

父島におけるトクサバモクマオウのリターの分解過程

畑 憲 治（首都大学東京理工学研究科）
可 知 直 毅（首都大学東京理工学研究科）

要 約

外来木本種であるトクサバモクマオウのリター（落葉落枝）の分解過程を明らかにするために、父島の洲崎において、リターの種類と森林タイプの違いを考慮して、トクサバモクマオウと在来木本種のリターの分解速度を比較した。自然状態を想定した条件では、トクサバモクマオウと在来木本種のリターとの間に分解速度の差は見られなかった。これは、トクサバモクマオウの速いリターの分解速度が、トクサバモクマオウ林の分解速度が遅い環境によって相殺された結果であると考えられる。また、トクサバモクマオウのリターが初期重量の20%に達する日数は、 1365 ± 38 日（平均値 \pm 標準誤差）と推定された。

I. はじめに

外来植物のリター（落葉落枝）の特性は、在来植物と異なる場合がある（Ehrefeld *et al.*, 2001; Rothstein *et al.*, 2004）。このような特性の違いは、リターの分解速度や分解に伴う栄養元素の土壌への放出量に違いをもたらす。結果的に、リターや土壌中の動物群集の構造、植物の種子発芽・実生の定着、生態系内の栄養元素の循環過程に影響する可能性がある（Dutta & Agrawal, 2001; Mack *et al.*, 2001; Funk, 2005; Berry *et al.*, 2011）。

小笠原諸島に侵入したトクサバモクマオウ *Casuarina equisetifolia* が優占する森林の林床では、トクサバモクマオウの厚いリターの堆積が見られる（Hata *et al.*, 2009）。この堆積したリターは、在来植物の種子発芽や実生の初期成長を阻害する（Hata *et al.*, 2010）。一方で、このリター層は、特定の陸産貝類の生息地となっている可能性がある（Chiba, 2010）。

現在、小笠原諸島では、トクサバモクマオウの駆除事業が実施されている。トクサバモクマオウの駆除は、林床のリターの堆積量の変化を介して、林床の生物的・非生物的环境を変化させる可能性がある。トクサバモクマオウのリターの分解過程を定量的に評価することで、トクサバモクマオウの駆除後の自然再生事業における基礎的な知見を提供することが期待される。

本報告では、まず、トクサバモクマオウのリターの分解速度をリターの種類と環境の違い

いを考慮して比較する。これは、Hata *et al.* (2012) において発表された内容を含む。次に、得られた分解速度においてリターの消失にかかる時間を既存のリターの分解過程モデルから推定する。

Ⅱ. 調査地と方法

1. 調査地

現地調査は、父島洲崎、二子地域で実施した。この地域には、トクサバモクマオウが優占する森林（以下トクサバモクマオウ林）と在来木本種であるヒメツバキが優占する森林（以下在来林）が混在する（Hata *et al.*, 2009）。本調査は、2007 年 5 月にそれぞれの森林に 30 箇所ずつ設置した 5×5m の方形区の中で実施した。

2. 方法

本研究では、リターの分解速度をリターバッグ法による初期重量に対するリターの残存重量で評価した。リターバッグ法は、リターを数 mm² ～数 cm² のメッシュのナイロン製のバッグ（リターバッグ）に入れ、時間の経過と伴うリターの残存量の変化から分解速度を評価する方法である。

2007 年 7 月にそれぞれの森林でトクサバモクマオウと在来木本種の落葉を採集した。採集した落葉は、直射光が入らない環境で 2 日間自然乾燥（風乾）し、各落葉を 10 g ずつ 1 mm² のメッシュサイズのナイロン製のバッグ（リターバッグ）に入れた。

2007 年 8 月に落葉を入れたリターバッグを各方形区に 35 箇所ずつ設置した。トクサバモクマオウ林に設置した方形区 30 箇所のうち、ランダムに選択した 15 箇所にトクサバモクマオウの落葉が入ったリターバッグを、残りの 15 箇所に在来木本種が入ったリターバッグを設置した。同様に、在来林においても 15 箇所にトクサバモクマオウのリターバッグ、15 箇所に在来木本種のリターバッグを設置した。以上合計で 2100 個のリターバッグを設置した。

設置したリターバッグは、2008 年 8 月まで約 2 カ月おきに、その後、2009 年 8 月に、各方形区で 5 箇所ずつ回収した。回収したリターバッグの中に含まれる落葉を 70℃ で 2 日間乾燥した後、その重量（絶乾重量）を測定した。

設置時のリターバッグに含まれる落葉の絶乾重量を推定するために、2007 年 7 月の落葉採集時に、トクサバモクマオウと在来木本種の落葉を 30 サンプルずつ採取し、各サンプルの風乾重量と絶乾重量を測定した。このデータから、従属変数を落葉の絶乾重量、独立変数を風乾重量とする以下の回帰式を作成した。

トクサバモクマオウ：絶乾重量 (g) = $0.215 + 0.898 \times \text{風乾重量 (g)}$ ($r^2 = 0.94, p < 0.001$)
在来木本種：絶乾重量 (g) = $0.202 + 0.910 \times \text{風乾重量 (g)}$ ($r^2 = 0.98, p < 0.001$)

3. 解析

落葉の分解速度の違いは、分散分析で評価した。従属変数は、各回収時におけるリターバッグ内の落葉の残存量である。独立変数は、森林の優占種（トクサバモクマオウ、ヒメツバキ）とリターの種類（トクサバモクマオウ、在来木本種）を固定要因、各方形区における回収時の反復（5 反復）をランダム要因とした。

リターの分解時期を予測するために、既存のリターの分解モデルにデータをあてはめた。モデルは Wieder & Lang (1982) の以下のモデルを使った。

$$\ln (M_t/M_0) = -kt$$

M_t は時間 t における重量、 M_0 は初期重量、 k は分解速度定数である。このモデルからの予測は、重量残存量が初期重量の 20% に達するまでの期間においては信頼できる (Aber *et al.*, 1990)。まず、実験開始時（2007 年 8 月）と 2008 年 8 月および 2009 年 8 月のデータから k を計算した。計算した k 、リターの初期重量およびその 20% の値から t (日) を計算した。

Ⅲ. 結果

実験開始時の落葉の絶乾重量は、トクサバモクマオウで 9.04 ± 0.003 g (平均値 \pm 標準誤差)、在来木本種で 9.13 ± 0.004 g であった。2009 年 8 月における初期重量に対する落葉の残存率は、トクサバモクマオウで 5.2–60.0%、在来木本種で 16.4–76.3% であった。この残存率は、トクサバモクマオウ林に設置したリターバッグで 45.4–56.1%、在来林に設置したリターバッグで 33.3–42.4% であった。

各回収時期におけるリターバッグ内の落葉の残存量の違いは、森林の優占種とリターの種類の両方で説明できた (表 1)。2007 年 12 月を除いて、交互作用は検出されなかった。全ての回収時期において、同じ森林で比較すると、トクサバモクマオウの落葉の残存量は、在来木本種のそれよりも少ない傾向があった (図 1)。同じリターで比較すると、トクサバモクマオウ林に設置したリターバッグ内の落葉の残存量は、在来林に設置したそれよりも大きい傾向があった。結果的に、自然条件下、つまり、トクサバモクマオウ林に設置したトクサバモクマオウの落葉の残存量は、在来林に設置した在来木本種のそれと差は見られなかった。

実験開始から 1 年間の落葉の残存重量に基づいて計算したトクサバモクマオウ林に設置

表 1 回収時期別のリターバッグ中のリターの残存量に対する分散分析の結果

独立変数は、森林タイプ（トクサバモクマオウ林、在来林）、リタータイプ（トクサバモクマオウのリター、在来木本種のリター）、森林タイプとリタータイプの交互作用、各方形区における 5 反復（ランダム効果）である。*** : $p < 0.001$, $p < 0.01$, n.s.: 有意差なし

		自由度	偏差平方和	F 値	
(a) 2007 年 10 月	森林タイプ	1	6.60	22.66	***
	リタータイプ	1	14.74	50.66	***
	交互作用	1	1.01	3.46	n.s.
	反復	56	16.31	8.05	***
	残差	240	8.68		
(b) 2007 年 12 月	森林タイプ	1	23.93	53.18	***
	リタータイプ	1	40.83	90.73	***
	交互作用	1	2.76	6.13	*
	反復	56	25.38	7.46	***
	残差	240	14.58		
(c) 2008 年 2 月	森林タイプ	1	33.40	49.85	***
	リタータイプ	1	54.51	81.36	***
	交互作用	1	0.27	0.40	n.s.
	反復	56	37.59	6.39	***
	残差	240	25.20		
(d) 2008 年 4 月	森林タイプ	1	41.35	53.70	***
	リタータイプ	1	58.57	76.06	***
	交互作用	1	0.78	1.01	n.s.
	反復	56	42.88	5.58	***
	残差	240	32.96		
(e) 2008 年 6 月	森林タイプ	1	51.01	44.75	***
	リタータイプ	1	61.73	54.15	***
	交互作用	1	0.04	0.04	n.s.
	反復	56	63.84	5.67	***
	残差	240	48.26		
(f) 2008 年 8 月	森林タイプ	1	57.21	54.64	***
	リタータイプ	1	101.84	97.26	***
	交互作用	1	1.07	1.03	n.s.
	反復	56	58.64	3.75	***
	残差	240	67.02		
(g) 2009 年 8 月	森林タイプ	1	81.64	37.32	***
	リタータイプ	1	51.48	23.53	***
	交互作用	1	0.37	0.17	n.s.
	反復	56	122.50	4.15	***
	残差	180	93.60		

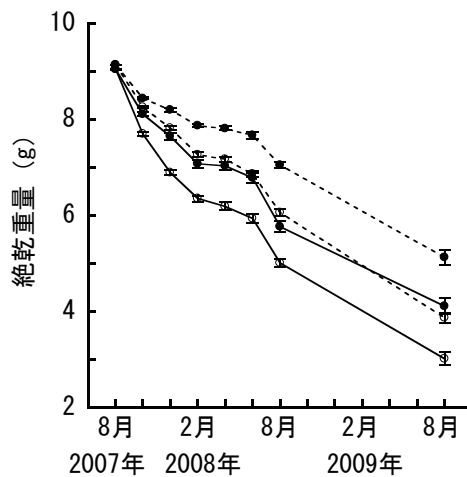


図1 リターバッグ中のリターの残存量の時間的变化(平均値 ± 標準誤差)

実線はトクサバモクマオウのリター、破線は在来木本種のリターを示す。黒丸はトクサバモクマオウ林に設置したリター、白丸は在来林に設置したリターを示す。

したリターが初期重量の20%まで減少する日数は、トクサバモクマオウの落葉で 1365 ± 38 日(平均値 ± 標準誤差)、在来木本種での落葉で 2437 ± 82 日であった。在来林に設置したリターの場合、トクサバモクマオウの落葉で 1043 ± 32 日、在来木本種での落葉で 1498 ± 49 日であった。

IV. 考察

本研究の結果は、トクサバモクマオウのリターの分解速度が、リターの質と環境の両方から影響を受けたことを示唆する。トクサバモクマオウのリターは、在来木本種のリターよりも分解速度よりも速かった。一方で、トクサバモクマオウ林におけるリターの分解速度は、在来林におけるそれよりも遅かった。つまり、トクサバモクマオウの速いリターの分解速度が、トクサバモクマオウ林の分解速度が遅い環境によって相殺された結果、自然条件下で分解速度に違いが見られなかったと考えられる。これは、トクサバモクマオウ林と在来林では、リターの分解速度における違いは見られないが、その速度を制限する要因は異なることを意味する。

本研究では、在来林に設置したトクサバモクマオウの落葉が最も分解速度が速かった。これは、自然条件下では、トクサバモクマオウ林と在来林の境界部分、または、在来林にトクサバモクマオウが侵入しつつある状況に当てはまる。このような状況下で、トクサバモクマオウのリターの分解速度は最も速く、かつ窒素を多く含むトクサバモクマオウのリターから放出される窒素量も最も大きくなることが予想される。

トクサバモクマオウの落葉が初期の 20% まで減少するには、4 年弱かかることが予測された。ただし、この値は、林床の微環境も含めた環境が変化しないことを前提としている。現在、小笠原で実施されているような除草剤による枯殺を行なった場合、林冠の消失に伴う光環境の改善やトクサバモクマオウによる蒸散の消失などを介して、土壤の水分条件やその結果としての土壤生物相が変化する可能性がある。このような変化は、リターの分解速度を変化させる可能性がある。

小笠原諸島では、現在、トクサバモクマオウの駆除が実施されている。トクサバモクマオウの駆除に伴うリターフォールの消失は、長期的には堆積しているリターの消失を意味する。これは、リターによる降雨の遮断損失量の減少や土壤からの水の蒸発量の増加などの水文環境の変化を引き起こし、結果的に土壤動物群集や植物の初期定着などに影響を及ぼす可能性がある。このような森林の水文学的な変化と林床の群集動態との関係を明らかにすることは、トクサバモクマオウ駆除後の自然再生において必要であろう。

謝辞

本研究は、環境省地球環境研究総合推進費による「小笠原諸島における侵略外来植物の影響メカニズムの解明とその管理手法に関する研究」(F-051、代表者：大河内勇)、また、文部科学省科学研究補助金による「海洋島における外来生物の駆除が生態系の物質循環に与えるインパクト」(基盤研究 A、代表者：可知直毅)と「海洋島における外来木本種の侵入とその駆除が森林生態系の水循環に及ぼす影響」(若手研究 B、代表者：畑憲治)のサブテーマとして行った。本報告は、2012 年に *Weed Research* に掲載された Hata *et al.* (2012) の内容の一部を引用している。

本研究を進めるにあたり、小笠原総合事務所国有林課、環境省自然保護局南関東地区自然保護事務所、東京都総務局小笠原支庁土木課自然公園係および小笠原亜熱帯農業センターの皆様には様々な便宜を図っていただいた。以上の方々にここに深くお礼申し上げます。

文 献

- Aber JD, Melillo JM & McLaugherty CA (1990) Predicting long-term patterns of mass loss, nitrogen dynamics and soil organic matter formation from initial fine litter chemistry in temperate forest ecosystems. *Canadian Journal of Botany* 68: 2201–2208.
- Berry ZC, Wevill K & Curran TJ (2011) The invasive weed *Lantana camara* increases fire risk in dry rainforest by altering fuel beds. *Weed Research* 51: 525–533.
- Chiba S (2010) Invasive non-native species' provision of refugia for endangered native species.

- Conservation Biology* 24: 1141-1147.
- Dutta RK & Agrawal M (2001) Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted in coal mine spoil. *Pedobiologia* 45: 298-312.
- Ehrenfeld JG, Koutev P & Huang W (2001) Changes in soil functions following invasions of exotic understorey plants in deciduous forests. *Ecological Applications* 11: 1287-1300.
- Funk JL (2005) *Hedychium gardnerianum* invasion into Hawaiian montane rainforest: interactions among litter quality, decomposition rate, and soil nitrogen availability. *Biogeochemistry* 76: 441-451.
- Hata K, Kato H & Kachi N (2009) Community structure of saplings of native woody species under forests dominated by alien woody species, *Casuarina equisetifolia*, in Chichijima Island. *Ogasawara Research* 34: 33-50.
- Hata K, Kato H & Kachi N (2010) Litter of an alien tree, *Casuarina equisetifolia*, inhibits seed germination and initial growth of a native tree on the Ogasawara Islands (subtropical oceanic islands). *Journal of Forest Research* 15: 384-390.
- Hata K, Kato H & Kachi N (2012) Leaf litter of the invasive *Casuarina equisetifolia* decomposes at the same rate as that of native woody species on oceanic islands but releases more nitrogen. *Weed Research* 52: 542-550.
- Mack MC, D'Antonio CM & Ley RE (2001) Alteration of ecosystem nitrogen dynamics by exotic plants: a case study of C4 grasses in Hawaii. *Ecological Applications* 11: 1323-1335.
- Rothstein DE, Vitousek PM & Simmons BL (2004) An exotic tree alters decomposition and nutrient cycling in a Hawaiian montane forest. *Ecosystems* 7: 805-814.
- Wieder RK & Lang GE (1982) A critique of analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology* 63:1636-1642