

山梨県森林総合研究所実験林アカマツ枯損調査区における林分構造と更新

長池卓男¹⁾・久保満佐子¹⁾・高橋一秋²⁾・新井伸昌³⁾

Stand structure and the regeneration after dieback caused by pine wilt disease
in a pine (*Pinus densiflora*) forest in the Yamanashi Forest
Research Institute Experimental Forest, central Japan.

Takuo NAGAIKE¹⁾, Masako KUBO¹⁾, Kazuaki TAKAHASHI²⁾ and Nobumasa ARAI³⁾

Summary : We investigated stand structure and the regeneration after dieback caused by pine wilt disease in a pine (*Pinus densiflora*) forest in the Yamanashi Forest Research Institute Experimental Forest, central Japan. Besides of *P. densiflora*, 37 species, including many tall tree species (e.g., *Quercus serrata*, *Prunus verecunda*), was occurred in the site. There were no significant correlations among the density of snags of *Pinus densiflora* and that of living trees of other species. The forest after dieback would recover by those advanced regenerated tree species.

要旨 : マツノザイセンチュウによるマツ枯れ後のアカマツ林において、林分構造と更新に関して調査を行った。アカマツ以外には37種が出現し、それにはコナラやカスミザクラなどの高木種も含まれていた。アカマツ枯損木の密度と更新樹の密度の相関関係はほとんどの樹種で見られず、アカマツの枯損に関わらず林内で更新していたものと示唆された。現在のアカマツとその他の樹種の胸高直径を比較すると、その他の樹種の方が有意に小さかったが、この調査地は、アカマツの枯損後にコナラやカスミザクラなどの高木種を中心とした森林に推移していくことが推測された。

はじめに

アカマツは一般的に陽性な種であり(陶山・中村、1988)、アカマツ林は、地形的に急峻な場所等に成立している地形的極相林を除けば、森林の遷移系列上の初期に出現している場合が多い。また、アカマツ林の成立には、過去行われてきた定期的な落ち葉かき・薪炭材採取の作業による鉱物質土壌の露出や林床の光環境の改善等、人為的な遷移初期段階の創出が大きく寄与している場合も見られる(大塚ほか、2003)。

山梨県では、マツノザイセンチュウによるマツ枯れの進行が広く継続しており、今後の森林管理を考える上でマツ枯れ林の存在を無視することはできない。アカマツ林は、いわゆる里山域に広く分布しており、「植栽する」

「放置する」などの今後の森林管理の選択する上で、マツ枯れ後の森林がどのようになるかを推測することは不可欠である。

そこで、アカマツが近年枯死した林分において調査を行い、マツ枯れ直後の森林を構成している種組成やサイズ構造を明らかにすることから、当該林分の将来的な種組成を推測した。

調査・解析方法

調査は、2003年8月、増穂町内の山梨県森林総合研究所実験林内でアカマツの枯損が著しい林分に調査区を設定して行った。標高は約390m、傾斜は一様に平坦である。マツノザイセンチュウによるアカマツの枯損は2001年頃から急速に進行した。調査区の大きさは70×7

0mで、内部を10×10mのコドラート(計49個)に分割した。コドラートごとに胸高直径3cm以上の生立木・枯立木を対象とした毎木調査を行い、樹種名、生死、胸高周囲長を記録した。

アカマツの枯損状況と更新している種のサイズ構造の関係を明らかにするため、各コドラートを単位として、アカマツ枯死木の立木密度・胸高断面積合計およびそれらの生立木との合計に対する割合(以下、枯死率)と、アカマツ以外の樹種の立木密度の相関関係を明らかにした。

結果および考察

表1に、林分構造の概要を示した。生立木では、アカマツは立木密度の25.8%、胸高断面積合計の77.4%を占めていた。アカマツ以外では、コナラ、カスミザクラ、アオダモ、ネジキ等、計37種が出現した。アカマツの平均胸高直径は、調査区内に植栽されたと思われる2本のヒノキを除いては、その他の樹種の2倍以上大きかった。枯立木は、アカマツが立木密度の97.2%、胸高断面積合計の99.8%と、そのほとんどを占めていた。アカマツの立木密度および胸高断面積合計は、枯立木の方が生立木よりも、それぞれ1.8倍、1.6倍多かった。その他の樹種に占める高木種の割合は、立木密度で37%、胸高断面積合計で15%であった。

アカマツとその他の樹種の胸高直径階別頻度分布を比較すると(図1)、その他の樹種の方が明らかに小さいサイズ構造であった(アカマツ生立木-その他生立木: U-test, $p = 0.000$ 、アカマツ生立木・枯立木-その他生立木・枯立木: U-test, $p = 0.000$)。また、アカマツ生立木と枯立木の比較では、生立木の方が有意に大きかった(U-test, $p = 0.002$)。調査地はマツ枯れ後2年程度しか経過していないため、アカマツの枯立木のほとんどは近年のマツ枯れによるものと思われた。そこで、マツ枯れ以前の林分構造をアカマツの生立木と枯立木を足すことによって推測したところ、マツ枯れ以前の立木密度および胸高断面積合計に占めるアカマツの割合は、それぞれ49%、90%と、立木密度ではアカマツの優占度が低かったものの、胸高断面積合計ではアカマツの純林状の森林であったことが推測された。これは、サイズの小さいアカマツ以外の樹種が密生していたことを意味する。

アカマツの枯死木および枯死率とその他の樹種の立木密度の単相関をサイズ別に示した(表2-4)。胸高直

径3cm以上5cm未満では(表2)、有意な関係の見られた種はなかった。胸高直径5cm以上10cm未満では(表3)、アカマツの枯死率の高いところでリュウブの立木密度が高かった。これは、リュウブの密度の高いところでアカマツの枯死が多かったのか、アカマツの枯死によりリュウブの個体数が増加したのかは不明であるが、アカマツ枯死後の年数がさほど経っていないことから、前者の方が有力である。胸高直径10cm以上では(表4)、クリはアカマツの枯死木の胸高断面積合計と正の、コナラは枯死木密度と負の相関が、それぞれみられた。しかしながら、これらの樹齢は10年生以上(長池、未発表)であることから、アカマツの枯損によって高木種を含む多くの樹種で大きな影響を受けておらず、アカマツの枯損以前から更新が可能であったことを示唆している。本調査地では、対象とした胸高直径3cm以上の樹木はマツ枯れ後の侵入したものではなくマツ枯れ以前から生育していたものと考えられるが、今後、齢構造を調べることによって明らかにする必要がある。

アカマツ林には、アカマツよりも遷移系列上で後期に出現する種が生育していることが多い。富士北麓剣丸尾溶岩流のアカマツ林においても、コナラやミズナラが生育しており、ツガやウラジロモミなどの稚樹の生育も確認されている(大塚ほか、2003)。

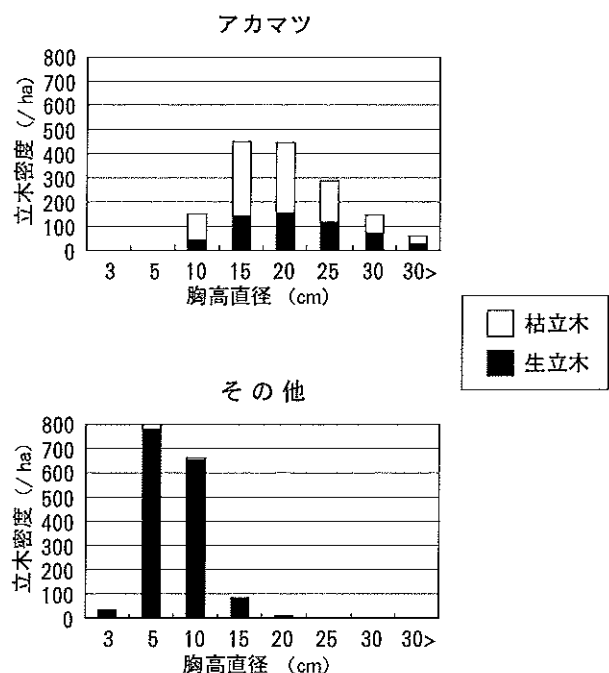


図1 山梨県森林総合研究所実験林アカマツ枯損調査区の胸高直径階別頻度分布

岡山県のマツ枯れ被害地の例では、コナラ、ヒサカキ、リュウブ、ヤマウルシの生育が観察され、特にコナラの成長が良好であることから、コナラ林への推移が予想されている（Fujihara 1996, Fujihara et al., 2002）。本調査地においても、アカマツの他に、コナラやカスミザクラなどが生育しており、アカマツの枯損後もこのような樹種によって森林が成立することが予想された（表1）。

マツ枯れ激害地で択伐を行うことによって、コナラ等の成長が促進されたことも報告されている（Sakamoto et al., 2003）。京都では、マツ枯れ後に、尾根でマツ枯れ低質林やマツ・ヒノキ混交林、谷では落葉広葉樹林や落葉広葉樹・ヒノキ混交林へ地形に応じて推移したことが示されている（森下・安藤、2002）。しかしながら、アカマツ以外の生育が困難な立地環境においては、早期に安定した森林に誘導するのに多大な労力と経費が必要になると言う指摘もある（山瀬、1999）。本調査地の場合は地形が平坦であり、多くの高木種を含む前生樹が見られたことから、アカマツ以外の森林へ回復する可能性が高い。

本調査地でのマツ枯れはアカマツの優占度を下げ、相対的にその他の樹種の優占度を上げていた。今後コナラやカスミザクラを中心とする高木林として回復するにはどの程度の時間を要するのか、そして回復への補助作業が必要であるのか、等が今後の検討課題である。

謝 辞

野外調査においては、山崎美佳さん（新潟大学）、大森里加江さん（元東京農業大学）にご協力いただいた。記してお礼申し上げます。

引用文献

- Fujihara M. (1996) Development of secondary pine forests after pine wilt disease in western Japan. *J. Veg. Sci.* 7: 729-738.
- Fujihara M., Hada Y., Toyohara G. (2002) Changes in the stand structure of a pine forest after rapid growth of *Quercus serrata* Thunb. *For. Ecol. Manage.* 170: 55-65.
- 森下和路・安藤 信 (2002) 京都市市街地北部森林のマツ枯れに伴う林相変化. *森林研究* 74: 35-45.
- 大塚俊之・後藤徹寛・杉田幹夫・中島崇文・池口 仁 (2003) 富士北麓剣丸尾溶岩流上のアカマツ林の起源. *植生学会誌* 20: 43-54.
- Sakamoto K., Miki N., Tsuzuki T., Nishimoto T., Yoshikawa K. (2003) Comparison of stand dynamics after dieback caused by pine wilt disease among pine forests with different management regimes in western Japan. *J. For. Res.* 8: 303-309.
- 佐竹義輔・原 寛・亘理俊次・冨成忠夫 (1993) フィールド版日本の野生植物木本. 平凡社.
- 陶山佳久・中村 徹 (1988) アカマツ人工林におけるアカマツ当年生実生の個体群動態. *日本林学会誌* 70: 510-517.
- 山瀬敬太郎 (1999) 松枯れに伴うアカマツ自然林の階層構造の変化. *兵庫森林技研報* 47: 16-22.

表1 山梨県森林総合研究所実験林アカマツ枯損調査区の林分構造

| | 生活型* | 生立木 | | | | 枯立木 | | | |
|----------|--------|----------------|------|------|---------------------------------|----------------|------|------|---------------------------------|
| | | 立木密度 (本/ha) | 胸高直径 | | 胸高断面積合計 (m ² /ha) | 立木密度 (本/ha) | 胸高直径 | | 胸高断面積合計 (m ² /ha) |
| | | | (cm) | | | | (cm) | | |
| | | | 平均 | 標準偏差 | | | 平均 | 標準偏差 | |
| アカマツ | 高木 | 542.9 | 18.3 | 6.2 | 15.9 | 998.0 | 16.9 | 6.1 | 25.2 |
| コナラ | 高木 | 389.8 | 5.5 | 1.9 | 1.0 | 2.0 | 3.5 | — | 0.0 |
| カスミザクラ | 高木 | 149.0 | 9.3 | 4.6 | 1.2 | | | | |
| アオダモ | 高木 | 138.8 | 6.1 | 1.6 | 0.4 | | | | |
| ネジキ | 小高木 | 138.8 | 4.2 | 0.9 | 0.2 | | | | |
| チョウジザクラ | 小高木 | 130.6 | 5.7 | 1.8 | 0.4 | 4.1 | 3.9 | 0.1 | 0.0 |
| ヤマウルシ | 小高木 | 110.2 | 3.8 | 0.9 | 0.1 | 18.4 | 4.3 | 1.0 | 0.0 |
| ナツハゼ | 低木 | 106.1 | 3.4 | 0.3 | 0.1 | 2.0 | 3.2 | — | 0.0 |
| リョウブ | 小高木 | 91.8 | 5.7 | 1.6 | 0.3 | | | | |
| ウリカエデ | 小高木 | 59.2 | 6.3 | 2.0 | 0.2 | | | | |
| イヌツゲ | 小高木～高木 | 32.7 | 4.2 | 0.9 | 0.0 | | | | |
| ク | 高木 | 32.7 | 6.9 | 3.2 | 0.1 | 2.0 | 6.4 | — | 0.0 |
| ウワミズザクラ | 高木 | 22.4 | 5.1 | 1.5 | 0.0 | | | | |
| イタヤカエデ | 高木 | 20.4 | 7.0 | 2.8 | 0.1 | | | | |
| ヤマコウバシ | 低木 | 18.4 | 4.4 | 0.8 | 0.0 | | | | |
| フジ | 籐本 | 16.3 | 4.7 | 1.6 | 0.0 | | | | |
| アセビ | 低木 | 12.2 | 3.4 | 0.4 | 0.0 | | | | |
| ウリハダカエデ | 小高木～高木 | 10.2 | 5.3 | 1.7 | 0.0 | | | | |
| カマツカ | 低木～小高木 | 10.2 | 3.7 | 0.4 | 0.0 | | | | |
| サンショウ | 低木 | 10.2 | 4.2 | 0.6 | 0.0 | | | | |
| アズキナシ | 高木 | 8.2 | 5.4 | 1.3 | 0.0 | | | | |
| カキノキ | 高木 | 6.1 | 5.2 | 0.7 | 0.0 | | | | |
| サワシバ | 高木 | 6.1 | 6.0 | 1.9 | 0.0 | | | | |
| オオモミジ | 小高木～高木 | 4.1 | 6.2 | 1.2 | 0.0 | | | | |
| クサギ | 低木 | 4.1 | 5.7 | 1.0 | 0.0 | | | | |
| クマノキズキ | 高木 | 4.1 | 3.6 | 0.0 | 0.0 | | | | |
| ヒノキ | 高木 | 4.1 | 15.0 | 7.7 | 0.1 | | | | |
| イロハモミジ | 小高木～高木 | 2.0 | 3.7 | — | 0.0 | | | | |
| ガマズミ | 低木 | 2.0 | 3.0 | — | 0.0 | | | | |
| クロウメモドキ | 低木～小高木 | 2.0 | 7.3 | — | 0.0 | | | | |
| コシアブラ | 高木 | 2.0 | 2.9 | — | 0.0 | | | | |
| コハウチワカエデ | 小高木～高木 | 2.0 | 3.8 | — | 0.0 | | | | |
| コミネカエデ | 小高木 | 2.0 | 3.8 | — | 0.0 | | | | |
| サワフタギ | 低木 | 2.0 | 3.4 | — | 0.0 | | | | |
| ズミ | 小高木～低木 | 2.0 | 3.0 | — | 0.0 | | | | |
| ダンコウバイ | 低木 | 2.0 | 5.0 | — | 0.0 | | | | |
| ネズミサシ | 低木～高木 | 2.0 | 3.7 | — | 0.0 | | | | |
| ネムノキ | 高木 | 2.0 | 6.9 | — | 0.0 | | | | |
| 全体 | | 2102.0 | 8.9 | 6.8 | 20.5 | 1026.5 | 16.5 | 6.3 | 25.2 |

*：佐竹ほか (1993) より

表2 アカマツの枯死木および枯死率と他の樹種（胸高直径3 cm以上5 cm未満）の立木密度の単相関（Kendallのタウb）

| | 密 度 | | 胸高断面積合計 | |
|-----------------|--------|--------|---------|--------|
| | 枯死木 | 枯死率 | 枯死木 | 枯死率 |
| ア オ ダ モ | 0.134 | 0.107 | 0.091 | 0.034 |
| ア ズ キ ナ シ | -0.101 | 0.089 | -0.093 | 0.067 |
| ア セ ビ | 0.003 | -0.246 | -0.027 | -0.201 |
| イ タ ヤ カ エ デ | 0.013 | 0.018 | 0.048 | 0.024 |
| イ ヌ ツ ゲ | -0.031 | -0.078 | -0.159 | -0.078 |
| イ ロ ハ モ ミ ジ | 0.009 | 0.051 | 0.076 | 0.084 |
| ウ リ カ エ デ | 0.036 | 0.047 | 0.075 | 0.006 |
| ウ リ ハ ダ カ エ デ | -0.057 | 0.022 | -0.040 | -0.075 |
| ウ ワ ミ ズ ザ ク ラ | -0.148 | 0.076 | 0.063 | 0.084 |
| カ キ ノ キ | 0.009 | -0.025 | -0.008 | -0.051 |
| カ ス ミ ザ ク ラ | -0.220 | -0.119 | -0.097 | -0.153 |
| ガ マ ズ ミ | 0.145 | 0.042 | 0.118 | 0.042 |
| カ マ ツ カ | 0.123 | -0.075 | -0.090 | -0.138 |
| ク サ ギ | -0.197 | -0.186 | -0.185 | -0.152 |
| ク マ ノ キ ズ キ | -0.101 | 0.089 | -0.093 | 0.067 |
| ク リ | 0.128 | 0.006 | 0.050 | 0.030 |
| コ シ ア ブ ラ | 0.105 | 0.110 | -0.067 | 0.093 |
| コ ナ ラ | 0.154 | -0.117 | -0.099 | -0.131 |
| コ ハ ウ チ ワ カ エ デ | 0.105 | -0.135 | 0.034 | -0.135 |
| コ ミ ネ カ エ デ | -0.197 | 0.089 | -0.194 | 0.034 |
| サ ワ シ バ | 0.057 | 0.068 | 0.109 | 0.101 |
| サ ワ フ タ ギ | -0.145 | -0.051 | -0.034 | -0.025 |
| サ ン シ ョ ウ | -0.144 | -0.079 | -0.173 | -0.054 |
| ズ ミ | 0.145 | 0.042 | 0.118 | 0.042 |
| ダ ン コ ウ バ イ | 0.202 | 0.059 | 0.160 | 0.008 |
| チ ョ ウ ジ ザ ク ラ | -0.131 | -0.125 | 0.148 | -0.041 |
| ナ ツ ハ ゼ | 0.063 | -0.007 | -0.004 | -0.042 |
| ネ ジ キ | 0.098 | 0.103 | 0.012 | 0.075 |
| ネ ズ ミ サ シ | -0.048 | -0.042 | -0.109 | -0.067 |
| フ ジ | 0.033 | -0.190 | 0.051 | -0.134 |
| ヤ マ ウ ル シ | -0.075 | 0.019 | -0.114 | -0.008 |
| ヤ マ コ ウ バ シ | -0.063 | 0.034 | 0.054 | 0.097 |
| リ ョ ウ ブ | 0.021 | 0.161 | 0.188 | 0.196 |

表3 アカマツの枯死木および枯死率と他の樹種（胸高直径5cm以上10cm未満）の立木密度の単相関（Kendallのタウb）

| | 密 度 | | 胸高断面積合計 | |
|---------------|--------|--------|---------|--------|
| | 枯死木 | 枯死率 | 枯死木 | 枯死率 |
| ア オ ダ モ | 0.090 | 0.047 | 0.138 | 0.061 |
| ア ズ キ ナ シ | -0.048 | -0.008 | -0.101 | -0.034 |
| イ タ ヤ カ エ デ | 0.109 | 0.105 | 0.171 | 0.128 |
| イ ヌ ツ ゲ | 0.224 | 0.131 | 0.048 | 0.043 |
| ウ リ カ エ デ | 0.004 | -0.046 | 0.138 | 0.030 |
| ウ リ ハ ダ カ エ デ | 0.116 | 0.221 | -0.138 | 0.208 |
| ウ フ ミ ズ ザ ク ラ | 0.004 | 0.048 | -0.080 | 0.054 |
| オ オ モ ミ ジ | 0.150 | 0.024 | 0.217 | 0.006 |
| カ キ ノ キ | -0.160 | 0.106 | -0.048 | 0.138 |
| カ ス ミ ザ ク ラ | 0.028 | 0.062 | 0.113 | 0.054 |
| ク サ ギ | 0.057 | 0.068 | 0.109 | 0.101 |
| ク リ | -0.045 | 0.081 | 0.063 | 0.085 |
| ク ロ ウ メ モ ド キ | 0.057 | 0.068 | 0.109 | 0.101 |
| コ ナ ラ | 0.106 | -0.091 | -0.154 | -0.178 |
| サ ワ シ バ | 0.167 | 0.123 | 0.168 | 0.135 |
| サ ン シ ョ ウ | -0.101 | -0.118 | 0.059 | -0.093 |
| チ ョ ウ ジ ザ ク ラ | -0.187 | -0.046 | 0.120 | 0.029 |
| ネ ジ キ | -0.018 | -0.077 | 0.056 | -0.094 |
| ネ ム ノ キ | -0.101 | -0.076 | -0.042 | -0.076 |
| ヒ ノ キ | 0.009 | -0.110 | -0.051 | -0.143 |
| フ ジ | -0.209 | -0.117 | -0.141 | -0.087 |
| ヤ マ ウ ル シ | 0.208 | 0.111 | 0.069 | 0.059 |
| ヤ マ コ ウ バ シ | -0.048 | -0.156 | 0.000 | -0.126 |
| リ ョ ウ ブ | 0.075 | 0.253* | 0.118 | 0.256* |

**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

表4 アカマツの枯死木および枯死率と他の樹種（胸高直径10cm以上）の立木密度の単相関（Kendallのタウb）

| | 密 度 | | 胸高断面積合計 | |
|-------------|----------|-------|---------|--------|
| | 枯死木 | 枯死率 | 枯死木 | 枯死率 |
| イ タ ヤ カ エ デ | 0.105 | 0.173 | 0.194 | 0.185 |
| カ ス ミ ザ ク ラ | -0.081 | 0.107 | 0.044 | 0.153 |
| ク リ | 0.013 | 0.042 | 0.276* | 0.084 |
| コ ナ ラ | -0.399** | 0.002 | -0.174 | -0.020 |
| ヒ ノ キ | 0.057 | 0.199 | -0.126 | 0.198 |

**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$