

ナラ類集団枯損跡地の植生推移の基礎調査
 (県単課題 平成19年度～23年度)

研究報告

蛭田利秀
 今井辰雄*
 在原登志男
 渡邊次郎*
 小澤創
 壽田智久
 長谷川健二

目 次

| | |
|-----------------------|----|
| 要旨 | |
| I はじめに | 14 |
| II 目的 | 16 |
| III 調査地の概要 | 16 |
| IV 植生の繁茂調査 | 20 |
| 1 方法 | 20 |
| 2 結果および考察 | 22 |
| 3 まとめ | 35 |
| V ミズナラ・コナラ稚樹の個体数 | 35 |
| 1 方法 | 35 |
| 2 結果および考察 | 35 |
| 3 まとめ | 37 |
| VI ミズナラ・コナラ稚樹の個体数増減割合 | 37 |
| 1 方法 | 37 |
| 2 結果および考察 | 37 |
| 3 まとめ | 40 |
| VII ミズナラ・コナラ稚樹の樹高 | 40 |
| 1 方法 | 40 |
| 2 結果および考察 | 40 |
| 3 まとめ | 46 |
| VIII 総括 | 46 |
| IX 謝辞 | 47 |
| X 引用文献 | 47 |
| XI 付録 | 49 |

受付日 平成24年9月11日

受理日 平成24年12月26日

*元林業研究センター

要 旨

福島県内で近年被害が増加しているナラ類集団枯損の被害跡地の復旧について、西会津町、喜多方市に調査地を設定し、被害木無処理の林分と被害木伐倒後NCSくん蒸処理をした林分の復旧状況を調査した。

植生調査から、ナラ類集団枯損被害前後で生育する樹種に変化は少なく、カエデ類、ウワミズザクラなど高木性の樹種やイヌツゲ、エゾユズリハ、ヒメアオキなどの常緑の低木類の植生被度が高かった。今後、耐陰性の高い高木性の樹種や、常緑の低木類が、繁茂していく可能性が高いと考えられた。

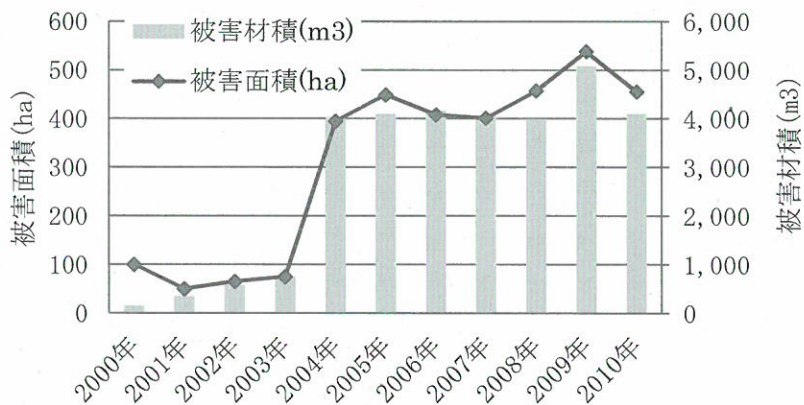
相対照度調査から、平均相対照度20~30%の範囲の環境で、植生は繁茂しているが、植生の繁茂に変化がない安定した状態であり、平均相対照度が30%以上の環境では、植生の繁茂が旺盛になると考えられた。すなわち、被害木無処理の林分においては、初期の植生の繁茂は旺盛であるが、その後は鈍化する傾向が見られたのに対して、伐倒後NCSくん蒸処理を行った林分は、下草刈りを行っているため、相対照度が高くなり、植生の旺盛な繁茂が見られた。

ミズナラ・コナラ林における復旧の可能性については、県の指針による成立本数から、用材林としての復旧は難しいもののシイタケ原木林としての復旧の可能性が示された。しかしこれには、継続した調査による評価が必要であると考えられた。また、すべての林分において、ミズナラ・コナラの実生・稚樹の個体数が時間とともに減少することが確認された。このことから、復旧のためには、植栽などで、個体数を補う必要があると考えられた。

以上のことから、稚樹の良好な生育には、光環境の改善が大きく影響することが明らかになった。すなわち、この環境を整えるには、下草刈りや除伐、場合により上層木の伐倒などが必要であり、従来の森林施業を継続的に行わなくては、ミズナラ・コナラ林の復旧は困難である。特に他の植生が早急に繁茂することから、下草刈りが重要であると考えられた。

I はじめに

福島県内では、カシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus*) (以下、カシナガ) が *Raffaelea quercivora* (以下、ナラ菌) を媒介することにより発生すると考えられるナラ類集団枯損¹⁾²⁾ (以下、ナラ枯れ) の被害が、2000年に西会津町で確認されて以来³⁾、



平成 13 年～23 年福島県森林・林業統計書を改編

図 I-1 福島県内のナラ枯れ被害量

被害範囲が拡大し、2010年現在では中通り北部、中部まで被害が確認されている。2004年以降は、面積で約400ha、材積で約4,000m³のナラ類が毎年枯死しており、2009年には面積で538ha、材積にして5,082m³ものナラ類が枯死している⁴⁾ (図 I-1)。福島県内では、葉が褐色に萎凋した枯死木が、早ければ7月下旬頃に確認され、8月から9月にかけて、枯死木発生のピークとなる。枯死被害樹種はミズナラ、コナラ、クリ、ナラガシワが確認されており、ミズナラが特に枯れやすい傾向にあるとされる⁵⁾。

カシナガは、ナガキクイムシ科(Platypodidae)に属している養菌キクイムシであり、材中に穿入し坑道内にアンブロシア菌を栽培、繁殖させ、それを摂食しているといわれるキクイムシ類である⁶⁾。アンブロシア菌は、養菌キクイムシが材から材へ運び栽培する共生菌の総称である⁷⁾。カシナガは、アンブロシア菌の一部にナラ菌を随伴させているといわれており、主に孢子貯蔵器官 (mycangia) に貯蔵し運搬すると考えられている。カシナガの孢子貯蔵器官は、雌成虫の前胸背板中央にある特徴的な器官であり、円孔状の形状のものが5~10個存在する⁷⁾⁸⁾。

カシナガの新成虫の分散時期は、地域や年により異なるが、福島県内ではおよそ6月中~下旬に始まり、9月下旬頃まで続く。カシナガは羽化脱出後速やかに対象木に穿入を開始することが知られており、穿入時期のピークはおおよそ7月頃であることが確認されている⁹⁾。最初に穿入を始めるのは雄成虫であり、この時に木屑を排出すると同時に集合フェロモンを放出して雌雄を誘引し、集中加害するいわゆるマスアタックが発生するとされている⁹⁾。集中加害を受けたミズナラの穿入孔から排出されたフラスといわれる木屑が、立木の地際に大量に積もっている状況は被害地でよく確認できる¹⁰⁾。また、カシナガは、小径木よりも大径木を好むといわれており、樹幹の穿入部位は、上部よりも地際の太い部分に高い密度で穿入することが確認されている。さらに地下部にも穿入することが分かっている¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾。

カシナガ及びナラ菌に対する防除法は様々なものが開発、研究されている。予防法と駆除法を大まかに分けると、予防法は、殺菌剤であるベノミル水和希釈剤などを樹幹注入する方法¹⁵⁾、樹幹にビニールを巻きつけカシナガの穿入を防止する方法¹⁶⁾、駆除剤であるフェントロチオン乳剤を樹幹に散布しカシナガの穿入を防止する方法¹⁴⁾¹⁷⁾、さらに樹幹に駆除剤と粘着剤を散布する方法¹⁸⁾、粘着剤のみを散布する方法¹⁹⁾²⁰⁾などが開発されている。駆除法は、カシナガの駆除剤として使用が認められているNCS剤を被害立木に直接注入する方法¹⁴⁾²¹⁾²²⁾、ナラ枯れ被害木にキノコを植菌しカシナガの羽化脱出を抑制する方法²³⁾、など多数が研究開発されている。近年では、面的な駆除法である殺菌剤とフェロモンを組み合わせたおとり木トラップ法が開発されている²⁴⁾²⁵⁾。福島県においても、ナラ枯れ防除が積極的に行われており、被害木を伐倒、玉切り、集積してシートで被覆した後、駆除剤であるNCS剤でくん蒸処理する駆除法が主に用いられている²⁶⁾ (以下、伐倒駆除)。

以上のようにカシナガの生態が明らかになり、ナラ枯れの防除法が開発されてきた。その一方で、現在も毎年膨大な量のナラ類が枯死していることから、森林の持つ公益的機能の低下が危惧されている。これまで広葉樹施業については、皆伐後の更新²⁷⁾²⁸⁾などの検討はされてきた。しかし、ナラ枯れ被害跡地における更新の研究は少ない²⁹⁾³⁰⁾。ナラ枯れ被害跡地の復旧について、光環境の視点から検討が必要であるといえる³¹⁾³²⁾³³⁾³⁴⁾³⁵⁾。

II 目的

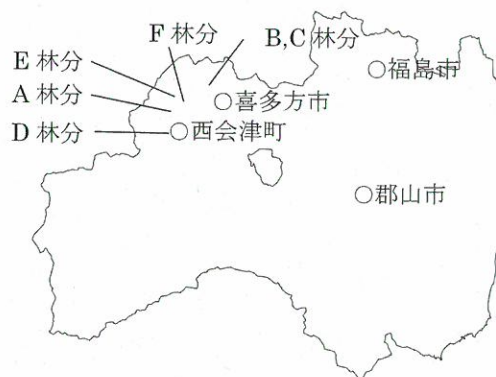
ナラ枯れ被害によるナラ類の枯死により、森林の公益的な機能が損なわれることが危惧される。そのため植生を回復する必要があるが、ナラ枯れ被害木は、大径木が中心であるため、萌芽による再生を望むことは難しい³⁶⁾。

一方で、林内の稚樹や、新たに散布され発芽した実生・稚樹によって被害前の状態、すなわちミズナラ・コナラが優占する林分に戻ることが期待されるが、自然復旧には限界がある。このため、人為的なナラ枯れ跡地の復旧が必要であるが、福島県内においては、その方法は確立されていない状況にあることから、検討が必要である。

そこで本研究では、福島県内のナラ枯れ被害跡地において、どのような植生が生育しているか、さらに植生の繁茂状況が時間とともにどのように変化するかを相対照度によって把握した。加えて、ミズナラ・コナラ林への復旧の可能性を検討するため、被害木を伐倒駆除した場所と駆除していない場所において、ミズナラ・コナラの実生、稚樹（以下本文中では成木していないミズナラ・コナラを稚樹と表記する）の個体数の変化や樹高の変化を調査した。これらのことから、ミズナラ・コナラが優占する林分に復旧させるための対策について検討した。

III 調査地の概要

調査林分は、ナラ枯れの被害が福島県内で最も早く発生した福島県西会津町と、調査開始時点で、被害が拡大し始めた同喜多方市に設けた(図III-1)。調査林分は、被害木無処理で被害後5~6年経過した林分(A林分)、被害木無処理で被害直後の常緑植生がない林分(B林分)、被害木無処理で被害直後の常緑植生が繁茂している林分(C林分)と伐倒駆除を行って2~3年経過している林分(D林分)、伐倒駆除を行った直後の



図III-1 位置図

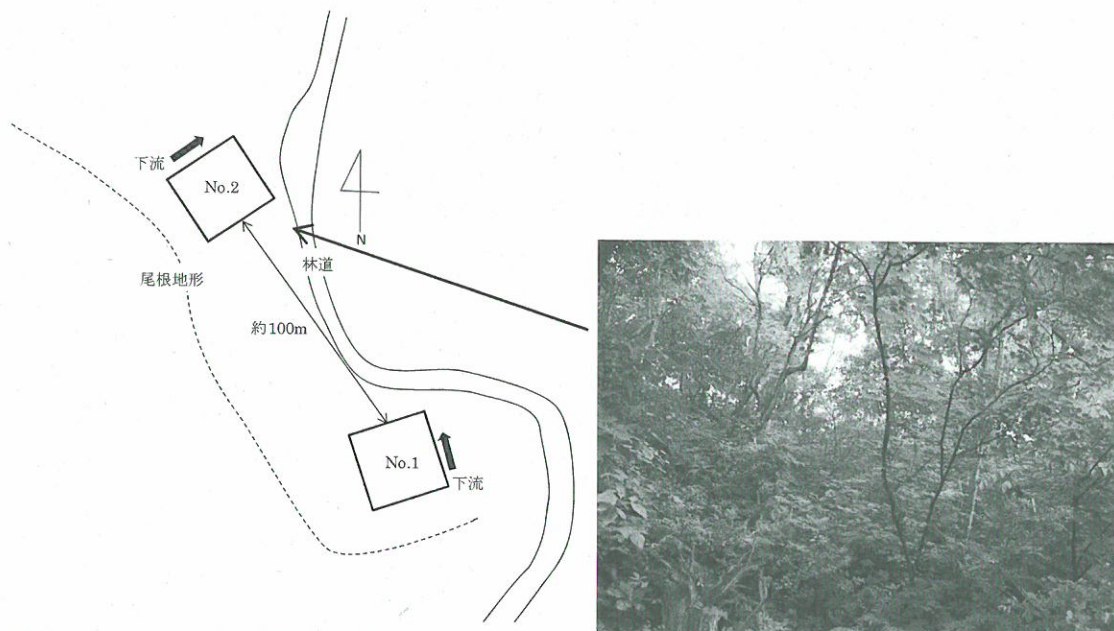
林分(E林分)、およびナラ枯れ被害が確認されていない無被害の林分(対照の林分)(F林分)の計6林分である(表III-1)。対照の林分は、無被害のミズナラ林を確認出来なかったことから、コナラが優占する林分に設けた。なお、伐倒駆除を行った林分は2林分あるが、いずれも補助作業として、下草刈りを行った。

プロットの設定は、それぞれ6調査林分に10×10mの方形プロットを2箇所設けた(図III-2~6)。さらに、10×10mの方形プロットを中心とした30×30mの方形プロットを設置した(図III-7)。10×10mの方形プロットでは植生調査、植生の繁茂の調査を行った。30×30mの方形プロットにおいては、林分の状況を把握するための毎木調査を行った。プロットの設定は2007年に行い調査は2008年から開始した。

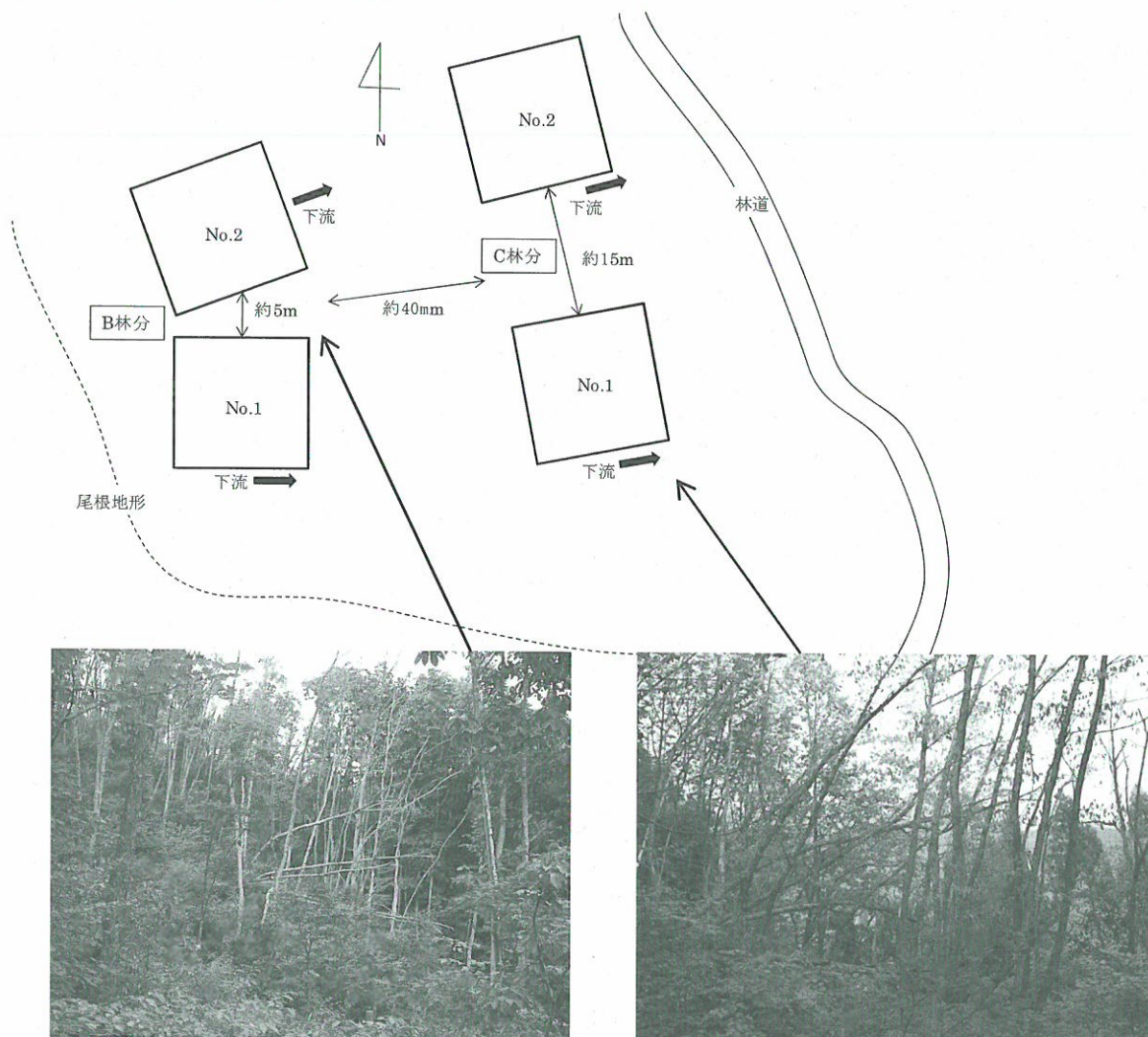
表Ⅲ-1 調査林分の概要

| 林分 | 固定調査地の条件 | 所在地 | No. | 緯度 | 経度 | 高度(m) | 斜面方位 | 傾斜 |
|----|-----------------------|-------------|------|---------------|----------------|-------|--------|-----|
| A | 被害木無処理 被害から5~6年経過 | 西会津町奥川杉山 | No.1 | 37° 40'42.39" | 139° 36'51.01" | 301 | N20° W | 36° |
| | | | No.2 | 37° 40'44.81" | 139° 36'48.39" | 308 | N55° E | 37° |
| B | 被害木無処理 被害直後で常緑植生なし | 喜多方市熱塩板ノ沢 | No.1 | 37° 43'29.27" | 139° 48'30.16" | 518 | N70° E | 19° |
| | | | No.2 | | | | E0° | 25° |
| C | 被害木無処理 被害直後で常緑植生繁茂 | 喜多方市熱塩板ノ沢 | No.1 | 37° 43'28.87" | 139° 48'31.69" | 496 | N75° E | 33° |
| | | | No.2 | | | | S80° E | 33° |
| D | 伐倒駆除 駆除後2~3年経過 | 西会津町野沢 | No.1 | 37° 35'11.59" | 139° 37'37.30" | 190 | S45° E | 22° |
| | | | No.2 | 37° 35'12.03" | 139° 37'37.18" | 189 | N0° | 28° |
| E | 伐倒駆除 駆除直後 | 西会津町奥川高陽根 | No.1 | 37° 42'07.93" | 139° 38'24.86" | 366 | S60° E | 17° |
| | | | No.2 | 37° 42'07.69" | 139° 38'23.36" | 379 | S60° E | 17° |
| F | 無被害林(対照区) | 西会津町耶麻新郷上の台 | No.1 | 37° 38'29.93" | 139° 39'57.48" | 207 | N50° W | 30° |
| | | | No.2 | 37° 38'29.83" | 139° 39'58.15" | 214 | N50° W | 30° |

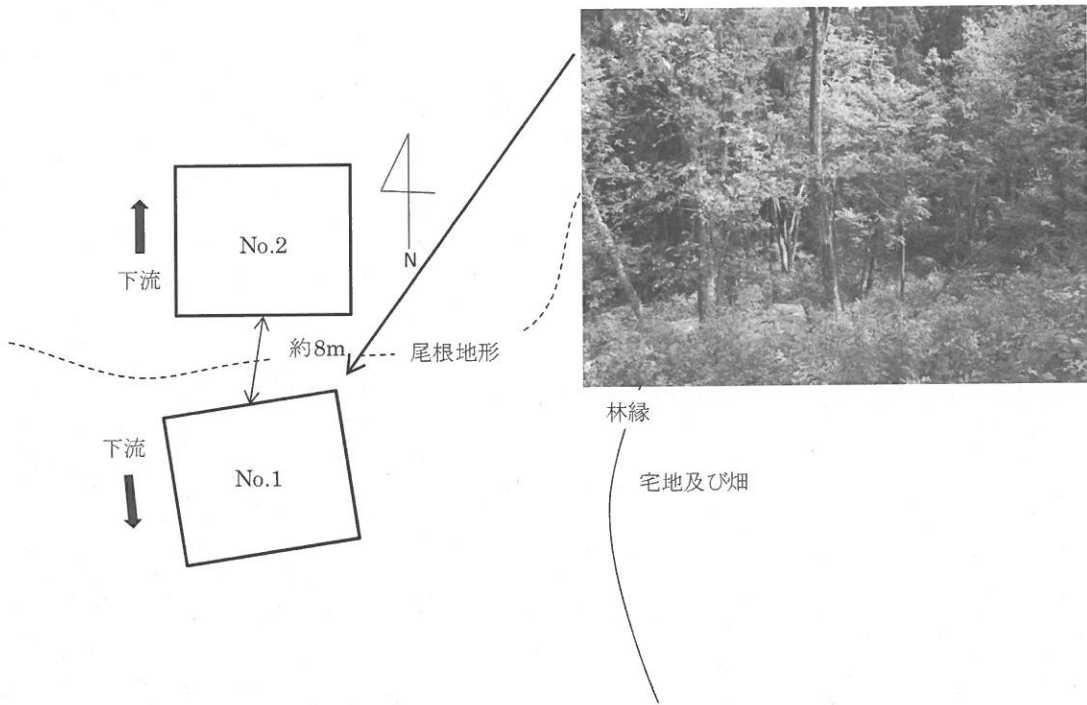
緯度、経度、高度はGPSにより、傾斜方向、傾斜はクリノメータで計測した。



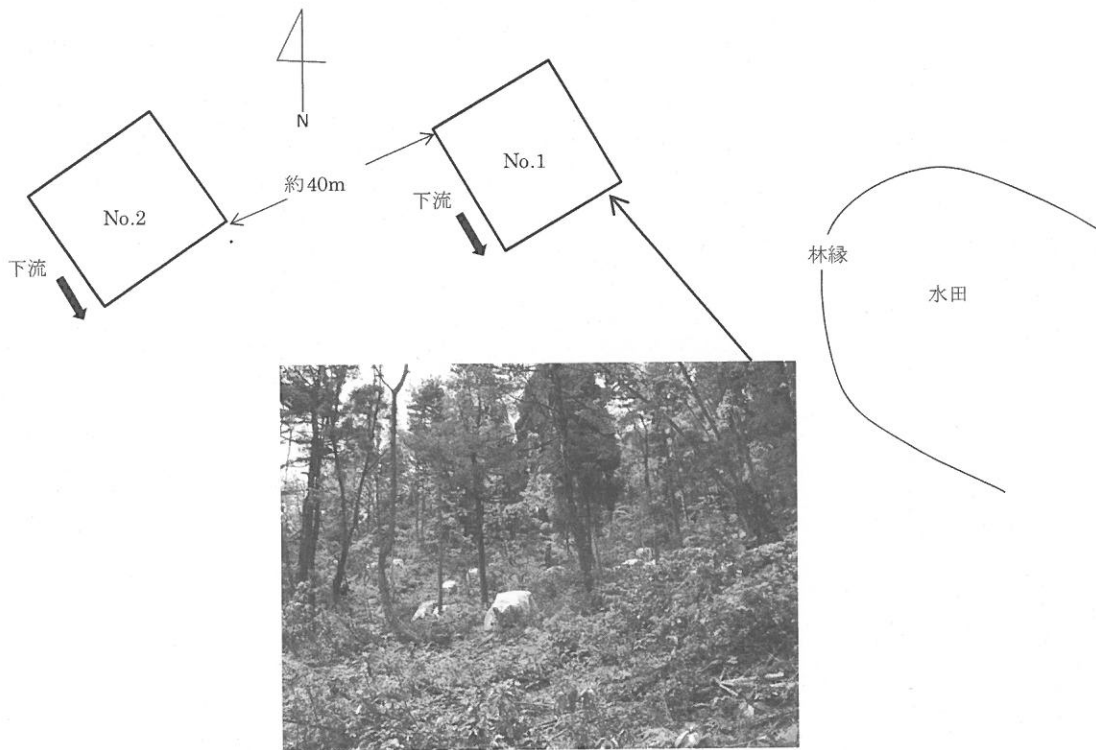
図III-2 調査林分の概要 (A林分)



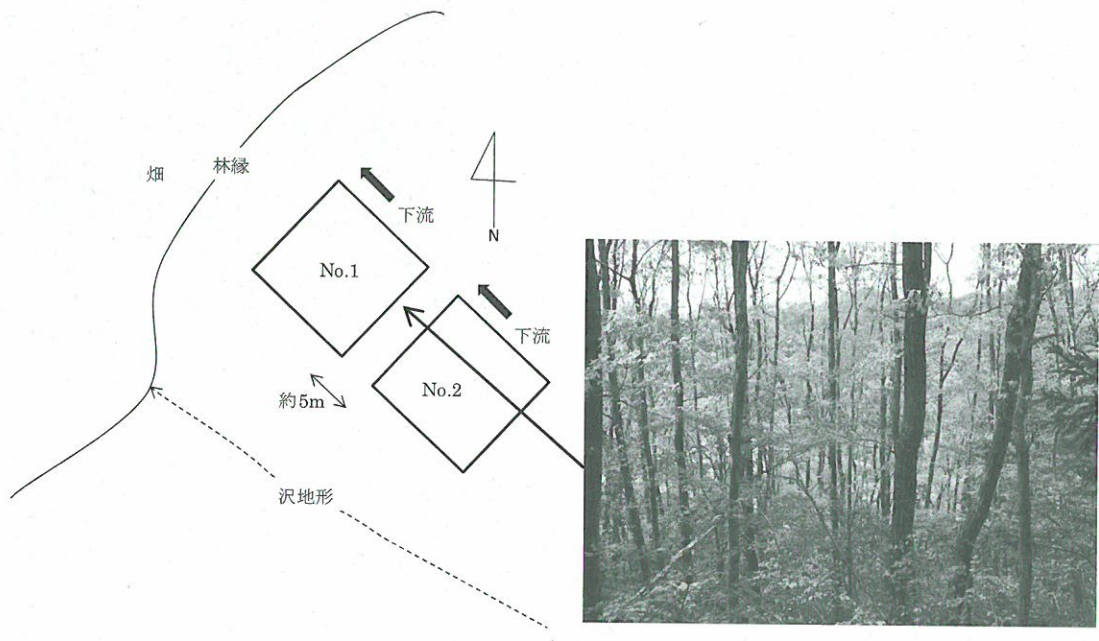
図III-3 調査林分の概要 (B、C林分)



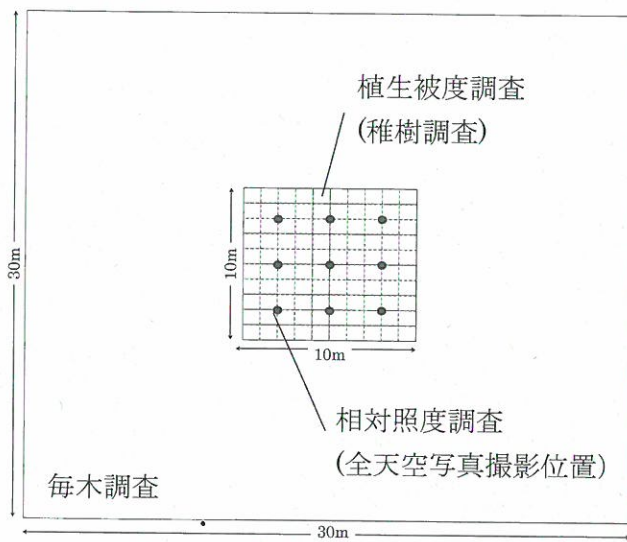
図III-4 調査林分の概要 (D林分)



図III-5 調査林分の概要 (E林分)



図III-6 調査林分の概要 (F林分)



10×10m 方形プロット内の点は、相対照度測定位置(全天空写真撮影位置)を示している

図III-7 プロット概略図

IV 植生の繁茂状況調査

1 方法

(1) 毎木調査

毎木調査は2009年に実施し、プロット内に生存するミズナラとコナラの本数、樹高、胸高直径を測定した。また、プロット内のミズナラ、コナラ生存本数 n から、現況のミズナラ、コナラ林分密度(本数/ha): $D_1=n/0.09$ を算出した。

被害前の林分密度及びナラ枯れによる被害率については、調査時に枯死木または伐根の腐朽が進んでしまった個体、腐朽によりカシナガの穿入孔が確認できない個体があり、正確に把握することができなかった。したがってナラ枯れ被害前の林分密度(本数/ha)を: $D_2 = (n + n_1) / 0.09$ 、 n_1 は枯死木本数若しくは伐倒後の切株数(D、E林分)により推定した。各林分のナラ枯れ被害程度について、各林分の樹種別の被害率を: $RD_1 = (D_2 - D_1) / D_2$ で、各林分の被害率を: $RD_2 = ((D_{2a} + D_{2b}) - (D_{1a} + D_{1b})) / (D_{1a} + D_{1b})$ 、 D_{1a} は、 D_1 で算出したミズナラの林分密度、 D_{1b} は、 D_1 で算出したコナラの林分密度、 D_{2a} は、 D_2 で算出した被害前のミズナラの林分密度、 D_{2b} は、 D_2 で算出した被害前のコナラの林分密度により推定した。

(2) 植生の繁茂状況

① 植生被度調査

プロット内に出現した植生の覆う割合を示す植生被度は、Braun Blanquet(1964)の方法に準じ目視により+、1~5のランクで表記した(表IV-1)。プロット内は、ナラ枯れ被害により上層木が非常に疎であり、上層を形成している個体と中層を形成している個体の差が非常にあいまいであったことから、上層木・中層木に分けず、概ね樹高5m以上の個体をすべて上層木とし、樹高5m未満の個体を下層木とした。下層木については、いずれかのプロットに植生被度2以上の樹種が出現した場合のみ標記した。調査は、2008年は全ての林分について5~6月、2011年はA、D、E、F林分は5月、B、C林分は10月に行った。

表IV-1 調査時の植生被度ランク

| ランク | 植生被度 |
|-----|--|
| 5 | 植生被度がプロットの3/4以上を占めているもの |
| 4 | 植生被度がプロットの1/2 ~ 3/4を占めているもの |
| 3 | 植生被度がプロットの1/4 ~ 1/2を占めているもの |
| 2 | 個体数が極めて多いか、また少なくとも植生被度が1/10 ~ 1/4を占めているもの |
| 1 | 個体数は多いが、植生被度が1/20以下、または植生被度が1/10以下で個体数が少ないもの |
| + | 個体数も少なく、植生被度も少ないもの |

Blaun Blanquet(1964)より転載

② 相対照度調査

相対照度は、全天空写真を撮影し写真画像を解析することにより算出した(写真IV-1)。撮影箇所は、各プロット内9箇所において行い(図III-7)、撮影高は、できるだけ下層木下部の相対照度を把握するため撮影位置を低くし、かつ、撮影者が全天空写真に写らない最低の高さとして65cm(以下、撮影高65cm)とした。また、できるだけ上層木のみの影響下にある相対照度を把握できる高さで、かつ撮影者がカメラを持ち、手を伸ばした状態で撮影できる最高の高さとして2mで、全天空写真を撮影した(以下、撮影高2m)。なお、本文中では、概ね樹高5m以上の個体を上層木、樹高5m未満の個体を下層木とした。調査時期は、2008~2011年まで、広葉樹の開葉時期である6~9月に月1回行った。カメラは、Nikon社製coolpix 950、若しくはcoolpix4500(2009年6~11月、及び2011年7~9月)を使用した。レンズは、同社製Fisheye Converter FC-E8 0.21xを使用した。カメラの設定は、coolpix950の場合、コンバーターモードをフィッシュアイ1にし、露

出はオート、画像サイズはVGA、画質はBASICとした³⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾。coolpix4500の場合、コンバーターモードをフィッシュアイ1にし、露出はオート、画像サイズは640×480、画質はBASICとした。写真画像の解析にはLIA for Win32⁴⁰⁾を使用した。

調査年の相対照度の差は、9測定点×4ヶ月(6~9月)/プロットで有意水準5%でt検定を行った。



写真IV-1 全天空写真の例

2 結果および考察

(1) 調査林分のミズナラおよびコナラの状況

調査林分のミズナラおよびコナラの状況を表IV-2に示す。

被害木無処理で被害から5~6年経過しているA林分の現況林分密度については、A-No.1ではミズナラが高く、A-No.2ではコナラが高かった。枯死木は、コナラに比較してミズナラの方が多く、A-No.1ではコナラの枯死木はなかった。

被害木無処理で被害直後の常緑植生がないB林分の現況林分密度については、各プロットともに枯死木はミズナラのみで、コナラの枯死木はなかった。

伐倒駆除後2~3年経過したD林分の現況林分密度については、各プロットともにコナラの密度が高かった。ナラ枯れ被害は、ミズナラに多く発生していたと推察され、D-No.1においては、すべてのミズナラが伐倒駆除処理されていた。

伐倒駆除直後のE林分の現況林分密度は、各プロットともにミズナラの密度が高かった。伐倒駆除はミズナラのみ行われており、コナラの伐倒駆除処理木、および枯死木はなかった。

これらの結果から、ナラ枯れ被害を受けた林分において、枯死被害はミズナラの割合が高く、コナラはミズナラより枯死しにくいという既報²⁾を裏付ける結果となった。

また、ミズナラはナラ枯れによる被害率が高い傾向²⁾があることが知られているが、ミズナラの生育が確認できなかったのは1プロットのみで、多くのプロットにおいて、ミズナラが残存していた。

表IV-2 調査林分のミズナラとコナラの概要

| 林分 | プロット No. | 樹種 | 平均樹高 (m) | 平均胸高直径 (cm) | D ₁ (本) | D ₂ (本/ha) | RD ₁ | RD ₂ | その他上層木の樹種 |
|----|-------------|------|-------------|----------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|---|
| A | No.1 | ミズナラ | 8.3 ±3.0 | 19.5 ±11.0 | 88.9 | 377.8 | 76.5% | | アカマツ、アオハダ、アカシデ、アズキナシ、ハクウンボク、ハウチワカエデ、ヤマモミジ、タカノツメ |
| | | コナラ | 9.6 ±4.3 | 21.0 ±4.6 | 33.3 | 33.3 | 0.0% | 70.3% | |
| | No.2 | ミズナラ | 11.0 ±5.0 | 18.6 ±8.8 | 133.3 | 355.6 | 62.5% | | アカマツ、クリ、アカシデ、ヤマザクラ |
| | | コナラ | 12.5 ±5.0 | 19.4 ±8.3 | 177.8 | 188.9 | 5.9% | 42.9% | |
| B | No.1 | ミズナラ | 10.5 ±3.9 | 16.8 ±3.9 | 211.1 | 988.9 | 78.7% | | キタゴヨウマツ、クリ、コシアブラ |
| | | コナラ | 15.2 ±2.0 | 24.8 ±3.6 | 44.4 | 44.4 | 0.0% | 75.3% | |
| | No.2 | ミズナラ | 10.5 ±3.1 | 19.8 ±7.2 | 177.8 | 811.1 | 78.1% | | キタゴヨウマツ、スギ、アズキナシ、コシアブラ、タカノツメ |
| | | コナラ | 14.9 ±1.3 | 25.3 ±2.5 | 33.3 | 33.3 | 0.0% | 75.0% | |
| C | No.1 | ミズナラ | 11.9 ±6.8 | 19.8 ±5.0 | 88.9 | 822.2 | 89.2% | | ヤマザクラ、ホオノキ |
| | | コナラ | - | - | - | - | - | 89.2% | |
| | No.2 | ミズナラ | 13.5 ±4.8 | 19.7 ±5.6 | 111.1 | 600.0 | 81.5% | | ヤマザクラ、イタヤカエデ、ホオノキ |
| | | コナラ | - | - | - | - | - | 81.5% | |
| D | No.1 | ミズナラ | - | - | 0.0 | 200.0 | 100.0% | | クリ、ホオノキ、タカノツメ |
| | | コナラ | 17.2 ±4.0 | 38.1 ±8.9 | 255.6 | 266.7 | 4.2% | 45.2% | |
| | No.2 | ミズナラ | 11.5 ±0.7 | 18.0 ±2.8 | 22.2 | 133.3 | 83.3% | | スギ、ウワミズザクラ、ホオノキ、タカノツメ |
| | | コナラ | 16.6 ±4.5 | 35.6 ±11.6 | 133.3 | 177.8 | 25.0% | 50.0% | |
| E | No.1 | ミズナラ | 16.5 ±7.8 | 15.2 ±5.4 | 188.9 | 577.8 | 67.3% | | アカマツ、キタゴヨウマツ、スギ、ウリハダカエデ、ハウチワカエデ、ヤマモミジ、タカノツメ |
| | | コナラ | 13.2 ±4.7 | 23.8 ±3.6 | 44.4 | 44.4 | 0.0% | 62.5% | |
| | No.2 | ミズナラ | 9.8 ±4.8 | 14.3 ±6.2 | 88.9 | 844.4 | 89.5% | | キタゴヨウマツ、スギ、ハウチワカエデ、ヤマモミジ、ホオノキ、コシアブラ |
| | | コナラ | 12.6 ±3.5 | 25.5 ±0.7 | 22.2 | 22.2 | 0.0% | 87.2% | |
| F | No.1 | ミズナラ | - | - | - | - | - | | - |
| | | コナラ | 12.4 ±4.2 | 21.2 ±8.6 | 866.7 | - | - | - | |
| | No.2 | ミズナラ | - | - | - | - | - | | アカマツ、スギ |
| | | コナラ | 15.5 ±4.3 | 22.3 ±8.6 | 744.4 | - | - | - | |

D₁:ミズナラ、コナラの現況林分密度; D₂:被害前の林分密度; RD₁:樹種別の被害率; RD₂:林分の被害率

(2) 植生の繁茂調査

① 植生被度調査

上層木では、全プロットにおいて、共通して出現している樹種はなく、コナラがC-No.1、ミズナラがA-No.1、B-No.1、E-No.1で減少しているほかは、調査期間中に大きな変化はなかった(表IV-3)。下層木では、高木性のウワミズザクラが各プロットに出現しており、D林分の各プロット、F-No.2で植生被度が2で、その他のプロットは1であった。その他の高木性の樹種は、ウコギ科のコシアブラ、タカノツメ、カエデ科のウリハダカエデ、ハウチワカエデ、イタヤカエデ、コハウチワカエデが多くのプロットに出現している。B-No.2でハウチワカエデの植生被度が2から3となったほかは調査期間中に大きく変化しなかった。小高木性の樹種は、ヤマウルシ、チョウジザクラ、マルバマンサクが多くのプロットに出現していた。

低木性の樹種では、イヌツゲがすべてのプロットに出現しており、B-No.2で植生被度が3であった。その他の樹種では、エゾユズリハ、クロモジ、ヒメアオキが多くのプロットに出現している。イヌツゲ、エゾユズリハ、ヒメアオキは常緑の樹種であり、常緑の低木性樹種が多くプロットに出現していた。C-No.1、C-No.2は、常緑の植生が繁茂している場所に設定したこともあり、ハイイヌガヤ、エゾユズリハ、ヒメアオキの植生被度が高く、C-No.1では、エゾユズリハの植生被度が4であった。

常緑の樹種では、植生被度が高くなっているプロットがあり、イヌツゲがB-No.2で、エゾユズリハがB-No.1、D-No.2で、それぞれ植生被度が2から3になっていた。

調査を行った2008年と2011年の比較では、出現する樹種に大きな差はなく、ナラ枯れ被害後の時間の推移にともない生育する樹種が大きく変化することはなかった。

また、植生被度は各プロット間に差が見られるものの、高木性の樹種では、ウワミズザクラ、イタヤカエデ、コハウチワカエデなど耐陰性の高い高木性の樹種⁴¹⁾⁴²⁾が出現した。

これらの樹種については、植生被度に変化は見られなかった。低木性の樹種では、イヌツゲ、エゾユズリハ、ヒメアオキなど常緑の樹種が多くのプロットで出現していた。このような結果から、被害林分の経年変化に伴い、耐陰性の高い高木性の樹種に加えて、常緑の低木性樹種が繁茂することがうかがえる。

表IV-3 植生被度推移

| 樹種 | A | | B | | C | | D | | E | | F | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | No.1 | No.2 | No.1 | No.2 | No.1 | No.2 | No.1 | No.2 | No.1 | No.2 | No.1 | No.2 |
| コナラ | | | 1 | | 1 | | 1 | | 2 | | 5 | |
| ミズナラ | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 2 | | 5 | 5 |
| タカノツメ | 3 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | |
| クリ | | 2 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | |
| アカシデ | | 2 | 2 | | | | | | | | | |
| キタゴヨウマツ | | | | 2 | 2 | | | | | | | |
| ホオノキ | | | | | | 2 | 2 | | | | | |
| コシアブラ | | | | 1 | 1 | | | | | | | |
| イタヤカエデ | | | | | | 1 | 1 | | | | | |
| スギ | | | | | | | | 1 | 1 | | | |
| ウワミズザクラ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | + | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| コシアブラ | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | + | + | 1 | 1 | 2 | 2 |
| ウリハダカエデ | | | 1 | 1 | 2 | + | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ハウチワカエデ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| タカノツメ | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| イタヤカエデ | | + | | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 1 | - | 1 | 2 |
| アオダモ | 1 | 1 | + | + | + | + | 1 | 1 | + | + | 1 | 2 |
| リョウブ | | + | + | + | + | + | | | 1 | 2 | 1 | 1 |
| コハウチワカエデ | + | + | | + | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| アズキナシ | | | | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| アカシデ | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | + | |
| ヤマウルシ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | + | + | 1 | 1 | 2 |
| チョウジザクラ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| マルバマンサク | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | - | 1 | + | + | 1 |
| ハイヌガヤ | + | + | | + | + | + | 3 | 3 | 3 | 3 | | |
| ヤマボウシ | | | | 1 | 1 | | | | | | | 2 |
| イヌツゲ | 2 | 2 | + | + | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | + | 1 | 1 |
| エゾユズリハ | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| クロモジ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| ヒメアオキ | | | 1 | 1 | + | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| ヤマツツジ | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | - | + | + | | | 1 | 1 |
| ムシカリ | 2 | 2 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| サラサドウダン | 1 | 1 | 2 | 2 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| トウゴクミツバツツジ | | | | | | | | | 2 | 2 | | |
| オトコヨウゾメ | 1 | 1 | 2 | 2 | | | | | | | 1 | 1 |
| 笹 | | | 1 | 1 | | | | | 1 | + | + | + |
| チシマザサ | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | 1 |

樹種は各プロットに共通して出現している順に表記した
 植生被度面積に対する割合 5:75-100% 4:50-75% 3:25-50% 1:1-10% +:1%以下

② 相対照度調査

ア. 撮影高2mの平均相対照度の比較

(7) 被害木無処理の林分と無被害林の比較

A林分と条件が異なる下層に常緑植生が繁茂しているC林分は比較から除外し、被害から5~6年経過したA林分、被害直後で常緑植生が繁茂していないB林分、無被害林のF林分の各プロットについて、2008年と2011年の平均相対照度の比較をした(表IV-4)。

2008年の各プロット間の平均相対照度を比較すると、A林分とB林分間で差が生じたプロットは、A林分の各プロットとB-No.2で、B-No.2が有意に高かった。A林分とF林分間では、A-No.2とF-No.2に差はなく、その他のプロット間では、A林分の各プロットがF林分の各プロットより有意に高かった。B林分とF林分間では、B林分の各プロットがF林分の各プロットより有意に高かった。これらの結果から、2008年の平均相対照度は、被害直後の林分が、被害から5~6年経過した林分よりやや高く、被害林は、無被害林より平均相対照度が高い結果となった。

A林分とB林分間では、2011年の平均相対照度に差が生じたプロットA-No.2とB-No.2間のみとなった。

2008年と2011年の平均相対照度に差が生じたプロットは、B-No.2、F-No.2で、それぞれ2011年の平均相対照度が有意に低かった。

これらの結果から、無被害林であるF林分の上層木のうっ閉および2m以上の下層木の繁茂の変化は、平均相対照度で、概ね20~30%の範囲内にあった。本調査における無被害林では、この範囲の平均相対照度で、植生が繁茂し、繁茂の状態が大きく変化することなく、安定しているものと考えられた。

被害から5~6年経過しているA林分は、平均相対照度が30%前後で推移しており、2008年と2011年の平均相対照度に差が生じていない。また、F林分と比較しても平均相対照度は、極端に高くないことから、既に上層木のうっ閉が進んでいるか、下層木が繁茂している状態にあり、繁茂の状態も安定しているものと考えられた。

一方、被害直後のB林分においては、2008年の平均相対照度が40%を超えるプロットが存在し、F林分の各プロットより平均相対照度が高かった。この結果は、ナラ枯れ被害によって上層木にギャップが生じたことを示しているものと考えられた。2008年に特に高かったB-No.2の平均相対照度は、2011年に30%程度と低く推移し、A、F林分と比べて平均相対照度の差が小さくなった。これは、上層木のギャップが生じるとすぐに上層木のうっ閉が進んだか、若しくは、下層木の繁茂が旺盛になった結果、平均相対照度が低く推移したものと考えられた。

表IV-4 A、B、F林分の平均相対照度（撮影高2m）

| プロット | 相対照度(%) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|-------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| A-No.1 | 33.5 ± 10.6 | 29.3 ± 9.9 | -4.2 |
| A-No.2 | 30.3 ± 9.8 | 27.6 ± 13.2 | -2.7 |
| B-No.1 | 35.7 ± 17.5 | 29.6 ± 16.5 | -6.1 |
| B-No.2 | 41.4 ± 12.3 | 31.0 ± 12.2 | -10.4 |
| F-No.1 | 22.8 ± 6.4 | 23.6 ± 5.6 | 0.8 |
| F-No.2 | 27.1 ± 7.9 | 22.3 ± 7.4 | -4.8 |

平均値±標準偏差

(イ) 伐倒駆除を行った林分と無被害林の比較

伐倒駆除を行って2~3年経過したD林分、伐倒駆除を行った直後のE林分、無被害林であるF林分のそれぞれ各プロットについて、2008年と2011年の平均相対照度の比較を行った(表IV-5)。

2008年のプロット間の平均相対照度を比較すると、D林分とE林分の各プロット間では、D林分の各プロットは、E林分の各プロットより有意に低かった。D、E林分の各プロットとF林分の各プロット間では、D、E林分の各プロットが有意に高かった。これらから、2008年のプロット間の平均相対照度は、伐倒駆除直後の林分、伐倒駆除から2~3年経過した林分、無被害林の順に高い結果となった。

2011年の各プロット間の平均相対照度の比較では、D-No.2では、F林分の各プロットの平均相対照度と差がなくなった。その他の比較では、2008年と同様であった。

2008年と2011年の平均相対照度については、D林分の各プロットで、2008年より有意に低くなった。E林分の各プロットに差は生じず、変化は少なかった。

これらの結果から、被害から2~3年経過したD林分においては、上層木のうっ閉が進んだか、若しくは、2m以上の下層木が旺盛に繁茂し、平均相対照度が低く推移したものと考えられる。伐倒駆除を行った林分においても、無被害林より平均相対照度の高い林分が、無被害林と同程度の平均相対照度に近づく傾向が見られた。

一方、伐倒駆除直後のE林分においては、2011年においても、平均相対照度が高い状態のまま変化していないことから、上層木のうっ閉が進んでおらず、また、2m以上の下層木も繁茂していないと考えられ、伐倒駆除の影響が、時間が経過しても継続しているものと考えられた。

表IV-5 D、E、F林分の平均相対照度（撮影高2m）

| プロット | 相対照度(%) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|-------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| D-No.1 | 37.1 ± 11.7 | 29.5 ± 10.3 | -7.6 |
| D-No.2 | 37.4 ± 12.3 | 21.3 ± 11.8 | -16.1 |
| E-No.1 | 54.4 ± 11.4 | 51.7 ± 10.8 | -2.7 |
| E-No.2 | 54.5 ± 14.3 | 50.2 ± 14.5 | -4.3 |
| F-No.1 | 22.8 ± 6.4 | 23.6 ± 5.6 | 0.8 |
| F-No.2 | 27.1 ± 7.9 | 22.3 ± 7.4 | -4.8 |

平均値±標準偏差

(ウ) 被害から数年経過し被害木処理の有無が異なる林分と無被害林の比較

被害から数年経過した林分（以下、本文中の被害から数年経過したと表記される場合の数年は、被害木無処理で5~6年経過したA林分、伐倒駆除を行って2~3年経過したD林分のナラ枯れ被害からの経過年数をあわせた年数、2~6年を示した）、つまり被害木無処理で5~6年経過したA林分、伐倒駆除を行って2~3年経過したD林分を比較した（表IV-6）。なお、表中にはF林分の平均相対照度の結果を示したが、A、D林分との比較は3-(2)-②-ア、-(7)、(i)で行ったことから省略した。

2008年の各プロット間の平均相対照度を比較すると、A-No.1とD林分の各プロット間の平均相対照度には差がなく、A-No.2とD林分の各プロット間では、A-No.2の平均相対照度が有意に低かった。

2011年の各プロット間の平均相対照度を比較すると、A林分の各プロットとD-No.1に差はなく、A林分の各プロットとD-No.2では、D-No.2がA林分の各プロットに対して有意に低くなった。

伐倒駆除を行ったD林分の平均相対照度は、時間の経過で低く推移し、被害無処理のA林分と同程度若しくは低くなった。この結果から、伐倒駆除を行った林分においては、上層木のうっ閉が進んだか、若しくは2m以上の下層木植生の繁茂が旺盛になった結果を示していると考えられた。

表IV-6 A、D、F林分の平均相対照度（撮影高2m）

| プロット | 相対照度(%) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|-------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| A-No.1 | 33.5 ± 10.6 | 29.3 ± 9.9 | -4.2 |
| A-No.2 | 30.3 ± 9.8 | 27.6 ± 13.2 | -2.7 |
| D-No.1 | 37.1 ± 11.7 | 29.5 ± 10.3 | -7.6 |
| D-No.2 | 37.4 ± 12.3 | 21.3 ± 11.8 | -16.1 |
| F-No.1 | 22.8 ± 6.4 | 23.6 ± 5.6 | 0.8 |
| F-No.2 | 27.1 ± 7.9 | 22.3 ± 7.4 | -4.8 |

平均値±標準偏差

(エ) 被害直後で被害木処理の有無が異なる林分と無被害林の比較

被害木無処理で被害直後の常緑植生がないB林分、伐倒駆除を行った直後のE林分を比較した(表IV-7)。なお、被害木無処理で被害直後の常緑植生が繁茂しているC林分については、常緑植生が繁茂していないE林分と条件が異なるため、比較から除外した。また、表中にはF林分の平均相対照度の結果を示したが、B、E林分との比較は3-(2)-②-ア、-(ア)、(イ)で行ったことから省略した。

2008年の各プロット間の平均相対照度を比較すると、B林分の各プロットは、E林分の各プロットより有意に低く、この傾向は、2011年においても変わらなかった(表IV-7)。

被害木無処理のB林分と伐倒駆除を行ったE林分の平均相対照度は、大きく異なっており、伐倒駆除を行った影響が平均相対照度の差となって現れたものと考えられる。

表IV-7 B、E、F林分の平均相対照度（撮影高2m）

| プロット | 相対照度(%) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|-------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| B-No.1 | 35.7 ± 17.5 | 29.6 ± 16.5 | -6.1 |
| B-No.2 | 41.4 ± 12.3 | 31.0 ± 12.2 | -10.4 |
| E-No.1 | 54.4 ± 11.4 | 51.7 ± 10.8 | -2.7 |
| E-No.2 | 54.5 ± 14.3 | 50.2 ± 14.5 | -4.3 |
| F-No.1 | 22.8 ± 6.4 | 23.6 ± 5.6 | 0.8 |
| F-No.2 | 27.1 ± 7.9 | 22.3 ± 7.4 | -4.8 |

平均値±標準偏差

(オ) 常緑植生の繁茂の有無が異なる林分と無被害林の比較

被害木無処理で被害直後の常緑植生がないB林分、被害木無処理で被害直後の常緑植生が繁茂しているC林分、および無被害林のF林分を比較をした(表IV-8)。なお、表中にはF林分の平均相対照度の結果を示したが、B林分との比較は3-(2)-②-ア、-(ア)で行ったことから省略した。

2008年の各プロット間の平均相対照度を比較すると、B林分とC林分間では、B林分の各プロットがC-No.1より有意に低く、C-No.2より有意に高かった。C林分とF林分

間では、C-No.1は、F林分の各プロットより有意に高く、C-No.2とF林分の各プロットに差はなかった。

これらの傾向は、2011年においても変わらなかった。

2008年と2011年の平均相対照度については、C-No.1では、2008年より有意に低くなり、C-No.2では、差は生じなかった。

C-No.1の2011年の平均相対照度は、2008年と比較すると低く推移しており、平均相対照度が高いプロットは、植生の繁茂が旺盛となることを示していると考えられる。一方、C-No.2の2008年の平均相対照度は、C-No.1と比較すると低く、時間の経過による大きな変化は見られなかった。C-No.2がC-No.1より平均相対照度が低かった要因は、ナラ枯れ被害前から、2m以上の下層木が繁茂していたためと考えられた。一方、C-No.2の2008年と2011年の比較では、ナラ枯れ被害後も、植生の繁茂の状態が安定していたため、平均相対照度の変化が少なかったと考えられた。

表IV-8 B、C、F林分の平均相対照度（撮影高2m）

| プロット | 相対照度(%) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|-------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| B-No.1 | 35.7 ± 17.5 | 29.6 ± 16.5 | -6.1 |
| B-No.2 | 41.4 ± 12.3 | 31.0 ± 12.2 | -10.4 |
| C-No.1 | 51.2 ± 16.0 | 38.3 ± 17.3 | -12.9 |
| C-No.2 | 25.0 ± 9.0 | 21.9 ± 12.6 | -3.1 |
| F-No.1 | 22.8 ± 6.4 | 23.6 ± 5.6 | 0.8 |
| F-No.2 | 27.1 ± 7.9 | 22.3 ± 7.4 | -4.8 |

平均値±標準偏差

イ. 撮影高65cmの平均相対照度の比較

(ア) 被害木無処理の林分と無被害林の比較

撮影高65cmの平均相対照度においても、3-(2)-②-ア.と同様に条件の異なる各林分で比較を行った。

2008年の各プロット間の平均相対照度を比較すると、A林分とB林分間では、A林分の各プロットがB林分の各プロットより、有意に低かった(表IV-9)。A林分とF林分間では、A-No.1とF-No.1間で、A-No.1よりF-No.1が有意に高かったほかは、差はなかった。B林分とF林分間では、B-No.1とF-No.1に差はなかったが、その他のプロット間では、B林分の各プロットが有意に高かった。被害直後の林分の平均相対照度が最も高く、被害から5~6年経過している林分と無被害林は、同程度の平均相対照度であった。

2011年の各プロット間の平均相対照度を比較するとA-No.1とB-No.2間で差が生じており、A-No.1が有意に低かった。その他のプロット間は、2008年と同様であった。

2008年と2011年の平均相対照度に差が生じたプロットは、B-No.2のみであった。

これらの結果から、2008年の平均相対照度は、被害から5~6年経過しているA林分は、無被害林であるF林分とほぼ同程度の平均相対照度であり、高さ65cm以上の下層木の繁茂の状態は、既に無被害林と同程度になっていたと考えられた。また、被害直

後であるB-No.1の平均相対照度は、他の林分と同程度の平均相対照度であった。これは、被害前からある程度の下層木が繁茂しており、ナラ枯れ被害による上層木のギャップの影響が、平均相対照度の値に現れなかったのではないかと考えられる。反対にB-No.2は他のプロットより平均相対照度が高く、ナラ枯れ被害による上層木のギャップの影響が現れたのではないかと考えられる。しかし、早急に下層木が繁茂したことから、2011年には他の林分と同程度の平均相対照度となったと考えられる。

撮影高2mの場合と同様に、撮影高65cmの平均相対照度が、20~30%の範囲にあるプロットは、下層木は繁茂しているが、繁茂は安定している状態で、平均相対照度が30%を超えると下層木の繁茂が旺盛となるのではないかと考えられた。

表IV-9 A、B、F林分の平均相対照度（撮影高65cm）

| プロット | 相対照度(%) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|-------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| A-No.1 | 22.5 ± 8.1 | 20.6 ± 8.7 | -1.9 |
| A-No.2 | 24.4 ± 10.3 | 27.6 ± 14.6 | 3.2 |
| B-No.1 | 29.5 ± 9.7 | 26.0 ± 14.3 | -3.5 |
| B-No.2 | 37.2 ± 11.6 | 26.6 ± 10.5 | -10.6 |
| F-No.1 | 26.1 ± 6.3 | 23.2 ± 6.9 | -2.9 |
| F-No.2 | 20.6 ± 6.1 | 23.0 ± 7.9 | 2.4 |

平均値±標準偏差

(イ) 伐倒駆除を行った林分と無被害林の比較

2008年の各プロット間の平均相対照度を比較すると、D林分とE林分間では、D林分の各プロットがE林分の各プロットより有意に低かった(表IV-10)。D林分とF林分では、D-No.1がF-No.2より有意に高く、D-No.2がF-No.1より有意に低く、その他のプロット間で差はなかった。E林分とF林分では、E林分の各プロットがF林分の各プロットより有意に高かった。伐倒駆除を行った直後のE林分の平均相対照度が最も高く、伐倒駆除を行って2~3年経過しているD林分の平均相対照度は、無被害林であるF林分より高いプロット、低いプロット、さらに同程度のプロットが混在していた。

2011年の各プロット間の平均相対照度は、D-No.1とE-No.2間に差がなかったほかは、2008年と同様であった。

2011年と2008年の平均相対照度を比較するとD林分の各プロットでは平均相対照度に差が生じなかったが、E林分の各プロットでは、有意に低くなった。

2008年の伐倒駆除から2~3年経過したD林分の平均相対照度は、一部のプロットで、無被害林であるF林分と同程度であった。すなわち、既に下層木が繁茂している状態であったため、伐倒駆除による上層木の伐倒、および補助作業の除草刈りの影響が少なくなったと考えられた。さらに、2011年の各プロットの平均相対照度は、2008年と比較しても差はなく、繁茂の状態は安定しているものと考えられた。

一方、伐倒駆除を行った直後であるE林分は、他の林分と比較すると2008年の平均相対照度が非常に高く、伐倒駆除による影響が大きく現れていると考えられた。2011年には、下層木が、65cm以上となり、旺盛な繁茂をしたために平均相対照度が低く推

移し、一部のプロット間では、D林分と平均相対照度に差がなくなったと考えられた。また、伐倒駆除による上層木の伐倒や下草刈りによる平均相対照度への影響は、4年程度で少なくなると考えられた。

これらから、伐倒駆除を行った林分においても、被害木無処理の林分と同様に平均相対照度20~30%の状態では植生の繁茂が安定しており、30%以上の平均相対照度では、下層木の繁茂が旺盛になると考えられた。

表IV-10 D、E、F林分の平均相対照度（撮影高65cm）

| プロット | 相対照度(%) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|-------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| D-No.1 | 28.0 ± 12.2 | 30.1 ± 11.1 | 2.1 |
| D-No.2 | 18.4 ± 12.3 | 23.1 ± 13.2 | 4.7 |
| E-No.1 | 51.8 ± 13.4 | 37.7 ± 18.4 | -14.1 |
| E-No.2 | 55.7 ± 13.6 | 31.4 ± 17.6 | -24.3 |
| F-No.1 | 26.1 ± 6.3 | 23.2 ± 6.9 | -2.9 |
| F-No.2 | 20.6 ± 6.1 | 23.0 ± 7.9 | 2.4 |

平均値±標準偏差

(f) 被害から数年経過し被害木処理の有無が異なる林分と無被害林の比較

2008年の各プロット間の平均相対照度を比較すると、被害無処理で被害から5~6年経過しているA林分と伐倒駆除を行って2~3年経過しているD林分では、D-No.1とA-No.1間、A-No.2とD-No.2間に有意な差があったほかは、差はなかった(表IV-11)。

2011年の各プロット間の平均相対照度の比較では、A-No.1とD-No.1で、A-No.1が有意に低かった。他のプロット間では、差はなかった。

被害木無処理のA林分と伐倒駆除を行ったD林分の2008年の平均相対照度に大きな差はなく、さらに2011年においても大きな変化はなかった。これらから、被害木処理の有無で条件が異なる林分でも、被害から数年経過すると下層木の繁茂の状態は統計的に同程度になり、その状態はその後時間が経過しても大きく変化しないと考えられた。

表IV-11 A、D、F林分の平均相対照度（撮影高65cm）

| プロット | 相対照度(%) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| A-No.1 | 22.5 ± 8.1 | 20.6 ± 8.7 | -1.9 |
| A-No.2 | 24.4 ± 10.3 | 27.6 ± 14.6 | 3.2 |
| D-No.1 | 28.0 ± 12.2 | 30.1 ± 11.1 | 2.1 |
| D-No.2 | 18.4 ± 12.3 | 23.1 ± 13.2 | 4.7 |
| F-No.1 | 26.1 ± 6.3 | 23.2 ± 6.9 | -2.9 |
| F-No.2 | 20.6 ± 6.1 | 23.0 ± 7.9 | 2.4 |

平均値±標準偏差

(エ) 被害直後で被害木処理の有無が異なる林分と無被害林の比較

2008年の各プロット間の平均相対照度を比較すると、被害木無処理のB林分と伐倒駆除を行ったE林分では、B林分の各プロットがE林分の各プロットより有意に高かった(表IV-12)。

2011年の各プロット間の平均相対照度では、B林分の各プロットとE-No.2の差はなくなった。

被害直後のB、E林分の平均相対照度は、被害木の処理の有無で大きく異なり、伐倒駆除が平均相対照度に大きく影響を与えていると考えられた。しかし、時間の経過とともに平均相対照度の差は小さくなった。この結果においても、平均相対照度が高くなると下層木の繁茂が旺盛になることを示していると考えられた。

表IV-12 B、E、F林分の平均相対照度 (撮影高65cm)

| プロット | 相対照度(%) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|-------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| B-No.1 | 29.5 ± 9.7 | 26.0 ± 14.3 | -3.5 |
| B-No.2 | 37.2 ± 11.6 | 26.6 ± 10.5 | -10.6 |
| E-No.1 | 51.8 ± 13.4 | 37.7 ± 18.4 | -14.1 |
| E-No.2 | 55.7 ± 13.6 | 31.4 ± 17.6 | -24.3 |
| F-No.1 | 26.1 ± 6.3 | 23.2 ± 6.9 | -2.9 |
| F-No.2 | 20.6 ± 6.1 | 23.0 ± 7.9 | 2.4 |

平均値±標準偏差

(オ) 常緑植生の繁茂の有無が異なる林分と無被害林の比較

2008年の各プロット間の平均相対照度を比較すると、B林分とC林分では、B-No.2とC-No.2間で有意差が生じたが、その他のプロット間で差はなかった(表IV-13)。C林分とF林分では、C林分の各プロットがF-No.2より有意に高かった。その他のプロット間の差はなかった。

2011年の各プロット間の平均相対照度を比較すると、B林分、C林分、F林分のそれぞれのプロット間に差はなかった。

2008年と2011年の平均相対照度を比較するとC-No.1で有意に低くなった。

常緑植生が繁茂している影響により、他の林分との平均相対照度に差が生じることはないという結果となった。また、常緑植生が繁茂している林分においても、平均相対照度20~30%の範囲で、植生の繁茂の状態が大きく変化することなく安定していると考えられた。

表IV-13 B、C、F林分の平均相対照度（撮影高65cm）

| プロット | 相対照度(%) | | | | 差 |
|--------|-------------|-------------|-------|--|---|
| | 2008年 | | 2011年 | | |
| B-No.1 | 29.5 ± 9.7 | 26.0 ± 14.3 | -3.5 | | |
| B-No.2 | 37.2 ± 11.6 | 26.6 ± 10.5 | -10.6 | | |
| C-No.1 | 31.3 ± 14.6 | 22.6 ± 12.3 | -8.7 | | |
| C-No.2 | 26.0 ± 10.4 | 24.9 ± 11.2 | -1.1 | | |
| F-No.1 | 26.1 ± 6.3 | 23.2 ± 6.9 | -2.9 | | |
| F-No.2 | 20.6 ± 6.1 | 23.0 ± 7.9 | 2.4 | | |

平均値±標準偏差

ウ. 撮影高65cmと2mの平均相対照度の比較

本項においては、下層植生と上層植生の繁茂状況を比較するために各プロットにおける撮影高65cmと2mの平均相対照度を比較した。

(ア) 被害木無処理で5~6年経過している林分

A-No.1の撮影高65cmと2mの平均相対照度は、2008年、2011年のいずれの年も撮影高65cmの平均相対照度が有意に低かった。A-No.2では、2008年、2011年のいずれの年も撮影高の違いによる平均相対照度に差はなかった(表IV-14)。

2008年、2011年ともにA-No.1の撮影高65cmと2mの平均相対照度には差が生じており、65cm以上2m以下の層に植生が繁茂していると考えられる。A-No.2は、撮影高65cmと2mの平均相対照度に差はなく、65cm以上2m以下の層には、平均相対照度に差が生じるほど植生が繁茂していなかったと考えられる。しかし、いずれのプロットも撮影高65cmと2mの平均相対照度の差は、時間の経過による大きな変化はなく、65cm以上2m以下と2m以上の植生の繁茂の状態は安定していると考えられた。

表IV-14 A林分の平均相対照度（撮影高65cmと2m）

| プロット | 相対照度(%) | | | | | |
|--------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|------|
| | 2008年 | | | 2011年 | | |
| | 65cm | 2m | 差 | 65cm | 2m | 差 |
| A-No.1 | 22.5 ± 8.1 | 33.5 ± 10.6 | -11.0 | 20.6 ± 8.7 | 29.3 ± 9.9 | -8.7 |
| A-No.2 | 24.4 ± 10.3 | 30.3 ± 9.8 | -5.9 | 27.6 ± 14.6 | 27.6 ± 13.2 | 0.0 |

平均値±標準偏差

(イ) 被害木無処理で被害直後の常緑植生が繁茂していない林分

B-No.1、B-No.2の撮影高65cmと2mの平均相対照度は、2008年、2011年のいずれの年も撮影高の違いによる差はなかった(表IV-15)。

2008年、2011年ともにB-No.1、B-No.2の撮影高65cmと2mの平均相対照度に差はなく、65cm以上2m以下の層には、平均相対照度に差が生じるほどの植生が繁茂していなかったと考えられる。被害木無処理で被害直後の常緑植生が繁茂していないB林分は、ナラ枯れ被害により上層木にギャップが形成され、2008年の平均相対照度が高

くなつたと考えられる林分であるが、時間の経過により平均相対照度が低くなつた要因は、上層木のうっ閉若しくは被害前から生育していた2m以上の下層木が繁茂した影響が大きいものと考えられる。

表IV-15 B林分の平均相対照度（撮影高65cmと2m）

| プロット | 相対照度(%) | | | | | | | | | |
|--------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|-------|--|----|--|---|
| | 2008年 | | | | | 2011年 | | | | |
| | 65cm | | 2m | | 差 | 65cm | | 2m | | 差 |
| B-No.1 | 29.5 ± 9.7 | 35.7 ± 17.5 | -6.2 | 26.0 ± 14.3 | 29.6 ± 16.5 | -3.6 | | | | |
| B-No.2 | 37.2 ± 11.6 | 41.4 ± 12.3 | -4.2 | 26.6 ± 10.5 | 31.0 ± 12.2 | -4.4 | | | | |

平均値±標準偏差

(ウ) 被害木無処理で被害直後の常緑植生が繁茂している林分

C-No.1は、2008年、2011年のいずれの年も撮影高65cmの平均相対照度が有意に低かった。C-No.2は、いずれの年も撮影高の違いによる平均相対照度に差はなかった(表IV-16)。

2008年、2011年ともにC-No.1は、撮影高65cmと2mの平均相対照度の差が大きい。これは、ナラ枯れ被害前に2m以上の下層木がほとんど生育していなかったが、65cm以上2m以下の範囲には下層木が繁茂していたことを示していると考えられる。一方、C-No.2は、撮影高65cmと2mの平均相対照度の差がなく、3-(2)-②-ア、-イ、-エ、3-(2)-②-イ、-イの結果のとおり、2008年には、無被害林と同程度の平均相対照度であった。このことから、ナラ枯れ被害前から2m以上の下層木が繁茂していたと考えられる。

表IV-16 C林分の平均相対照度（撮影高65cmと2m）

| プロット | 相対照度(%) | | | | | | | | | |
|--------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------|--|----|--|---|
| | 2008年 | | | | | 2011年 | | | | |
| | 65cm | | 2m | | 差 | 65cm | | 2m | | 差 |
| C-No.1 | 31.3 ± 14.6 | 51.2 ± 16.0 | -19.9 | 22.6 ± 12.3 | 38.3 ± 17.3 | -15.7 | | | | |
| C-No.2 | 26.0 ± 10.4 | 25.0 ± 9.0 | 1.0 | 24.9 ± 11.2 | 21.9 ± 12.6 | 3.0 | | | | |

平均値±標準偏差

(エ) 伐倒駆除を行ってから2~3年経過している林分

D-No.1、D-No.2いずれも2008年の平均相対照度は、撮影高65cmが有意に低く、2011年の撮影高の違いによる平均相対照度に差はなかった(表IV-17)。

伐倒駆除を行って2~3年経過しているD林分の各プロットでは、2008年には65cm以上2m以下の下層木が繁茂しており、2m以上では、伐倒駆除による影響が残っており、上層木のうっ閉若しくは、2m以上の下層木の繁茂が進んでいなかったと考えられる。2011年に平均相対照度の差はなくなったことから、上層木がうっ閉したか、下層木が2m以上まで繁茂したと考えられる。

表IV-17 D林分の平均相対照度（撮影高65cmと2m）

| プロット | 相対照度(%) | | | | | | | | |
|--------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|------|-------|----|--|
| | 2008年 | | | | | | 2011年 | | |
| | 65cm | | 2m | | 差 | 65cm | | 2m | |
| D-No.1 | 28.0 ± 12.2 | 37.1 ± 11.7 | -9.1 | 30.1 ± 11.1 | 29.5 ± 10.3 | 0.6 | | | |
| D-No.2 | 18.4 ± 12.3 | 37.4 ± 12.3 | -19.0 | 23.1 ± 13.2 | 21.3 ± 11.8 | 1.8 | | | |

平均値±標準偏差

(イ) 伐倒駆除を行った直後の林分

E-No.1、E-No.2いずれも撮影高65cmと2mの2008年の平均相対照度に差はなく、2011年の平均相対照度は撮影高65cmが有意に低かった(表IV-18)。

2008年においては、伐倒駆除を行った直後のE林分で、各プロットも撮影高65cmと2mの平均相対照度に差はなかった。これは、伐倒駆除による下層木の刈り払いが影響したと考えられる。2011年には、撮影高65cmの平均相対照度が低く推移し、撮影高2mの平均相対照度と差が大きくなった。すなわち、上層木のうっ閉が進まず、下層木の繁茂が旺盛で、65cm以上の高さになった結果と考えられる。

表IV-18 E林分の平均相対照度（撮影高65cmと2m）

| プロット | 相対照度(%) | | | | | | | | |
|--------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|-------|-------|----|--|
| | 2008年 | | | | | | 2011年 | | |
| | 65cm | | 2m | | 差 | 65cm | | 2m | |
| E-No.1 | 51.8 ± 13.4 | 54.4 ± 11.4 | -2.6 | 37.7 ± 18.4 | 51.7 ± 10.8 | -14.0 | | | |
| E-No.2 | 55.7 ± 13.6 | 54.5 ± 14.3 | 1.2 | 31.4 ± 17.6 | 50.2 ± 14.5 | -18.8 | | | |

平均値±標準偏差

(カ) 無被害の林分

F-No.1の撮影高65cmと2mの平均相対照度は、2008年、2011年いずれの年も差はなかった。F-No.2は、2008年の撮影高65cmの平均相対照度が有意に低く、2011年は、差はなかった(表IV-19)。

無被害林のF林分では、F-No.2の2008年の平均相対照度のみに差が生じており、撮影高65cmが有意に低かった。無被害林では、ある程度、下層木が繁茂しているものの上層木のうっ閉が、相対照度に与える影響が大きいためと考えられた。

表IV-19 F林分の平均相対照度（撮影高65cmと2m）

| プロット | 相対照度(%) | | | | | | | | |
|--------|------------|------------|------|------------|------------|------|-------|----|--|
| | 2008年 | | | | | | 2011年 | | |
| | 65cm | | 2m | | 差 | 65cm | | 2m | |
| F-No.1 | 26.1 ± 6.3 | 22.8 ± 6.4 | 3.3 | 23.2 ± 6.9 | 23.6 ± 5.6 | -0.4 | | | |
| F-No.2 | 20.6 ± 6.1 | 27.1 ± 7.9 | -6.5 | 23.0 ± 7.9 | 22.3 ± 7.4 | 0.7 | | | |

平均値±標準偏差

3 まとめ

相対照度の比較から、被害直後の平均相対照度が高く、伐倒駆除を行うことにより平均相対照度がさらに高くなる傾向が見られた。平均相対照度の推移においては、2008年に平均相対照度が20~30%の範囲にある林分では、3年後の2011年においても差は見られなかった。平均相対照度20~30%の範囲においては、植生の繁茂が安定した状態にある。一方、この数値を上回る平均相対照度においては、植生の繁茂が旺盛になる傾向があると考えられた。

伐倒駆除を行った林分において、下草刈り等の施業が行われた場合に比較して、被害木無処理の林分では、被害前からの植生により、被害後3年程度で植生が繁茂し安定した状態になった。下草刈り等の施業が行われても、下層木は4年程度で、高さ65cm程度まで、6~7年程度で、高さ2m程度まで繁茂すると考えられた。

植生の更新について、小池は、原田の調査結果を引用し北海道における落葉広葉樹の更新を示している(表IV・20)⁴⁾。これらの結果は、今回の調査と同様の条件にあるとはいえないものの、今後の動向を考察するうえで参考になると考えられる。すなわち、今回の結果において、安定した植生の繁茂が見られた20~30%の平均相対照度では、樹種の更新、繁茂が十分に期待できる明るさにあるといえる。これを踏まえ、調査地における今後の植生の繁茂状況を予測すると、被害前から生育する樹種が生育し、植生被度が高かったカエデ類、ウワミズザクラなどの高木性の樹種や、イヌツゲ、エゾユズリハ、ヒメアオキなどの常緑の低木類が生育していくと考えられる。

表IV・20 光の強さ(相対照度)と更新成績との関係⁴⁾

- | |
|----------------------------------|
| 1. 全陽光の5%以下ではいかなる樹種の更新もほとんど行われない |
| 2. 陰樹の更新は、5~10%の間で始まる |
| 3. 陽樹の更新は、10~20%の間で始まる |
| 4. 20%以上ならば大部分の樹種の更新が継続される |
| 5. 30%以上ならば繁茂し得る |
| 6. 50%以上ならば更新樹は良好な成長をする |

V ミズナラ・コナラ稚樹の個体数

1 方法

調査は、Ⅲと同じ調査地で行なった(図Ⅲ-1)。また、調査プロットも、各調査地に2箇所作成した10m×10mの方形プロット内で行った(図Ⅲ-2~7)。

個体数の調査は、2008年5~6月にプロット内の稚樹の位置を記録し、各個体にナンバーテープをつけ、2008年から2011年まで、毎年5~6月に1回、個体の生残と新たな個体の有無を確認した。

2 結果および考察

2008年と2011年のミズナラ・コナラの稚樹個体数を表V-1に示す。

2009年から2011年までにA林分の各プロット、C-No.2、D-No.1、E-No.1、F林分の各プロットにおいて、新たな稚樹の発生が確認された。しかし、いずれのプロットにおいても

2011年時には稚樹の発生数に比べて減少数が上回っており、2011年の稚樹個体数は、2008年と比較するとすべてのプロットにおいて稚樹個体数が減少した。

特に、2008年の調査開始時から個体数が少なかった被害木無処理で被害直後の常緑植生が繁茂しているC林分においては、2011年の稚樹個体数は、皆無となった。常緑植生が繁茂している林床では、稚樹が侵入にくい、または生育しにくいという報告⁴²⁾⁴³⁾⁴⁴⁾と同様の結果となり、常緑植生の繁茂が稚樹の侵入、生育に影響を与えていることが示唆された。

表V-1 ミズナラ・コナラの稚樹個体数

| プロット | 稚樹個体数 | | 新たに発生した 稚樹の個体数 |
|--------|-------|-------|-------------------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| A-No.1 | 34 | 29 | 1 |
| A-No.2 | 38 | 30 | 1 |
| B-No.1 | 17 | 15 | |
| B-No.2 | 28 | 23 | |
| C-No.1 | 1 | 0 | |
| C-No.2 | 2 | 0 | 1 |
| D-No.1 | 115 | 99 | 3 |
| D-No.2 | 122 | 86 | |
| E-No.1 | 58 | 52 | 6 |
| E-No.2 | 58 | 47 | |
| F-No.1 | 69 | 51 | 3 |
| F-No.2 | 141 | 99 | 3 |

今回の調査結果からは、被害後の林分においては、稚樹が減少する傾向が強く、ミズナラ・コナラ林として成林することが難しい傾向がうかがえた。

一方で、広葉樹林の更新については、検討された事例も多く、これらの基準に従って成林の可能性について検討した。

福島県農地林務部（現農林水産部森林林業総室）有用広葉樹林の施業技術指針（以下、福島県指針）⁴⁵⁾の中で天然広葉樹林施業モデルとして提示している稚樹の個体数は、更新5年後で10万個体/ha以上である。また、今田によるとミズナラの更新当初における必要最小限の稚苗発生密度はha当り10万本、更新完了後5年目における必要最小限の稚樹成立密度はha当たり3万本と推定している⁴⁶⁾。さらに蜂屋らによると、天然更新施業で形状の良いミズナラを育成目的とすると4年生林分でha当たり約20,000~25,000本の成立本数が必要で、林内の相対照度を50~60%、消失率を30%と想定すると当初発生稚苗数はha当たり29,000~36,000本としている⁴⁷⁾。

これらの文献において、稚樹による更新が期待される稚樹個体数をミズナラ・コナラ成林の基準個体数として用い、この基準個体数以上の稚樹個体数が、本調査地のプロット内に存在するとミズナラ・コナラ林に復旧すると仮定して判定を行った。文献では、更新後、4~5年経過した個体数を基準としていることから、被害から数年経過しているA、D林分は、2008年の稚樹個体数から、被害直後のB、C、E林分、および無被害林のF林分は、2011年の稚樹個体数から、それぞれ、ha当たりの個体数を算出し、稚樹成立本数(本/ha)として判定した(表V-2)。

この判定では、稚樹成立本数が最も多かったD-No.2でも11,500本/haであり、福島県指針(10万本/ha)、今田ら(3万本/ha)、蜂屋ら(2万本/ha)から算出した成林の基準個体数を満

たすことはできず、ミズナラ・コナラ林に復旧しないという結果となった。これは、無被害林であるF林分でも同じ結果となった。

上記は、用材収穫を目的とした林分に成林させることを目的とした判定であるが、これをコナラによるシイタケ原木の収穫を目的としたモデルで評価すると福島県指針上では、更新4~5年後に萌芽と植栽を合わせた成立本数が3,500~4,000本を想定している⁴⁵⁾。この成立本数3,500本/haを基準として、同様に判定すると5プロットが成立本数の判定を満たすこととなる。しかし、このモデルでは、旺盛な成長量が見込める萌芽更新を前提とした値であるため、今回の調査地が、必ずしも適合するとは限らないものの成林の可能性が見込まれる結果となった。

表V-2 ミズナラ・コナラの稚樹成立本数による成林可能性の判定

| 施業種 | 引用文献 | 成林の基準個体数 | 各林分の稚樹成立本数(本/ha) | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-----------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | A-No.1 | A-No.2 | B-No.1 | B-No.2 | C-No.1 | C-No.2 | D-No.1 | D-No.2 | E-No.1 | E-No.2 | F-No.1 | F-No.2 |
| | | | 3,400 | 3,800 | 1,500 | 2,300 | 0 | 0 | 11,500 | 12,200 | 5,200 | 4,700 | 5,100 | 9,900 |
| 天然下種更新 | 福島県指針 | 10万本/ha | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| | 今田 | 3万本/ha | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| | 蜂屋ら | 2万本/ha | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 萌芽更新と植栽 | 福島県指針 | 3,500本/ha | × | △ | × | × | × | × | △ | △ | △ | △ | △ | △ |

稚樹成立本数(本/ha)は、 $n/0.01$ より算出、nは、AD林分は、2008年、B,C,E,F林分は2011年のプロット内の稚樹個体数
萌芽更新と植栽は、各林分の稚樹数が成林の基準個体数を上まわっても判定を△とした

3 まとめ

稚樹個体数のみによるミズナラ・コナラ林への復旧の評価結果からは、用材収穫を見込む林分としての復旧は難しいと考えられた。一方、長期的な経過観察を行いながら施業することで、一部の林分はシイタケ原木林として復旧できる可能性が示された。

VI ミズナラ・コナラ稚樹の個体数増減割合

1 方法

稚樹個体数は、Vの結果から算出し、2008年の稚樹個体数を100%として、稚樹個体数の増減の割合を比較検討した。

2 結果および考察

(1) 被害木無処理の林分と無被害林の比較

被害から5~6年経過したA林分、被害直後の常緑植生が繁茂していないB林分、無被害林のF林分について、それぞれ各プロットの稚樹個体数増減割合を比較した(表VI-1)。なお、C林分については、調査期間中に各プロットとも稚樹の生育が見られなくなったため、比較対象から除外した。

2011年における稚樹個体数の増減割合は、稚樹個体数の割合が高い順にB-No.1、A-No.1、B-No.2、A-No.2、F-No.1、F-No.2であり、A林分とB林分の各プロットは、無被害林より稚樹個体が、やや高い割合で残存していたが、被害から経過年数が異なるA林分とB林分間では明確な差は見られなかった。

表VI-1 A、B、F林分の稚樹個体増減割合

| プロット | 個体数増減割合(%) | | |
|--------|------------|-------|-------|
| | 2009年 | 2010年 | 2011年 |
| A-No.1 | 97.1 | 94.1 | 85.3 |
| A-No.2 | 100.0 | 92.1 | 78.9 |
| B-No.1 | 100.0 | 100.0 | 88.2 |
| B-No.2 | 82.1 | 82.1 | 82.1 |
| F-No.1 | 97.1 | 84.1 | 73.9 |
| F-No.2 | 92.9 | 87.2 | 70.2 |

(2) 伐倒駆除を行った林分と無被害林の比較

伐倒駆除を行って2~3年経過したD林分。伐倒駆除直後のE林分、無被害林のF林分の各プロットごとの稚樹個体数増減割合を比較した(表VI-2)。

2011年における稚樹個体数ごとの増減割合は、稚樹個体数の割合が高い順にE-No.1、D-No.1、E-No.2、F-No.1、D-No.2、F-No.2、であった。D-No.2がF林分の各プロットに近い割合で減少した。一方、D-No.1は、E林分の各プロット程度に個体数を維持していた。伐倒駆除を行った林分においても、経過年数による個体数の増減割合に明確な差は見られなかった。

表VI-2 D、E、F林分の稚樹個体増減割合

| プロット | 個体数増減割合(%) | | |
|--------|------------|-------|-------|
| | 2009年 | 2010年 | 2011年 |
| D-No.1 | 99.1 | 90.4 | 86.1 |
| D-No.2 | 88.5 | 74.6 | 70.5 |
| E-No.1 | 106.9 | 93.1 | 89.7 |
| E-No.2 | 94.8 | 86.2 | 81.0 |
| F-No.1 | 97.1 | 84.1 | 73.9 |
| F-No.2 | 92.9 | 87.2 | 70.2 |

(3) 被害から数年経過し被害木処理の有無が異なる林分と無被害林の比較

被害から数年経過している林分、つまり、被害木無処理で5~6年経過したA林分、伐倒駆除を行って2~3年経過したD林分と無被害林のF林分について、それぞれ各プロットの稚樹個体数増減割合を比較した(表VI-3)。なお、無被害林であるF林分との比較は、2-(1)、(2)で行ったため省略した。

2011年の稚樹個体数の増減割合は、稚樹個体数の割合が高い順にD-No.1、A-No.1、A-No.2、F-No.1、D-No.2、F-No.2であった。A-No.1とD-No.1は同じ程度の割合であったが、A-No.2は、D-No.1、A-No.1より低く、D-No.2はA-No.2よりさらに低い割合であり、被害木処理による個体数の増減割合に明確な差は見られなかった。

表VI-3 A、D、F林分の稚樹個体増減割合

| プロット | 個体数増減割合(%) | | |
|--------|------------|-------|-------|
| | 2009年 | 2010年 | 2011年 |
| A-No.1 | 97.1 | 94.1 | 85.3 |
| A-No.2 | 100.0 | 92.1 | 78.9 |
| D-No.1 | 99.1 | 90.4 | 86.1 |
| D-No.2 | 88.5 | 74.6 | 70.5 |
| F-No.1 | 97.1 | 84.1 | 73.9 |
| F-No.2 | 92.9 | 87.2 | 70.2 |

(4) 被害直後で被害木処理の有無が異なる林分と無被害林の比較

被害木無処理で被害直後のB林分、伐倒駆除を行った直後のE林分、無被害林のF林分のそれぞれ各プロットの稚樹個体数増減割合を比較した(表VI-4)。

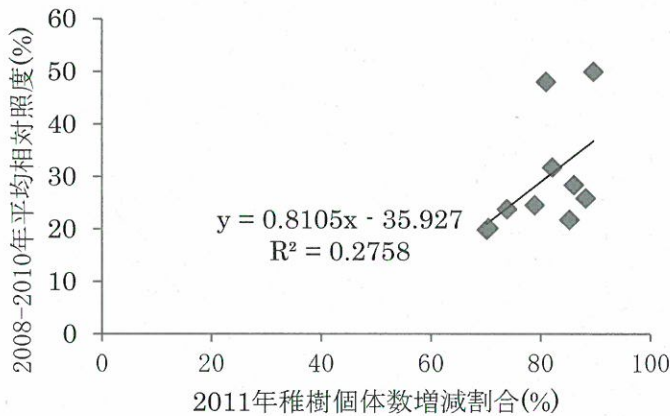
2011年の稚樹個体数の増減割合は、高い順にE-No.1、B-No.1、B-No.2、E-No.2、F-No.1、F-No.2であった。B林分、E林分は、F林分の各プロットより高い割合で残存していたが、B-No.1とE-No.1、B-No.2とE-No.2はそれぞれ同程度の割合であり、被害直後の林分においても、被害木処理の有無で稚樹個体数の増減割合に明確な差は見られなかった。

表VI-4 B、E、F林分の稚樹個体増減割合

| プロット | 個体数増減割合(%) | | |
|--------|------------|-------|-------|
| | 2009年 | 2010年 | 2011年 |
| B-No.1 | 100.0 | 100.0 | 88.2 |
| B-No.2 | 82.1 | 82.1 | 82.1 |
| E-No.1 | 106.9 | 93.1 | 89.7 |
| E-No.2 | 94.8 | 86.2 | 81.0 |
| F-No.1 | 97.1 | 84.1 | 73.9 |
| F-No.2 | 92.9 | 87.2 | 70.2 |

(5) 稚樹増減割合と個体数及び平均相対照度の関係

(1)～(4)においては、稚樹個体数が、無被害林のF林分より、やや多く維持されていた。前述のとおり、無被害林は他の林分より平均相対照度が低い傾向がみられることから、個体数維持が、各々のプロットの平均相対照度との関係性について検討した。具体的には、IV-3-(2)-②で得られた相対照度の結果から、調査期間中に各プロットとも稚樹の生育が見られなくなったC林分を除くA～F林分の2011年の稚樹個体数増減割合と、2008～2010年の各林分の撮影高65cmの平均相対照度との関係について検討した(図VI-1)。その結果、有意な相関関係はなかった(peason, $t=2.306$, $p>0.05$)。



図VI-1 2011年稚樹個体数増減割合と2008~2010平均相対照度

3 まとめ

今回の調査結果から、各林分のすべてのプロットにおいて稚樹個体数が、減少していることが確認された。しかし、その要因は、被害木処理の有無や被害からの経過年数および光環境では、明確に説明できず、稚樹個体数の減少の要因を把握することが今後の課題といえる。

また、前述のとおり、ミズナラ・コナラ上層木がプロット内や周辺に残存していたことから、調査開始時点においては、ミズナラ・コナラ上層木が母樹として機能し、稚樹個体数が増加することが期待されたが、稚樹個体数の増加はほとんど見られなかった。上層木のミズナラ・コナラが、どの程度堅果を生産しているか不明であるが、稚樹個体数の調査時期が5~6月であるため、少なくとも堅果が落下し、発芽すれば、光環境が悪くとも調査時には、前年に落下した堅果が発芽し、稚樹が存在していたと考えられる⁴⁸⁾。しかし、今回の調査結果からは、稚樹の発芽は少数しか確認できず、残存しているミズナラ、コナラは、母樹としてほとんど機能していないと考えられた。従って、ナラ枯れ跡地をミズナラ・コナラ林に復旧させるためには、植栽などで稚樹個体数を補う必要があるといえる。

VII ミズナラ・コナラ稚樹の樹高

1 方法

V-1と同様の調査地で行い、個体数の管理も同様の方法により行った。樹高については、全個体の地上部から梢端までの樹幹長を樹高（以下、樹高）としコンベックスにより計測した。樹軸が分かっている個体は、長い枝を選択し、樹高とした。調査年の樹高の差は、調査個体の樹高/プロットで有意水準5%でt検定を行った。

また、稚樹の平均伸長量については、稚樹の各調査年の樹高から、その調査年の前年の樹高との差を求め伸長量とし、各調査年毎に伸長量の平均値を求めた。なお、平均伸長量は、枝枯れや、幹折れにより、マイナス伸長となった稚樹を除いている。

2 結果および考察

(1) 稚樹の平均樹高

① 被害木無処理の林分と無被害林の比較

被害から5~6年経過したA林分、被害直後の常緑植生が繁茂していないB林分、無被害林のF林分のそれぞれ各プロットの2008年と2011年の稚樹の平均樹高(以下、平均樹高)を比較検討した(表VII-1)。なお、比較検討にあたり、調査期間中にプロット内の稚樹の生育が見られなくなったC林分は除外した。

2008年の各プロット間の平均樹高を比較すると、A林分とB林分の各プロットに差はなかった。A林分とF林分間では、A-No.2とF-No.2間で差はなかったが、その他の各プロット間では、A林分の各プロットが有意に高かった。B林分とF林分間では、B-No.2とF-No.2間で差はなかったが、その他の各プロット間では、B林分の各プロットがF林分の各プロットより有意に高かった。

2008年の平均樹高は、A林分とB林分は同程度で、F林分より高い結果となった。

2011年の各プロット間の平均樹高を比較すると、A林分とB林分間では、A-No.1とB林分の各プロットに差はなく、A-No.2はB林分の各プロットより有意に低かった。A林分とF林分間では、2008年同様にA-No.2とF-No.2に差はなく、その他のプロット間では、A林分の各プロットがF林分の各プロットより有意に高かった。B林分とF林分の比較では、B林分の各プロットがF林分の各プロットより有意に高かった。

2008年と比較して2011年では、すべてのプロットで平均樹高が有意に高くなった。特にA-No.1とB林分の各プロットは、F林分の各プロットに比べて平均樹高が高くなった。

すなわち、被害林は無被害林より稚樹の生育がよい傾向がうかがえた。また、被害林においては、被害から5~6年経過した林分より、被害直後の林分において、稚樹の生育がよい傾向がみられた。

表VII-1 A、B、F林分の樹高

| プロット | 樹高(cm) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| A-No.1 | 19.4 ± 14.5 | 30.6 ± 25.5 | 11.2 |
| A-No.2 | 15.5 ± 6.3 | 20.8 ± 9.7 | 5.2 |
| B-No.1 | 16.0 ± 5.8 | 32.7 ± 10.7 | 16.7 |
| B-No.2 | 17.0 ± 7.1 | 35.7 ± 23.4 | 18.7 |
| F-No.1 | 11.9 ± 3.8 | 15.3 ± 4.2 | 3.4 |
| F-No.2 | 13.7 ± 5.4 | 17.2 ± 5.0 | 3.5 |

平均値±標準偏差

② 伐倒駆除を行った林分と無被害林の比較

伐倒駆除を行って2~3年経過したD林分、伐倒駆除を行って直後のE林分、無被害林のF林分について、2008年と2011年の稚樹の平均樹高について、比較検討した。(表VII-2)。

2008年の各プロット間の平均樹高を比較すると、D林分とE林分については、D-No.1とE林分の各プロットでは、D-No.1が有意に高く、D-No.2とE林分の各プロット間では、差はなかった。D林分、E林分とF林分の比較では、D林分とE林分の各プロットが、F林分の各プロットより有意に高かった。2008年は、無被害林より伐倒駆除を行った林分の平均樹高が高く、伐倒駆除からの経過年数で比較すると、伐倒駆除を行って2~3年経過した林分

において、平均樹高が高いプロットが存在した。

2011年の各プロット間の平均樹高を比較すると、D林分とE林分間については、D-No.1とE林分の各プロット間で差はなかったが、D-No.2とE林分の各プロット間では、E林分の各プロットが有意に高かった。その他のプロット間の比較は、2008年の比較と同様の結果となった。

2011年の平均樹高は、2008年の平均樹高と比較するといずれのプロットも有意に高かった。特にE林分の各プロットの平均樹高が、非常に高くなり、2008年に最も平均樹高が高かったD-No.1と2011年には平均樹高の差がなくなった。

すなわち、無被害林より伐倒駆除を行った林分で、稚樹の生育がよく、特に伐倒駆除直後の林分において、稚樹の生育がよい傾向がうかがえた。

表VII-2 D、E、F林分の樹高

| プロット | 樹高(cm) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| D-No.1 | 33.8 ± 25.0 | 52.2 ± 45.9 | 18.3 |
| D-No.2 | 25.2 ± 17.2 | 32.3 ± 23.3 | 7.1 |
| E-No.1 | 22.6 ± 16.4 | 58.9 ± 49.8 | 36.4 |
| E-No.2 | 22.9 ± 13.5 | 56.9 ± 42.3 | 34.0 |
| F-No.1 | 11.9 ± 3.8 | 15.3 ± 4.2 | 3.4 |
| F-No.2 | 13.7 ± 5.4 | 17.2 ± 5.0 | 3.5 |

平均値±標準偏差

③ 被害から数年経過し被害木処理の有無が異なる林分と無被害林の比較

被害木無処理で5~6年経過しているA林分と伐倒駆除を行って2~3年経過しているD林分を比較した(表VII-3)。なお、無被害林であるF林分との比較は、2-(1)-①および②で行ったため省略した。

2008年の各プロット間の平均樹高を比較すると、A-No.1とD-No.2間に差はなかったが、その他のプロット間では、D林分の各プロットがA林分の各プロットより有意に高かった。

2011年の各プロット間の平均樹高の比較は、2008年と同様の結果であった。

すなわち、伐倒駆除を行った林分が被害木無処理の林分より、稚樹の生育がよい傾向がうかがえた。

表VII-3 A、D、F林分の樹高

| プロット | 樹高(cm) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| A-No.1 | 19.4 ± 14.5 | 30.6 ± 25.5 | 11.2 |
| A-No.2 | 15.5 ± 6.3 | 20.8 ± 9.7 | 5.2 |
| D-No.1 | 33.8 ± 25.0 | 52.2 ± 45.9 | 18.3 |
| D-No.2 | 25.2 ± 17.2 | 32.3 ± 23.3 | 7.1 |
| F-No.1 | 11.9 ± 3.8 | 15.3 ± 4.2 | 3.4 |
| F-No.2 | 13.7 ± 5.4 | 17.2 ± 5.0 | 3.5 |

平均値±標準偏差

④ 被害直後で被害木処理の有無が異なる林分と無被害林の比較

被害木無処理で被害直後の常緑植生がないB林分、伐倒駆除を行った直後のE林分を比較した(表VII-4)。なお、無被害林であるF林分との比較は、2・(1)-①および②で行ったため省略した。

2008年の各プロット間の平均樹高を比較するとB-No.2とE-No.1に差はなかったが、その他のプロット間では、B林分の各プロットがE林分の各プロットより有意に低かった。

2011年の各プロット間の平均樹高を比較すると、B林分の各プロットがE林分の各プロットより有意に低かった。

被害直後の林分では、被害木処理の有無で平均樹高に大きく差が生じており、被害木を処理した林分、つまり伐倒駆除を行ったE林分において、稚樹の生育がよい傾向がうかがえた。

表VII-4 B、E、F林分の樹高

| プロット | 樹高(cm) | | 差 |
|--------|-------------|-------------|------|
| | 2008年 | 2011年 | |
| B-No.1 | 16.0 ± 5.8 | 32.7 ± 10.7 | 16.7 |
| B-No.2 | 17.0 ± 7.1 | 35.7 ± 23.4 | 18.7 |
| E-No.1 | 22.6 ± 16.4 | 58.9 ± 49.8 | 36.4 |
| E-No.2 | 22.9 ± 13.5 | 56.9 ± 42.3 | 34.0 |
| F-No.1 | 11.9 ± 3.8 | 15.3 ± 4.2 | 3.4 |
| F-No.2 | 13.7 ± 5.4 | 17.2 ± 5.0 | 3.5 |

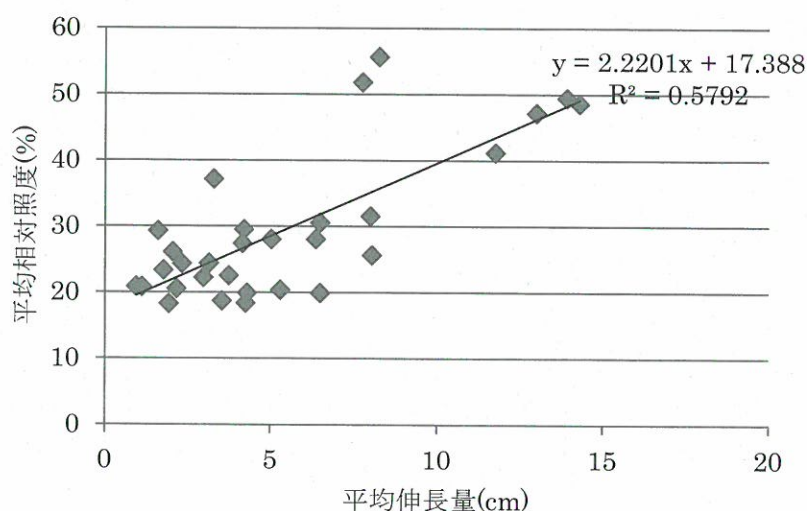
平均値±標準偏差

⑤ 平均伸長量と平均相対照度

前述した稚樹の平均樹高の比較から、各林分の各プロット間において、2011年の稚樹の平均樹高に差が生じており、伐倒駆除を行った林分で特に稚樹の平均樹高が高いことが確認された。また、IV-3-(2)-②の結果では、伐倒駆除を行った林分の平均相対照度が高いことが確認された。そこで、各プロットにおける各調査年の平均伸長量と平均相対照度との関係について検討した。

なお、稚樹消長調査は5~6月に行っていることから、平均相対照度は、前年の相対照度の測定値を用い、さらに稚樹の平均樹高が60cm以下であったことから、撮影高65cmの平均相対照度で、検討した(図VII-1)。

結果は、平均伸長量と平均相対照度に有意な相関関係があり(Pearson, $t=3.491$, $p<0.05$)、正の相関が認められ($y=2.2201+17.388x$, $r=0.741$)、平均伸長量と平均相対照度に関係があることが確認された。



図VII-1 平均伸長量と平均相対照度

これらの結果から、稚樹の平均樹高は、被害からの経過年数で比較すると被害直後の林分、被害木処理の有無で比較すると伐倒駆除を行った林分で高く、さらに光環境と強い関係があることが明らかになった。ミズナラ、コナラは、光環境が良い状態で生育がよいことが知られている³¹⁾³²⁾³³⁾³⁴⁾³⁵⁾。ナラ枯れ被害による上層木のギャップの形成、また、伐倒駆除による上層木の伐倒や補助施業である下草刈りなどによる光環境の改善が稚樹の生育に大きく影響を与えていると考えられる。

しかし、被害から時間が経過すると、他の樹種の繁茂により、稚樹にとって良好な光環境が失われ、生育が抑制されると考えられる。すなわち稚樹にとって良好な光環境は長く続かないといえる。

被害木の処理の有無では、伐倒駆除を行った林分の平均樹高が明らかに高く、伐倒駆除を行ったことが稚樹の良好な生育環境を作ったと考えられる。すなわち、伐倒駆除による上層木の伐倒及びその補助作業である下草刈りが、結果的に更新施業の初期管理に準じた作業となったことが影響したといえる。

(2) 稚樹樹高の個体数と平均樹高

稚樹平均樹高についての検討結果から、平均樹高に各林分で差があることを踏まえ、実際に各プロットの稚樹の樹高ごとに、どの程度の個体数で生育しているか、稚樹の樹高と個体数の関係を検討した。樹高と個体数の関係は、2008年、2011年の各プロットの稚樹樹高を10cmごとの範囲で、個体数を集計した。

① 被害木無処理で被害から5~6年経過している林分

A-No.1、A-No.2とも、2011年には、稚樹の樹高の最大値、平均樹高ともに高くなったが、個体数の最頻値の範囲に変化はなく、一部個体の樹高が高くなっていることが確認された(表VII-5)。

表VII-5 A林分の稚樹樹高毎の個体数

単位：個体数

| プロット | 樹高階 (cm) | 10 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 平均樹高 (cm) |
|--------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
| | | 未満 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 以上 | |
| A-No.1 | 2008年 | 5 | 17 | 5 | 2 | 2 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 19.4 ± 14.5 |
| | 2011年 | 2 | 12 | 4 | 4 | 2 | | 2 | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | 30.6 ± 25.5 |
| A-No.2 | 2008年 | 7 | 24 | 6 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15.5 ± 6.3 |
| | 2011年 | 2 | 15 | 7 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20.8 ± 9.7 |

±以下は標準偏差

② 被害木無処理で被害直後の常緑植生がない林分

B-No.1、B-No.2とも、2008年の個体数の最頻値と平均樹高は、同じ樹高の範囲にあり、平均樹高が高くなった2011年においても個体数の最頻値の関係は同様であった(表VII-6)。

表VII-6 B林分の稚樹樹高毎の個体数

単位：個体数

| プロット | 樹高階 (cm) | 10 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 平均樹高 (cm) |
|--------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
| | | 未満 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 以上 | |
| B-No.1 | 2008年 | 2 | 12 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16.0 ± 5.8 |
| | 2011年 | 0 | 2 | 3 | 7 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 32.7 ± 10.7 |
| B-No.2 | 2008年 | 4 | 15 | 7 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17.0 ± 7.1 |
| | 2011年 | 5 | 8 | 4 | 2 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 28.1 ± 17.5 |

±以下は標準偏差

③ 伐倒駆除を行ってから2~3年経過した林分

D-No.1、D-No.2とも、2011年の個体数の最頻値は高い範囲に変化したが、2011年の平均樹高より下層にあった(表VII-7)。特にD-No.1では、2008年から2011年までに樹高の最大値で+70cm、平均樹高で33.8±25.0cm(±以下は、標準偏差、以下同様)から52.2±45.9cmと大きく変化したが、個体数の最頻値の樹高の範囲は+10cmの変化であった。一部の稚樹の樹高が高くなり、多くの稚樹が、平均樹高より下層で生育していた。

表VII-7 D林分の稚樹樹高毎の個体数

単位：個体数

| プロット | 樹高階 (cm) | 10 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 平均樹高 (cm) |
|--------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
| | | 未満 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 以上 | |
| D-No.1 | 2008年 | 7 | 38 | 22 | 13 | 10 | 7 | 3 | 4 | 7 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | 33.8 ± 25.0 |
| | 2011年 | 1 | 19 | 28 | 9 | 7 | 7 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | | | | 52.2 ± 45.9 |
| D-No.2 | 2008年 | 9 | 46 | 40 | 12 | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | 25.2 ± 17.2 |
| | 2011年 | 1 | 19 | 34 | 14 | 6 | 4 | 1 | 1 | 3 | | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | 32.3 ± 23.3 |

±以下は標準偏差

④ 伐倒駆除を行った直後の林分

E-No.1、E-No.2は、2008年から2011年までに樹高の最大値で、それぞれ+130cm、平均樹高で、22.6±16.4cmから58.9±49.8cm、22.9±13.5cmから56.9cm±42.3cmと変化したが、個体数の最頻値の樹高の範囲は、各プロット+10cmの変化であった(表VII-8)。前項のD-No.1と同様にE林分の各プロットにおいても、2011年は、平均樹高より下層に多くの稚樹が生育していた。

表VII-8 E林分の稚樹樹高毎の個体数

単位：個体数

| プロット | 樹高階 (cm) | 10 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 平均樹高 (cm) |
|--------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
| | | 未満 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 以上 | |
| E-No.1 | 2008年 | 5 | 22 | 22 | 3 | 3 | | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 22.6 ± 16.4 |
| | 2011年 | | 4 | 16 | 5 | 8 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | | | 1 | | | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 58.9 ± 49.8 |
| E-No.2 | 2008年 | 7 | 22 | 15 | 9 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 22.9 ± 13.5 |
| | 2011年 | | 4 | 13 | 7 | 5 | 4 | | 3 | 2 | 1 | | | 2 | 2 | 3 | | | | | | | 1 | | 56.9 ± 42.3 |

*±以下は標準偏差

⑤ 無被害林

F-No.1、F-No.2とも、2008年の個体数の最頻値と平均樹高は、同じ樹高の範囲にあり、2011年においても変化はなかった(表VII-9)。

表VII-9 F林分の稚樹樹高毎の個体数

単位：個体数

| プロット | 樹高階 (cm) | 10 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 平均樹高 (cm) | |
|--------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|------------|
| | | 未満 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 以上 | | |
| F-No.1 | 2008年 | | 20 | 46 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11.9 ± 3.8 | |
| | 2011年 | | 4 | 35 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15.3 ± 4.2 |
| F-No.2 | 2008年 | | 38 | 82 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13.7 ± 5.4 |
| | 2011年 | | 3 | 67 | 26 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 17.2 ± 5.0 |

*±以下は標準偏差

3 まとめ

これらの結果から、稚樹の光環境が改善されたD、E林分において、生育が良い稚樹は一部の個体であり、稚樹のほとんどが、平均樹高より下層である地表から60cm以下の範囲で生育していることが確認された。この結果は、本調査では確認できなかった全天空写真撮影高65cm以下の光環境が影響を与えているものと考えられた。すなわち、光環境が改善されると他の植生の繁茂も旺盛になることから、地表から65cmより下の光環境は、稚樹の良好な生育に影響を与えるほど改善されなかった可能性が高いことが考えられた。このことから、下草刈り等による生育環境の改善が重要であるといえる。

VIII 総括

今回の調査結果から、ナラ枯れの跡地に生育する稚樹を生育し、ミズナラ・コナラ林に復旧させるには、稚樹のある程度の個体数と良好な生育と良好な光環境が必要であることが解明された。その中でも光環境の改善は重要な要素の1つであるといえる。ナラ枯れ跡地の復旧には、下草刈りや除伐に加え、上層木の伐倒などの森林施業を継続的に行う必要があり、個体数を補うためには植栽も必要であるといえる。特に環境の変化による他の植生の旺盛な繁茂に対応し光環境を改善するために、下草刈り等の施業が重要である。

一方で、ナラ枯れ跡地において、ミズナラ・コナラ林が優占する林分に戻る可能性も示された。しかし、復旧に必要な個体数の評価は、今後継続した調査による再検討が必要といえる。

今後のナラ枯れ跡地の復旧方法を確立するうえで、森林施業とミズナラ・コナラの再生状況の経過について、被害木を処理した時点から調査し、再生のプロセスを解明することが重要であるといえる。また、併せて残存木の母樹としての機能も解明評価してゆく必要

があるといえる。

IX 謝辞

調査地の選定にあたり、情報提供、現地の立会に協力していただいた現福島県北農林事務所 大竹政行主査、並びに、調査地を長期にわたり快く貸していただき、また、被害木無処理林分の保存にもご協力いただいた森林所有者の方々にこの場を借り深謝いたします。

X 引用文献

- 1)伊藤進一郎，窪野高德，佐藤憲生，山田利博：日本森林学会誌，80，170-175（1998）.
- 2)齊藤正一ほか4名：日本森林学会誌，83，58-61（2001）.
- 3)福島県農林水産部：“平成13年福島県森林・林業統計書（平成12年）”，福島県農林水産部，2001，74-75.
- 4)福島県農林水産部：“平成22年福島県森林・林業統計書（平成21年度）”，福島県農林水産部，2010，71.
- 5)在原登志男，松崎明，齋藤直彦，石井洋二：福島県林業研究センター研究報告41号，47-116（2009）.
- 6)野淵輝：植物防疫28(2)，75-81（1974）.
- 7)野淵輝：“森林昆虫総論・各論”，養賢堂，1994，204-217.
- 8)北島博，後藤秀章“研究成果第400集 ナラ類集団枯損機構の解明と枯損防止技術の開発，農林水産技術会議事務局，32-38（2002）.
- 9)所雅彦ほか5名：日本応用動物昆虫学会大会講演要旨49，東京，184（2005）.
- 10)松本孝介：森林防疫ニュース，4(4)，74-75（1955）.
- 11)齋藤孝蔵：森林防疫ニュース，8(6)，101-102（1959）.
- 12)衣浦晴生：林業と薬剤130，11-20（1994）.
- 13)中村人史ほか4名：山形県立林業試験場研究報告第26号，9-13（1996）.
- 14)黒田慶子ほか4名：“社団法人全国林業改良普及双書157 ナラ枯れと里山の健康 黒田慶子編”，社団法人全国林況改良普及協会，2008，26-44,136-157.
- 15)齋藤正一：東北森林科学会誌11(2)，92-96（2006）.
- 16)小林正秀ほか4名：日本森林学会誌83，328-333（2001）.
- 17)江崎功二郎：日本森林学会誌90(6)，391-396（2008）.
- 18)齊藤正一，中村人史：公立林業試験研究機関研究成果選集NO.2 独立行政法人森林総合研究所編，19-20（2005）.
- 19)増田信之：公立林業試験研究機関研究成果選集NO.3 独立行政法人森林総合研究所編，19-20（2006）.
- 20)大橋章博：第119回日本森林学会大会学術講演集CD-ROM，東京，（2008）.
- 21)齊藤正一，中村人史，三浦直美，小野瀬浩司：森林防疫48，84-94（1999）.
- 22)齊藤正一，中村人史，三浦直美，小野瀬浩司：林業と薬剤152，1-11（2001）.
- 23)小林正秀，野崎愛：菌蕈，16-22（2001）.
- 24)衣浦晴生ほか6名：森林総合研究所2008年版研究成果選集，24-25（2008）.

- 25)牧野俊一ほか17名：森林総合研究所 平成23年度版研究成果選集, 20-21 (2011).
- 26)齊藤正一, 野崎愛：“社団法人全国林業改良普及双書157 ナラ枯れと里山の健康 黒田慶子編”, 社団法人全国林況改良普及協会, 2008, 135-157.
- 27)韓海栄, 橋詰隼人：日本緑化工学会誌, 18, 2, 84-94(1992).
- 28)藤井貴史, 橋本良二：岩手大学農学部演習林報告, 30, 119-130(1999).
- 29)小谷二郎, 江崎功二郎：石川県林業試験場研究報告, 40, 5-11(2008).
- 30)齊藤正一：森林技術, 839, 8-12(2012)
- 31)大原偉樹, 桜井尚武：第94回日本林学大会発表論文集, 361-362 (1983).
- 32)高原光：日本林学会誌, 68(7), 289-292 (1986) .
- 33)西村尚之, 大田武志, 坂本圭児, 千葉喬三：日本緑化工学会誌, 23(4), 18-25 (1998).
- 34)宮久史, 小鹿勝利：北海道大学演習林研究報告, 61(1), 1-10, (2004).
- 35)山本敬太郎：ランドスケープ研究 日本造園学会誌, 67(5), 555-558 (2004).
- 36)小谷二郎：石川県林業試験場報告, 37, 22-27 (2005).
- 37)宇都木玄, 飯田滋生, 阿部真, 田中裕之：日本森林学会誌, 83(3), 174-182 (2007).
- 38)河原雄一郎, 村上拓彦, 吉田茂二郎, 今田盛生：九州森林研究, 56, 210-211 (2003).
- 39)高嶋敦史, 吉田茂二郎, 村上拓彦：九州森林研究, 57, 185-188 (2004).
- 40)山本一清：<http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~shinkan/LIA32/index.html>.
- 41)小池孝良：林木の育種.148.19-23 (1988).
- 42)岩本慎吾, 佐野淳之：日本森林学会誌, 80(4), 311~318 (1998).
- 43)西村尚之, 山本進一, 千葉喬三：日本緑化工学会誌, 16(1), 8-17 (1990).
- 44)西村尚之, 白石高子, 山本進一, 千葉喬三：日本緑化工学会誌, 16(4), 31-36 (1991).
- 45)福島県農地林務部：“昭和62年度林業技術定着促進事業 有用広葉樹林の施業技術指針”, 福島県農地林務部林業指導課, 1988, “18, 22”.
- 46)今田盛生：九州大学農学部演習林報告, 45, 81-225, (1972).
- 47)蜂屋欣二ほか4名：“わかりやすい林業研究解説シリーズ 広葉樹林の育成法”, 財団法人林業科学技術振興所, 1986, 32-44.
- 48)阿部信之, 木村憲一郎, 橋本良二：岩手大学農学部演習林報告, 28, 13-25, (1997).

XI 付録

V～VIIで行った調査におけるプロット内のミズナラ・コナラの稚樹の位置と上層木の樹幹及び樹冠の位置について、参考として掲載した。稚樹は、ミズナラ、コナラ別に記載し、消失、新たな個体の発生は、確認した調査年を示した。

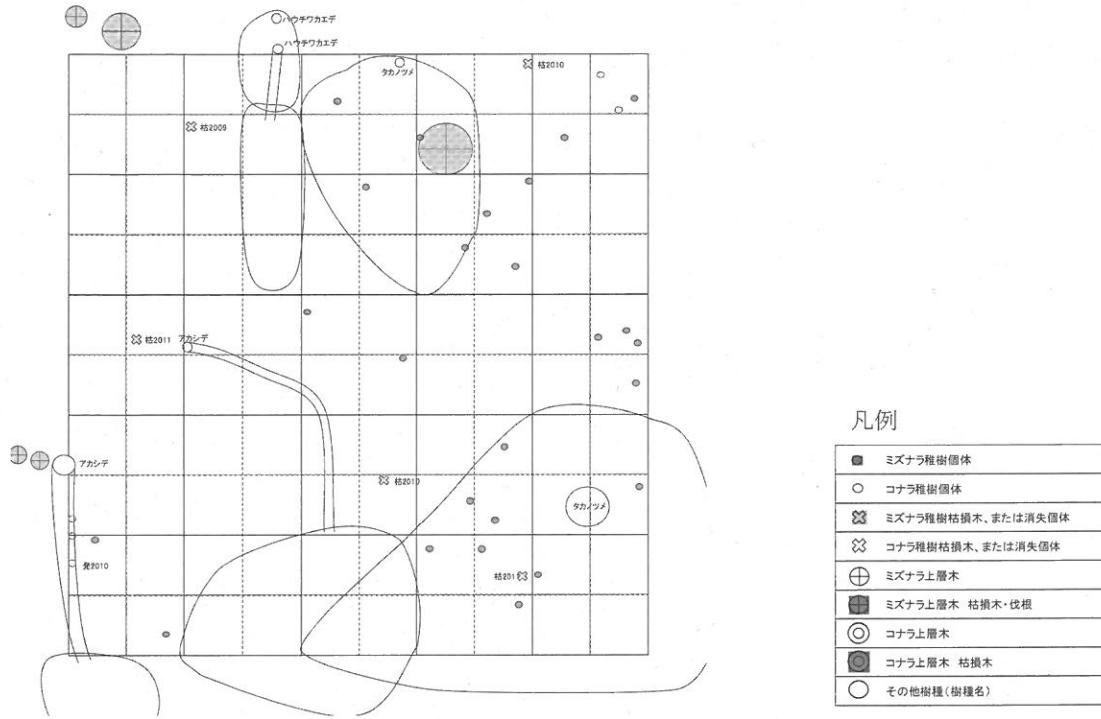


図-付1 稚樹及び上層木位置図(A-No.1)

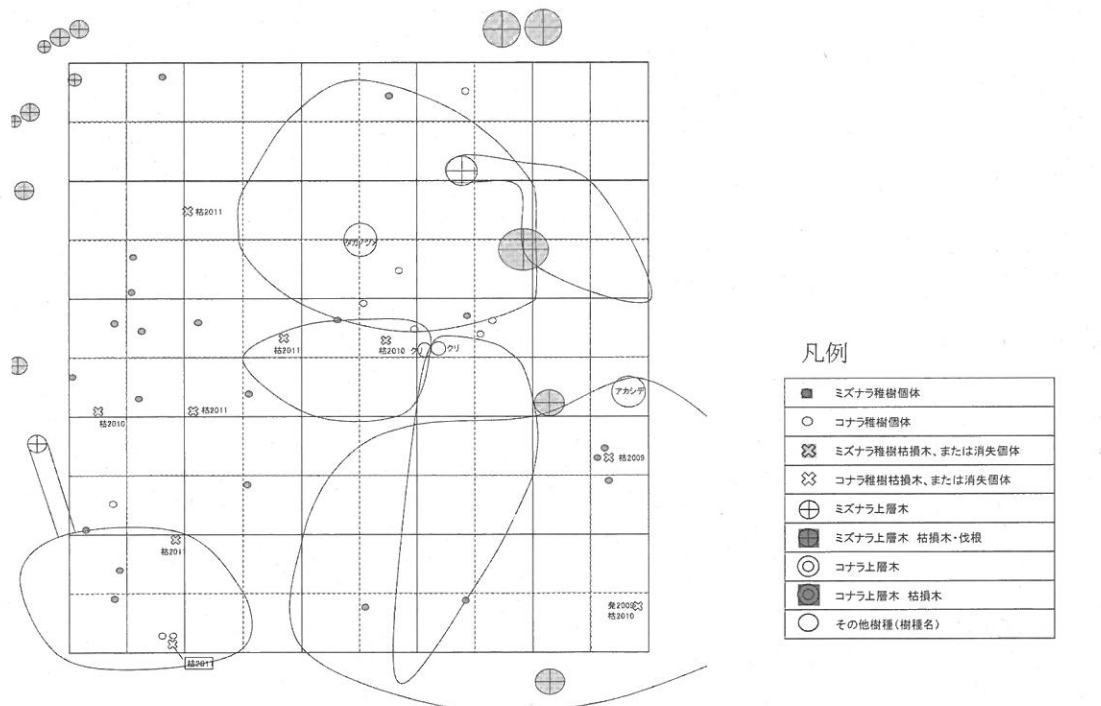


図-付2 稚樹及び上層木位置図(A-No.2)

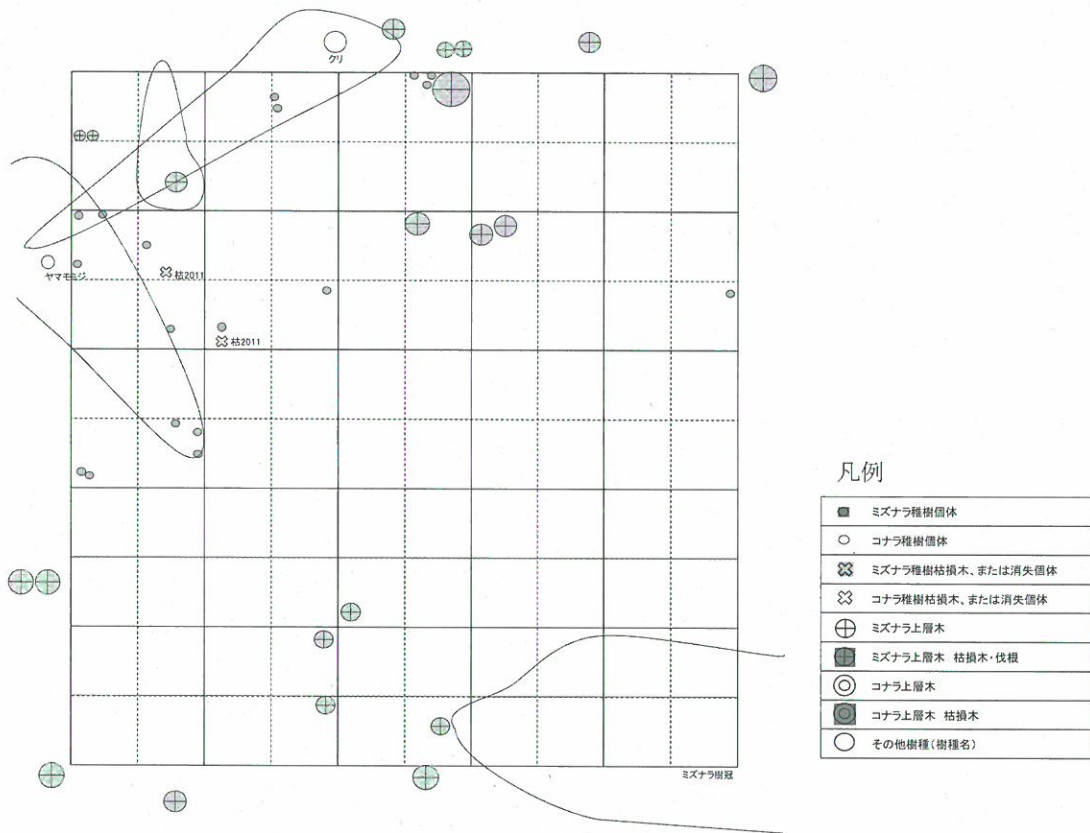


図-付3 稚樹及び上層木位置図(B-No.1)

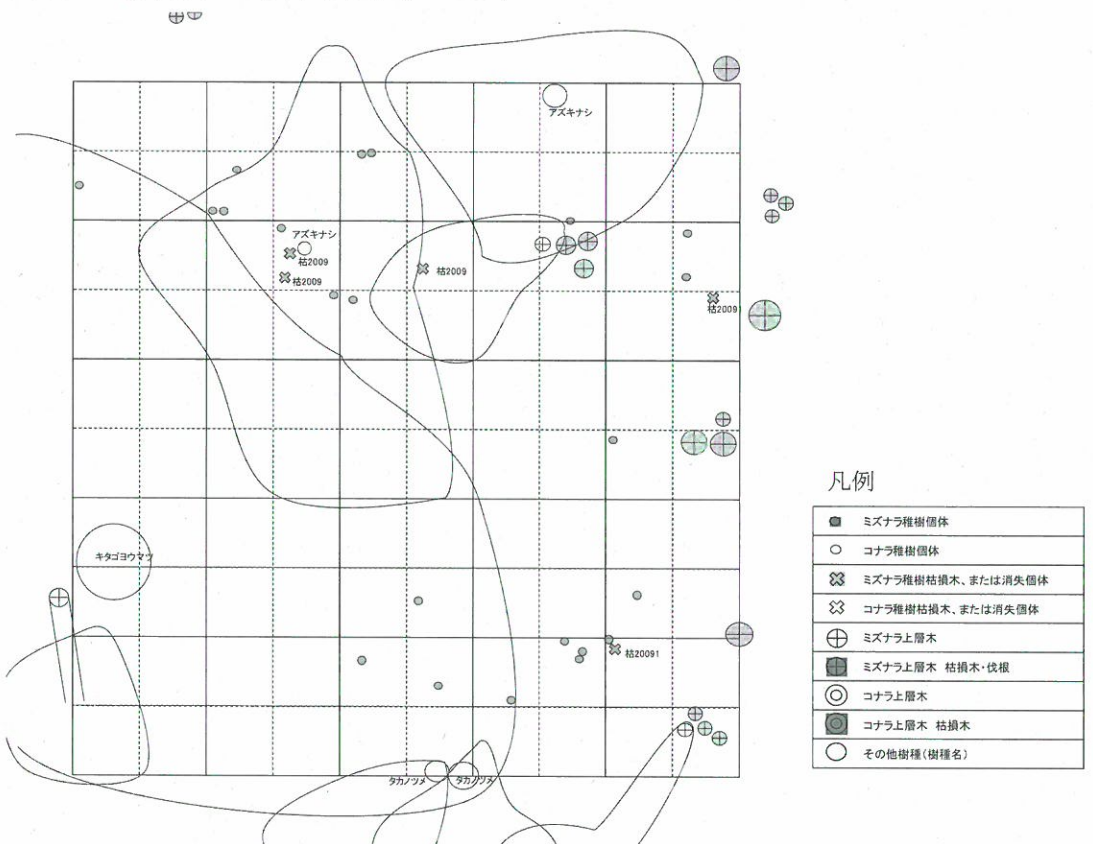


図-付4 稚樹及び上層木位置図(B-No.2)

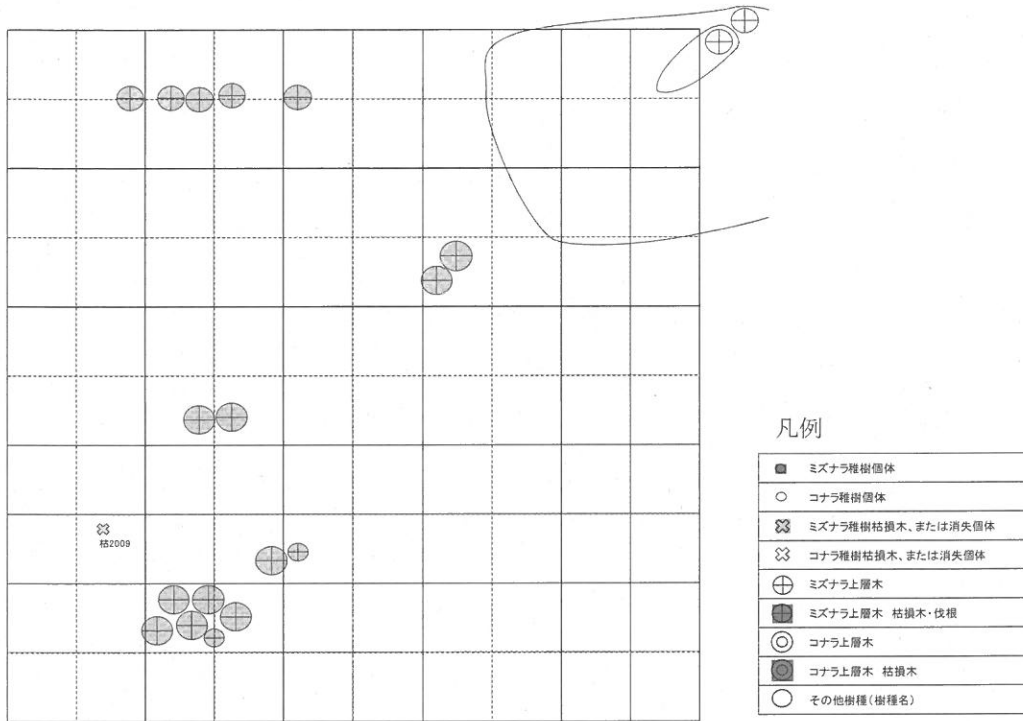


図-付5 稚樹及び上層木位置図(C-No.1)

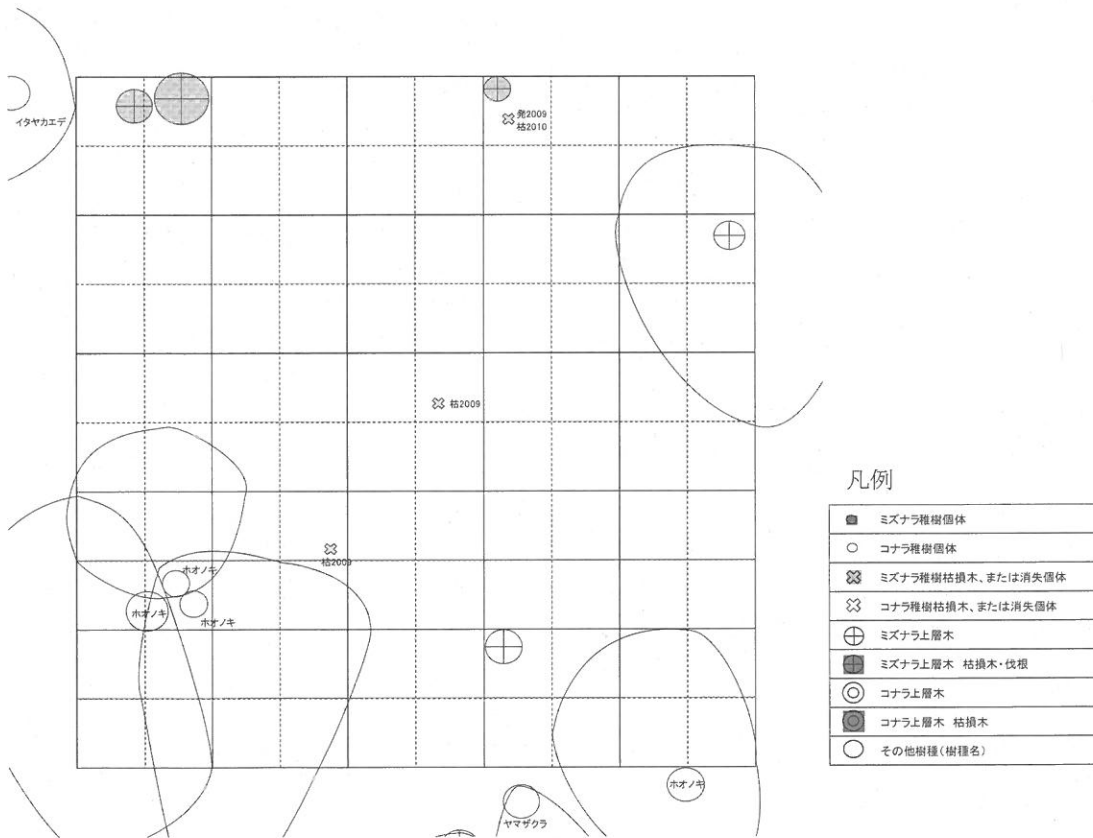


図-付6 稚樹及び上層木位置図(C-No.2)

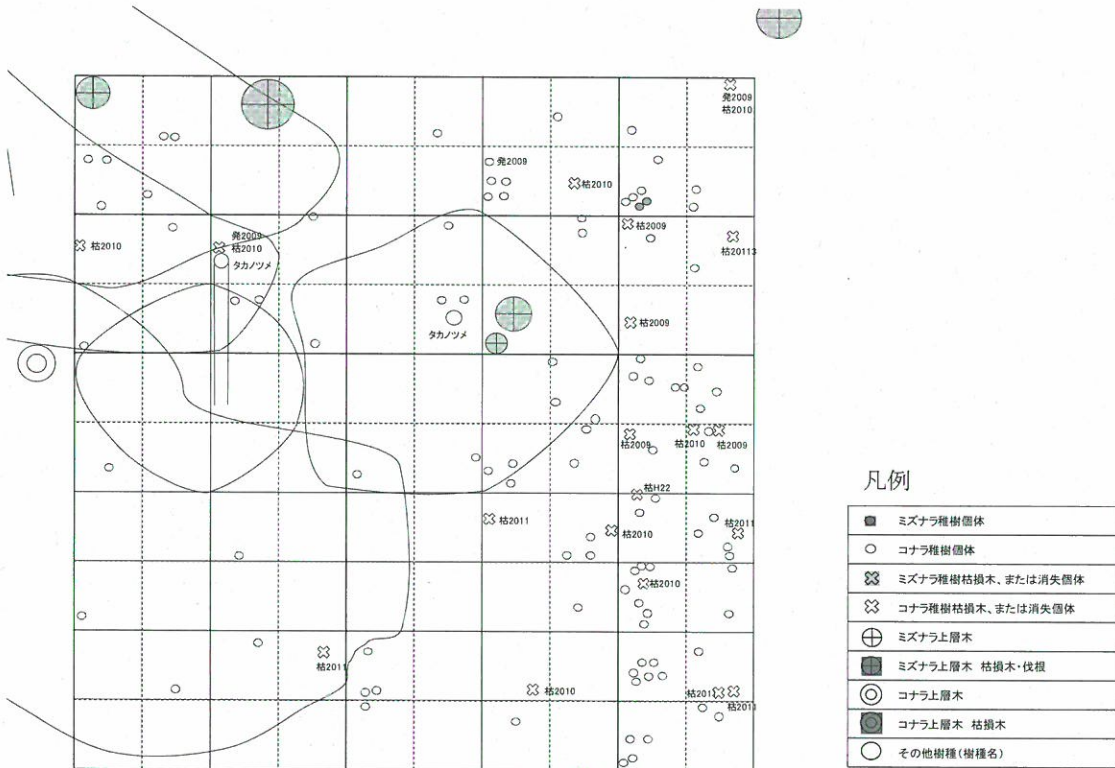


図-付7 稚樹及び上層木位置図(D-No.1)

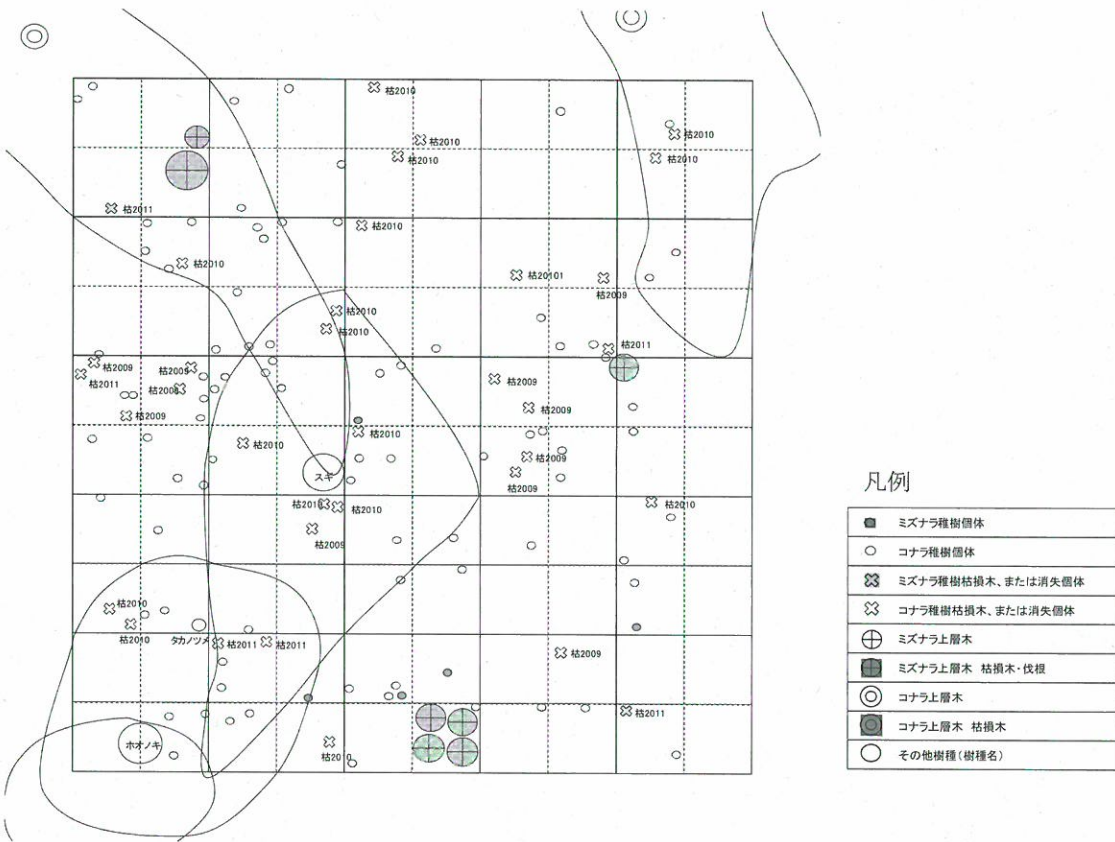


図-付8 稚樹及び上層木位置図(D-No.2)

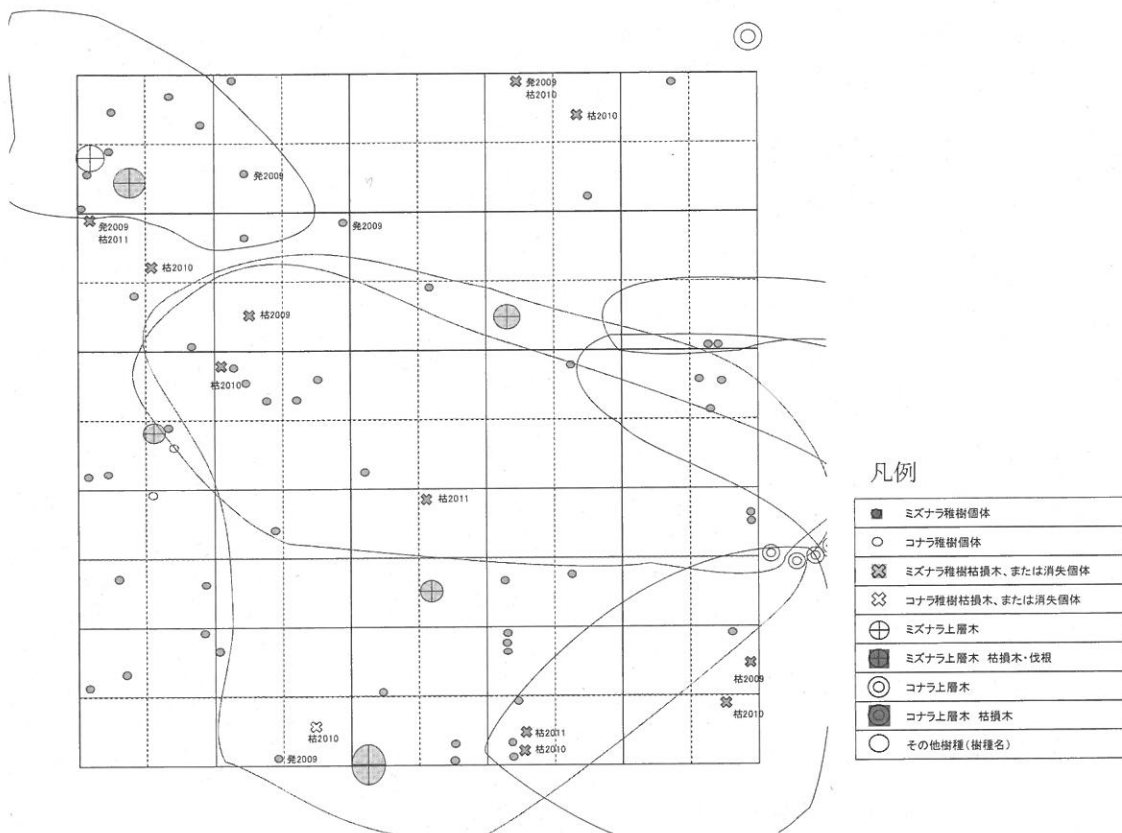


図-付9 稚樹及び上層木位置図(E-No.1)

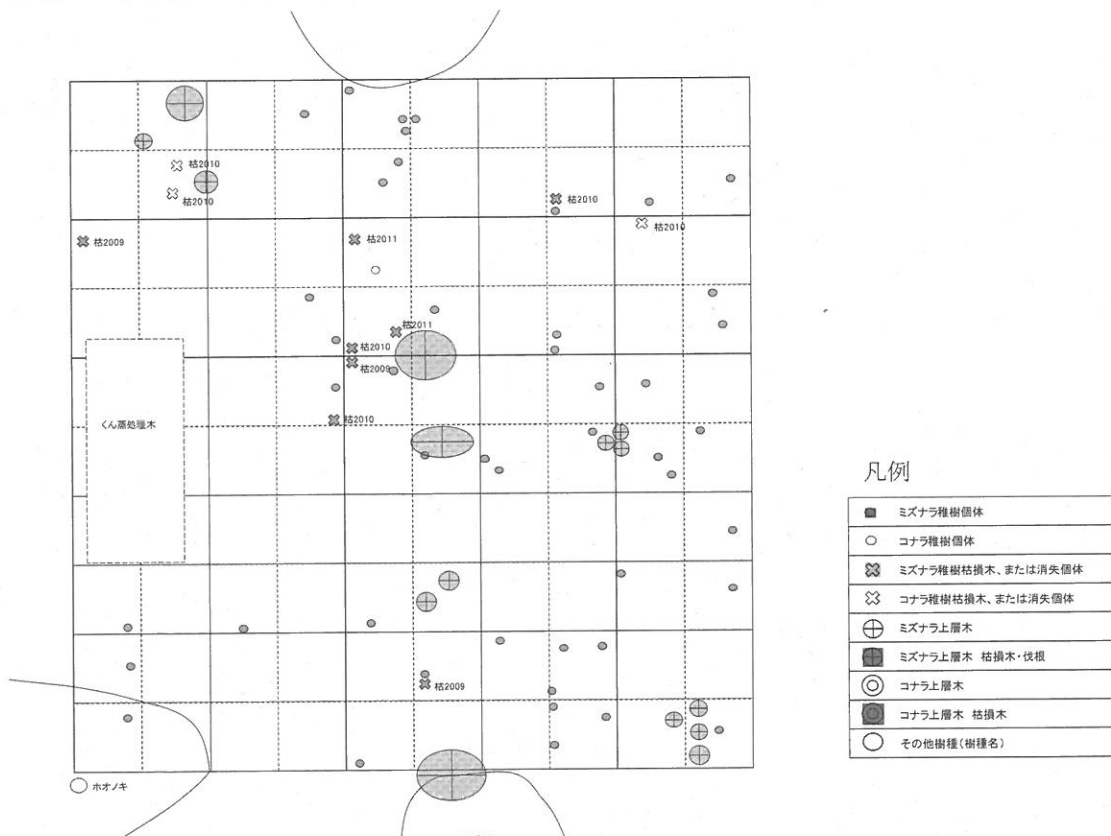


図-付10 稚樹及び上層木位置図(E-No.2)

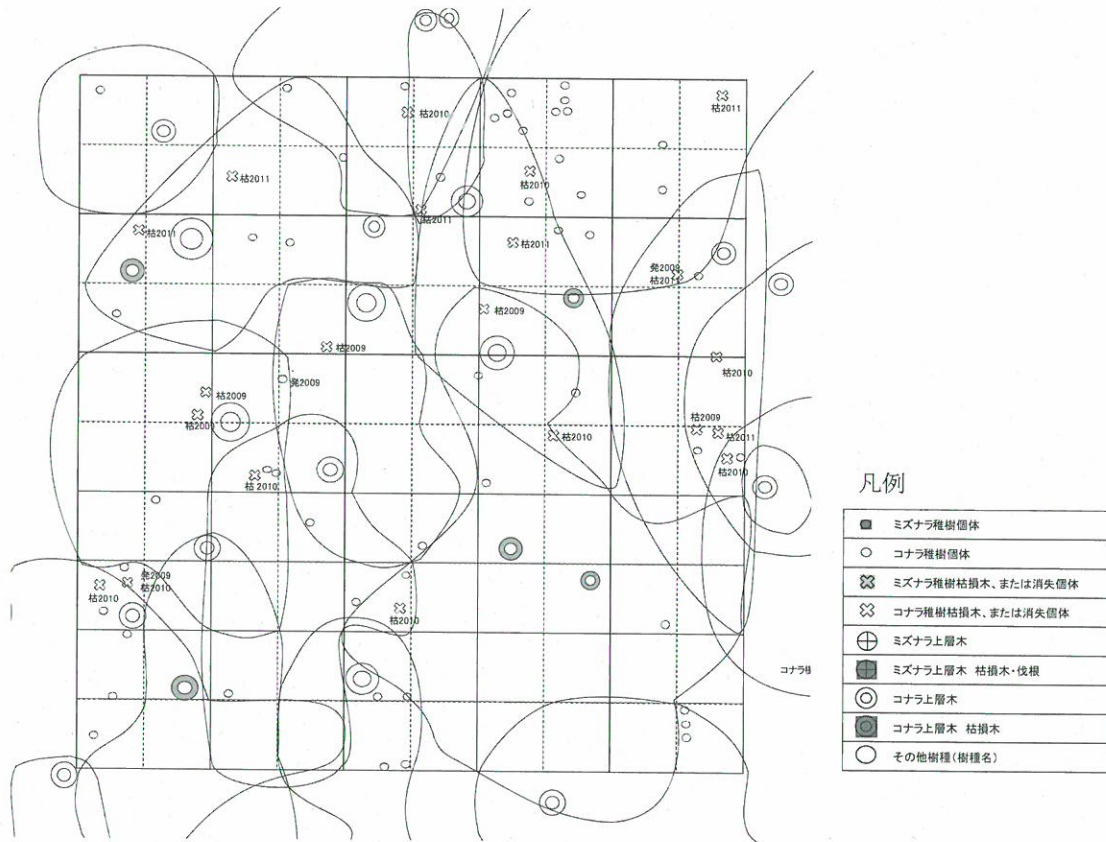


図-付 11 稚樹及び上層木位置図(F-No.1)

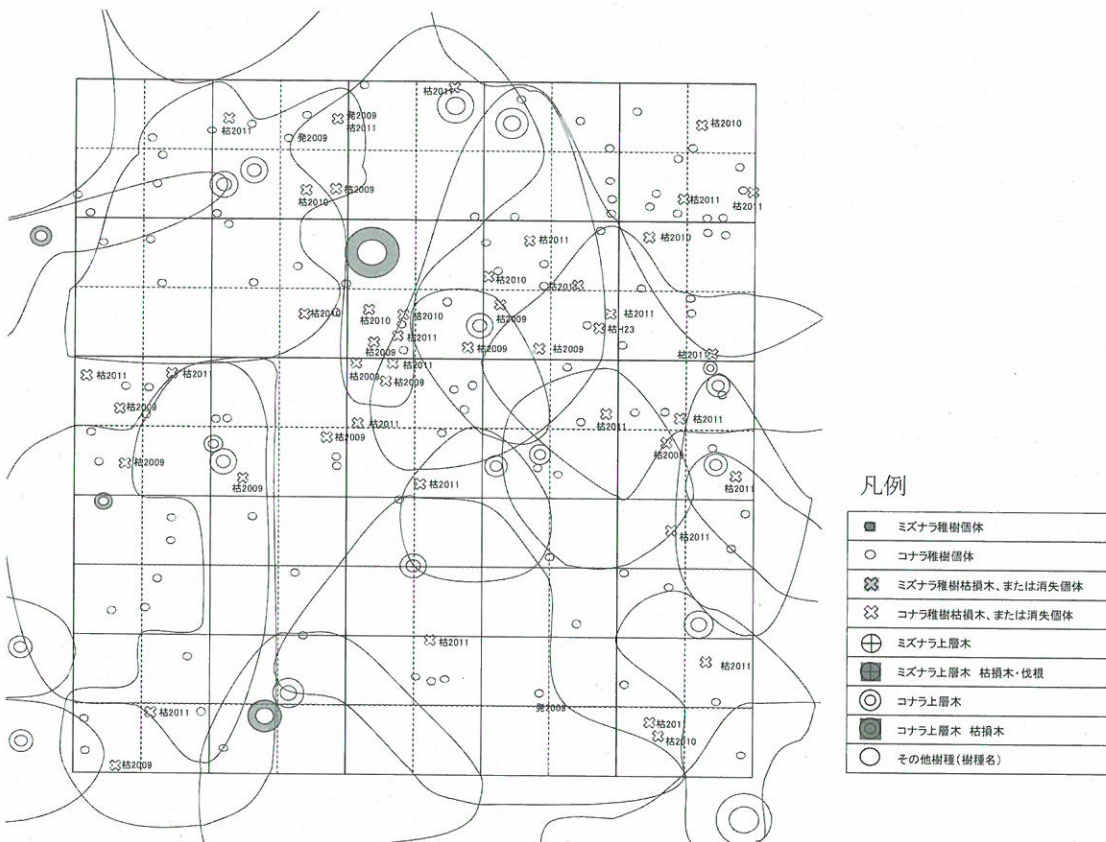


図-付 12 稚樹及び上層木位置図(F-No.2)