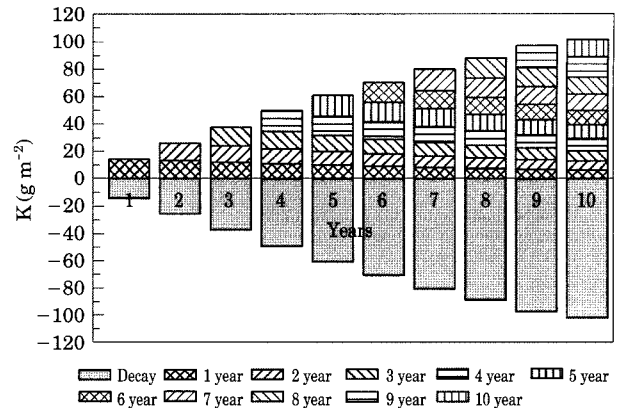


Fig. 14. The annual amount of potassium decomposed from the forest floor and accumulated to the floor.

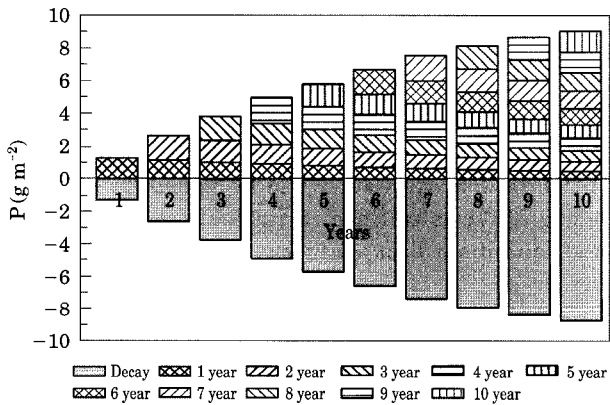


Fig. 13. The annual amount of phosphorus decomposed from the forest floor and accumulated to the floor.

$g\ m^{-2}$ 의 유기탄소 중  $240.11\ g\ m^{-2}$  (29.45%)가 분해되는 것으로 추정되었다. 당해 연도를 기준으로 7년이 경과된 후 임분의 변화를 살펴보면, 임분에 축적된  $1,953.71\ g\ m^{-2}$ 의 유기탄소 중  $1,594.62\ g\ m^{-2}$  (81.62%), 임분에 유입된  $815.41\ g\ m^{-2}$ 의 유기탄소 중  $714.84\ g\ m^{-2}$  (87.67%)가 분해되었고, 그 동안  $2,213.92\ g\ m^{-2}$ 의 유기탄소가 임분으로 유입되어, 분해되는 양과 유입되는 양이 거의 비슷하였다.

질소(N)의 분해는 Fig. 12에서 보는 바와 같이 1년이 경과된 후에 임분에 축적된  $91.75\ g\ m^{-2}$ 의 질소 중  $41.88\ g\ m^{-2}$  (45.65%), 임분에 유입된  $34.08\ g\ m^{-2}$ 의 질소 중  $9.23\ g\ m^{-2}$  (27.08%)이 분해되는 것으로 추정되었다. 당해 연도를 기준으로 7년이 경과된 후 임분의 변화를 살펴보면, 임분에 축적된  $91.75\ g\ m^{-2}$ 의 질소 중  $64.64\ g\ m^{-2}$  (70.26%), 임분에 유입된  $34.08\ g\ m^{-2}$ 의 질소 중  $28.96\ g\ m^{-2}$  (84.98%)이 분해되었고, 그동안  $89.99\ g\ m^{-2}$ 의 질소가

임분으로 유입되어, 분해되는 양과 유입되는 양이 거의 비슷하였다.

인(P)의 분해는 Fig. 13에서 보는 바와 같이 1년이 경과된 후에 임분에 축적된  $1.30\ g\ m^{-2}$ 의 인 중  $0.02\ g\ m^{-2}$  (1.54%), 임분에 유입된  $0.16\ g\ m^{-2}$ 의 인 중  $0.02\ g\ m^{-2}$  (1.23%)이 분해되는 것으로 추정되었다. 또한, 당해 연도를 기준으로 7년이 경과된 후 임분의 변화를 살펴보면, 임분에 축적된  $1.30\ g\ m^{-2}$ 의 인 중  $0.50\ g\ m^{-2}$  (38.46%), 임분에 유입된  $0.16\ g\ m^{-2}$ 의 인 중  $0.08\ g\ m^{-2}$  (50.00%)가 분해되었고, 그동안  $0.66\ g\ m^{-2}$ 의 인이 임분으로 유입되어, 분해되는 양과 유입되는 양이 또한 비슷하였다.

칼륨(K)의 분해는 Fig. 14에서 보는 바와 같이 1년이 경과된 후에 임분에 축적된  $14.38\ g\ m^{-2}$ 의 칼륨 중  $2.56\ g\ m^{-2}$  (17.80%), 임분에 유입된  $1.29\ g\ m^{-2}$ 의 칼륨 중  $0.10\ g\ m^{-2}$  (7.75%)가 분해되는 것으로 추정되었다. 또한, 당해 연도를 기준으로 7년이 경과된 후 임분의 변화를 살펴보면, 임분에 축적된  $14.38\ g\ m^{-2}$ 의 칼륨 중  $4.75\ g\ m^{-2}$  (33.03%), 임분에 유입된  $1.29\ g\ m^{-2}$ 의 칼륨 중  $0.52\ g\ m^{-2}$  (40.31%)이 분해되었고, 그 동안  $5.59\ g\ m^{-2}$ 의 칼륨이 임분으로 유입되어, 분해되는 양과 유입되는 양이 거의 비슷하였다.

위의 결과를 종합해 보면 임분으로 유입되는 영양염류량과 임분에서 분해되는 영양염류량이 균형을 이루어 본 조사지의 신갈나무림은 안정상태(steady state)를 유지하고 있는 것으로 판단되었다.

### 적 요

속리산 국립공원 내 용바위골 지역 (a.s.l. 560~640 m)

의 신갈나무림에서 토양에 축적된 유기탄소, 질소, 인 및 칼륨의 함량을 측정하고 또 Olson (1963)의负지수곡선 모델을 적용하여 낙엽의 분해상수(k)와 분해시간(t)를 측정하였다.

유기탄소량은 L층 231.25 g m<sup>-2</sup>, F층 291.50 g m<sup>-2</sup>, H층 166.91 g m<sup>-2</sup>, 그리고 A<sub>1</sub>층 174.51 g m<sup>-2</sup>로 L층과 F층에서 높은 함량을 보였고, 질소함량 역시 L층과 F층에서 각각 17.47 mg g<sup>-1</sup>, 17.00 mg g<sup>-1</sup>으로 많았으며, 인과 칼륨 함량은 H층과 A<sub>1</sub>층에서 433.34 mg g<sup>-1</sup>, 392.74 mg g<sup>-1</sup> 및 2,323.31 mg g<sup>-1</sup>, 2,155.57 mg g<sup>-1</sup>으로 다른 토양층에 비하여 많았다.

토양 속 유기물의 분해상수는 유기탄소 k=0.3657, 질소 k=0.3319, 인 k=0.2050, 칼륨 k=0.0934이었고, 99%가 분해되는데 소요되는 시간은 유기탄소 13.94년, 질소 15.18년, 인 24.79년 그리고 칼륨 55.11년으로 순환 cycle이 없는 칼륨이 분해되는데 가장 오랜 시간이 소요되는 것으로 측정되었다.

신갈나무림에서 매년 유입되는 영양염류량과 집적층에 축적되는 영양염류량을 Turbo Pascal로 Programming한 후 신갈나무 군락의 상태를 진단해 본 결과, 임상에 유입된 유기탄소 중 87.67%인 714.84 g m<sup>-2</sup>, 축적된 유기탄소 중 81.62%인 1,594.62 g m<sup>-2</sup>이 분해되어 유입되는 양과 분해되는 양이 거의 비슷하였다. 질소, 인 그리고 칼륨도 유입되는 영양염류량과 분해되는 영양염류량이 비슷하여 안정상태(steady state)를 유지하고 있는 군락으로 판단되었다.

## 참 고 문 헌

- 박봉규, 김미림. 1985. 방위에 따른 낙엽의 분해율과 토양 미생물에 관한 연구. 한국생태학회지 8(1):31-37.
- 박봉규, 김준민, 장남기. 1970. 광릉 및 오대산의 주요 삼림 식물의 에너지 및 양분순환에 대하여. 한국생활과학연구원 농촌. 4:49-62.
- 박봉규, 이인숙. 1980. 광릉의 잎갈나무와 졸참나무의 낙엽 분해에 대한 잎의 영양함량과 입지의 영향. 한국식물학회지. 23:45-48.
- 장남기. 1989. 한국의 활엽수림과 침엽수림 낙엽의 분해에 관하여. 대한민국 학술원 제17회 국제학술대회논문집. pp.91-108.
- 장남기, 김인자. 1983. 지리산 피아골의 졸참나무와 서나무 군락의 물질 생산과 분해에 관한 연구. 한국생태학회지. 6(3): 193-207.
- Berg B and G Agren. 1984. Decomposition of needle litter and its organic chemical components: Theory and field experiments. Long-term decomposition in a Scots pine forest III. Can. J. Bot. 62:2880-2888.
- Chang NK and SE Han. 1985. A study on the production and decomposition of litters of evergreen broadleaved forests in Haenam and Koje-do. Korean J. Ecol. 8:163-169.
- Chang NK and YW Lim. 1986. Comparison of the pine litter decomposition and microbial population change at Youngwal with those at Sinlim. Korean J. Ecol. 9(1): 9-18.
- Grogan P. 1998. CO<sub>2</sub> flux measurement using soda lime: Correction for water formed during CO<sub>2</sub> adsorption. Ecology 79(4):1467-1468.
- Olson JS. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology 44: 322-311.
- Ovington JD and D Heitkamp. 1960. Accumulation of energy in forest plantations in Britain. J. Ecol. 48:639-646.
- Wilde SA and GK Voit. 1955. Analysis of soils and plants for foresters and horticulturists. pp.70-71.

Manuscript Received: October 2, 2003

Revision Accepted: November 24, 2003

Responsible Editorial Member: Young-II Yoon  
(Kongju Univ.)