

# 樹木の樹冠形状モニタリングによる1990年代の我が国の森林の衰退・被害状況

## Monitoring of Tree Crown Condition for Detecting Decline and Damage of Japanese Forests in the 1990s

高橋 正通・埴田 宏・稲垣 昌宏・石塚 和裕  
Takahashi, M., Taoda, H. Inagaki, M. & Ishizuka, K.

キーワード: 森林モニタリング, 森林衰退, 酸性雨, 過密, 森林管理

要約: 全国の森林域を約20 km×20 kmメッシュで区画し, 人工林を中心とした約1000林分において, 樹冠の形状により森林の衰退・被害状況と生育阻害要因を調べた。調査は1990～1999年の間に5年間隔で2回実施した。樹冠の損傷や着葉の異常など何らかの衰退・被害木が存在する林分数は全体の30%程度認められた。主要な衰退・被害原因は手入れ不足による過密や被圧によるものであり, 台風や冠雪などによる気象害が続き, 病虫害は3%程度であった。大気汚染や酸性雨による可能性がある原因が不明の衰退・被害林分は10%以下で, 欧米のような広域の森林衰退は認められなかった。

Abstract: Japan was covered with a grid having a 20 km × 20 km mesh size, and an appropriate monitoring site was selected for each mesh (total 1000 sites). Thirty percent of the monitored stands had trees with some symptoms of decline or damage in the tree crown, primarily due to high tree density of the stand. Damage caused by severe climate conditions such as typhoons and heavy snow was the second leading cause. Insect damage and fungal diseases were found in 3% of all the stands. Unknown causes, which suggest forest decline from air pollution and acid rain, were responsible for less than 10% of

the damage in all stands. The monitoring confirmed the absence of damage due to anthropogenic pollutants in Japanese forest areas.

Keywords: acid rain, forest decline, forest management, forest monitoring, high stand density

## 1. はじめに

森林は健全な生態系を前提として資源管理が計画される。しかし現実には収穫までに病虫害や台風など想定していない要因により樹木の生育が阻害されるリスクが少なくない。欧米では大気汚染や酸性の汚染物質の溶け込んだ酸性雨が原因と考えられる広域の森林衰退が問題となった(戸塚 1994)。工業国である我が国でも同様に酸性雨等による森林の衰退が起こる可能性が懸念された。そこで林野庁は、1990年から人工林を中心に全国の森林の樹冠の形状による生育状態のモニタリング事業を行った(林野庁 2003)。このモニタリングでは、樹冠の状態を現地で直接観察することにより樹木の異常を早期に発見することをめざすもので、リモートセンシングによる遠隔からの観測では抽出が難しい衰退初期の軽微な症状を発見することが期待された。

環境省や林野庁が実施した酸性雨観測によると、我が国でも広く欧米に匹敵する酸性の雨が観測されている(原1997)。大気汚染物質や酸性雨は広域に拡散するため(高橋ら 2005)、森林被害も広い範囲に及ぶ恐れがある。しかしこれまでのところ、一部地域の森林衰退で大気汚染や酸性雨による影響が疑われるものの(Igawa et al. 2002)、我が国では広域な森林衰退・被害は報告されていない(林野庁 2003, 環境省酸性雨検討会 2004)。ただし、林野庁の事業では、大気汚染や酸性雨に限らず森林の生長を阻害する各種要因を記載されているため、我が国の森林資源、特に人工林が1990年代に実際にうけた衰退・被害要因についての情報が含まれている。これらの情報を解析し、資源管理に必要なリスク条件を明らかにすることは、森林を適正に管理する上で有意義である。

## 2. 調査地と方法

現地調査は事業調査マニュアル(林野庁研究普及課 1995)に従い、都道府県の担当者により実施された。その概要を以下に示す。全国を20km×20kmのメッシュに分割し、森林植生が3/4以上を占める1,033区画において、人工林を中心に各区画の代表的な人工林樹種を優先的に選び調査林分を設定した。調査林分の樹冠の形状を1990～1994年(第1期)にかけて5年間に分けて毎年約200地点ずつ調査した。1回目の調査から5年後(1995～1996年:第2期)に再び同一林分を調査した。第2期では、第1期以降に伐採されたなどの理由により調査林分はやや減少し、1,016林分となった。対象となった調査林分の樹種の内訳はスギ林52%, ヒノキ林15%, カラマツ林15%, トドマツ林6%, マツ類6%, その他の針葉樹2%, 広葉樹5%であった。この事業は針葉樹人工林の健全な生長の監視を目的としているため、二次林や天然性林の対象林分は少ない。

調査林分では0.1 haの円形プロットを設け、優勢な上層木から20本について樹冠の生育状態を、健全から枯死寸前まで5段階の衰退度に区分し(図1), 目視で判定した。生育に異常があればその原因を記載した。病虫害や気象害など特定の原因が不明な場合は酸性雨や大気汚染の可能性を検討した。5段階の衰退度を0～4の点数として読み替え、林分の調査本数で除した値を「平均衰退度」とした。本論文では、林冠の葉量の減少や枯れ枝の発

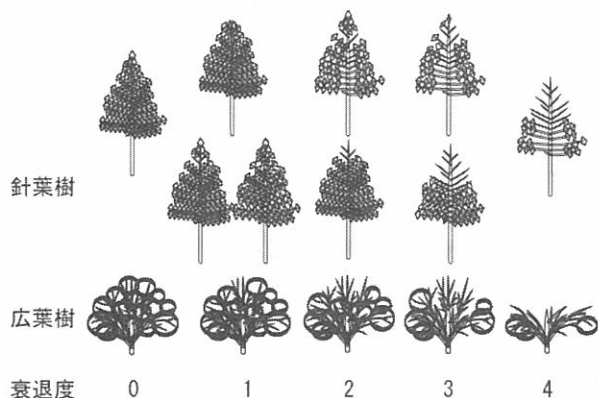


図1. 針葉樹と広葉樹における衰退度基準の模式図と衰退度

生など何らかの可視的衰退または被害が調査木20個体中に1個体でも認められる林分を「衰退・被害林分」と称する。すべての調査木に何も症状が認められない場合を「健全林分」という。

### 3. 結果

第1期の調査の衰退・被害林分は、279林分(27%)であった。第2期調査では衰退・被害林分が67地点増加し、346林分(34%)に何らかの衰退・被害による症状が認められた。ただし、第2期の健全林分の中には、第1期の林分が松くい虫(マツ材線虫病)被害や台風による壊滅的な被害により調査地が変更された場合が9林分含まれているため、実際は355林分に衰退・被害があった。

衰退・被害の原因とその変化を調べるため、第1期調査結果と5年後の第2期調査結果について、例えば1990年と1994年度、1991年度と1995年度を対比して比較した(図2)。衰退・被害の原因は過密や被圧と判断された林分が最も多く、第1期は全林分の11%、第2期は14%を占めた。樹冠の調査は優勢木が選ばれるが、過密林分では樹高のやや低い被圧木も含まれるため、過密や被圧が衰退原因の上位にあがっている。次に多い原因は台風や冠雪害などの気象害であり、第1期の3%から第2期では9%に上昇した。病虫害は第1期2期とも3%程度であった。一方、可視的な症状が認められるものの、特定の原因が不明または未記載の林分は第1期10%、第2期7%であった。

衰退の程度を平均衰退度でみると、どの樹種も平均衰退度0.1以上0.5以下の林分が全体の15%程度であり、最大でも平均衰退度は2程度であった。2以上を示した林分数は第1期ではスギ1、トドマツ1、カラマツ1、第2期ではアカマツ2、カラマツ2、スギ1、ブナ1のみである。第1期と第2期で平均衰退度が上昇し衰退・被害が悪化した林分は239地点であり、反対に132林分で平均衰退度が低下し回復傾向が見られた。平均衰退度が1以上の林分数は、第1期の24林分から第2期では40林分の上昇した。その原因は松くい虫、スギカミキリなどの病虫害や野鼠害、台風や冠雪による気象害、間伐遅れによる被圧とされる林分が多く、原因が不明または未記載の林分は9

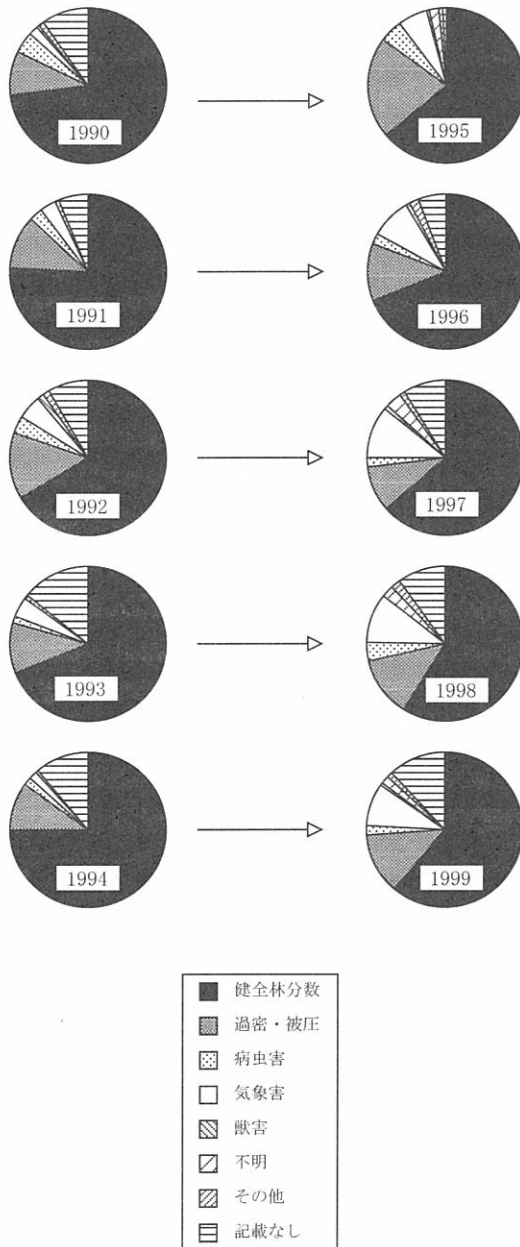


図2. 同一林分における第1期と第2期（5年後）の衰退原因の変化（全樹種）

林分のみであった。我が国の場合、衰退・被害林のほとんどが衰退度の低い可視的症狀が数本みられる程度の軽微なものであり、上述の松くい虫などによる代替え林分9林分を除くと、欧米のような原因が特定できない劇症の衰退林分はなかった。

樹種別に衰退・被害の割合を示す(表1)。スギやヒノキは他の樹種に比べ衰退・被害の現れる割合が低かった(スギ、ヒノキとも第1期21%、第2期29%)。一方、カラマツ林やトドマツ林はスギやヒノキ林より衰退・被害林の出現率が高く(カラマツは第1期43%、第2期46%：トドマツは第1期44%、第2期35%)、人工林としての管理が不十分な過密や被圧によるものであった。マツ類(アカマツ・クロマツ林)の衰退度もやや高く(第1期35%、第2期45%)、病虫害(松くい虫)の割合が他の樹種より高かった。

表1. 調査林分の優占樹種別の可視的症狀の分類

(上段：第1期，下段：第2期)

優占種	スギ	ヒノキ	トドマツ	カラマツ	マツ類	針葉樹 <sup>1)</sup>	広葉樹	総数
調査期	1990～1994							
林分数	530	150	61	163	54	30	45	1033
健全林分	420	119	34	93	35	20	33	754
過密・被圧	45	12	10	26	8	7	7	115
病虫害	9	2	3	5	9	1	1	30
気象害	12	5	1	8	4	1	3	34
獣害	0	0	0	4	0	0	0	4
その他	2	1	1	2	2	1	1	10
不明・記載なし	45	12	13	28	1	2	1	102
延べ数 <sup>2)</sup>	533	151	62	166	59	32	46	1049
調査期	1995～1999							
林分数	524	148	62	156	58	19	49	1016
健全林分	374	105	40	85	32	10	24	670
過密・被圧	63	22	13	24	8	4	11	145
病虫害	11	2	0	2	13	0	4	32
気象害	52	12	2	8	7	2	10	93
獣害	0	0	0	3	0	0	1	4
その他	4	4	1	3	0	2	0	14
不明・記載なし	36	9	6	32	4	2	9	98
延べ数 <sup>2)</sup>	540	154	62	157	64	20	59	1056

1) その他の針葉樹：アカエゾマツ，モミ，コメツガなど

2) 重複あり

#### 4. 考察

調査木のうち1本でも可視的な衰退・被害が認められる林分は全体の約3割に上るが、多くは被圧や過密であった。これは手入れ不足という日本の人工林の抱える森林管理上の問題である。特にスギやヒノキに比べ、北海道のカラマツやトドマツで多く、この地方の林業経営の停滞(坂口 1993)を反映したものと考えられる。また台風や冠雪害などの気象害が1990年代後半に増加したことは、衰退・被害原因として自然環境の影響が大きいことを示している。

衰退・被害の主因とされた被圧や過密は、森林の健全な生育という意味で多くの問題をはらんでいる。例えば、過密林分は雪害や台風などの気象害にも弱いことが知られている(藤森 2005)。またヒノキの過密林分ですばしば見られる表土流亡(三浦 2000)は地力の低下につながる恐れがある。さらに過密林分における光不足は枝折れなどの林冠の損傷の回復を遅らせる可能性も高い。林野庁の事業結果には、林分の手入れ不足による過密状態をきっかけとした複合的な影響が反映している可能性がある。

一方、林野庁の事業目的である酸性雨等による森林衰退については、我が国では顕在化していないことが確認できた。平均衰退度が1以上の林分で原因が特定できない衰退・被害林分は9林分しかみられず、分布も広域ではない。また第1期調査で軽度な衰退・被害が認められた林分も現段階では顕著な症状の悪化は確認されていない。現在の大気汚染の状況や降水の成分濃度レベルは欧米諸国と大差ないが(原 1997)、欧米でみられたような人為的な活動による大規模な森林衰退現象は確認できなかった。ただし、衰退木の原因について、過密による光条件の不足による葉量や枝葉の生長減退と、環境悪化による同様の症状とを客観的に判断するのは必ずしも容易でない。軽微な衰退症状が環境の悪化によるものかどうかは、大気や降水、土壌変化などの環境モニタリングとあわせた継続調査によって確認する必要がある、今後も定期的な調査が必要である。

今回の結果は1990年代の結果であり、例えば温暖化が進行すると状況は変わるであろう。関東地方に見られたスギの衰退枯死は大気汚染(山家 1979, 梨本・高橋 1991)や水ストレス(松本ら 2002)が原因といわれるが、気候変動

による温暖化や乾燥化が衰退を助長する可能性も指摘されている(Shigenaga et al. 2005). 地球規模の環境変化が森林生態系におよぼす影響が懸念されている昨今、広域にわたる森林衰退度の調査は温暖化影響モニタリングとしても重要な意味をもつものである。

## 5. おわりに

1990年代の森林衰退モニタリング事業によると、欧米のような大気汚染や酸性雨による大規模な森林衰退は見られなかった。樹木の可視的な生育不良の主要因は間伐遅れによる被圧や過密が原因であった。また台風や雪害などの気象害も多く、日本をとりまく自然環境の厳しさも影響していた。地球規模の環境変動や長伐期化など森林管理方法の変化を考えると、今後も定期的な森林衰退状況のモニタリングが望まれる。

## 謝辞

林野庁による酸性雨等森林衰退モニタリング事業の結果を利用した。事業を推進した林野庁研究普及課および現地調査を行った都道府県の担当者各位のご尽力に敬意を表す。本事業の検討委員としてご助言いただいた相場芳憲氏、赤間亮夫氏、大喜多敏一氏、加茂皓一氏、佐々木恵彦氏、鈴木清氏、高橋啓二氏、南雲秀次郎氏、野内勇氏、藤森隆郎氏、堀田庸氏、村野健太郎氏、伊豆田猛氏、太田誠一氏、加藤正樹氏、河野吉久氏、横堀誠氏に感謝する。本論文の解析は林野庁森林吸収量報告・検証体制緊急整備対策事業で行った。

## 引用文献

- 藤森隆郎. 2005. 間伐はなぜ必要か, *森林科学* 44:4-8
- 原宏. 1997. 日本の降水の化学, *日本化学会誌* 1997 (11):733-748
- Igawa, M., Okumura, K., Okochi, H., and Sakurai, N. 2002. Acid fog removes calcium and boron from fir tree: one of the possible causes of forest decline, *Journal of Forest Research* 7:213-215.



- 環境省酸性雨対策検討会. 2004. 酸性雨対策調査総合とりまとめ報告書, 432p.
- 松本陽介・小池信哉・河原崎里子ら. 2002. 関東平野における樹木衰退の1999～2001年の状況, *森林立地* 42:53-62
- 三浦覚. 2000. 表層土壌における雨滴浸食保護の視点からみた林床被覆の定義とこれに基づく林床被覆率の実態評価, *日林誌* 82:132-140
- 梨本真・高橋啓二. 1991. 関東甲信・関西瀬戸内地方におけるスギの衰退現象, *森林立地* 32:70-78
- 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, 90p.
- 林野庁研究普及課. 1995. 酸性雨等森林衰退モニタリング事業実施マニュアル (1991.4.9改訂) 1995.4.12 第2期用, 31p.
- 坂口精吾. 1993. 東北・北海道における林家の動向, *林業経済* 542:16-20
- Shigenaga, H., Matsumoto, Y., Taoda, H., and Takahashi, M. 2005. The potential effect of climate change on the transpiration of Sugi (*Cryptomeria japonica* D.Don) plantations in Japan, *Journal of Agricultural Meteorology* 60:451-456
- 高橋正通・加藤正樹・石塚和裕. 2005. 日本の森林域における梅雨期の降水成分 -1990年代における降水成分の全国分布と年変動-, *森林総合研究所研究報告* 4:1-37
- 戸塚績. 1994. 酸性雨の生態系等への影響, 6.1 森林生態系, *気象研究ノート* 182:137-149
- 山家義人. 1979. スギ・ケヤキ採点法, pp.10-11, 図説環境汚染と指標生物 (松中昭一編), 朝倉書店

