

各種広葉樹における夏期と秋期の葉の養分濃度

長倉淳子・金子真司 (森林総研)・赤間亮夫 (森林総研多摩)・重永英年 (森林総研九州)

要旨：葉の養分濃度は、各樹種の養分利用特性と生育立地の養分状態を反映すると考えられている。本研究では樹種による養分利用特性の違いを明らかにするために、生育環境がほぼ等しい 34 樹種の落葉広葉樹と 5 樹種の常緑広葉樹成木について、葉と当年枝の養分濃度を測定した。葉と当年枝の採取は夏期 (1999 年 8 月中旬) と秋期 (同年 10 月中旬～12 月中旬) に行なったが、常緑樹の葉は夏期にのみ採取した。葉の窒素、リン、カリウム濃度は夏期に高く秋期には低下したが、カルシウム濃度は秋期に高まった。葉のカリウム、カルシウム、マグネシウム濃度が夏期に高かった樹種は秋期にも高い傾向を示したが、窒素、リン濃度は樹種によって秋期の低下率が大きく異なった。一部の樹種では、当年枝が落葉時の窒素の貯蔵部位となっていることが示された。

キーワード：広葉樹、当年枝、葉の養分濃度、養分回収率、落葉

I はじめに

多くの植物種が混在する森林生態系においては、異なる樹種では養分利用特性に大きな違いがあることが予想される。葉の養分濃度は、各樹種の養分利用特性と生育立地の養分状態の双方を反映していると考えられる。

本研究では、樹種による養分利用特性の違いを明らかにすることを目的として、生育環境条件がほぼ等しい 34 樹種の落葉広葉樹と 5 樹種の常緑広葉樹の成木について、葉の養分濃度を測定し、各樹種の葉の養分組成の特徴や各養分元素の季節変化を調べた。落葉樹については、秋期 (落葉直前) の葉および当年枝の養分濃度を測定することによって、落葉前の養分回収率の樹種による違いや各樹種における当年枝の養分貯蔵部位としての役割を検討した。

II 材料と方法

森林総合研究所本所第一樹木園 (茨城県つくば市) に植栽されている落葉広葉樹 34 樹種、常緑広葉樹 5 樹種の成木を対象に、各樹種 1 個体ずつ供試木を定めた。構内の土壌は淡黒色土である。落葉樹については葉が十分に展開した夏期 (1999 年 8 月下旬) と落葉しはじめた秋期 (同年 10 月中旬～12 月中旬) の 2 回、葉と当年枝のサンプリングを行なった。秋期のサンプルは、各樹種、枝を揺すって落ちる程度に離層が発達してから採集したため、採取時期は樹種によって異なる。落葉樹のうちトチノキとホオノキについては当年枝の採取を行なわなかった。常緑樹については落葉時期の特定が困難なため、夏期のみサンプリングし、秋期は行なわなかった。採取部

位はできるだけ日当たりの良い樹冠部とし、常緑樹の葉については数年分の葉がついているが、当年葉のみをサンプルとした。葉のサンプルから葉柄は取り除いた。サンプルは純水で表面の付着物を洗い落とし、当年枝および夏期の葉は凍結乾燥、秋期の葉は熱風乾燥した後に粉碎し、養分分析に供した。

葉の窒素 (N) と炭素 (C) 濃度は、CN コーダー (MT-600, ヤナコ) を用いて測定した。葉のカルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、カリウム (K)、リン (P) 濃度は、過塩素酸と硝酸 (1:2) で湿式灰化した後、ICP 発光分析装置 (Maxim, Fisons) を用いて定量した。葉の各養分濃度は乾重あたりのパーセント (DW%) で表した。

III 結果と考察

1. 夏期の葉の養分濃度 エノキは他の樹種に比べ、著しく葉の Ca 濃度が高かった (表-1)。ニレ科樹種 (アキニレ、エノキ、ケヤキ、ハルニレ、ムクノキ) は C 濃度が低いことが特徴的だった。常緑樹は落葉樹に比べ、葉の N 濃度が低い傾向にあった (表-2)。

林地での主な分布特性 (2, 3) で比較すると、湿潤・弱湿性型土壌によく出現する樹種 (アキニレ、エノキ、ヤチダモ、ミズキ等) では Ca 濃度が高く、乾性型土壌に出現する樹種 (ナツハゼ、アズキナシ、シャリンバイ等) では N, P 濃度が低い傾向がみられた (表-1, 表-2)。乾性型樹種は、貧栄養条件に適応して、養分に対する要求性が低いと考えられた。

2. 秋期における葉からの養分回収 落葉広葉樹の夏期と秋期における葉の養分濃度を比較すると、ほとんど

Junko NAGAKURA, Shinji KANEKO (For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687), Akio AKAMA (Tama For. Sci. Garden, FFPRI), Hidetoshi SHIGENAGA (Kyushu Res. Center, FFPRI)

Nutrient concentrations in leaves of 39 hardwood species at the summer and the fall.

表-1. 落葉広葉樹の夏期と秋期における葉の養分濃度

科名	葉 樹種	C(DW%)		N(DW%)		P(DW%)		K(DW%)		Ca(DW%)		Mg(DW%)	
		夏期	秋期	夏期	秋期	夏期	秋期	夏期	秋期	夏期	秋期	夏期	秋期
ウコギ科	ハリギリ	48.8	50.5	1.51	1.08	0.13	0.07	2.09	1.59	1.12	1.78	0.22	0.20
カエデ科	イロハモミジ	47.6	45.4	2.12	0.62	0.19	0.06	0.42	0.22	1.55	1.85	0.43	0.44
カツラ科	カツラ	47.4	44.3	1.24	0.42	0.09	0.06	0.71	0.49	1.84	2.05	0.29	0.23
カバノキ科	アカシデ	50.3	51.3	2.16	0.74	0.11	0.04	0.59	0.39	0.65	0.87	0.12	0.09
カバノキ科	クマシデ	49.5	48.9	2.52	0.96	0.13	0.05	0.66	0.38	1.17	1.44	0.19	0.17
カバノキ科	シラカンバ	51.2	51.5	2.44	1.86	0.14	0.12	0.69	0.31	1.01	1.09	0.45	0.39
カバノキ科	ハンノキ	52.5	49.8	2.86	2.36	0.12	0.09	0.86	0.53	0.61	1.32	0.24	0.34
カバノキ科	ヤシャブシ	49.8	47.7	2.36	1.66	0.11	0.07	0.70	0.49	1.11	1.43	0.22	0.24
キブシ科	キブシ	49.3	46.1	1.81	0.88	0.11	0.05	0.77	0.61	2.35	3.31	0.27	0.37
クスノキ科	クロモジ	49.9	49.3	2.10	0.70	0.11	0.05	1.31	1.58	1.27	1.44	0.38	0.41
クマツツラ科	ムラサキシキブ	50.5	50.5	2.23	0.65	0.14	0.04	2.06	0.99	1.32	1.25	0.11	0.10
ツツジ科	ナツハゼ	49.2	51.6	1.36	1.13	0.10	0.07	0.88	0.25	1.44	2.07	0.41	0.53
ツツジ科	ヤマツツジ	47.6	48.1	2.09	2.07	0.12	0.11	1.16	0.67	1.61	1.81	0.69	0.58
ツバキ科	ナツツバキ	48.2	46.8	1.80	0.79	0.11	0.06	0.60	0.26	1.33	1.78	0.62	0.71
トウダイグサ科	アカメガシワ	48.6	46.7	3.04	1.05	0.17	0.07	0.88	0.31	1.28	2.34	0.21	0.39
トチノキ科	トチノキ	51.8	47.9	1.59	0.79	0.14	0.07	0.92	0.58	1.60	2.52	0.26	0.28
ニレ科	アキニレ	42.7	38.0	2.36	0.85	0.15	0.09	1.06	1.00	1.92	3.91	0.21	0.22
ニレ科	エノキ	43.2	41.1	2.22	0.93	0.14	0.11	0.52	0.76	4.17	4.50	0.23	0.20
ニレ科	ケヤキ	46.2	42.2	2.17	0.95	0.12	0.07	0.74	0.48	1.49	2.28	0.22	0.18
ニレ科	ハルニレ	45.9	44.5	1.65	0.75	0.16	0.12	1.02	0.77	1.54	2.34	0.24	0.32
ニレ科	ムクノキ	42.2	38.9	2.17	1.04	0.11	0.05	1.28	1.11	1.13	1.24	0.21	0.20
ハイノキ科	サワフタギ	46.8	42.3	2.20	1.42	0.10	0.07	0.69	0.48	1.30	2.29	0.64	1.01
バラ科	アズキナシ	50.5	48.7	1.61	0.65	0.10	0.04	0.63	0.34	1.41	2.16	0.37	0.27
バラ科	ナナカマド	50.9	52.6	1.99	0.71	0.14	0.06	0.65	0.22	1.60	2.50	0.44	0.38
ブナ科	イヌブナ	52.5	50.8	1.95	0.84	0.09	0.03	0.27	0.09	0.93	1.25	0.24	0.27
ブナ科	ミズナラ	49.0	48.6	2.27	0.80	0.13	0.02	0.81	0.42	0.99	1.25	0.25	0.31
マメ科	ニセアカシア	48.4	47.2	3.88	1.54	0.16	0.05	1.13	0.64	2.19	3.88	0.38	0.44
ミズキ科	ミズキ	50.2	50.8	1.73	0.66	0.10	0.03	0.36	0.14	2.43	2.78	0.27	0.23
モクセイ科	ヤチダモ	46.6	46.2	2.54	1.87	0.14	0.14	1.26	0.87	2.59	3.25	0.47	0.49
モクレン科	コブシ	45.9	41.8	1.87	0.65	0.11	0.04	0.97	0.64	2.03	2.72	0.30	0.32
モクレン科	ホオノキ	47.7	46.2	2.00	0.83	0.12	0.04	1.70	1.36	1.28	1.80	0.31	0.34
モチノキ科	アオハダ	50.4	50.0	2.15	0.66	0.11	0.02	0.63	1.09	0.94	1.20	0.53	0.58
モチノキ科	ウメドク	49.7	50.5	1.89	1.03	0.09	0.04	2.23	1.45	0.70	0.88	0.80	1.03
リョウブ科	リョウブ	49.4	48.0	1.75	1.00	0.11	0.07	1.12	0.61	1.48	2.12	0.68	0.93

表-2. 常緑広葉樹の夏期における葉の養分濃度

科名	葉 樹種	C(DW%)	N(DW%)	P(DW%)	K(DW%)	Ca(DW%)	Mg(DW%)
ツツジ科	アセビ	50.7	1.82	0.09	0.51	1.49	0.32
バラ科	シャリンバイ	50.1	1.37	0.08	1.12	1.35	0.40
ブナ科	シラカシ	47.5	1.87	0.10	0.75	1.04	0.36
ミズキ科	アオキ	50.5	1.84	0.14	0.38	1.32	0.38
モチノキ科	ソヨゴ	53.5	1.59	0.07	0.21	0.63	0.32

の対象樹種において、夏期から秋期に向けて、N, P, K の濃度は低下したが、Ca 濃度は上昇した(表-1)。このことから、秋期に葉の N, P, K は樹体に回収されるが、Ca は回収されないことが明らかになった。緑葉の N, P 濃度の高い樹種は落葉時の回収率が低いことが報告されているが(1)、本研究では夏期に濃度の高かった樹種が秋期にも高いとは限らず(例えばアカメガシワやニセ

アカシア)(表-1)、葉の N, P の樹体への回収率は樹種によって大きく異なった(図-1)。夏期に葉の K, Ca, Mg 濃度が高かった樹種は秋期にも高い傾向を示した(図-2)。

3. 当年枝の養分濃度 落葉樹の当年枝の P, Ca, Mg, K 濃度は秋期に低下する傾向だったが、N 濃度は夏期よりも秋期に高まる樹種が多かった(表-3)。アカメガシワ、アズ

キナシ, エノキは秋期における当年枝の窒素濃度の上昇が顕著で, かつ葉のN濃度が秋期に大きく低下した。これらの樹種では秋期に葉から回収した窒素の貯蔵部位として当年枝の役割が大きいと考えられた。秋期に当年枝の窒素濃度が高まらなかった樹種のうち, 窒素固定を行なうヤシャブシ

とハンノキは, 秋期に葉のN濃度が低下しなかったことから, 落葉前に葉から窒素がほとんど回収されない可能性がある。常緑樹の当年枝の養分濃度は, 落葉樹とほぼ同じレベルだった (表-4)。

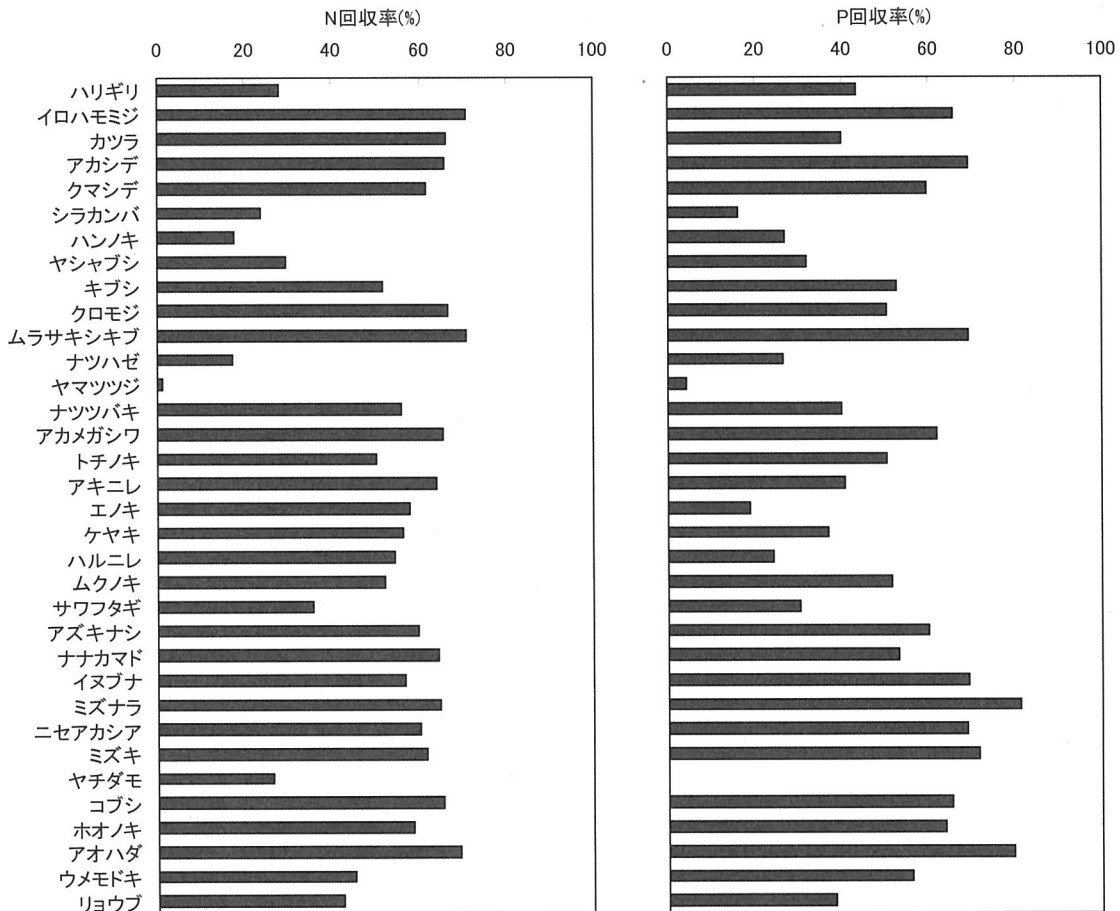


図-1. 秋期における葉のN, P回収率

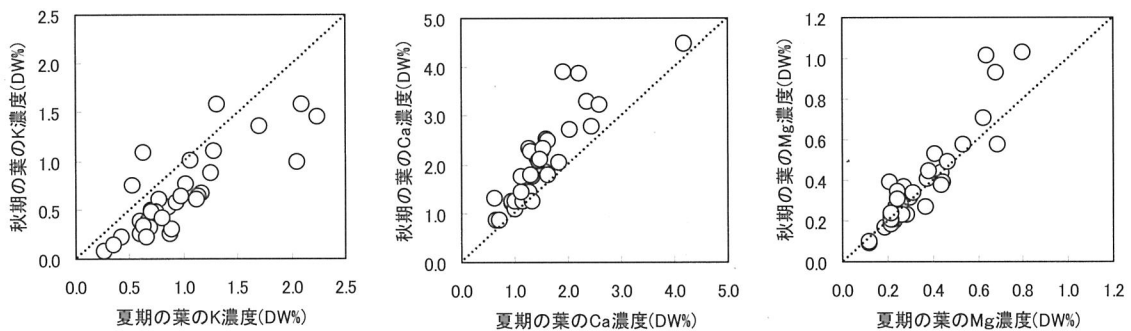


図-2. 夏期と秋期の葉のK, Ca, Mg濃度の関係

IV まとめ

本研究では、生育環境の養分状態がほぼ等しくても樹種によって葉の養分濃度や落葉前の養分回収の割合が異なることが明らかになった。また、これまで研究例の少なかった当年枝の養分濃度を測り、一部の樹種では当年枝が落葉時の窒素の貯蔵部位となっていることを示した。各樹種の養分利用特性を明らかにするためには、実際に林地における各樹種の養分濃度の変動範囲や各部位の養分濃度の季節変化を調べていく必要があるだろう。

引用文献

- (1) KOBE, R. K., LEPCZYK, C. A. and IYER, M. (2005) Resorption efficiency decreases with increasing green leaf nutrients in a global data set. *Ecology* **86**:2780-2792
- (2) 林弥栄 (1969) 有用樹木図説 (林木編). pp472, 誠文堂新光社, 東京.
- (3) 坂口勝美ほか編 (1985) 有用広葉樹の知識. pp514, 林業科学技術振興所, 東京.

表-3. 落葉広葉樹の夏期と秋期における当年枝の養分濃度

科名	当年枝 樹種	C(DW%)		N(DW%)		P(DW%)		K(DW%)		Ca(DW%)		Mg(DW%)	
		夏期	秋期	夏期	秋期	夏期	秋期	夏期	秋期	夏期	秋期	夏期	秋期
ウコギ科	ハリギリ	43.2	46.7	0.66	0.85	0.17	0.17	0.93	0.59	4.12	3.20	0.19	0.16
カエデ科	イロハモミジ	48.9	51.5	0.74	1.07	0.15	0.14	0.50	0.29	2.22	1.19	0.38	0.18
カツラ科	カツラ	48.4	49.3	0.65	0.72	0.14	0.08	0.49	0.36	1.25	1.29	0.17	0.09
カバノキ科	アカシデ	49.0	48.2	0.89	1.11	0.18	0.14	0.23	0.23	1.32	0.89	0.14	0.10
カバノキ科	クマシデ	48.7	47.7	0.93	0.97	0.15	0.13	0.50	0.27	1.64	1.05	0.28	0.20
カバノキ科	シラカンバ	54.3	52.9	0.98	1.09	0.21	0.09	0.38	0.20	0.62	0.56	0.13	0.08
カバノキ科	ハンノキ	51.7	50.1	1.36	1.19	0.17	0.08	0.78	0.37	0.61	0.80	0.14	0.09
カバノキ科	ヤシヤブシ	49.6	50.4	1.32	1.22	0.16	0.11	1.06	0.39	0.95	1.14	0.21	0.20
キブシ科	キブシ	48.8	49.7	0.86	0.85	0.14	0.13	0.99	0.35	0.98	0.54	0.23	0.17
クスノキ科	クロモジ	50.6	50.4	1.28	1.39	0.23	0.14	0.98	0.47	0.70	0.64	0.25	0.18
クマツツラ科	ムラサキシキブ	47.5	50.0	0.84	1.14	0.13	0.09	1.71	1.09	0.94	0.53	0.17	0.12
ツツジ科	ナツハゼ	48.8	48.7	0.61	0.74	0.16	0.09	0.36	0.24	1.00	1.14	0.25	0.23
ツツジ科	ヤマツツジ	48.0	50.1	0.73	0.80	0.09	0.13	0.68	0.27	0.51	0.51	0.39	0.27
ツバキ科	ナツツバキ	48.4	48.2	0.72	0.69	0.13	0.10	0.66	0.36	0.76	0.52	0.48	0.17
トウダイグサ科	アカメガシワ	43.9	45.7	0.85	1.53	0.18	0.16	1.23	0.47	2.38	2.00	0.20	0.26
ニレ科	アキニレ	46.7	46.2	1.16	1.22	0.20	0.11	0.92	0.80	1.74	1.68	0.23	0.09
ニレ科	エノキ	43.3	46.4	0.87	1.48	0.21	0.15	0.68	0.35	4.66	2.83	0.27	0.17
ニレ科	ケヤキ	49.2	48.1	0.79	0.99	0.09	0.12	0.43	0.39	1.33	1.18	0.14	0.13
ニレ科	ハルニレ	47.8	47.6	0.95	1.10	0.15	0.10	0.88	0.69	1.67	1.46	0.19	0.12
ニレ科	ムクノキ	44.1	45.6	1.13	1.52	0.16	0.12	1.17	0.64	1.65	1.28	0.26	0.15
ハイノキ科	サワフタギ	46.8	49.4	0.80	0.79	0.13	0.11	0.74	0.54	0.76	0.55	0.27	0.16
バラ科	アズキナシ	49.0	47.2	0.69	1.18	0.15	0.10	0.31	0.31	1.65	1.99	0.24	0.15
バラ科	ナナカマド	47.4	46.3	1.05	1.42	0.24	0.23	0.39	0.43	1.83	2.47	0.28	0.30
ブナ科	イヌブナ	50.0	47.4	0.87	0.62	0.15	0.07	0.24	0.19	1.03	0.72	0.29	0.18
ブナ科	ミズナラ	48.8	47.9	0.68	0.71	0.10	0.08	0.48	0.25	0.78	0.90	0.22	0.18
マメ科	ニセアカシア	48.1	49.0	1.23	1.59	0.17	0.10	0.75	0.64	0.70	0.79	0.09	0.08
ミズキ科	ミズキ	44.6	49.1	0.78	1.10	0.15	0.14	0.59	0.35	3.19	1.26	0.31	0.10
モクセイ科	ヤチダモ	47.7	48.2	0.88	1.02	0.21	0.18	0.92	0.75	0.68	0.80	0.15	0.14
モクレン科	コブシ	49.5	50.1	1.08	1.29	0.16	0.13	0.83	0.37	0.50	0.31	0.24	0.14
モチノキ科	アオハダ	47.4	49.2	0.73	0.88	0.15	0.07	0.43	0.24	1.73	1.25	0.40	0.25
モチノキ科	ウメモドキ	48.8	49.6	1.04	1.07	0.20	0.09	0.78	0.25	1.03	0.89	0.52	0.39
リョウブ科	リョウブ	46.3	49.0	0.63	0.74	0.08	0.09	1.55	0.72	0.71	0.53	0.79	0.65

表-4. 常緑広葉樹の夏期における当年枝の養分濃度

科名	当年枝 樹種	C(DW%)	N(DW%)	P(DW%)	K(DW%)	Ca(DW%)	Mg(DW%)
ツツジ科	アセビ	50.2	0.81	0.18	0.57	1.21	0.08
バラ科	シャリンバイ	48.2	0.75	0.16	0.90	1.86	0.35
ブナ科	シラカシ	47.3	0.80	0.21	0.93	1.87	0.55
ミズキ科	アオキ	46.9	1.26	0.28	0.76	1.44	0.63
モチノキ科	ソヨゴ	50.9	0.63	0.27	0.27	1.01	0.32