

酸性雨が森林の衰退に及ぼす影響

誌名	愛媛県林業技術センター研究報告 = Bulletin of the Ehime Prefectural Forest Research Center
ISSN	13489534
著者名	木村,光男 松本,博行
発行元	愛媛県林業技術センター
巻/号	24号
巻号補足	
掲載ページ	p. 59-63
発行年月	2006年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



〈資料〉

酸性雨が森林の衰退に及ぼす影響

木村光男・松本博行

Mitsuo KIMURA, Hiroyuki MATSUMOTO*

欧米で問題となっている酸性雨等による森林衰退現象が、我が国においても生じているのではないかと危惧されているため、森林の衰退状況を把握し、酸性雨等の環境汚染や気候変化が森林に与える影響を早期発見することを目的として、1990年度から5年を1期として2004年度まで県下16箇所の林分でモニタリング調査を実施した。2003年度から2004年度に久万高原町で実施した雨水のpH調査や愛媛県環境白書によると、愛媛県でも酸性雨が認められるが、3期のモニタリング調査の結果、酸性雨等による森林の衰退は認められなかった。

キーワード — モニタリング調査、pH、酸性雨、森林衰退

1. 緒言

1970年代以降、欧米において酸性雨等による湖沼の酸性化や森林衰退が問題となっている。欧州では、大気汚染からの森林保護の観点から、欧州共同体と国連欧州経済委員会による森林モニタリングプログラムが現在も継続されている。一方我が国では、都市近郊スギ平地林や山岳地帯のモミ、ダケカンバ林等の衰退が確認されていること（林野庁、2003）から、愛媛県における森林の衰退状況を把握するため、森林の地上部衰退度調査、毎木調査及び植生調査を行った。

なお、本研究は、林野庁が全国で1,033の林分を定点とし、1990年度から5年を1期として3期まで調査を行った酸性雨等森林衰退モニタリング調査のデータと雨水のpH（ H_2O ）測定（2003年4月～2004年3月）のデータを取りまとめたものである。

2. 調査地と調査方法

2.1 調査地

酸性雨等森林衰退モニタリング調査地及びpH測定用の雨水採取地を表-1に示す。

2.1.2 調査方法

地上部衰退度の調査は、調査林分に原点を設置

し、原点から東西南北に12m離れた地点に定点を設定し、定点周辺の上層木を近いものから5本ずつ計20本を選定した。測定項目は、樹勢、樹形、枝の伸長量、梢端の枯損、枝葉の密度、葉形、葉の大きさ、葉色、葉の壊死で、被害の状態により5つの評価基準で区分した（表-2）ものを総合的に判断して5段階（0～4）の評価をつけた。なお、調査は、紅葉予定時期の約1ヶ月前（概ね9月～10月）を目途に実施した。

毎木の調査は、原点を中心とした小（面積0.02ha、半径7.98m）、中（面積0.04ha、半径11.28m）、大（面積0.10ha、半径17.85m）の同心円に区分した調査プロットで、小円部：樹高1.3m以上の樹木全て、中円部（小円部を除く）：胸高直径4cm以上の樹木全て、大円部（小・中円部を除く）：胸高直径18cm以上の樹木全てを調査対象木とし、胸高直径（全ての樹木）、樹高（最大個体を含め、大円内の全個体から大小あわせて30本）を測定した。

植生の調査は、小円部分に生育する樹高1.3m未満の樹木、草本、シダ植物について、植物名と優占度（表-3）を調査した。また、中円・大円部分で初めて出現した植物（毎木調査の調査となったものを除く）については、植物名のみを調査し

* 現宇和島地方局森林林業課

表 1 調査地の概要

調査名	調査地名	市町村名	標高・傾斜方位・傾斜角	地 質	林 型
モニタリング	伊予三島	伊予三島市	800m・SE・33度	泥質片岩・BD	スギ40年生一斉人工林
	伊予川内	東温市(重信町)	300m・N40W・20度	緑色片岩・RD	スギ30年生一斉人工林
	東多田	西予市(宇和町)	500m・S35E・15度	砂質泥岩・rBD	ヒノキ34年生一斉人工林
モニタリング	石鎚山	西条市(小松町)	810m・N60W・10度	結晶片岩類	スギ55年生一斉人工林
	出海	大洲市(長浜町)	660m・N30W・36度	結晶片岩類・BD(d)	スギ80年生一斉人工林
	岩松	宇和島市(津島町)	370m・S50W・38度	泥岩・rBD	ヒノキ37年生一斉人工林
	久万	久万高原町(久万町)	985m・N・12度	BD	スギ40年生スギヒノキ2年生複層林
モニタリング	松山北部	松山市(北条市)	670m・S15W・40度	花崗岩・BD	スギ31年生一斉人工林
	大洲	大洲市	440m・N60W・30度	片岩類・BD(d)	スギ・ヒノキ38年生
	伊予吉田	宇和島市(吉田町)	540m・S30E・23度	中生層チャートrBD(d)	ヒノキ70年生一斉人工林
モニタリング	伊予三崎	伊方町(三崎町)	110m・S20W・30度	片岩類・BD(d)	ヒノキ47年生谷部スギ47年生
	郡中	伊予市(双海町)	520m・S80W・30度	安山岩類・BD	スギ42年生一斉人工林
	西条	西条市(東予市)	180m・N75W・41度	花崗岩・BD(d)	ヒノキ28年生一斉人工林
モニタリング	今治西部	今治市(玉川町)	290m・N60E・37度	花崗岩・BD(d)	スギヒノキ32年生混雑人工林
	新居浜	新居浜市	170m・N50W・30度	砂岩・BD(d)	ヒノキ29年生一斉人工林
	八幡浜	八幡浜市	430m・N25E・28度	片岩類・BD	スギ45年生スギ一斉人工林
調査名	設置箇所		標高及び山腹斜面の向き	設置箇所の現況	周囲の状況
雨水pH測定	久万高原町(久万町)大字菅生		660m・南	林道待避所横の盛土場	スギ・ヒノキの人工林

注 1) ()は、調査地設定時の市町村名である。

注 2) 林齢は、1期モニタリング調査時のものである。

表 2 地上部衰退調査の測定項目と評価基準

測定項目	評 価 基 準				
	0	1	2	3	4
旺盛な生育状態を示し被害が全く見られない	いくぶん被害の影響を受けているが、あまり目立たない	異常が明らかに認められる	成育状態が劣悪で回復の見込みがない	枯死	
樹形	自然樹形を保っている	若干の乱れはあるが、自然樹形に近い	自然樹形の崩壊がかなり進んでいる	自然樹形が完全に崩壊され、奇形化している	枯死又は枯死寸前
枝の伸長量	正常	いくぶん少ないが、それほど目立たない	枝は短くなり細い	枝は極度に短小、ショウガ状の節間がある	
梢端の枯損	なし	少しあるがあまり目立たない	かなり多い	著しく多い	枯死
枝葉の密度	枝と密度のバランスがとれている	0に比べてやや劣る	やや疎	枯枝が多く葉の発生が少ないため著しく疎	
葉形	正常	少し歪みがある	変形が中程度	変形が著しい	
葉の大きさ	正常	幾分か小さい	中程度に小さい	著しく小さい	
葉色	正常	やや異常	かなり異常	著しく異常	
葉の壊死	なし	わずかにある	かなり多い	著しく多い	

表 3 優占度と面積占有率

優 占 度	面 積 占 有 率
5	76%以上
4	51～75%
3	26～50%
2	6～25%
1	1～5%
+	1%未満

表 4 3期モニタリング調査の調査地と調査項目

調査年度	調査地名	調査内容		
		地上部衰退度	毎木	植生
2000	伊予三島	○	○	○
	伊予川内	○	○	○
	東多田	○	×	×
2001	石鎚山	○	○	○
	出海	○	×	×
	岩松	○	×	×
	久万	○	○	○
2002	松山北部	×	×	×
	大洲	×	×	×
	伊予吉田	○	○	○
2003	伊予三崎	○	○	○
	郡中	×	×	×
	西条	×	×	×
2004	今治西部	○	○	○
	新居浜	○	○	○
	八幡浜	○	○	○

た。

3期モニタリング調査(2000～2004年)の期間に実施した調査内容を、表 4 に示す。

雨水のpHの調査については、20Lポリ容器にロート(直径30cm)を組み合わせた装置で採取した雨水を、週1回収し、直ちに簡易測定器で測定した。

3. 結果

3.1.1 地上部衰退度調査

地上部衰退度の結果を表－５に、その被害の状況を表－６に示す。東多田及び伊予吉田では、衰退度０が100％であった。伊予三島、伊予川内、石鎚山、出海、岩松、久万、伊予三崎では、衰退度０が80％以上であり、被害木は全て衰退度１と軽微なものであった。今治西部、新居浜、八幡浜では、衰退度２から衰退度４が認められた。しかし、表－５のとおり、その原因は全て気象害、虫害、過密によるものであった。

3.1.2 毎木調査

毎木調査の対象となったもののうち、スギ、ヒノキについての平均胸高直径及び５年間ににおける胸高直径の平均生長量を、表－７に示す。

石鎚山及び八幡浜の胸高直径生長量が、スギ、ヒノキ共に小さかった。各調査地でスギ、ヒノキの林齢及び立地条件が異なるため、比較には注意を要するが、石鎚山は、被圧された林木が多く、これらの被圧気味な林木の胸高直径生長量が非常に小さかったため、調査地全体の生長量が小さくなった（表－８）と考えられた。八幡浜については、本数が多く過密状態であったことから生長量が小さくなったと考えられた。さらに、周囲にマツの

表－５ 地上部衰退度調査の結果

調査年度	衰退度	衰退度(地上部)の状況									
		0		1		2		3		4	
		本	割合%	本	%	本	%	本	%	本	%
2000	伊予三島	16	80	4	20						
	伊予川内	16	80	4	20						
	東多田	20	100								
2001	石鎚山	19	95	1	5						
	出海	17	85	3	15						
	岩松	19	95	1	5						
	久万	19	95	1	5						
2002	松山北部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	大洲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	伊予吉田	20	100								
2003	伊予三崎	18	90	2	10						
	郡中	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	西条	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2004	今治西部	12	80	2	10	4	20	1	5	1	5
	新居浜	16	80	1	5	3	15				
	八幡浜	14	70	1	5	3	15	2	10		

表－６ 地上部衰退度調査の被害状況

調査年度	調査地	被害の状況等
2000	伊予三島	幹全体の傾斜１（気象害？）、梢端折れ２（気象害？）、幹折れ二又１（気象害）
	伊予川内	枝付きが片側に偏る２（過密）下枝の枯れ２（過密）
	東多田	なし
2001	石鎚山	先折れ後伸長１（気象害？）
	出海	梢端折れ２（気象害）梢端枯損（過密による接触）形状比が大きく、風で梢や枝がこすれあう。
	岩松	梢端折れ１（気象害）
	久万	凍裂の痕（気象害）
2002	松山北部	—
	大洲	—
	伊予吉田	なし
2003	伊予三崎	梢端折れ、枝張りの悪さ（気象害、被圧）
	郡中	—
	西条	—
2004	今治西部	梢端折れ、幹曲がり、二又等７（気象害）枯死（虫害）
	新居浜	梢端折れ１（気象害）、葉量の減少（被圧）、清腐れ等（虫害）
	八幡浜	梢端折れ３（過密化及び風害）、枝伸長量の減少（被圧）、枯死（過密化）

表－７ 毎木調査の結果

調査年度	調査地	スギ			ヒノキ			スギ・ヒノキ ha 当り本数
		本数	平均胸高直径 (cm)	2～3期胸高直径 成長量 (cm/5年)	本数	胸高直径 (cm)	2～3期胸高直径 成長量 (cm/5年)	
2000	伊予三島	49	31.8	2.1	1	25.6	2.7	500
	伊予川内	94	24.8	1.4	3	22.6	1.5	970
	東多田	—	—	—	—	—	—	—
2001	石鎚山	35	35.5	1.1	2	20.9	0.6	370
	出海	—	—	—	—	—	—	—
	岩松	—	—	—	—	—	—	—
	久万	—	—	—	—	—	—	—
2002	松山北部	—	—	—	—	—	—	—
	大洲	—	—	—	—	—	—	—
	伊予吉田	—	なし	—	40	38.2	1.8	400
2003	伊予三崎	12	32.2	1.8	33	29.6	2.4	450
	郡中	—	—	—	—	—	—	—
	西条	—	—	—	—	—	—	—
2004	今治西部	50	21.6	1.5	46	23.4	2.2	960
	新居浜	—	—	—	64	22.8	2.3	640
	八幡浜	129	25.1	1.0	8	17.5	0.4	1,370

自生が見られたことから、土壌の肥沃度が低い可能性も考えられた。

3.1.3 植生調査

3期で植生調査を実施した調査地の1～3期の結果(小円区のうち優占度上位10)を表-9に示

各調査地とも、出現した植生種及び優占度の順位に多少の変動はあるが、酸性雨が原因であるかは判断できなかった。

表-8 調査地のHa当本数とDBH

		伊予三島	伊予川内	石鎚山	伊予吉田	伊予三崎	今治西部	新居浜	八幡浜
ha当本数	本/ha								
DBH 平均値(標準偏差)	cm	31.7 (5.2)	24.8 (6.4)	35.1 (7.4)	38.2 (6.2)	30.3 (4.3)	22.5 (4.8)	22.8 (3.6)	24.7 (5.8)
DBH 最小値-最大値	cm	21.5 - 43.0	11.9 - 45.8	20.4 - 50.3	22.6 - 52.7	24.4 - 30.3	13.5 - 32.7	15.8 - 31.8	12.6 - 37.9

表-9 3期調査地の植生変化の結果

伊予三島						伊予川内					
1期		2期		3期		1期		2期		3期	
植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度
イワガラミ	2	チヂミザサ	3	ノリウツギ	3	アキノキリンソウ	+	ミヨウガ	4	ミヨウガ	4
リョウブ	1	タラノキ	3	イワガラミ	3	イワニガナ	+	ミツマタ	2	ネザサ	3
イヌビワ	1	リョウブ	2	タラノキ	2	ヒカゲイノコズチ	+	ネザサ	2	ドクダミ	1
タンナサワフタギ	1	タンナサワフタギ	2	タンナサワフタギ	2	ミツバ	+	チヂミザサ	1	フユイチゴ	1
コガクウツギ	1	ヒメワラビ	2	ヤマウルシ	1	ツククサ	+	フユイチゴ	1	ヒサカキ	1
ゼンマイ	+	ノリウツギ	1	カラクサイヌワラビ	1	ヒメジョオン	+	ホドイモ	1	ゼンマイ	1
ニワトコ	+	ニギイチゴ	1	ハリガネワラビ	1	オニドコロ	+	クサイチゴ	1	チヂミザサ	1
カナクギノキ	+	イワガラミ	1	コガクウツギ	1	ヒメドコロ	+	アラカシ	1	ミソシダ	1
ツルリンドウ	+	ヨウシュヤマボウシ	1	コバノガマズミ	1	エノキ	+	コガクウツギ	1	コガクウツギ	1
ヤマジノホトトギス	+	ハリガネワラビ	1	カナクギノキ	1	ムラサキニガナ	+	ケクロモジ	1	アラカシ	1
出現種の数	27	出現種の数	27	出現種の数	30種	出現種の数	23	出現種の数	41	出現種の数	47

石鎚山						吉田					
1期		2期		3期		1期		2期		3期	
植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度
イノデ	3	サイゴクイノデ	3	スズタケ	3	シロダモ	2	シロダモ	3	イヌビワ	2
シロモジ	2	シロモジ	2	ケクロモジ	2	ネズミモチ	1	ヤブコウジ	3	シロダモ	2
フジ	1	ヒカゲイノコズチ	2	シロモジ	2	イヌビワ	2	イヌビワ	2	ネズミモチ	2
ナルコユリ	1	スズタケ	2	チゴユリ	2	ムラサキシキブ	2	ヒサカキ	2	ヒサカキ	2
イワガラミ	1	ヒメクロモジ	2	アマチャヅル	1	ヤブコウジ	3	ネズミモチ	2	ヤブコウジ	2
リョウブ	1	クサイチゴ	1	ウツミズヅクラ	1	チヂミザサ	1	キツタ	2	ヤブニッケイ	2
ネザサ	1	チゴユリ	1	サイゴクイノデ	1	ハマクサギ	1	マルバウツギ	2	キツタ	1
コメウツギ	1	サトメシダ	1	シオデ	1	フユイチゴ	2	ハマクサギ	2	ハマクサギ	1
ケクロモジ	+	ナガバモジイチゴ	1	ゼンマイ	1	コゴロギ	1	ヤマコウバシ	1	マルバウツギ	1
ゼンマイ	+	キレハノブドウ	1	ノリウツギ	1	ヒサカキ	1	フユイチゴ	1	ヤブムラサキ	1
出現種の数	50	出現種の数	39	出現種の数	43	出現種の数	37	出現種の数	36	出現種の数	33

伊予三崎						今治西部					
1期		2期		3期		1期		2期		3期	
植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度
イシカグマ	3	イヌビワ	3	イヌビワ	3	マルバベニシダ	3	イヌビワ	4	ヤブコウジ	2
イノデ	3	コバノイシカグマ	2	カラスザンショウ	2	イヌビワ	2	ヤブコウジ	3	コシダ	2
カクレミノ	2	カクレミノ	2	クサギ	2	シロダモ	2	シロダモ	2	ベニシダ	2
マメツタ	2	イズセンリョウ	1	オオカナワラビ	2	ヤブツバキ	1	タラノキ	2	ウラジロ	2
キツタ	2	ヒサカキ	1	ホラシノブ	2	コガクウツギ	1	マルバベニシダ	2	コバノイシカグマ	2
イヌビワ	2	キツタ	1	イズセンリョウ	1	チヂミザサ	1	フユイチゴ	2	コガクウツギ	1
チヂミザサ	2	ネズミモチ	1	ウド	1	カエデコロ	1	コガクウツギ	2	コシアブラ	1
ハダカホウヅキ	2	マメツタ	1	カクレミノ	1	ビナンカズラ	1	ヒサカキ	2	ヒサカキ	1
カラスウリ	2	ヤマモガシ	+	コウゾ	1	ダンドヒロギク	1	ヤブツバキ	1	コバンモチ	1
ムサシアブミ	2	オオムラサキシキブ	+	ネズミモチ	1	ツククサ	1	イノデ	1	ヤマモガシ	1
出現種の数	35	出現種の数	41	出現種の数	58	出現種の数	33	出現種の数	45	出現種の数	32

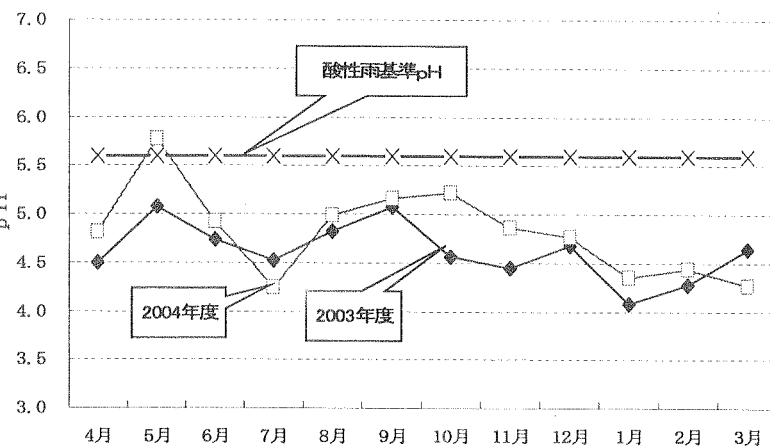
新居浜						八幡浜					
1期		2期		3期		1期		2期		3期	
植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度	植物名	優占度
コシダ	3	ヤブコウジ	2	ウラジロ	2	ナクリスゲ	2	シャガ	2	シャガ	2
ヤマウルシ	2	コシダ	2	コシダ	2	ヘクソカズラ	1	ヘクソカズラ	1	ヘクソカズラ	1
ヤブコウジ	2	イヌビワ	1	ベニシダ	2	チヂミザサ	1	ナクリスゲ	1	フユイチゴ	1
サルトリイバラ	1	コガクウツギ	1	ヤブコウジ	2	シケンダ	1	クマワラビ	1	チヂミザサ	1
ヒサカキ	1	コシアブラ	1	コバノイシカグマ	2	シャガ	1	タチツボスミレ	1	タチツボスミレ	1
コシアブラ	1	ベニシダ	1	コガクウツギ	1	キノハノブドウ	1	シュロ	1	シュロ	1
アラカシ	+	ウラジロ	1	コシアブラ	1	アオツツラフジ	+	スズメウリ	1	イノデモドキ	1
ベニシダ	+	ヒサカキ	1	ヒサカキ	1	ヤマノイモ	+	フユイチゴ	1	ヤマジノホトトギス	+
ビナンカズラ	+	ザンマイ	1	コバンモチ	1	タツナミソウ	+	ホソバカナワラビ	1	ヤブニッケイ	+
テイカブツラ	+	コバンモチ	+	ヤマモガシ	1	サルトリイバラ	+	ミヤママルコユリ	+	ムクノキ	+
出現種の数	28	出現種の数	23	出現種の数	32	出現種の数	25	出現種の数	29	出現種の数	26

3.1.4 雨水のpH

一般にpH5.6以下の雨水を酸性雨というが、久万高原町菅生で採取分析した2003年度から2004年度の雨水の月別pHは、ほとんどがpH5.6以下で推移した（図－1）。また平成16年度版愛媛県環境白書の2000年度から2003年度までの雨水は、東予（新居浜市）、中予（松山市）、南予（八幡浜市）と愛媛県下全般にわたり、pH5.6以下であった（表－10）。このことから、当モニタリング調査地においても、調査時には酸性雨（pH5.6以下）が降っていた可能性が強い。

引用文献

林野庁（2003）第2期酸性雨等森林衰退モニタリング事業・報告書：1-57
愛媛県環境政策課・平成16年版環境白書・酸性雨調査結果：<http://www.pref.ehime.jp/kankyoku/k-hp/hakusho/h16/shiryoku16/01/h16-s-01-04.pdf>



図－1 久万高原町菅生で採取した雨水の月別pH

表－10 松山市、新居浜市、八幡浜市における雨水の年度別pH

年度	松山市	新居浜市	八幡浜市
2000	5.0	4.9	5.2
2001	4.8	4.8	4.9
2002	4.7	4.7	5.1
2003	4.8	4.6	4.9

4. 結言

2000年から2004年の間における本県の降雨は、概ねpH4.0～5.5で酸性雨であった。今回の調査結果では、森林及び植生について、酸性雨等による影響は見られなかった。しかし、今後も酸性の降雨が続く可能性は高く、森林の変化について注意していくことが必要である。