

2. 丹沢山地東部の冷温帯自然林において樹木の衰退が樹幹着生植物に及ぼす影響

田村 淳¹⁾・勝山輝男²⁾

Influences of Forest Decline on Vascular Epiphytes in Cool Temperate Forests of the Eastern Tanzawa Mountains.

Atsushi Tamura & Teruo Katsuyama

要 約

丹沢山地東部の冷温帯自然林で樹木の衰退と樹幹に着生する維管束植物（以下、着生種）との関係を調べた。その結果、33 樹種 310 本の樹木のうち、15 樹種 110 本の樹木に合計 40 種の着生種が出現した。樹木は標高が高いほど衰退度の高い個体が見られた。衰退度が高い個体のあった樹種は、イタヤカエデ、オオイタヤメイゲツ、ブナなどであった。着生種はこれら 3 樹種を主体に着生しており、ミヤマノキシノブ、マツノハマネングサ、ニシキウツギ、イワギボウシ、ナナカマド、アラゲアオダモ、ダイヤモンドソウ、ヤシャビシヤクなどが着生していた。各着生種と樹木の間をみると、マツノハマネングサやダイヤモンドソウはイタヤカエデに着生しやすく、ヤシャビシヤクは今回の調査ではブナにのみ着生していた。ミヤマノキシノブは樹種を選ばずに、どの樹種にも高頻度に着生していた。イワギボウシはブナ、イタヤカエデ、オオイタヤメイゲツにいずれも 20%未達の比率で着生していた。着生種と直径との関係では、ミヤマノキシノブは直径の太さによらず着生し、マツノハマネングサやイワギボウシなど他の着生種は樹木の直径が太いほど着生している傾向があった。冷温帯自然林の優占種であるブナの衰退度と着生種の間をみると、どの着生種も衰退度 1 で出現頻度が高く、衰退度が高いと出現頻度が低下する傾向があった。これらのことから、短期的には樹木の衰退が着生種に影響することは少ないが、長期的にはハビタットの消失という点で、着生種に影響するだろうと結論した。着生種の保全のためには樹木の枯損防止と後継樹の更新の確保が必要である。

(1) 目的

関東地方南西部に位置する丹沢山地では、1970 年代からモミやブナの樹木衰退が報告されている（相原ほか、2004）。その原因として、モミは大気汚染とくに二氧化硫（鈴木、1992）、ブナは酸性霧（丸田・白井、1997）やオゾン（戸塚ほか、1997）、水ストレス（戸塚ほか、1997）、ブナハバチ（越地、2002）などの要因が指摘されている。現在では、これらの要因が関連してブナが枯死するという複合要因仮説が提案されている（丹沢大山総合調査実行委員会、2006）。

樹木の衰退は、樹幹をハビタットとする着生植物に影響している可能性がある。例えば、樹冠が衰退ないし枯死することで光環境が好転して現存量が増加する種もあれば、乾燥して減少する種もあることが予想される。こうした樹木衰退と着生種の間についての研究はこれまで都市林を中心に行われて、樹幹に着生する蘚苔類や地衣類が大気汚染の指標として利用できることがわかってきた（埴田、1974; 1975; 松中、1979）。しかしながら、冷温帯自然林における樹木の衰退と樹幹着生種との関係、とくに樹幹着生する維管束植物との関係についての研究は行われていない。これについて検討することは、単に樹木衰退の問題だけでなく、樹幹着生種への影響という生物多様性保全の観点からも重要であろう。そこで、樹木の衰退が樹幹着生種に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、着生種と樹木の衰退との関係を調べた。とくに着生種が生育する環境（標高、樹種、直径、衰退の程度）と優先して保護すべき着生種について検討した。

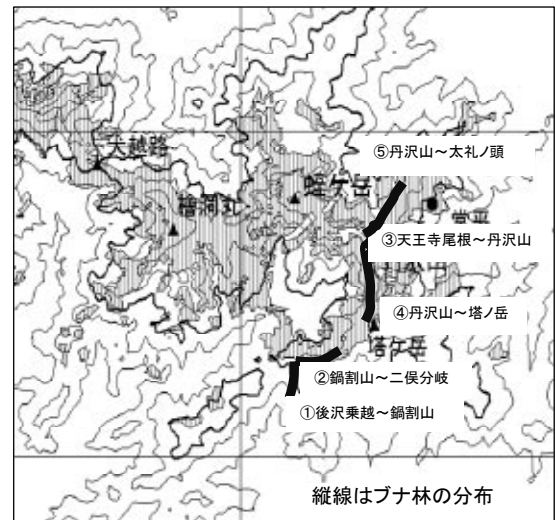


図 1. 調査ルート

(2) 調査地と調査方法

A. 調査地

丹沢山地東部の稜線から 1000m 以上の範囲を対象として、5 ルート（①後沢乗越～鍋割山、②鍋割山～二俣分岐、③天王寺尾根～丹沢山、④丹沢山～塔ヶ岳、⑤丹沢山～太礼ノ頭（西峰））を選んだ。これら 5 ルートの中で最も標高が低いルートは後沢乗越～鍋割山で、標高範囲は 1000～1272m である。最も標高が高いルートは丹沢山～塔ヶ岳で、標高範囲は 1400～1567m である。

B. 調査方法

調査ルートにおいて GPS を利用して 200m 間隔に調査地点を設置した。各地点で林冠に達して着生種がある樹木を測定木として、樹種、胸高直径 (DBH)、衰退度、着生

1) 神奈川県自然環境保全センター 2) 神奈川県立生命の星・地球博物館



図2. 衰退度のランク (山家 (1978) をもとに作成)

種の種類を記録した。衰退度は山家 (1978) に準拠して 5 段階評価した (図 2)。また、測定木と近接して林冠に達する樹木を 4 方向から各 1 本選び、同様に調査した。上記④と⑤のルートについては、稜線の両側すなわち東西斜面で調査した。

C. 解析方法

出現した着生種のハビタットについて、『神奈川県植物誌 2001』により、「地面上生」、「岩上生」、「樹幹上生」に 3 区分した。

(3) 結果

A. 樹木の衰退度

調査ルート全体で 62 地点、33 樹種、310 本の樹木からデータを得た (表 1)。最も多かった樹種はブナで 126 本、次いでイタヤカエデ 27 本、シナノキ 26 本、オオイタヤメイゲツ 22 本という順であった。全樹木について生育地の標高と衰退度との関係を見たところ、1300m までは衰退度が 0 または 1 であり、1300m を超えると衰退度のばらつきが大きくなり衰退度が 3 や 4 を示す樹木があった (図 3) が相関はなかった ($p>0.05$)。本数の多かったブナやイタヤカエデ、シナノキ、オオイタヤメイゲツにおける標高と衰退度との関係についても、全樹木の場合と同様に標高が 1300m ~ 1400m を超えるところから衰退度の高いランクを示す樹木が出現した (図 3)。

直径と衰退度との関係はばらつき、直径が 10cm 階から衰退度が 3 や 4 といった強度の衰退を示す樹木があったのに対し、直径が太くても衰退度が 0 の個体があった (図 4)。直径が細い段階から強度の衰退を示した樹木はナナカマド、オオモミジ、ニシキウツギ、マメザクラ、マメグミなどの小高木種であった。本数の多かったブナやイタヤカエデは直径 30cm 階から衰退度 3 が出現していた。シナノキは直径 40cm 階から衰退度 3 が出現した。

5 ルートそれぞれで優占樹種や衰退度は異なった。標高が最も低い後沢乗越～鍋割山ルートは、イタヤカエデ、オオモミジ、ブナの順に優占度が高く、これらを合わせて 60% を占めた。他の 4 ルートはいずれもブナの優占度が最も高く、50 ~ 80% を占めていた。標高が高いルートほど、直径が太く衰退度も高い傾向があった (表 2)。

B. 樹幹着生種の種組成

着生種は 15 樹種 110 本で確認でき、合計 40 種出現した (表 3)。この数値は、全樹種の 45.5%、全樹木の 35.5% に着生種があったことを意味する。これらのうち多く出現した着生種はミヤマノキシノブ、マツノハマネングサ、ニシキウツギ、イワギボウシ、ナナカマド、アラゲアオダモ、ダイモンジソウ、ヤシヤビシヤクなどであった (表 3)。全樹

木 310 本に対する着生種の出現頻度はミヤマノキシノブが 31.0%、マツノハマネングサが 17.4%、他はすべて 10% 未満であった。

ミヤマノキシノブなど出現頻度の高かった着生種は標高 1200m から出現した (図 5)。ミヤマノキシノブ、アラゲアオダモ、ヤシヤビシヤクは標高 1200m 階から 1500m 階まで出現した。マツノハマネングサ、ニシキウツギ、イワギボウシ、ナナカマドは 1300m 階から 1500m 階まで出現し、ダイモンジソウは 1400m 階のみの出現であった。ミヤマノキシノブやイワギボウシ、アラゲアオダモは 1500m 階で出現頻度が高かったのに対し、ヤシヤビシヤクは標高 1300m 階で出現頻度が高かった。

調査ルート別では、標高が最も高い「丹沢山～塔ヶ岳東面」ルートで着生種の種数が多く、20 種が出現した (表 3)。また、着生種ごとの出現頻度も他のルートよりも高かった。一方で、標高の低い「後沢乗越～鍋割山」ルートではノキシノブ 1 種のみの出現であった。

出現した着生種は一般に地面上をハビタットとする種が多く、純粋に樹幹上または岩上をハビタットとする種は 10 種のみだった。その内訳は、ミヤマノキシノブ、マツノハマネングサ、イワギボウシ、ダイモンジソウ、ヤシヤビシヤク、ナガオノキシノブ、オシヤグジデンド、スギラン、ノキシノブ、ヒメノキシノブである。これらのうち特に樹幹上生の種はマツノハマネングサとヤシヤビシヤクの 2 種である。

C. 着生種と着生樹木の樹種、直径および衰退度との関係

着生種を確認できた 15 樹種 110 本は、ブナ、イタヤカエデ、オオイタヤメイゲツで着生木全体の 80% を占めた。

各着生種と着生木との関係を見ると、着生種の種類により着生する樹種を選好する種もあれば選好しない種もあった (図 6)。マツノハマネングサやダイモンジソウはイタヤカエデに着生しやすく、ヤシヤビシヤクは今回の調査ではブナにのみ着生していた。ミヤマノキシノブは樹種を選ばずに、どの樹種にも高頻度に着生していた。イワギボウシはブナ、イタヤカエデ、オオイタヤメイゲツにいずれも 20% 未満の比率で着生していた。

着生種と着生木の直径との関係では、ミヤマノキシノブは直径の太さによらず着生し、マツノハマネングサやイワギボウシなど他の着生種は直径が太いほど着生している傾向があった (図 7)。具体的には直径が 70cm を超えると出現頻度が高まった。

冷温帯自然林の優占種であるブナの衰退度と着生種との関係を見ると、どの着生種も衰退度 1 で出現頻度が高く、衰退度が高いと出現頻度が低下する傾向があった (図 8)。他の樹種に関しては標本数が少ないため明瞭な関係を示さなかった。

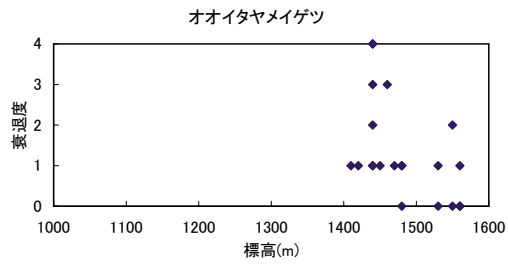
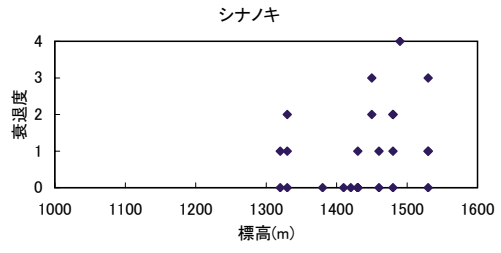
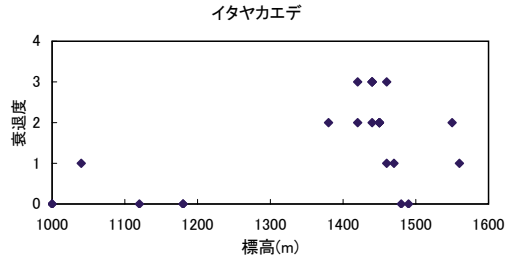
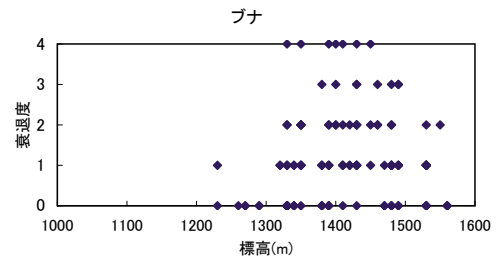
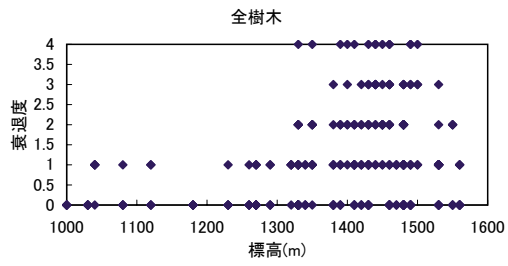


図3. 調査地点の標高と樹木の衰退度との関係

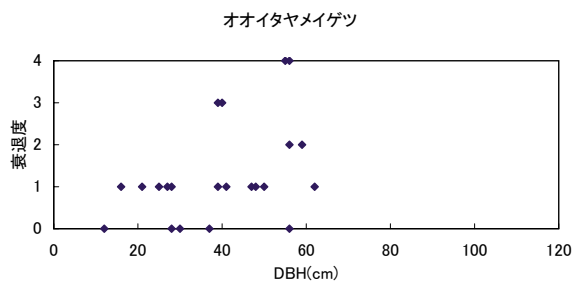
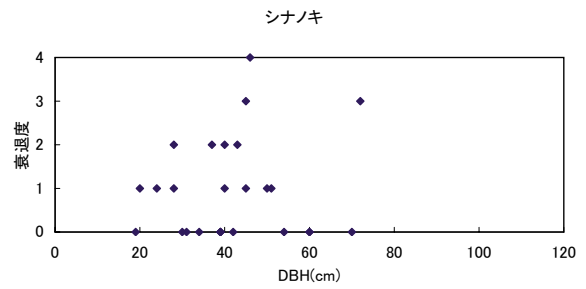
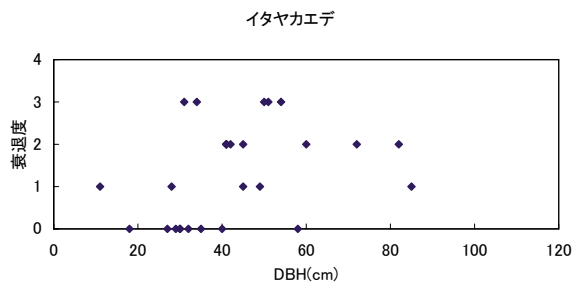
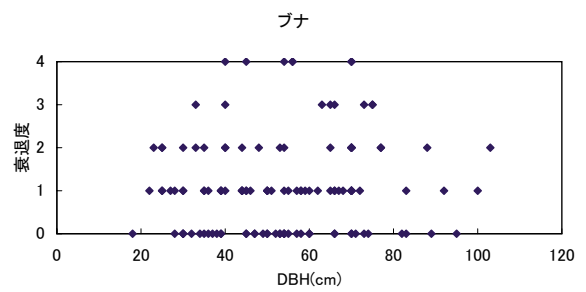
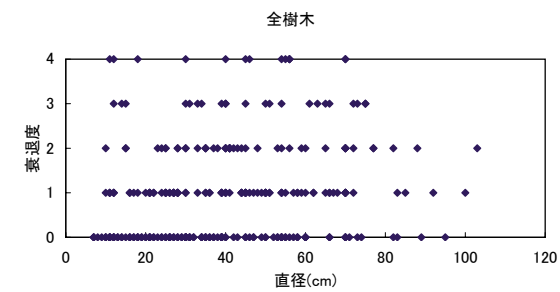


図4. 樹木の直径と衰退度との関係

表 1. 調査した樹木の一覧

No.	樹種名	学名	衰退度					本数
			0	1	2	3	4	
1	ブナ	<i>Fagus crenata</i>	42	47	22	8	7	126
2	イタヤカエデ	<i>Acer pictum</i>	9	5	8	5		27
3	シナノキ	<i>Tilia japonica</i>	12	7	4	2	1	26
4	オオイタヤメイゲツ	<i>Acer shirasawanum</i>	5	11	2	2	2	22
5	アラゲアオダモ	<i>Fraxinus lanuginosa</i>	8	5	2		2	17
6	ニシキウツギ	<i>Weigela decora</i>	12	3			1	16
7	オオモミジ	<i>Acer amoenum</i>	6	5		1		12
8	クマシデ	<i>Carpinus japonica</i>	6	2	2			10
9	ケヤマハンノキ	<i>Alnus hirsuta</i> var. <i>hirsuta</i>	3	4	3			10
10	イヌシデ	<i>Carpinus tschonoskii</i>	6	1				7
11	ミズメ	<i>Betula grossa</i>	1	1	2			4
12	ナナカマド	<i>Sorbus commixta</i>	1			1	1	3
13	マメグミ	<i>Elaeagnus montana</i>	1	1		1		3
14	ミズキ	<i>Swida controversa</i>	2		1			3
15	ミヤマイボタ	<i>Ligustrum tschonoskii</i>	2	1				3
16	ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i>	2					2
17	ホソエカエデ	<i>Acer capillipes</i>	1			1		2
18	ヤマボウシ	<i>Benthamidia japonica</i>	2					2
19	アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	1					1
20	イロハモミジ	<i>Acer palmatum</i>	1					1
21	ウラジロモミ	<i>Abies homolepis</i>	1					1
22	ウリハダカエデ	<i>Acer rufernerv</i>			1			1
23	ムシカリ	<i>Viburnum furcatum</i>	1					1
24	カジカエデ	<i>Acer diabolicum</i>	1					1
25	カマツカ	<i>Pourthiaea villosa</i>	1					1
26	オオバノキハダ	<i>Phellodendron amurense</i> var. <i>japonicum</i>		1				1
27	サワシバ	<i>Carpinus cordata</i>	1					1
28	バイカウツギ	<i>Philadelphus satsumi</i>	1					1
29	ハウチワカエデ	<i>Acer japonicum</i>	1					1
30	マメザクラ	<i>Prunus incisa</i>				1		1
31	ミズナラ	<i>Quercus crispula</i>			1			1
32	ユモトマユミ	<i>Euonymus sieboldianus</i> var. <i>sanguineus</i>	1					1
33	リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i>	1					1
合計本数			132	95	47	22	14	310

表 2. 調査ルートの概要

ルートNo.	ルート名	地点数	優占種	標高 (m)		直径 (cm)		衰退度		着生種数	
				範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均
1	後沢乗越～鍋割山	7	イタヤカエデ	1000-12	1097	7-45	25.1	0-1	0.2	0-1	0.03
2	鍋割山～二俣分岐	7	ブナ	1270-13	1299	10-89	33.3	0-2	0.3	0-8	0.6
3	天王寺尾根～丹沢山	7	ブナ	1320-15	1414	19-103	47.9	0-4	0.9	0-5	0.8
4	丹沢山～塔ノ岳 (東斜面)	13	ブナ	1410-15	1468	7-95	36.6	0-4	0.9	0-9	1.7
4	丹沢山～塔ノ岳 (西斜面)	13	ブナ	1400-15	1468	7-77	39.6	0-4	1.8	0-7	1.1
5	丹沢山～西峰 (東斜面)	7	ブナ	1330-14	1406	15-100	45.9	0-4	1.2	0-8	1.2
5	丹沢山～西峰 (西斜面)	8	ブナ	1330-15	1423	24-88	51.5	0-3	1.1	0-9	0.9

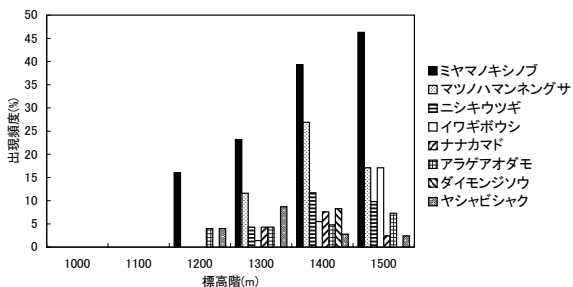


図 5. 標高階別の全測定木に対するの着生植物の出現頻度 (%)

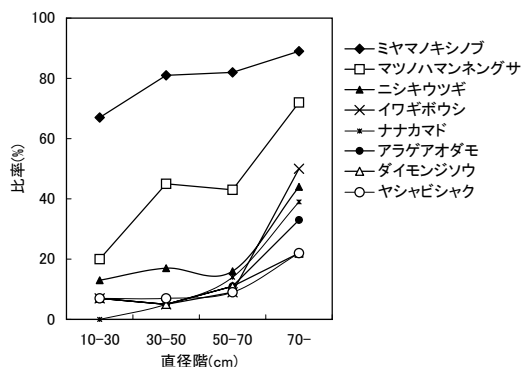


図 7. 着生種と着生していた樹木の直径との関係

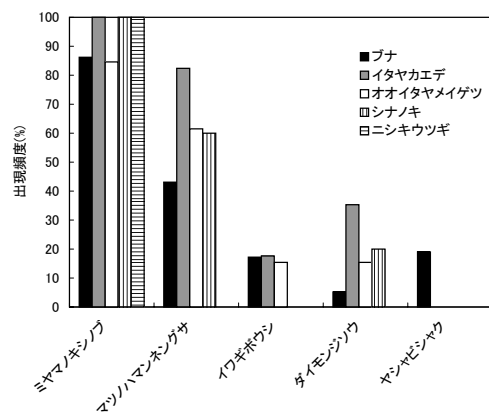


図 6. 着生種の樹種選択性

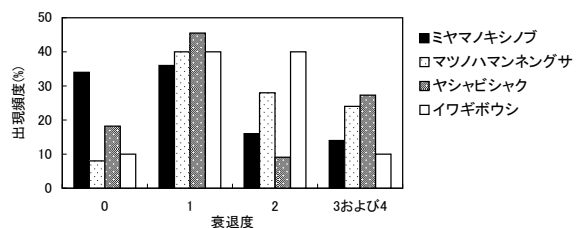


図 8. ブナの衰退度とブナの着生種との関係

表 3. 出現した着生植物の一覧とルート別の出現頻度

No.	種名	学名	ルート						合計	
			後沢乗越～鍋割山	鍋割山～二俣分岐	天王寺尾根～丹沢山	丹沢山～塔ノ岳 (東斜面)	丹沢山～塔ノ岳 (西斜面)	丹沢山～西峰 (東斜面)		丹沢山～西峰 (西斜面)
1	ミヤマノキシノブ*	<i>Lepisorus ussuriensis</i> var. <i>distans</i>		6	1	33	26	1	11	78
2	マツノハマシノブ*	<i>Sedum hakonense</i>			4	19	18	5	8	54
3	ニシキウツギ	<i>Weigela decora</i>		1		11	9	1	2	24
4	イワギボウシ*	<i>Hosta longipes</i>			4	4	5		3	16
5	ナナカマド	<i>Sorbus commixta</i>				5	4		3	15
6	アラゲアオダモ	<i>Fraxinus lanuginosa</i>		2	3	7	1		1	14
7	ダイヤモンドソウ*	<i>Saxifraga fortunei</i> var. <i>incislobata</i>				8	4			12
8	ヤシヤビシヤク*	<i>Ribes ambiguum</i>			2	3		2	3	12
9	ユモトマユミ	<i>Euonymus sieboldianus</i> var. <i>sanguineus</i>		1		4	1			6
10	コミネカエデ	<i>Acer micranthum</i>				2		2		4
11	ミヤマイボタ	<i>Ligustrum tschonoskii</i>				4				4
12	ウツギ	<i>Deutzia crenata</i>		1		1		1		3
13	サラサドウダン	<i>Enkianthus campanulatus</i>				1	2			3
14	ヒメノガリヤス	<i>Calamagrostis hakonensis</i>		1		2				3
15	シロヨメナ	<i>Aster ageratoides</i>				1		1		2
16	ナガオノキシノブ*	<i>Lepisorus angustatus</i>			1			1		2
17	マメザクラ	<i>Prunus incisa</i>				1	1			2
18	ミズメ	<i>Betula grossa</i>						2		2
19	ミヤマアオダモ	<i>Fraxinus apertisquamifera</i>			1				1	2
20	イヌタデ	<i>Persicaria longiseta</i>					1			1
21	イヌワラビ	<i>Athyrium niponicum</i>							1	1
22	イロハモミジ	<i>Acer palmatum</i>		1						1
23	オシヤクジデンタ*	<i>Polypodium fauriei</i>			1					1
24	キンレイカ	<i>Patrinia triloba</i> var. <i>palmata</i>					1			1
25	クワガタソウ	<i>Veronica miquelliana</i>		1						1
26	サワグルミ	<i>Pterocarya rhoifolia</i>							1	1
27	スギラン*	<i>Lycopodium cryptomerinum</i>				1				1
28	ツクバネウツギ	<i>Abelia spathulata</i> var. <i>spathulata</i>		1						1
29	トウゴクミツバツツジ	<i>Rhododendron wadanum</i>				1				1
30	ニイタカスゲ	<i>Carex aphanandra</i>				1				1
31	ノキシノブ*	<i>Lepisorus thunbergianus</i>		1						1
32	ヒメノキシノブ*	<i>Lepisorus onoei</i>			1					1
33	ヒロハノツリバナ	<i>Euonymus macropterus</i>							1	1
34	ホソエカエデ	<i>Acer capillipes</i>		1						1
35	ミヤマタニタデ	<i>Circaea alpina</i>			1					1
36	ミヤマハコベ	<i>Stellaria sessiliflora</i>				1				1
37	ヤブデマリ	<i>Viburnum plicatum</i> var. <i>tomentosum</i>						1		1
38	ヤマカモジグサ	<i>Brachypodium sylvaticum</i> var. <i>miserum</i>		1						1
39	ヤマホロシ	<i>Solanum japonense</i>						1		1
40	リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i>					1			1
出現種数			1	13	9	20	13	12	11	40

*: 樹幹上, または岩上をハビタットとする種

(4) 考察

標高の高いところほど樹木が衰退している傾向があり、とくに 1300 ~ 1400m を超えるところから衰退度の高い樹木があった (図 3)。また、ブナだけでなく他の樹種も高標高域で衰退していた (図 3)。これらのことは、太平洋側冷温帯自然林の優占種であるブナ特有の問題ではなく、その標高範囲に生育する樹木集団、すなわち森林の問題であろう。ある特定の樹種に限って発生するわけでないことから、大気汚染物質による影響が第一に考えられる。阿相ら (2004) は丹沢山地の標高の異なる 100 地点においてオゾン濃度とブナ衰退の関係を調べ、オゾン濃度は丹沢山地東部から中部にかけての標高の高い山頂付近で高いこと、標高が高くオゾン濃度の高い地域でブナの衰退が見られることを報告している。一方で、ブナハバチによるブナの枯損も丹沢山や蛭ヶ岳、檜洞丸など標高 1500m をこえる山頂付近で発生していることが報告されている (越地, 2002; 山上, 2007)。本報告の調査地域での森林の衰退もオゾンの可能性があり、ブナについては単木ないし小群状でブナハバチの可能性もある。

標高の高いところほど着生種も多く、とくに 1300m から着生種が多く出現するようになった (図 5)。また、直径が太い樹木に着生種も多く着く傾向があった (図 7)。丹沢山地の標高 1400m 以上は夏季に霧の影響下にあるという報告がある (宮脇ほか, 1964)。霧が発生することでこの標高から霧雲帯が形成され、着生種が生育しやすいのだろう。

一方で、霧に含まれる大気汚染物質が樹木に影響を及ぼしている可能性も指摘されており (井川, 2007)、着生種にも何らかの影響があるかもしれない。しかし、これについては今後の課題である。

調査地域のうち標高 1400m 以上のブナ林は植物社会学的にオオモミジガサーブナ群集と記載されており (宮脇ほか, 1964)、それ以下のヤマボウシーブナ群集とは組成的に異なっている。すなわち、前者は林床がコウモリソウやオオバイケイソウなどの高茎草本を主体に構成される一方で、後者はスズタケが密生することを特徴としている。単に林床が異なるというだけでなく、着生種の出現の違いからも、標高 1400m 以上のブナ林はそれ以下とは異なった森林生態系を形成しているといえる。

酸性雨や酸性霧、オゾンが植物に及ぼす影響はいくつかの種で報告されている。酸性雨の場合、人工酸性雨散布試験からコナラでは枯死することはないことがわかっている (越地, 1999)。また、林床植生は人工酸性雨処理により種類数、植生量が減少しなかったが、イチヤクソウが人工酸性雨区に、マヤランが中和散布区に集中的に生育する現象が見られた観察報告がある (中川・中嶋, 2002)。オゾンによる植物への影響もいくつかの種で調べられており、ブナは耐性の低い種であることがわかっている (河野ほか, 2004)。しかしながら、大気汚染物質が着生種に生理的な影響を及ぼすかは不明である。

着生種と樹木の直径および衰退度との関係から、着生種

により対応関係のある種とない種があることがわかった(図5, 図7)。ミヤマキノブは樹木の直径, 衰退度によらず着生していたことから, 樹木の衰退の影響を受けていない可能性がある。その一方で, マツノハマネングサのように, 直径が太い樹木や衰退している樹木に着生している種は, 樹木の衰退により間接的に正の影響を受けている可能性が示唆される。例えば, 着生木の葉量減少による着生種の同化の促進などである。しかしながら, 直径の細い樹木でも衰退している事実は, 将来的に着生種のハビタットの減少という点で負の影響があることが予想される。

とくに影響を受けやすい着生種は, マツノハマネングサとヤシャビシヤクであろう。なぜなら, この2種は樹幹上生であり, 他の種のように岩壁や林床に生育することはほとんどないからである。マツノハマネングサはフォッサマグナ要素の植物で, 神奈川県内の冷温帯では普通に見られるが日本での分布範囲が狭いため国絶滅危惧Ⅱ類に位置づけられている(環境庁, 2000)。ヤシャビシヤクは国および県の絶滅危惧Ⅱ類に位置づけられている(環境庁, 2000; 勝山ほか, 2006)。他の着生種は岩壁や林床に生育できるため, 万一, 樹木が枯死しても生育するハビタットがある限り絶滅することがない。しかし, 上記2種は樹木の枯死が脅威であろう。

以上のことから, 短期的には樹木の衰退が着生種に影響することは少ないが, 長期的にはハビタットの消失という点で, 間接的に着生種に影響すると考えられる。着生種の保全のためにも, まずは樹木の枯損防止と後継樹の更新の確保が必要である。

謝辞

本報告を取りまとめるにあたって, 丹沢大山総合調査団長の青木淳一氏と維管束植物グループの中西のりこ氏には有益なご意見をいただいた。また現地調査にあたっては, 維管束植物グループの梅木俊子, 岡利雄, 金井和子, 高橋孝三, 中山博子, 中西のりこ, 長澤展子, 久江信雄, 三樹和博, 山本絢子の各氏と神奈川県自然環境保全センターの羽太博樹氏に協力していただいた。ここに厚くお礼申し上げる。

文献

相原敬次・阿相敏明・武田麻由子・越地正, 2004. 森林衰退の現状と取り組み(Ⅱ) 神奈川県の丹沢山地における樹木衰退現象. 大気環境学会誌, (39): A29-A39.
阿相敏明・内山佳美・齋藤央嗣, 2005. 丹沢のブナ衰退の機構解明のためのオゾン濃度分布調査. 大気環境学会講演要旨集, (46): 386.
井川学・永池英佑・中山慎子・松本潔・内山佳美, 2007. 丹沢山塊における微量ガス成分の濃度分布. 丹沢大山総合調査団編, 丹沢大山総合調査学術報告書. (財) 平岡環境科学研究所, 相模原.
環境庁, 2000. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—植物Ⅰ(維管束植物). 664pp. (財) 自然環境研究センター, 東京.

勝山輝男・田中徳久・木場英久・神奈川県植物誌調査会, 2006. 維管束植物. 高桑正敏・勝山輝男・木場英久編, 神奈川県レッドデータ生物調査報告書 2006, pp.37-130. 神奈川県立生命の星・地球博物館, 小田原.
河野吉久, 2004. 東アジアにおける酸性・酸化性物質の植生影響評価とクリティカルレベル構築に関する研究. 地球環境研究総合推進費 平成16年度研究成果—中間成果報告集—, pp.395-401. 環境省地球環境局研究調査室, 東京.
越地正, 1999. 広葉樹林内のコナラに対する人工酸性雨及び石灰処理の影響. 神奈川県森林研究所研究報告, (25): 1-14.
越地正, 2002. 丹沢山地におけるブナハバチ大発生経過とブナの被害実態. 神奈川県自然環境保全センター研究報告, (29): 27-34.
越地正・鈴木清・須賀一夫, 1996. 丹沢山地における森林衰退の調査研究(Ⅰ). 神奈川県森林研究所研究報告, (22): 7-8.
丸田恵美子・臼井直美, 1997. 酸性雨・霧. 丹沢大山自然環境総合調査団企画委員会編, 丹沢大山自然環境総合調査報告書, pp.81-88. 神奈川県環境部, 神奈川.
松中昭一編, 1979. 図説 環境汚染と指標生物. 198pp. 朝倉書店, 東京.
宮脇昭・大場達之・村瀬信義, 1964. 丹沢山塊の植生. (財) 国立公園協会編, 丹沢大山学術調査報告書, pp.54-102. 神奈川県, 神奈川.
中川重年・中嶋伸行, 2002. 酸性雨等衰退森林健全化対策調査. 神奈川県自然環境保全センター研究部業務報告, (34): 22-23.
鈴木清, 1992. 神奈川県大山のモミ林枯損経緯とその周辺地域の年輪幅の変化. 神奈川県林業試験場研究報告, (19): 23-42.
丹沢大山総合調査実行委員会, 2006. 丹沢大山自然再生基本構想 人も自然もいきいき丹沢再生. 136pp. 丹沢大山総合調査実行委員会, 横浜.
埴田宏, 1974. 環境汚染と指標植物. 170pp. 共立出版, 東京.
埴田宏, 1975. 大気汚染指標としての着生植物. 日本生態学会環境問題専門委員会編, 環境と生物指標 1—陸上編—, pp.53-66. 共立出版, 東京.
戸塚績・青木正敏・伊豆田猛・堀江勝年・志磨克, 1997. 南斜面ブナ衰退地と北斜面ブナ健全地の大気汚染濃度および土壌の比較. 丹沢大山自然環境総合調査団企画委員会編, 丹沢大山自然環境総合調査報告書, pp.93-96. 神奈川県環境部, 神奈川.
山上明・谷晋・伴野英雄, 2007. ブナハバチ食害によるブナ枯死とブナ林の衰退. 丹沢大山総合調査団編, 丹沢大山総合調査学術報告書. (財) 平岡環境科学研究所, 相模原.
山家義人, 1978. 都市域における環境悪化の指標としての樹木衰退と微生物相の変動. 林試研報, (301): 119-129.