

Litter fall による養分還元量について* (I)

養分含有率の季節変化

河原輝彦・堤利夫

The Return of nutrients with Litter fall in the forest ecosystem (I)
Seasonal Variation of nutrient concentration

Teruhiko KAWAHARA and Toshio TSUTSUMI

目 次

要 旨	96	引用文献	102
はじめに	96	Résumé	102
調査方法と分析方法	97		
結果と考察	97		
1. 葉			
2. 葉以外のもの			

要 旨

litter fall による養分還元量を求めるために、その養分含有率の季節変化を調べた。

調査分析した樹種は針葉樹ではヒノキ、アカマツ、常緑広葉樹ではコジイ、イチイガシ、その他、落葉広葉樹ではブナ、ミズナラの合計7樹種である。

葉の養分含有率の季節変化は生活型によって全く異った型を示した。

針葉樹：チッ素、リン、カリウムはほぼ同じような季節変化をし、7～8月に最大になり、落葉期の10～12月に最小になった。カルシウムとマグネシウムは反対に7～8月に小さく、10～12月に大きな含有率を示した。

常緑広葉樹：チッ素、リン、カリウムは開葉期の4～6月にもっとも小さく、その後生育期が進むにつれて大きくなる。カルシウムとマグネシウムはこれらとは反対の傾向を示した。

落葉広葉樹：チッ素、リン、カリウムは開葉期にもっとも大きく、その後急激に減少する。カルシウムとマグネシウムは一定の傾向はなかった。

枝、皮、その他の養分含有率ははっきりした傾向はみられなかった。

は じ め に

森林土壌中の養分は林木の生長にともなって樹体に吸収され、また、雨水とともに生態系外へ流亡などにもかかわらず、土壌中から養分がなくなることはない。これは森林生態系においてなんらかの方法でこれを補っているためである。すなわち、植物体から林地への養分の還元、微生物の働きによ

* Contribution from JIBP-PT No. 91

る空気中のチッ素の固定，さらに，土壤中の母岩の風化などによって林地に養分が供給されているためである。

これらの供給量のうち植物体からの還元は大きな役割をしている。とくに養分量の少ない土壌においては重要な位置を占めている。この植物体から林地への還元量は生長にともなって吸収された養分量のうちの一部の還元であり，この還元方法として大別して2つある。

そのひとつは落葉落枝 (litter fall) による還元と他は雨水による植物体からの養分の溶脱による還元である。しかし，両者の還元の比率は2, 3の養分元素を除けば litter fall の占める割合が大きいとされている^{1,2,3)}。

しかし，わが国では litter fall による養分量についての報告は非常に少ない。本報告では litter fall の養分含有率の季節変化について述べる。

調査方法と分析方法

調査地は滋賀県蒲生郡日野の40年生ヒノキ人工林，京都越畑の約20年生のアカマツ天然生林⁴⁾，滋賀県栗太の約60年生のアカマツ，ヒノキ砂防造林地，京都大学附属芦生演習林のミズナラおよびブナ天然生林，熊本県水俣の IBP 特別研究地域のコジイを主とする照葉樹林の合計6林分である。

litter fall 量の測定は各林分とも $1 \times 1 \text{ m}^2$ の木枠 (litter trap) にテトロン製寒冷紗の袋を取りつけ，1ヶ月に1回 litter を採取し，これを実験室に持ちかえて， 70°C で乾燥した後，各枠毎に葉，枝，皮その他に分けて計量した。分析試料は葉では各枠をまとめて毎月とり，枝，皮，その他は litter fall が少ないため1年間まとめて分析した。ただし，日野の枝，皮，その他，および，水俣の枝は毎月分析した。また，日野と栗太では冬期雪のため毎月採取できずに1～3月をまとめて採取した。各林分の測定期間を下記の表に示した。

分析はチッ素，リン，カリウム，カルシウムおよびマグネシウムについておこなった。チッ素はケルダール法，他は混酸（硝酸一過塩素酸）で湿式灰化したのち，リンはモリブデン青法，カリウムは炎光分析，カルシウムとマグネシウムは原子吸光分析を行なった。

Location	date
日野 ヒノキ林	1966.7~1968.7
越畑 アカマツ林	'68.8~ '69.7
栗太アカマツ・ヒノキ林	'68.5~ '69.4
芦生 ブナ林	'69.6~ '69.12
芦生 ミズナラ林	'69.6~ '69.12
水俣 コジイ林	'68.1~ '69.12

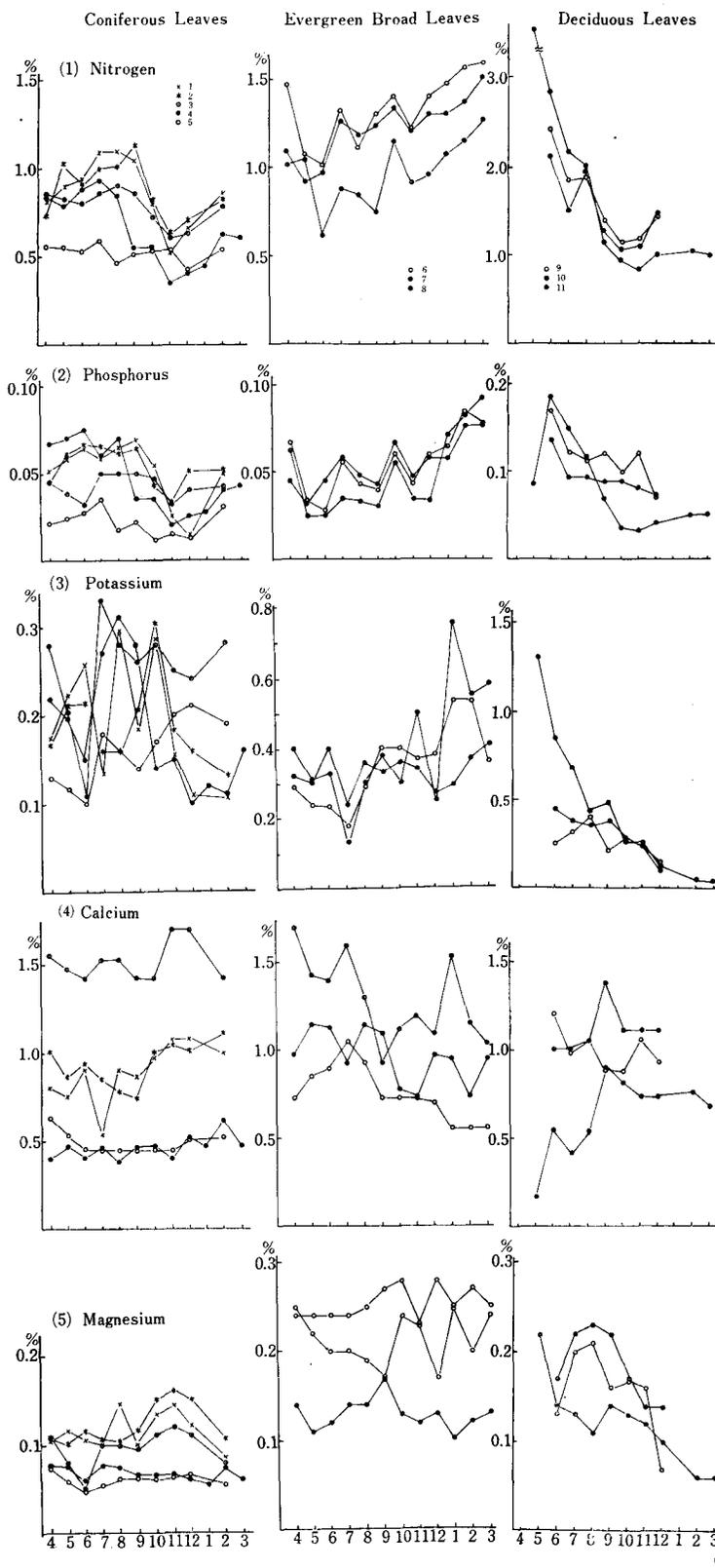
結果と考察

1. 葉

養分含有率の季節変化は針葉樹，常緑広葉樹および落葉広葉樹とに分けて図示した（図-1）。なお，比較のために Carlisle⁵⁾ の Sessile Oak を加えた。

チッ素：森林の生活型によってまったく違った季節変化をした。針葉樹の落葉では栗太のアカマツを除いたものはほぼ同じような季節変化を示し，含有率も樹種によってあまり大きな差はなかった。含有率は4月からしだいに大きくなり7，8月にもっとも高くなり（0.75~1.1%），それ以後はしだいに小さくなり，落葉期の11，12月にもっとも小さくなる。その後はまた大きくなっていく。はっきりした季節変化を示さなかった栗太のアカマツは0.5%前後の含有率であった。

常緑広葉樹は開葉期の5，6月にもっとも小さく，それ以後落葉期に多少小さくなるがその変化は大きくなくしだいに大きくなっていき3月にもっとも大きくなる。その含有率は5，6月の最小の値の1.5~2倍の含有率であった。



一方、落葉広葉樹は5、6月の開葉期にもっとも高い含有率を示し、ブナとミズナラで2.5%前後、Sessile Oakで5.8%であった。それ以後、落葉期まで減少しつづけて1%前後になった。

リン：リン含有率の各生活型の季節変化はチッ素とほぼ同じような傾向であった。ただ常緑広葉樹でチッ素より変動が大きく5、6月、8、9月、11月と小さな値をとりこの間にははっきりした増大の傾向はみられなかった。

カリウム：広葉樹は常緑も落葉もチッ素やリンとほぼ同じような季節変化をしている。しかし、常緑樹のチッ素やリンでは6月と11月に小さな含有率を示したのに対して、カリウムでは7月と12月に小さな値をとり、多少ずれている。また、最大値もチッ素やリンでは3月に現れているが、カリウムでは1、2月になっている。落葉樹ではブナがチッ素やリンの傾向と異なり7月に最大の含有率を示

Fig. 1. Seasonal variations of nutrient concentration of leaf-litter.

- 1, 2 : *Chamaecyparis obtusa* (Hino)
- 3 : *Chamaecyparis obtusa* (Kurita)
- 4 : *Pinus densiflora* (Koshihata)
- 5 : *Pinus densiflora* (Kurita)
- 6 : *Castanopsis cuspidata*
- 7 : *Cyclobalanopsis gilva*
- 8 : Other evergreen leaves
- 9 : *Fagus crenata*
- 10 : *Quercus grosserrata*
- 11 : *Sessile oak* (Carlisle, 1967)

(月)

した。

一方、針葉樹では全体的にみれば非常に変動が大きくはっきりした季節変化は認められない。しかし、栗太ヒノキと越畑アカマツでは7、8月にもっとも大きく、落葉期に小さくなる傾向を示した。これとは反対に栗太アカマツのように8、9月に小さく落葉期に最大になるものもあった。

このようにカリウムの季節変化がチッ素やリンのようにはっきりした傾向を示さなかったのはチッ素やリンよりも雨水に溶脱されやすいためその月の雨量に大きく影響されているためであろう。

カルシウム：針葉樹のカルシウム含有率は樹種によってかなり大きく異なり、栗太ヒノキが平均1.5%ともっとも大きく栗太と越畑の両アカマツが平均0.5%とおよそ最大値の1/3であった。しかし、これらの樹種の季節変化は同じような型を示した。すなわち、4月から生育期が進むにつれてカルシウム含有率は小さくなり7、8月頃に小さくなる。その後落葉期に近づくにつれて含有率は大きくなり12月頃に最大になっている。この季節変化はチッ素やリンの季節変化と全く反対の傾向であり、チッ素やリンの大きいときはカルシウムは小さく、チッ素やリンが小さいときにカルシウムは大きい含有率を示した。

常緑広葉樹も針葉樹と同じようにチッ素やリンの小さいときに大きな含有率を示した。しかし、その季節変化はコジイで7月に最大とする凸型の変化をした。他の樹種では生育期に多少大きな含有率であったが、はっきりした季節変化をしなかった。

一方、落葉広葉樹で *Sessile Oak* が生育期が進むにつれて大きくなっているが、芦生のブナやミズナラでははっきりした傾向はなく、ブナでは落葉期に最小の値をとっている。

マグネシウム：針葉樹の各樹種とも落葉期に大きくなりカルシウムとほぼ同じような季節変化をした。

常緑広葉樹はバラツキが大きく、樹種によって異なった変化をし、コジイとイチイガシではほぼ同じような変化をし、9月または10月に最大の含有率になっている。

落葉広葉樹のブナとミズナラでは *Sessile Oak* の季節変化とは異なり、7、8月にもっとも大きくなる変化を示した。

以上のように各養分含有率は生活型によってかなり異なった季節変化を示した。この生活型によって季節変化に違いが生じた原因について考えてみた。

落葉広葉樹の各養分含有率の季節変化は生葉の養分含有率に大きく支配されている。Tamm⁵⁾ は *Birch* の葉を用いてその養分含有率の季節変化を調べ、チッ素、リン、カリウムは開葉期にもっとも大きく生育期が進むにつれて減少し、落葉期には非常に小さくなり、また、カルシウムは反対に生育期が進むにつれて含有率が大きくなったことを報告している。この生葉の養分含有率の季節変化と落葉広葉樹の養分含有率の季節変化とはほぼ同じような傾向を示し、各月の *Leaf litter* の養分含有率はその時期の生葉の養分含有率に大きく左右されていることになる。

針葉樹の生葉の養分含有率も落葉広葉樹と同じような季節変化をしている⁶⁾。しかし、この生葉の季節変化と落葉の季節変化とをくらべてみるとかなり違った変化をしており、生葉の養分含有率の変化は落葉の季節変化にあまり大きく影響していないと考えられる。針葉樹の落葉の季節変化は主に落葉中の緑葉の割合⁷⁾に大きく関係している(図一2)。緑葉の割合の季節変化は落葉のチッ素、リン、カリウムの季節変化とほぼ同じような傾向を示し、養分含有率の高い緑葉の割合が大きい夏に落葉のチッ素、リン、カリ

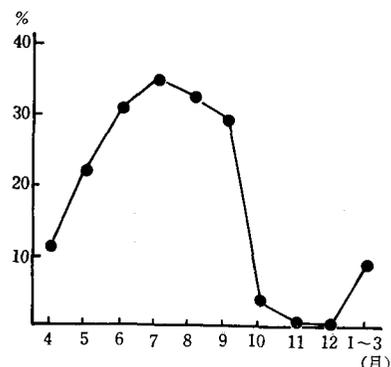


Fig. 2. Ratio of greenleaves/total leaf-litter in Hinoki stand.

ウムの含有率も大きくなっている。落葉中の緑葉は主に虫，雨，風などの物理的な力で落ちたものが多いようで，1ヶ月間の量はおよそ 5 g/m^2 前後であった。

常緑広葉樹の落葉の季節変化も針葉樹や落葉樹のように生葉の季節変化と関係していると考えられるが，はっきりしない。ただ常緑広葉樹林では多く落葉する季節は開葉期の4～6月と落葉期の10～12月の2回あり，なかでも4～6月のほうが多く落葉している。このことが落葉のチッ素，リン，カリウム含有率が4～6月に小さくなることと関係があると思われる。すなわち，針葉樹と同じように落葉中の緑葉の割合に支配され，この割合は4～6月にもっとも小さくなりしだいに増加していく。これと平行して生育期が進むにつれて含有率が大きくなっていくと考えられる。

Table Average nutrient concentrations of litter ; (%)

Stand	Part	N	P	K	Ca	Mg
Koshihata (<i>P. densiflora</i>)	Leaf	0.65	0.047	0.18	0.46	0.07
	Branch	0.03	0.012	0.03	0.47	0.02
	Bark	0.03	0.012	0.04	0.40	0.02
	Others	0.11	0.062	0.33	0.77	0.13
Kurita (<i>P. densiflora</i> and <i>Chamaecyparis obtusa</i>)	P. Leaf	0.73	0.043	0.25	1.52	0.10
	C. Leaf	0.52	0.022	0.16	0.51	0.06
	Branch	0.30	0.012	0.04	0.52	0.02
	Others	0.35	0.017	0.15	0.52	0.30
Hino (<i>Chamaecyparis obtusa</i>)	Leaf	0.87	0.052	0.19	0.91	0.12
	Branch	0.32	0.012	0.04	0.36	0.17
	Bark	0.46	0.026	0.07	0.25	0.04
	Flower	0.85	0.055	0.13	0.49	0.06
	Others	0.43	0.030	0.25	0.39	0.08
Minamata (Evergreen broad leaves)	Castanopsis L.	1.33	0.055	0.35	0.75	0.25
	<i>C. gilva</i> L.	1.22	0.055	0.33	0.95	0.14
	Others L.	0.97	0.048	0.40	1.29	0.21
	Deciduous L.	1.22	0.066	0.47	1.55	0.25
	Branch	0.60	0.020	0.11	1.03	0.12
	Flower	2.08	0.105	0.31	0.70	0.25
Ashu (<i>Fagus crenata</i>)	Leaf	1.49	0.093	0.26	0.99	0.16
	Branch	0.55	0.053	0.13	1.90	0.05
	Others	1.71	0.107	0.21	0.90	0.12
Ashu (<i>Quercus grosseserrata</i>)	Leaf	1.61	0.117	0.32	1.13	0.18
	Branch	0.61	0.050	0.09	1.42	0.04
	Flower	1.72	0.137	0.45	0.40	0.14
	Others	1.70	0.115	0.29	1.10	0.13

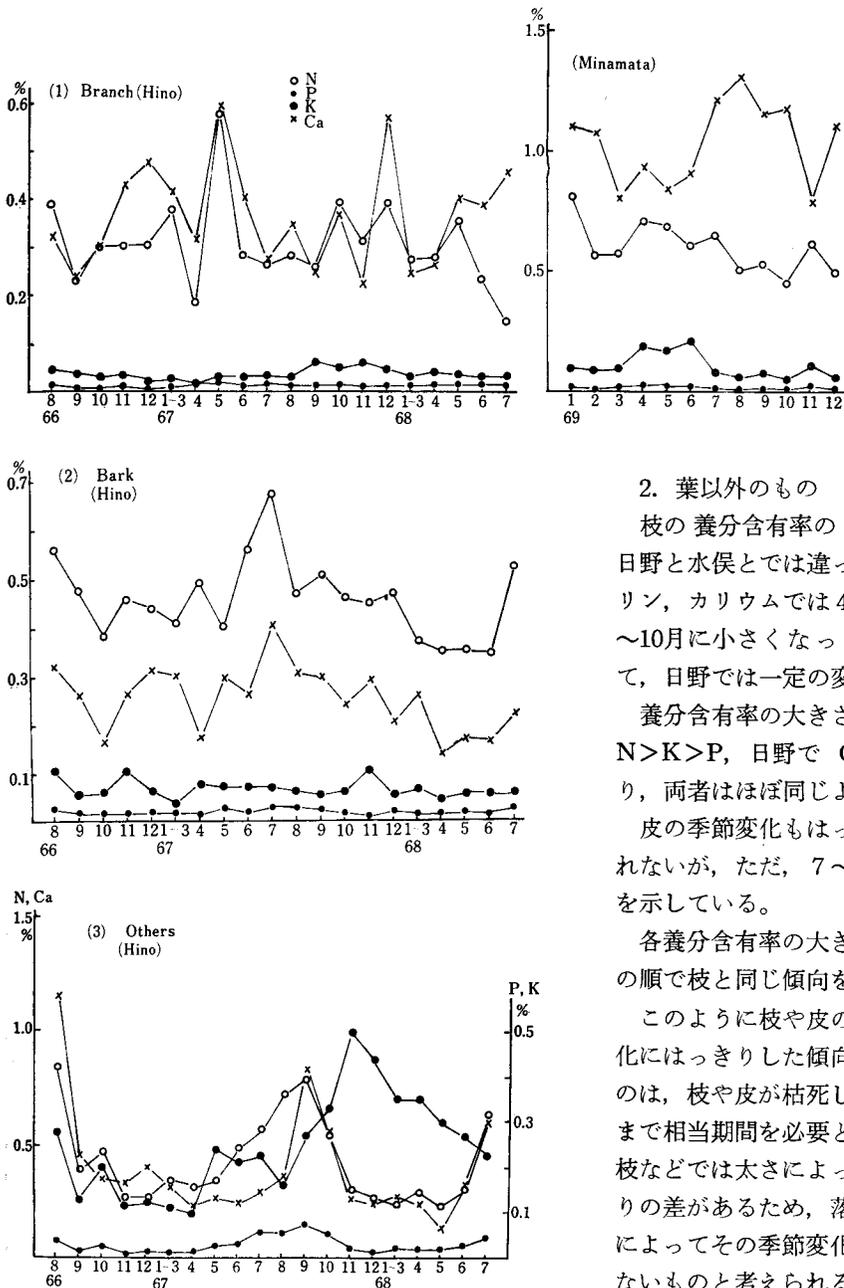


Fig. 3. Nutrient concentrations of branch, bark and others litter.

ら4、5月ごろまでは小さな値をとった。カリウムも1年目は他の養分と同じような傾向であったが、2年目ではその養分含有率が小さい値をとる落葉期に大きな値をとった。その他の litter がこのような季節変化を示したのは実や主要樹種以外の葉が大きく関係している。含有率の大きいときは、他の葉の割合が大きく、含有率の小さいときは実の率が大きい傾向があった。

なお、各林分での葉、枝、皮、その他の平均含有率を表に示した。

2. 葉以外のもの

枝の養分含有率の季節変化(図-3)は日野と水俣とは違った。水俣のチッ素、リン、カリウムでは4~6月に大きく、8~10月に小さくなっている。これに対して、日野では一定の変化はみられない。

養分含有率の大きさの順は水俣で $Ca > N > K > P$ 、日野で $Ca \geq N > K > P$ となり、両者はほぼ同じような傾向にあった。

皮の季節変化もはっきりした傾向はみられないが、ただ、7~8月ごろに大きな値を示している。

各養分含有率の大きさは $Ca > N > K > P$ の順で枝と同じ傾向を示した。

このように枝や皮の養分含有率の季節変化にはっきりした傾向が認められなかったのは、枝や皮が枯死して litter fall になるまで相当期間を必要とするためや、また、枝などでは太さによって養分含有率にかなりの差があるため、落枝の太さの違いなどによってその季節変化が葉ほど明瞭に現れないものと考えられる。

枝と皮以外のその他のもの(実、花粉、虫の糞など)の季節変化はカリウムを除いた養分では7~8月の夏に大きく、10月か

葉、枝、皮その他の各養分の平均含有率は針葉樹がもっとも小さく、ついで常緑広葉樹であり、ブナやミズナラの落葉広葉樹がもっとも大きい。とくにチッ素ではその違いが大きく、落葉広葉樹の含有率は針葉樹のおよそ3倍であった。

このように針葉樹より広葉樹のほうが大きな含有率を示す傾向は生葉の養分含有率と同じ傾向であった⁸⁾。

葉、枝、皮における養分含有率の大きさは、チッ素、リン、カリウム、および、マグネシウムでは落葉の養分含有率がもっとも大きく、枝と皮とは大きな違いはなかった。これに対して、カルシウムでは枝の含有率が大きく、葉と同じくらいか、葉より大きいものもあった。

引用文献

- 1) Nye, P. H.: Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest, *Plant and Soil*, **23**, 333~346, (1961)
- 2) 伊藤悦夫, 稲川悟一, 佐敷 修: 林内雨の養分循環に果す役割, *静大農報*, **14**, 189~202, (1964)
- 3) Carlisle, A., A. H. F. Brown and E. J. White: The nutrient content of tree stem flow and ground flora litter and leachates in a sessile oak (*Quercus petraea*) woodland, *J. Ecol.*, **55**, 615~627, (1967).
- 4) 西田八洲男: 森林生態系における養分還元量について, *京大農卒論*, 未発表
- 5) Tamm, C. O.: Seasonal variation in composition of Birch leaves, *Physiol. Plantarum*, **4**, 461~469, (1951)
- 6) White, E. F.: Variation in the nitrogen, phosphorus and potassium contents of pine needles with season, crown position and Sample treatment, *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.*, **18**, 326~330, (1954).
- 7) 斉藤秀樹, 四手井綱英: ヒノキ林の落葉枝量の空間分布, 科研特定研究「生物圏の動態」, (四手井綱英編), JIBP-PT-F, 23~34, (1970)
- 8) 堤 利夫, 河原輝彦, 四手井綱英: 森林生態系における養分の循環について (I), 個体および林分の地上部の養分量, *日林誌*, **50**, 66~74, (1968)

Résumé

In order to estimate the quantities of nutrients in the litter fall, the paper describes the seasonal variation in their concentrations.

The experiment were carried out in seven kinds of trees: *Chamaecyparis obtusa*, *Pinus densiflora*, evergreen broad leaved trees (*Castanopsis cuspidata*, *Cyclobalanopsis gilva*, et.), *Fagus crenata*, and *Quercus grosseserrata*.

The nutrient concentrations in the different types of leaf-litter showed the seasonal trends.

Coniferous leaves: Nitrogen, phosphorus and potassium concentrations were all high in July-August, and low in October-December. On the contrary, calcium and magnesium concentrations were high in October-December.

Evergreen broad leaves: Nitrogen, phosphorus and potassium concentrations were low in April-June, and then gradually increased.

Deciduous leaves: Nitrogen, phosphorus and potassium concentrations were exceptionally high in May and June when the buds began to open, and then became low gradually.

The nutrient concentrations of other litter (branch, bark and others) did not show distinct seasonal trends.