

## 同一試験地に植栽されたカシ類7種の葉のリターフォール量の季節変動

### Seasonal change of leaf litter fall of seven evergreen *Quercus* species planted on the same plantation

香山雅純<sup>\*1\*2</sup>

Masazumi KAYAMA<sup>\*1\*2</sup>

\*1 森林総合研究所九州支所

Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Kumamoto 860-0862

\*2 現所属：国際農林水産業研究センター

Present address: Japan International Research Center for Agricultural Science, Tsukuba 305-8686

**要旨：**宮崎市高岡町去川の同一試験地に植栽された7種のカシ類（アカガシ、ウラジロガシ、シラカシ、ツクバネガシ、イチイガシ、アラカシ、ハナガガシ）について、葉のリターフォールを2007年8月～2009年8月まで採取し、年間落葉量を測定した。葉のリターフォールは、ウラジロガシ、シラカシ、イチイガシ、アラカシ、ハナガガシにおいて春にピークを示す年一山型の特徴を示した。アカガシとツクバネガシは、リターフォール量のピークが2回存在する年二山型の特徴を示した。年間のリターフォール量は、イチイガシで特に多かった。また、2009年の4月に落下した葉のリターフォールと、落下前の2009年2月の1年葉と2年葉の窒素濃度を測定し、窒素再吸収効率を検討した。窒素再吸収効率は1年葉ではアカガシ・アラカシが高く、2年葉ではウラジロガシが高かった。一方、ハナガガシはリターフォール中の窒素濃度が高く、窒素再吸収効率は低かった。

**キーワード：**リターフォール、カシ類、窒素、再吸収効率、葉の厚さ

**Abstract:** I collected leaf litter fall of seven evergreen *Quercus* species from August 2007 to August 2009, and calculated annual leaf litter fall at a plantation in Miyazaki, Kyushu, Japan. The pattern of leaf fall was unimodal for *Q. salicina*, *Q. myrsinaefolia*, *Q. gilva*, *Q. glauca* and *Q. hondae*, and their amounts were peaked in spring. The pattern of leaf fall was bimodal for *Q. acuta* and *Q. sessilifolia*. Annual leaf fall showed large value for *Q. gilva*. Moreover, I analyzed concentration of nitrogen for 1-year-old and 2-year-old leaves (February 2009), and leaf litter fall (April 2009). Based on these data, I calculated nitrogen resorption efficiency. Nitrogen resorption efficiency showed high value for *Q. acuta* and *Q. glauca* of 1-year-old leaves, and for *Q. salicina* of 2-year-old leaves. By contrast, concentration of nitrogen in leaf litter fall of *Q. hondae* showed high value, and nitrogen resorption efficiency was low.

**Keywords:** litter fall, evergreen oak, nitrogen, resorption efficiency, leaf thickness

#### I はじめに

カシ類は、日本の暖温帯常緑広葉樹林における主要な樹種である。常緑性のアカガシ亜属のカシ類は、日本にアカガシ、ウラジロガシ、シラカシ、ツクバネガシ、イチイガシ、アラカシ、ハナガガシ、オキナワウラジロガシの計8樹種が記載されており、九州にはオキナワウラジロガシを除く7樹種が分布している（2）。これらのカシは、同一地域に植栽した個体でも、光合成特性や葉内窒素濃度が異なっていた（3）。しかし、カシ類を含めた常緑広葉樹の葉群に関する動態は不明な点が多い。

一般に、常緑広葉樹の葉は、春の新しい葉が展開した季節に同調して、前年以前に展開した葉の落葉が始まる（4、7）。また、落葉パターンについては常緑広葉樹

の中でも特性が異なり、ピークが1回の年一山型、2回の年二山型、多数のピークを示す年多山型などが存在する（7）。カシ類については、シラカシとウラジロガシが年一山型、アカガシが年二山型を示す（4、7）。しかし、他のカシ類の落葉パターンについては解明されていない。また、年間にわたる落葉量は、樹木の純一次生産量を推定するための重要なパラメータである（9）。常緑広葉樹林の過去の研究では、多種が不規則に分布する森林での測定期が多く、森林全体の純一次生産量は推定できても、各樹種の生産量を推定できていない。また、一樹種の純一次生産量を推定できる、単一の樹種で構成された森林の年間落葉量の測定は、常緑広葉樹ではウバメガシ林以外測定されていない（8）。

さらに、樹木は葉が落葉する直前に、葉に含まれていた養分、特に窒素とリンを再吸収し、翌年以降の成長に使用する（10）。再吸収の指標である再吸収効率（10）は常緑広葉樹と落葉広葉樹で異なり、常緑広葉樹の方が低い（5）。しかし、我が国における常緑広葉樹の再吸収効率はまだ報告されていない。

そこで本研究では、生育環境の等しい同一地域に植栽されたカシ類7種の葉のリターフォール量を樹種間で比較、検討することを目的とした。また、葉と葉のリターフォール中の窒素濃度を分析し、カシ類における窒素再吸収効率を検討した。

## II 材料と方法

本研究は、宮崎森林管理署が管轄する宮崎市高岡町内の国有林内に設けられた、広葉樹植栽試験地で実施した。本試験地の標高は180mであり、カシ類7種をはじめとする46種の有用広葉樹が1996年に植栽された。イチイガシを除くカシ6種（アラカシ、ウラジロガシ、シラカシ、ツクバネガシ、アラカシ、ハナガガシ）は、2m間隔で20本を3列に計60本を植栽した。イチイガシは、同様の間隔で300本を植栽した。この試験地にて、2007年7月に0.58 m<sup>2</sup>のリタートラップを6カ所ずつ各樹種の林下に設置した。設置後は、毎月リターを2009年8月まで回収した。回収したリターは、乾燥機を用いて60°Cで4日間乾燥させた。乾燥後、リターのサンプルは枝や他の樹種の葉を除去した後に、月ごとの葉のリターフォール量を測定した。また、2007年8月～2008年7月、2008年8月～2009年7月の間ににおける年間の葉のリターフォール量についても算出した。

また、特に葉のリターフォール量が多い季節は、リターフォール中の窒素濃度を分析した。また、落葉前の葉についての分析も行い、窒素の再吸収効率を計算した。再吸収効率は、葉の収縮によって過小評価になる問題があることから、単位葉面積あたりの窒素濃度で算出する必要がある（10）。葉のリターフォール中の窒素濃度は2009年4月、落葉前の葉は2009年2月に採取した。葉のリターフォールは、落下してから時間の経過していない、状態の良い落葉を6カ所から2g採取した。葉は日の当たっている2008年の春に伸長した枝と、その基部に当たる2007年の春に伸長した枝から1枚ずつ6個体採取し、それぞれ1年葉、2年葉とした。採取した葉とリターフォールは、60°Cで4日間乾燥させた。乾燥後、葉とリターフォールはリーフパンチを用いて1cm<sup>2</sup>ずつ採取して乾重量を測定し、1m<sup>2</sup>あたりの葉重（LMA）を算出した。これらの測定後に、採取した葉とリターフォールは、NCアナライザ（NC-22F、住化分析センター）を用いて窒素濃度を分析した。窒素濃度は、LMAの値か

ら単位葉面積あたりの値を算出した。そして、1年葉、2年葉の窒素再吸収効率を以下の式から算出した（10）。

$$\text{再吸収効率} = (1 - \text{落葉中濃度} / \text{緑葉中濃度}) \times 100$$

カシ類7種の葉の年間リターフォール量、葉内、リターフォール内窒素濃度とLMAの平均値に関しては、Tukey testを用いて多変量の有意差検定を行った。

## III 結果

カシ類7種の月ごとの葉のリターフォール量は、いずれの樹種も2008年と2009年の4月頃にピークを示した（図-1）。ウラジロガシ、シラカシ、イチイガシ、アラカシは、ピークを示した春以降もリターフォールの落下が見られ、次第に減少していく。ハナガガシは、春の季節以外のリターフォールの量は極めて少なかった。アカガシとツクバネガシは、春以外にもリターフォール量が増加し、アカガシでは2007年11月と2008年7月、ツクバネガシは2008年7月と2009年7月にもリターフォール量のピークを示した。

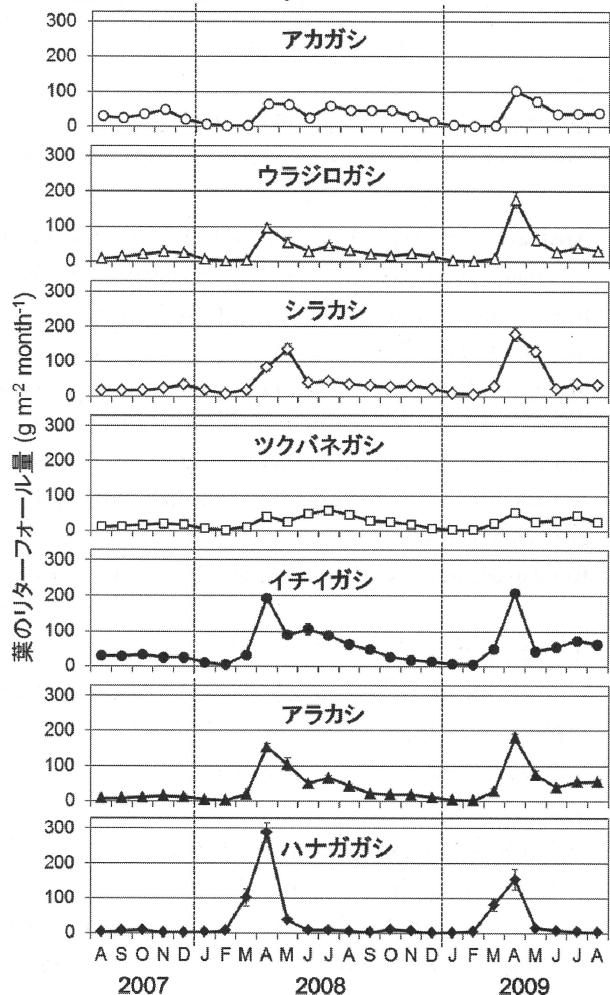


図-1 カシ類7種の月ごとの葉のリターフォール量（平均値±標準誤差、n=6）

Fig. 1 Monthly leaf litter fall of seven Quercus species

年間の葉のリターフォール量は、イチイガシが2年間とも最も多かった（表-1）。一方、ツクバネガシの葉のリターフォール量は2年間とも少ない値を示した。また、年によってリターフォール量が大きく異なる樹種も存在した。2008年8月～2009年7月の葉のリターフォール量は、前年と比べてウラジロガシとシラカシで有意に多く、ハナガガシで有意に少なかった（t-test,  $P<0.05$ ）。

葉内と葉のリターフォール内窒素濃度はLMAの影響を強く受け、特にLMAが高く、厚い葉をしているアカガシは高い濃度を示した（表-2）。一方、LMAが低く、薄い葉をしているウラジロガシ、シラカシ、ハナガガシは低い葉内窒素濃度を示したが、ハナガガシの葉のリターフォール内窒素濃度は高かった。1年葉、2年葉、葉のリターフォールで比較すると、いずれの樹種も葉のリターフォール内窒素濃度は、1年葉、2年葉の窒素濃度より有意に低下した（Tukey test,  $P<0.01$ ）。1年葉と2年葉の比較では、葉内窒素濃度はアカガシ、シラカシ、ツクバネガシ、アラカシにおいて2年葉で有意に低下した（Tukey test,  $P<0.05$ ）。それ以外の樹種では、LMAは1年葉、2年葉、葉のリターフォール間に有意な差はなかった。窒素再吸収効率は、1年葉で比較するとアラカシ、アカガシで高く、2年葉ではウラジロガシ、アラカシで高かった（表-3）。一方、ハナガガシの窒素再吸収効率はいずれの葉も低い値を示した。

#### IV 考察

カシ7種のリターフォールの変動パターンから、ウラジロガシ、シラカシ、イチイガシ、アラカシ、ハナガガ

表-1 カシ類7種の葉の年間リターフォール量 ( $\text{g m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ , 平均値土標準誤差, n=6)

Table 1 Annual leaf litter fall of seven *Quercus* species

	2007年8月～	2008年8月～	2009年7月	2008年7月
	2008年7月	2009年7月		
アカガシ	385±19	bc	439±42	bc
ウラジロガシ	331±30	cd	424±54	bc
シラカシ	451±27	b	550±27	ab
ツクバネガシ	268±10	d	300±24	c
イチイガシ	670±17	a	614±16	a
アラカシ	458±29	b	502±32	ab
ハナガガシ	473±24	b	295±23	c

異なるアルファベットの値間には、5%の範囲で統計的に有意差があることを示している。表-2も同様である。

表-2. カシ類7種の葉内・葉のリターフォール内の窒素濃度とLMA(平均値土標準誤差, n=6)

Table 2 Concentration of nitrogen and LMA on leaf and leaf litter fall of seven *Quercus* species

	窒素濃度 ( $\text{mmol m}^{-2}$ )	LMA ( $\text{g m}^{-2}$ )		
<b>1年葉</b>				
アカガシ	262±7	a	175±10	a
ウラジロガシ	171±7	c	125±2	cd
シラカシ	163±3	c	115±8	c
ツクバネガシ	206±9	b	152±10	ab
イチイガシ	226±11	b	148±6	ab
アラカシ	217±6	b	149±5	ab
ハナガガシ	163±4	c	97±5	c
<b>2年葉</b>				
アカガシ	203±9	a	173±10	a
ウラジロガシ	156±18	b	138±7	bc
シラカシ	132±15	b	122±6	bc
ツクバネガシ	160±9	b	148±8	ab
イチイガシ	205±12	a	150±6	ab
アラカシ	167±11	ab	146±8	abc
ハナガガシ	147±6	b	115±4	c
<b>葉のリターフォール</b>				
アカガシ	120±6	a	183±5	a
ウラジロガシ	85±2	cd	133±4	bc
シラカシ	83±3	d	109±3	c
ツクバネガシ	106±8	abc	151±10	b
イチイガシ	117±4	a	148±3	b
アラカシ	93±4	bcd	151±4	b
ハナガガシ	111±6	ab	126±9	bc

シは春にピークを示す年一山型を示した（図-1）。一方、アカガシとツクバネガシは春以外にもピークが見られる年二山型を示した。このように春以外にもピークが見られる原因は、気候要因や、冬芽を形成する際の養分の再吸収が関わると考察されている（7）。しかし、本研究のように同一の生育条件のカシ類で比較しても異なることから、別の要因の可能性も示唆される。年二山型を示したアカガシとツクバネガシはLMAが高く、葉が厚い傾向を示していた（表-2）。一般的に、樹木は新しい枝が伸長すると、前年の枝は新しい枝によって被陰される傾向がある（4）。そのため、葉の厚いアカガシやツクバネガシは葉の中に光が届きにくく、被陰に対する順化能力が低いことが推察される。そして、被陰され

た葉は夏以降に葉を落として養分を再吸収し、新たな葉の展開に使用した方が有利であると示唆される。

表-3. カシ類7種の窒素再吸収効率(%)

Table 3 Nitrogen resorption efficiency of seven *Quercus* species

	1年葉	2年葉
アカガシ	54.3	41.1
ウラジロガシ	50.3	45.3
シラカシ	49.5	37.5
ツクバネガシ	48.5	33.6
イチイガシ	48.1	42.9
アラカシ	57.2	44.4
ハナガガシ	31.7	24.6

本研究において、年間の葉のリターフォール量はイチイガシで特に多かった(表-1)。一般的に、イチイガシはカシ類の中では成長が早く(6), 高い光合成速度を示す(3)。常緑広葉樹では落葉樹と異なり、全ての葉が同時期に落葉するわけではないので純一次生産量に直接反映させられないが、多いリターフォール量はイチイガシの高い純一次生産量を裏付けていると推察される。また、ウラジロガシ、シラカシ、ハナガガシは年間リターフォール量に変動が見られ、変動パターンもそれぞれ異なっていた(表-1)。試験期間中はリターフォール量に影響を及ぼす台風などの大規模擾乱はなかったことから、リターフォール量の違ったカシ類は成長特性が年ごとに異なり、量の違いに反映されたと推察される。一般的に、成長率が高い個体は葉の寿命が短い傾向があるため(4), 成長率が高い年は葉の寿命が短くなり、結果として葉のリターフォール量が増加したと推察される。なお、葉のリターフォールの年変動は、種子生産の多い年に増加する傾向があるが(1), 本試験地のウラジロガシ、シラカシ、ハナガガシに設置したリタートラップには種子は回収されなかつた。

窒素の再吸収効率は、アカガシ、アラカシ、ウラジロガシにおいて他の常緑広葉樹(平均39.3%, 5)と比較して高い値を示した(表-3)。これらの樹種は、いずれも貧栄養環境に対する適応能力が高い(2)。そのため、落葉時に多くの養分を再吸収し、貧栄養環境において落葉から効率よく養分を獲得できる特徴があると推察される。一方、ハナガガシの窒素再吸収効率は他種と比較して特に低かった(表-3)。ハナガガシは東九州を中心に少数の個体が分布する絶滅危惧種であり、立地特性も低標高の斜面下部に偏っている(2)。一般的に、

立地の養分は斜面下部の方が肥沃であるため、ハナガガシは窒素再吸収効率が低いために、肥沃な立地でしか生育できないと推察される。

### 謝辞

本研究を遂行するにあたり、九州森林管理局、森林技術センターの方々に調査地の整備をして頂いた。設置したリタートラップは、鳩村美紀代氏に作成して頂いた。リターの仕分けでは、森林総合研究所九州支所の苗畠の作業員の方々と松永道雄氏、鶴山わかば氏に手伝って頂いた。分析に際しては、青木菜保子氏に補助をして頂いた。ここに感謝の意を表す。本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金「シイ・カシ類の成長特性と造林放棄地における植栽技術への応用」(課題番号: 18880033)によって実施した。

### 引用文献

- (1) HIRAYAMA, D., FUJII, T., NANAMI, S., ITOH, A. and YAMAKURA T. (2012) Two-year cycles of synchronous acorn and leaf production in biennial-fruiting evergreen oaks of subgenus *Cyclobalanopsis* (*Quercus*, Fagaceae), Ecol. Res. **27**: 1089-1068
- (2) ITO, S., OHTSUKA, K. and YAMASHITA, T. (2007) Ecological distribution of seven evergreen *Quercus* species in southern and eastern Kyushu, Japan, Veg. Sci. **24**: 53-63
- (3) 香山雅純・江藤幸二・梶本卓也 (2007) 同一地域に植栽されたカシ類の光合成特性, 九州森林研究 **60**: 75-78
- (4) 菊沢喜八郎 (2005) 葉の寿命の生態学, 共立出版, 東京: 212pp
- (5) KILLIC, D., KUTBAY, H.G., OZBUCAK, T. and HUSEYINOVA, R. (2010) Foliar resorption in *Quercus petraea* subsp. *iberica* and *Arbutus andrachne* along an elevational gradient, Ann. For. Sci **67**: 213
- (6) 長濱孝行 (2004) 鹿児島県におけるイチイガシ人工林の林分構造, 九州森林研究 **57**: 94-98
- (7) NITTA, I. and OHSAWA, M. (1997) Leaf dynamics and shoot phenology of eleven warm-temperate evergreen broad-leaved trees near their northern limit in central Japan, Plant Ecol. **130**: 71-88
- (8) 大久保政利 (1995) ウバメガシ林のリターフォール量, 日林関西支論 **4**: 107-108
- (9) 大塚俊之 (2009) 個体から群落スケールのCO<sub>2</sub>ガス交換, 低温科学 **43**: 119-127
- (10) van HEERVAARDEN, L.M., TOET, S. and AERTS, R. (2003) Current measures of nutrient resorption efficiency lead to a substantial underestimation of real resorption efficiency: facts and solutions, Oikos **101**: 664-669