

スギの開花に伴って林地に供給される窒素, リン供給量

秋田県立大学 生物資源科学研究科 生物資源科学専攻 ○齊藤真紀
教授 星崎和彦
准教授 早川敦

1 はじめに

森林土壌には森林生態系内外から養分が供給されます。主な経路は、落葉落枝などのリターフォール、降水、ガス(SO_x、NO_xなど)、エアロゾルなどです。特にリターフォールは、微生物による分解によって森林土壌における養分供給に大きく貢献しており、森林生態系を維持する基本的なプロセスとして位置づけられています。

これまでリターフォールを通じた養分供給に関する先行研究では、リター供給量で大部分を占める葉リターが重要視されてきました。その一方で花リターやその他リター画分についてはあまり考慮されていません。しかし、花リターは春先のリター供給量の30~40%を占めること(Lee et al. 2011)や、ブナやミズナラでは花リターのほうが葉リターよりもC/N比が低く、窒素(N)、リン(P)含有率(%)が高いという報告があります(河田・丸山 1986; Wang et al. 2016)。そのため、花リターはN・P循環に貢献しているのではないかと考えました。

また風媒花は小型で軽量な花粉を大量に生産します。そのため春先の開花によって、生態系内外に大量の花粉が飛散されます。湖沼生態系において、花粉は水面落下後すぐに分解して、水面に栄養塩を放出することから、重要な栄養塩の供給源とされています(Greenfield 1999; Webster et al. 2008; Röesel et al. 2012; Masclaux et al. 2013)。森林生態系も同様に、花粉がN・P循環に貢献している可能性があります。しかし陸上生態系において花リター由来と花粉由来のN・P供給量を同時に算出した知見はありません。

以上より、花リターと花粉が森林土壌へのN・P供給に寄与しているのではないかと考えました。本研究では風媒花であるスギに着目し、秋田市仁別に近い太平八田県有林(以下仁別スギ林)において、花粉もあわせて林地への花由来のN・P供給量を評価することを目的としました。具体的には、以下の2つの問いに答えていきます。(1) 花リターと花粉はいつ、どの程度供給されているのか、(2) 花リターと花粉由来のN・P供給量はどの程度か、葉リター由来の供給を含めて全体の何割を占めるのか?

2 取組・研究方法

葉リター、花リター、花粉それぞれのN・P含有率(%)を測定しました。NCアナライザー(NC-22F、SUMIGRAPH)を用いてリターおよび花粉の全炭素(T-C)、全窒素(T-N)の含有率(%)を分析しました。分析結果から葉リター、花リターおよび花粉に含まれるT-C含有率(%)、T-N含有率(%)およびC/N比を算出しました。また、モリブデン・ブルー法を用いてリターおよび花粉の全リン(T-P)の含有率(%)を分析しました。分析結果から葉リター、花リターおよび花粉のT-P含有率(%)を算出しました。

仁別スギ林においてリタートラップ観測(25個)を行い、林地に供給されるリター

フォール(葉リター、枝リターおよび花リター)の乾重量を算出しました。リターフォールの回収期間は2019年12月から2020年11月で、トラップ内に捕集される内容物を月1回回収しました。ただし現地が積雪に覆われる12月から3月上旬の期間は回収を行わず、3月下旬にまとめて回収しました。トラップの面積は0.50 m²、25個のトラップは林内に規則的(10 m間隔)に設置し、冬季期間を除き、地上1.0 mから1.3 mの高さに設置しました。冬季期間は直径50 cmのタライを地面に置き、タライに0.25 m²のトラップを固定しました。

花粉については、開花実験とリタートラップへの花リター乾重量を組み合わせ、花粉の供給量を推定しました。2020年3月上旬に小泉瀉公園および仁別スギ林に行き、開花寸前の雄花がついている枝を1個体あたり3本程度、3-4個体(枝6-12本程度)採取しました。ビンに60 cm程度の枝を1-3本差し、アクリルケース内に入れ、恒温室(25度)に2週間程度置きました。アクリルケース内に乾燥した空気を取り込むため、ファンをアクリルケースに取り付けました。花リター重量に対する花粉重量の比(花粉/花リター)を推定して、花リター1 gあたりの花粉量を算出しました。

林地に供給されるリターフォール(葉リター、枝リターおよび花リター)の乾重量から1 haあたりの乾重量を求めました。次に、1haあたりの花リターの乾重量にT-N含有率(%)、T-P含有率(%)を掛け合わせることで花リター由来の林地へのN・P供給量を求めました。2019年12月から2020年11月に供給される花リターの乾重量に、開花実験から得られた花リター1 gあたりの花粉量を掛け合わせて1 haあたりの花粉供給量を求めました。1 haあたりの葉リター供給量にT-N含有率(%)、T-P含有率(%)を掛け合わせることで葉リター由来の林地へのN・P供給量を求めました。花粉およびその他リター画分も同様の方法で林地へのN・P供給量を算出しました。

3 結果

N含有率(%)において、花リター(1.0 %)は葉リター(0.5 %)の2.0倍、花粉(0.8 %)は葉リターの1.5倍でした。P含有率(%)は、花リター(0.17 %)は葉リター(0.03 %)の5.9倍、花粉(0.14 %)は葉リターの5.0倍でした(図1)。またC/N比は葉リターが108と最も高く、次いで花粉(62)、花リター(53)と続きました。C含有率(%)は葉リター、花リターが花粉と比較してやや高いものの、50 %前後でした。

葉リターは12月-3月の積雪期間と11月に供給のピークが見られ、1年間に2.0 Mg ha⁻¹year⁻¹供給されました。花リターは4月-5月にピークが見られ、1年間に0.36 Mg ha⁻¹year⁻¹供給されました。その他リター画分は球果(98 kg ha⁻¹year⁻¹)、樹皮(62 kg ha⁻¹year⁻¹)、枝リター(34 kg ha⁻¹year⁻¹)、その他(85 kg ha⁻¹year⁻¹)でした(図2)。

開花実験から得られた花リター1 gあたりの花粉量は0.40 gでした。花リターの供給量から花粉の供給量を算出したところ、花粉の供給量は146 kg ha⁻¹year⁻¹でした。

全リターと花粉の年間供給量は2.82 Mg ha⁻¹year⁻¹でした(図3-a)。供給量の内訳は、葉リターが71 %と最も大きな割合を占め、続いて花リター(13 %)、花粉(5.2 %)、その他(3.9 %)、球果(2.2 %)、枝リター(1.2 %)の順でした。年間のN・P供給量は15.8 kg N ha⁻¹year⁻¹ (図3-b)、1.41 kg P ha⁻¹year⁻¹ (図3-c)でした。N供給量の内訳は、葉リター由来が64 %と最も大きな割合を占め、花リター(23 %)、花粉(7.5 %)、球果(2.2 %)、樹皮(1.7 %)、枝リター(0.9 %)の順でした。一方、P供給量の内訳は花リター由来が42 %と

最も大きく、続いて葉リター(40%)、花粉(15%)、球果(1.6%)、樹皮(0.9%)、枝リター(0.5%)の順でした。

4 考察・結論

これまで林床へのN・P供給源は葉リターや枝リター由来と考えられてきました。しかし本研究では花リターと花粉に着目し、花リターと花粉由来のN・P供給量を算出しました。その結果、葉リター、枝リター、花リターおよび花粉由来N・P供給量は、葉リターと枝リターのみのN・P供給量と比較すると、N供給量は1.5倍、P供給量は2.4倍あることが分かりました。また、花リター由来と花粉由来のN・P供給量を合わせた花由来のN・P供給量は、 $5.0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ 、 $0.81 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ でした。これは全体のN供給量の31%、P供給量の57%を占めます。このことから花由来のN・P供給量は、従来の考えられていた以上に、林床へのN・P供給量において大きな割合を占めていることが分かりました。従来の研究で花由来のN・P供給量が過小評価された理由として、花粉由来のN・P供給量を考慮していなかったこと、花リターがその他リター画分(種子や球果を含める)として求められ、花リター由来のみのN・P供給量が求められてこなかったことが考えられます。また花粉と花リターのN・P供給量を比較すると、花粉よりも花リターの寄与が大きかったです。その要因として、花リターの供給量が花粉の2.5倍であること、花リターのN・P含有率(%)が花粉よりも富むことが考えられます。

葉リターは12月-3月の積雪期間と11月に供給のピークが見られ、花リターは4月-5月に供給のピークが見られました(図2)。先行研究でスギの花粉は3月下旬から4月に供給されることが分かっています(齋藤1995)。このことから、スギの葉リターは11月-3月の積雪期間、花粉は3月下旬-4月の開花期、花リターは4月-5月の開花期後に供給されると考えられます。また、花リターや花粉は葉リターよりも短期間に集中して供給されました。

リターの質の違いは分解過程と養分の無機化に決定的な影響を及ぼすため(Brendse 1998; Bowman et al. 2004)、葉リターよりもC/N比が低かった花リターは、易分解性のリターであると考えられます(図1)。また花粉は水面落下5日後に可溶性のNとPを放出する(Röesel et al. 2012)ことから易分解性であると考えられます。そのため、開花によって葉リターよりも分解が容易なN・Pが、林地に春に多く供給されていると考えられます。ただしC/N比は分解のしにくさの指標にすぎません。本質的な分解速度を測定するためには、リターバック実験をする必要があります。

スギの開花結実には豊作年と凶作年とが交互に表れる隔年結実という現象が知られています(齋藤1995)。本調査地においても、本研究の2020年は花リター供給量が $363 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ であった一方、2021年はわずか $47 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ でした。したがってスギ林では、年によってN・P供給量が大きく変動する可能性があります。年ごとのスギ雄花生産量には、気象条件が強く影響することが分かっており(山崎ら1979; 中原ら1991)、2021年が凶作となった理由として、前々年、前年の雄花着花量が平年並みであったこと(環境省2019)、前年夏の日照時間が少ないこと(気象庁2020)などが考えられます。また、葉リターの年変動も大きいです(金子ら1997)。そのため、本研究の林分による花リターおよび花粉のN・P寄与の違いが樹種、林齢、リター量などの要因と関与しているのか今後も調査する必要があります。

5 参考文献

- [1] Lee YC, Nam JM, Kim JG. 2011. The influence of black locust (*Robinia pseudoacacia*) flower and leaf fall on soil phosphate. *Plant and Soil* 341:269-277.
- [2] 河田弘, 丸山幸平. 1986. ブナ天然林の結実がリターフォール量およびその養分量に及ぼす影響. *日本生態学会誌*. 53:231-238.
- [3] Wang J, Xu B, Wu Y, Gao J, Shi F. 2016. Flower litters of alpine plants affect soil nitrogen and phosphorus rapidly in the eastern Tibetan Plateau. *Biogeosciences* 13:5619-5631.
- [4] Greenfield LG. 1999. Weight loss and release of mineral nitrogen from decomposing pollen. *Soil Biology and Biochemistry* 31:353-361.
- [5] Webster EA, Tilston EL, Chudek JA, Hopkins DW. 2008. Decomposition in soil and chemical characteristics of pollen. *European Journal of Soil Science* 59:551-558.
- [6] Rösler S, Rychla A, Wurzbacher C, Grossart HP. 2012. Effects of pollen leaching and microbial degradation on organic carbon and nutrient availability in lake water. *Aquatic Sciences* 74:87-99.
- [7] Masclaux H, Perga ME, Kagami M, Desvilettes C, Bourdier G, Bec A. 2013. How pollen organic matter enters freshwater food webs. *Limnology and Oceanography* 58:1185-1195.
- [8] 齋藤秀樹. 1995. 林学からみたスギ花粉症 森林の花粉生産を中心に. *耳鼻咽喉科臨床補冊*. 76:6-19.
- [9] Berendse F. 1998. Effects of dominant plant species on soils during succession in nutrient-poor ecosystems. *Biogeochemistry*. 42:73-88.
- [10] Bowman WD, Steltzer H, Rosenstiel TN, Cleveland CC, Meier CL. Litter effects of two co-occurring alpine species on plant growth, microbial activity and immobilization of nitrogen. *Oikos*. 104:336-344.
- [11] 山崎太, 水野瑞夫, 信太隆夫, 清水章治. 1979. 花粉症起因花粉の研究(第1報) スギ花粉飛散数の早期予測について. *日本アレルギー学会誌*. 28:732-737.
- [12] 中原聡, 小笠原寛, 吉村史郎. 1991. 最近6年間のスギ空中花粉数の日内変動と気象. *日本花粉学会誌*. 37:67-74.
- [13] 環境省. 2019. 令和元年度スギ雄花花芽調査の結果及び「花粉症環境保健マニュアル」の改訂について. <https://www.env.go.jp/press/107587.html>, 2022年2月21日確認.
- [14] 気象庁. 2020. 過去の気象データ. https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_s1.php?prec_no=32&lock_no=47582&year=2020&month=&day=&view=g_tem, 2022年2月21日確認.
- [15] 金子信博, 片桐成夫, 山下博, 北岡直樹, 富永明良. 1997. 島根大学三瓶演習林におけるスギ人工林のリターフォール量の長期年変動. *島根大学生物資源科学部研究報告* 2:7-13.

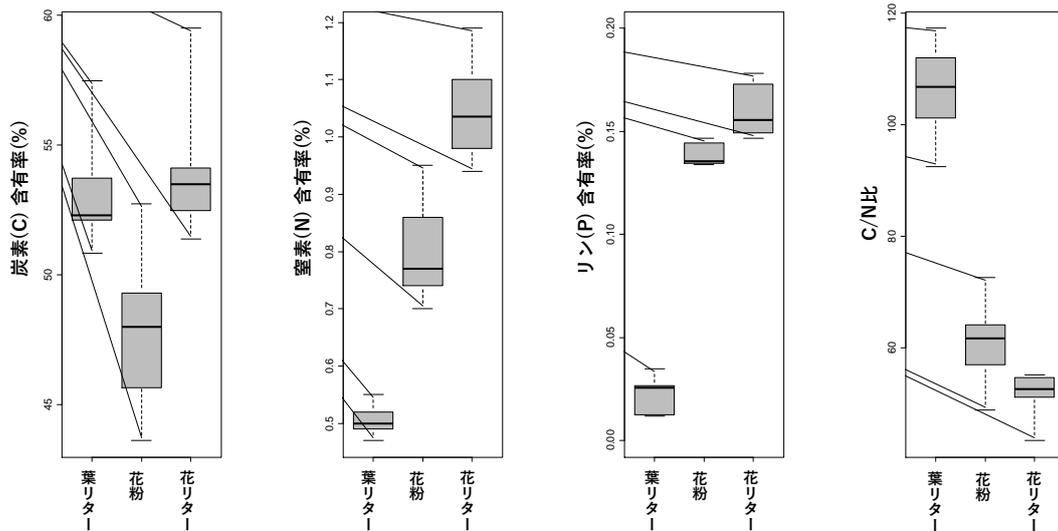


図 1： 葉リター、花粉、花リターの炭素(C)、窒素(N)、リン(P)含有率(%)および C/N 比

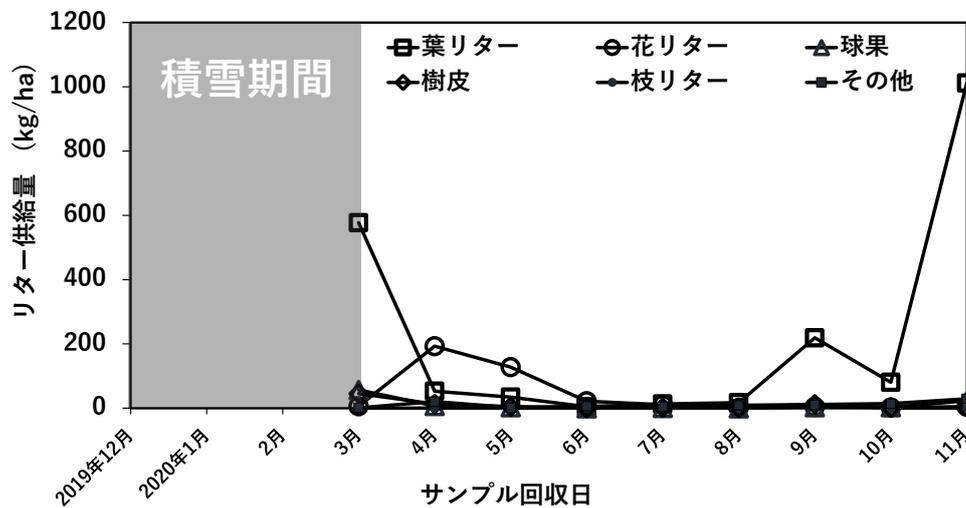


図 2： リター供給量の季節変化

12月から3月上旬の積雪期間は回収を行わず、3月下旬にまとめて回収した。

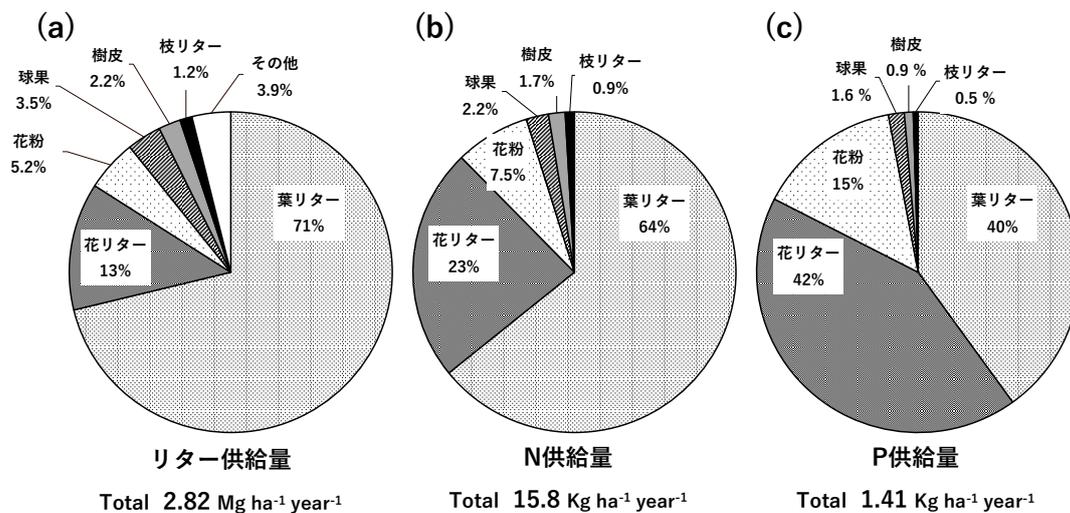


図 3： リターおよび花粉の供給量内訳

(a)は年間リター供給量、(b)は年間 N 供給量、(c)は年間 P 供給量の内訳