

トキの野生復帰のための生息環境の整備方策策定調査

報 告 書

平成 17 年 3 月

林 野 庁

トキの野生復帰のための生息環境の整備方策策定調査

序章 調査の目的	1
1 調査目的	1
2 調査実施期間	1
3 調査概要	1
4 調査の実施	2
第1章 トキ、その生態と生息環境	3
1-1 トキの分類と形態	3
1-2 近世におけるトキの分布と生息状況	4
1-2-1 絶滅への道程	7
1-3 昭和における絶滅の要因	8
1-3-1 農薬の影響	8
1-3-2 その他の要因	9
1-3-3 検討されるべき要因	9
1-4 トキの生態	10
1-4-1 トキの年周期活動	11
1-4-2 トキの日周期活動	12
1-4-3 トキの採餌生態と食性	13
1-4-4 トキの営巣環境	14
1-4-5 天敵	14
1-4-6 中国と佐渡の営巣環境の比較	16
1-4-7 中国におけるトキ野生個体群の人口学的知見	17
1-5 トキの再導入	19
1-5-1 生物多様性条約における再導入（野生復帰）の位置づけ	19
1-5-2 IUCN/SSCの再導入ガイドライン	19
第2章 森林現況	24
2-1 佐渡島の森林概況	24
2-2 佐渡島における森林病虫害	25
2-2-1 松くい虫被害	25
2-2-2 ナラ類集団枯損被害	37

2-3 営巣木に関わる既存調査	42
2-4 空中写真判読による林相区分	44
2-4-1 モデル地域の設定	44
2-4-2 空中写真判読・図化	48
2-5 森林現況の把握	50
2-5-1 各林相区分の面積および分布	50
2-5-2 傾斜角・方位解析	56
2-5-3 営巣候補地・ねぐら候補地の抽出	58
2-6 トキの生息環境情報の GIS 管理	72
第 3 章 環境影響要因	75
3-1 年周期活動と警戒性	75
3-1-1 トキの年周期活動	75
3-1-2 トキの警戒性	76
3-2 環境影響要因の検討	78
3-3 要因の回避	79
3-3-1 環境保護区域・立入規制区域	81
3-3-2 環境管理区域	83
3-3-3 順応的管理	84
第 4 章 森林の整備計画	87
4-1 目標とする林型	87
4-1-1 営巣木の条件	87
4-1-2 ネグラ木の条件	89
4-1-3 林分の発達段階	90
4-1-4 目標林型	92
4-2 森林整備方針	94
4-2-1 保護すべき森林	94
4-2-2 目標林型に誘導する森林と誘導技術	94
4-2-3 ランドスケープとしての森林の整備	98
巻末資料（現地調査結果）	101

序章 調査の目的

1 調査目的

トキの野生復帰を図る上で最も重要な条件の一つであるトキの生息環境について、佐渡における自然環境の現状調査等を行うとともに、生態系の修復・再生に配慮したトキの野生復帰のための生息環境の整備方策を策定し、トキの円滑な野生復帰に資することを目的とする。

2 調査実施期間

平成 16 年 11 月 1 日～平成 17 年 3 月 18 日

3 調査概要

(1) トキの営巣及びねぐら環境に森林整備が与える影響の検討

① 森林整備がトキの営巣及びねぐら環境への影響する要因の類型化

森林整備のための林道開設、復旧治山、森林伐採等について、トキの営巣及びねぐら環境への影響する要因（規模、距離、時期等）を類型化する

② 類型化に基づく推定手法の高度化

トキの営巣及びねぐら環境への影響する要因に基づき、これらを可能な限り回避する推定手法の高度化を図る。

(2) 環境目標達成に向けた計画手法の検討

① 採餌環境の整備と連携した営巣可能域拡大計画の策定手法の検討

採餌環境の水源のかん養を図るための森林（溪畔林、里山等）の整備及び営巣可能域の拡大を図るため、営巣候補地・ねぐら候補地を選定し、それぞれ営巣・ねぐら地を特定するとともに、これらの育成・保全を図る森林整備計画を策定する

(3) モデル地域におけるトキの野生復帰に関する連携整備計画マニュアルの検討・立案

① モデル地域における森林資源現況等の調査

モデル地域の空中写真から正射写真図を作成し、主要な樹種^注ごとの樹林群を森林地図情報システムに取り込み、採餌場、営巣候補地・ねぐら候補地（営巣木・ねぐら木）を明示し、森林資源現況等をシステムティックに管理する

② モデル地区の整備管理手法等の計画・立案

林道開設、復旧治山、森林伐採等について、可能な限り営巣環境等への影響を回避

する管理手法及び採餌環境を改善する整備手法について検討・立案する。

<注>

過去、佐渡においては岸壁又は溪谷の上に伸び出たアカマツ、クリ、コナラ、シナ、ケヤキ等の高木が営巣木等として利用されていた

4 調査の実施

本調査は日本森林技術協会が林野庁より委託を受け、地球環境部 上席技師 畠村良二 および技師 野口絵美が担当し調査を行った。また第 1 章は新潟大学農学部附属フィールド科学教育研究センター 三浦慎悟教授、2-1 は日本大学 生物資源学部 山根明臣教授、第 4 章は日本森林技術協会 藤森隆朗技術指導役にご執筆いただいた。

第1章 トキ、その生態と生息環境

1-1 トキの分類と形態

トキ（朱鷺、鴝、*Nipponia nippon*、中国名：朱鷺、英名：Japanese crested ibis）はコウノトリ目（Ciconiformes）、トキ科（Threskiornithidae）、トキ亜科（Threskiornithinae）に属する。シーボルトが日本からオランダに送った標本を基準標本としてテミンク（Temminck 1835）が *Ibis nippon* と命名した。属名はその後ドイツ人分類学者ラインバッハによる *Nipponia* が採用され、現在に至る。

トキ亜科にはトキ類とヘラサギ類が含まれる。トキ科の起源は古く、化石記録は中新世中期（7千万年前以上）にさかのぼるといわれている。現生トキ類は全世界に15属25種が生息する。このうちトキを含めて6種が何らかのレベルの絶滅危惧種である。トキを除くといずれもが南北アメリカ、ユーラシア、アフリカ、オーストラリアの熱帯域に生息する。トキはかつて東アジアの積雪地域を含む高緯度地域に生息していたので、この科の北限分布種である。

体形はサギ類に似るが、サギに比べ、首が太く、足は短く、全体にずんぐりし、嘴は長く太く、独特な形で下方に湾曲する。顔には赤い皮膚が裸出する。足指の基部に水かきがあるが、水をかくというよりも泥にもぐりにくい機能をもつ。白い冠羽が頭頂から首の後ろにかけて長く伸びる。羽色は非繁殖期には大部分が白色であるが、風切や尾羽は美しい橙色（いわゆる朱鷺色）を呈する。繁殖期には両性ともに頭部、翼など背面半分が灰黒色に変わる。これは、顔の周辺から頸側部の皮膚が黒色に変わり、そこから剥がれ落ちる黒色物質を羽に塗りつけられることによる（内田康夫 1970）。いずれにしても、このような体色変化は約9500種の鳥類のなかでトキただ1種である。属名の固有性はこの体色変化の独自性に由来していると考えられる。

成鳥の全長70~80cm、翼長36~45cm、翼開長130~160cm、嘴峰15~18cm、体重2~3kgである。外部形態には性差はないが、オスの方がやや大きい。この差はすでに幼鳥での成長過程で発現するようだ。嘴の角質部の下には敏感な感覚器をもっていると考えられ、視覚よりも嘴の触覚に依存して採食する。これは濁った水や泥の中で両生類、甲殻類、魚類、昆虫、動きの鈍い底生性の動物などを採餌するのに適している。一般に、トキ類は水辺を好む種のほうが陸地を好む種より嘴が長い傾向がある。このことから判断するとトキは完全な水域の鳥ではなく、中間的な位置、水辺から湿生環境に移行するような環境の鳥であるといえよう。

1-2 近世におけるトキの分布と生息状況

安田（1983、1984、1995）らによって古文書、文献、資料の発掘や整理が精力的に進められてきた。それらによれば、少なくとも近世（江戸時代）以前には、いくつかの和歌に登場する程度で、取り立てた記述はない。『延喜式』（927年）には、伊勢神宮の須賀利御太刀には2枚のトキの羽が使用されていると記述されているといわれるが、その由来などは不明である。総じてこの時代、トキは人々の関心をとくに引くことのないありきたりの鳥だったのでないだろうか。

近世に入ると、各地の産物帳や地誌には盛んに登場するようになる。安田（1984、1995）があげただけでも約100編に上る。なかでも注目されるのは、1735年の『諸国産物帳』で、当時の生息分布がおおよそわかる。この文書は現在では一部が消失しているため、完全には再現できないが、それでも北海道南部、東北、北陸、中国地方に分布していたことを示している（図1-1）。興味深いのは九州、沖縄には生息していないことで、20世紀初頭の分布を記述したと考えられる『日本鳥類目録』（後述）とは違いを示している。おそらくこれらの地域にはわずかな数が渡り鳥として冬期に生息していた可能性はある。

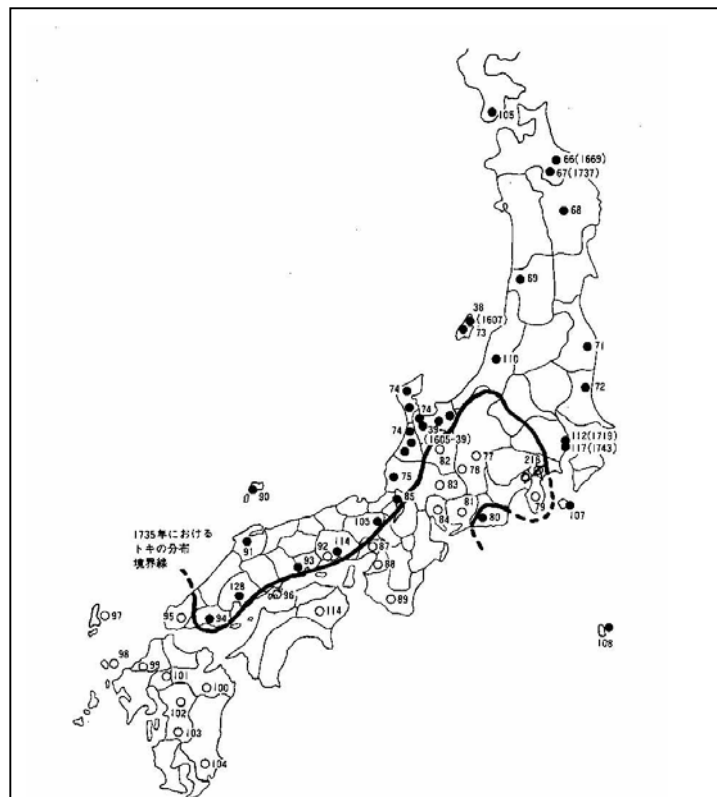


図1-1 江戸期諸国産物帳によるトキの生息分布。●は生息、○は未生息
(安田1984より転載)

その他の記述や記録をまとめると、以下の点が注目される。

- ① 金沢、広島、徳島へは他の地域から人為的な導入が行われている。この目的は羽を矢羽に使うとの実利もあったようだが、(積極的とはいわないにしても) その美しさから保護対象とした。
- ② 各地で羽は矢羽などに利用された。しかしながら肉には薬効があると一部で記述されているものの、臭気や色などにより敬遠されていたようだ。トキの資源的な利用は一般的には広がらなかったと考えられる。
- ③ 関東以東にはごく普通の鳥として広範囲でかなり多数が生息していた。
- ④ 田植え直後の踏み荒らしなどの被害が記述されているものの、相対的には少ない。農業には大きな軋轢は及ぼさなかったと考えられる。

この状況は、鷹狩りを行うために鳥獣を厳格に保護したこと、鉄砲の使用を徹底して規制したこと、さらには「生類哀れみの令」などによる鳥獣保護などにより、明治にいたるまで続いたと考えられる。開国の引き金となる「日米和親条約」(「神奈川条約」1854年)の附則第10条には「鳥獣遊獵は、すべて日本においては禁ずるところなれば、アメリカ人もまたこの制度に伏すべし」とあるように、日本の山野には豊富な野生生物が生息していた。当時のトキの生息数は推測の域をでないが、「ごく普通に」とか「多数」とかの記述から判断すれば、1万羽はゆうに超え、10万羽のオーダーだったと考えられる。しかし、開国とともに状況は一変していく。

明治(1868年)に入ると、鳥獣保護、狩猟などの法令が整備される。明治5年(1872年)に最初の法律である「鉄砲取締規則」ができるが、これは治安上の観点から鉄砲の取り扱いを定めたもので、狩猟を制限するものではなかった。翌年(1873年)「鳥獣獵規則」ができるが、狩猟対象については制限を加えていない(つまりすべての鳥獣は狩猟対象)。明治25年(1892年)に「狩猟規則」が制定され、その後、法律の制定や改正が繰り返されるが、この経過で、トキとの関りで注目されるのは「保護鳥獣」の指定である。「狩猟規則」の中では、ツル類、ツバメ類、ヒバリ、シジュウカラなど14種類がはじめて保護鳥獣として指定された。続く「狩猟法」(1895年)ではツル、ツバメ(イワツバメを除く)、コガラなど10種が、さらに同法第一次改正(1901年)では、同じくツル、ツバメ、カラ類など22種が指定されたが、いずれもトキ(やコウノトリ)は含まれず、保護の対象にさえなっていなかった。トキが(コウノトリとともに)そのリストに加わるのは明治43年の同法第二次改正(1911年)の際であった。なお、保護鳥獣の指定は、その後大正7年の「狩猟法」の大改正の際、解除され、以後は逆に「狩猟鳥獣」を指定す

るようになった。

20世紀以降のトキの去就はあわただしい。1910年代に入ると、各地で「見れない」とか「珍しい」とかの報告が相次ぎ、生息情報は急速に途切れていく。1927年には佐渡でも「トキ発見」に懸賞がかけられるほどで、20～30年代には少なくとも日本国内では急激に希少化していったと推測される。その後（1934年）、旧「史跡名勝天然記念物保護法」（文化財保護法）により「天然記念物」に指定されるが、佐渡や能登でわずかな生息が確認されるものの全国的にはほぼ絶滅状態にいたったと考えられる。1922年に『日本鳥類目録』（日本鳥学会）が初めて出版されたが、その中で、トキの分布は北海道（函館）、本州（宮古、西多摩、横浜、美濃、越後）、伊豆七島、四国（徳島）、九州、沖縄、台湾、朝鮮と記述されている。この分布状況はおそらく20世紀初頭の情報や資料に準拠していたと考えられるが、それでもなおかなり広い分布域を維持していることは注目に値する。

こうしてみると、トキは1860年代後半から1900年までの、わずか40年足らずの間に、種個体群を壊滅させるほどの巨大なインパクトを受けたと考えざるをえない。それは後に起こる農薬の使用、エネルギー革命、生息地の改変、消失、開発といった環境破壊が起こるはるか以前なのである。このインパクトとはいったいなんだったのだろうか。

江戸期においては、農民は通常、銃の所持は許されていなかった。村や集落の庄屋等が領主から鉄砲を預かるかたちで所持し、農林業被害のための駆除はこの銃を借りて行われた。各地にはこの貸し出しの記録（鉄砲文書）が残っている（小金沢1989、花井1995）。この鉄砲の使用は、鷹狩りのための禁猟区が広く指定されていたため、農業被害に限定され、狩猟一般は禁止されていた。こうした禁猟政策、あるいは「生類哀れみの令」などへの反発もあり、開国と、そして銃保持の許可とともに狩猟熱は一気に高まっていた（安田1995）。さらに1879年に村田銃が発明され、一般の人々にも普及したため、遊猟が広くに定着するようになった。やや後の1895年（日清戦争直後、明治28年）の狩猟者人口は20万人を超えていたという（林野庁1969）。それは全男子のおよそ1%に当たる。この狩猟者人口の大幅増と鉄砲の普及がトキやコウノトリの運命を大きく変えたことはまちがいない。だが、ただ単なる狩猟圧の増大が種個体群をとことん追い詰め、根こそぎ破壊したとは考えにくい。特定の種を狙い撃ちするような経済的なメカニズムがいっぼうでは作動し始めていたのではないだろうか。

これを裏付けるような直接的な証拠はいまのところはないが、「トキの翅羽は羽箒およびカツオの毛餌として重要な輸出品である」（1881年）とか「狩猟規則」（1892年）の制定の背景には「海外への標本用あるいは婦人帽の羽飾りの需要が増え、密猟や乱獲が目

余る」などの記述（林野庁 1969）から判断すると、トキの羽毛を含め鳥類の羽毛に対する強い需要と、それを仲買し集約するようなシステムが構築されたと推測される。このことを強く裏付ける状況証拠として以下の 2 点を挙げたい。

- ① ヨーロッパを中心とした毛皮ブームが 17 世紀から始まり、世界市場を形成し、毛皮獣の乱獲がシベリア、北アメリカで続き、資源が枯渇しつつあった。毛皮需要はなお高いなか日本は開国し、テン、イタチ、カワウソ、ウサギ、タヌキなどの毛皮は重要な輸出品となった（三浦 2002、西村 2003、下山 2005）。
- ② 東京で回漕業を営んでいた玉置半右衛門は無人島であった鳥島で 1888 年から 1902 年の噴火までの 15 年間の間に合計 500 万羽以上のアホウドリを撲殺し、羽毛採集を行い、横浜の外国商会（ウィンケル商会など）に売却し、巨万の富を築いた。アホウドリの羽毛は 1 斤（660g、1 羽当たり 375g が採集）あたり上物で 80 円、並物 45 円が取引価格であったという（ちなみに当時米 1 升は 4 銭）。（この項は芝山忠美の著作による<http://homepage2.nifty.com/zasi/daito/rekisi/rekisi0.html>に基づく）

おそらくトキなどの何種かの鳥類は、海外市場で商品取引の対象となり、これにともなって集約と流通のシステムが整備されたと考えられる。この明治における商品化とそれにもなう乱獲こそがトキやコウノトリの種個体群を一挙に絶滅の淵へと追い込んだ直接の要因なのではないだろうか。これについては資料の掘り起こしとより詳細な分析が必要である。

1-2-1 絶滅への道程

江戸期からの生息数の推移をまとめて図示する（図 1-2）。個体数を対数で示すと、明治初期の乱獲とその後の推移がいっそう明瞭である。

旧文化財保護法による天然記念物指定（1934 年）の際、トキは能登半島、佐渡、隠岐の 3 ケ所に分布していた。それらは多く見積もっても合計 100 羽以下だったろうと推定される。惨憺たる状況である。その後、第二次大戦の突入とともに、観察や情報は途切れ途切れとなってしまう。敗戦後の混乱期がようやく終わりトキの状況が見直されるのは 1950 年代に入ってからで、このうち隠岐では 50 年代初頭に絶滅したと考えられる。1952 年には文化財保護法によりいち早く「特別天然記念物」に種指定され、1960 年には「国際保護鳥」に指定された。その後の生息数の推移は詳しく追跡され、能登では 8 羽以下を推移し、1970 年に最後の 1 羽が捕獲された。また、佐渡では 10 羽前後を推移したが、1981 年に全数が捕獲され「野生絶滅」となり、以後はトキ保護センターで飼育

される「生息地外保全」となった。1992年に公布された「種の保存法（絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律）」では「国内希少野生動植物種」に指定された。この間の個体数の推移をみると、とくに佐渡では1950年から1975年頃までの25年間、手厚い保護のもと10～20羽が維持されたことは特筆に値する。最終的には、農薬、生息地の変化、人為攪乱、天敵などいくつかの絶滅要因が指摘されている（自然研2003）。

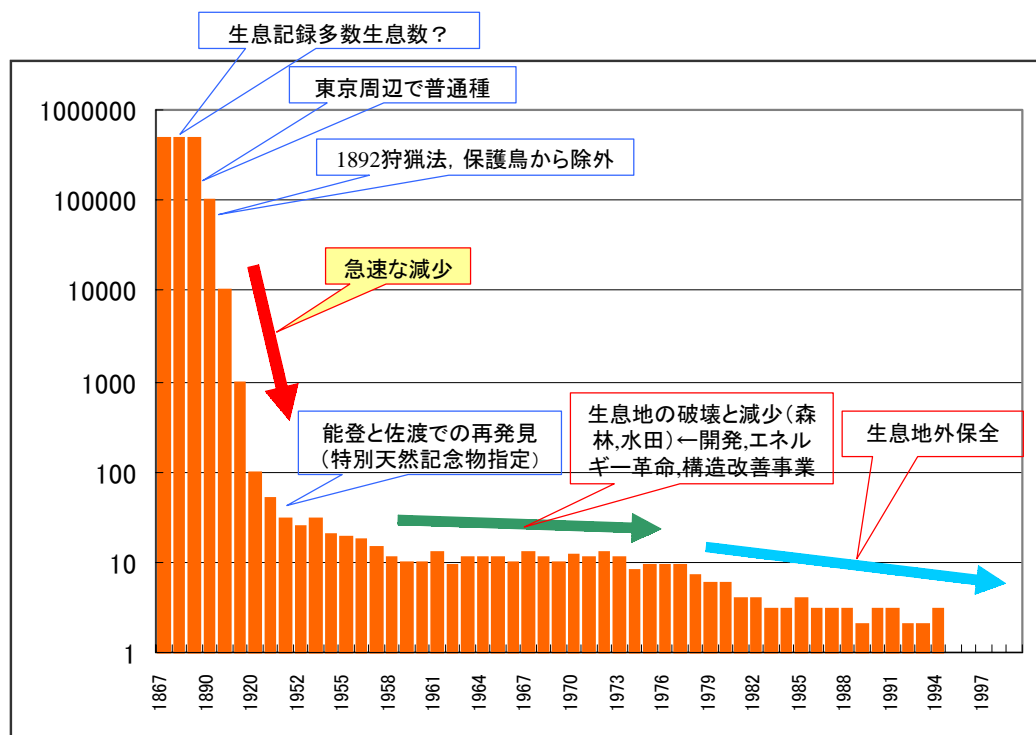


図1-2 トキの個体数の推移、個体数を対数で示す

1-3 昭和における絶滅の要因

1-3-1 農薬の影響

この影響は2つある。農薬による直接的な影響と、農薬散布にともなう餌量の減少である。昭和20年代後半から30年代後半まではDDT、BHCなどの有機塩素系農薬が、昭和40年代から昭和60年代初めまでは、有機水銀系、有機リン系の殺虫剤が佐渡においても広く使われたことは佐藤春雄氏の追跡でも確認されている（新潟県教育委員会1974、自然研2003）。また、1960年代中頃に死亡した2羽のトキの体内から有機水銀や有機塩素が検出されている。しかし、その量が致死量レベルであったかどうかは不明である。後者の影響もまた見逃せない。昆虫や水生動物などの餌動物は著しく減少したものと考えられるが、餓死などの死因は報告されていない。

確かに農薬の影響は直接的にも大きかったと推測される。しかしながら生息数との関連で見ると、敗戦直後、確認された生息数はそれでも 24 羽以上いたものが、1953 年には 12 羽となり半減する。この急速な減少時期は有機塩素系農薬が佐渡で本格的に使用される前後とほぼ重なっていて、累積的な濃縮による中毒は考えにくい。したがって、急性毒性を引き起こすような相当な量でない限り、まだ直接の死因とはなりにくい時期だったのでないだろうか。また、その後の生息数推移は 6~10 羽で安定しており、毎年の死亡数が 1~3 羽程度であったことから判断すると、農薬の毒性によって死亡数が増加している様子はない。しかも、トキは繁殖期を除けば集団採餌するのが普通なので、特定の個体だけに影響が集中したとも考えにくい。

1-3-2 その他の要因

この他に、森林の伐採による営巣木の消失、減反にともなう餌場水田の減少、天敵の影響などがあげられている（自然研 2003）。確かにいずれもがトキの動向に大きな影響を及ぼしたと推測されるが、森林伐採については、敗戦から 1952 年までは 24 羽前後を推移し、営巣活動は持続していたので、直接の至近要因とは考えにくい。餌場水田の減少については、エネルギー革命による里山や棚田の放棄、減反政策は昭和 40 年代から本格化したもので、トキがすでに減少した以後に大きな影響を与えたものと判断される。しかもこれらの影響はドラスチックというよりは徐々に段階的なのであって急速な減少要因とは結びつきにくい。また、天敵の影響のうちとくにテンについては、その影響が著しいとしても（これについては後述）、人為導入されたのは 1959 年なのであって、急速な減少以前のことである。もちろん、農薬に加えこれらの要因の複合として大きな影響を与えたことは想定されるものの、戦後から 1960 年までの間のトキの急速な減少についてはより別の要因が検討される必要がある。

1-3-3 検討されるべき要因

戦後から 1952 年までの間は 24 羽前後が維持されていた。これは数ペアの繁殖による若鳥の加入と成鳥の死亡数がバランスしていたことによると推測される。その個体数が 60 年までの 7 年間に急速に減少し、6 羽となってしまった。この 7 年間の繁殖状況は、繁殖地に人為攪乱を引き起こすことを避けて、詳細には追跡されていないが、おそらくほとんど繁殖していなかったと推測される（1958 年に 2 羽の巣立ち、60 年に 3 羽の巣立ちの記録がある）。その後、68 年まではほぼ毎年 1~3 羽の若鳥の加入があるが、これはおそ

らく特定のペアによる繁殖と考えられる。毎年の繁殖と加入にはペア形成の安定性がきわめて重要な役割を果たしているといえよう。こうしてみると、年ごとの年齢構成の重要性に加え、ペア形成や育雛における交配相手の選択、相性、協力など、個体レベルの要因が重要であったと推測される。これは通常「アリー効果」(Alee effect) と呼ばれ、社会性の高い動物では個体数が減少したり、密度が極端に低くなった場合に強く表出する。これは飼育下でも起こり、ペアリングの重要性は広く知られている。急速な減少にともなう繁殖個体の限定は佐渡集団にアリー効果をもたらしたのではないか。

もう 1 点指摘しておきたい。佐渡のトキは 1930 年代にはすでに 30 羽前後になっていたものと推測される。佐渡以外の場所からの移入はおそらく 20 世紀以降なく、ほぼ完全な閉鎖個体群だったと考えられる。1961 年に新潟県五泉市と三条市で 2 羽の落鳥したトキが発見されている。2 羽はオスとメスの若齢個体で、おそらく佐渡から移出した分散期の個体と判断された(新潟県 1974)。本州側の個体群が健全であった時代にはかなり広範囲な相互交流があったものと推測されるが、20 世紀以降本州個体群は実質的に絶滅し、このような交流は途絶したものと考えられる。

こうした経過の中で、生息数は大幅に減少し、繁殖は特定の個体間で繰り返された結果、血縁度のかなり近い個体間の繁殖が行われてきたものと思われる。残されたトキ標本の遺伝的多様性を分析する必要があるが、近交度はかなり高いものと推測される。この集団の著しい有限性に起因する遺伝的多様性の減少とそれに付随する影響は予想以上に大きいのではないだろうか。1960 年代以降の繁殖は詳しく追跡されているが、卵数が少ないこと、孵化率が低いこと、産卵しても孵化しないことなど事例には、さまざまな要因が介在していることは当然であるが、近交弱勢の影響もまた否定できない。

1-4 トキの生態

一般に、トキ類は集団繁殖(コロニー)性が強い。近年の記録は、トキはペアごとに分散し繁殖することを示しているが、生息数が多かった時代には、ある程度のまとまりになって繁殖していた可能性はある。一夫一妻性であるが、なわばり性は強くなく、繁殖期における防衛行動などはほとんど観察されない。この防衛行動の少なさも集団繁殖性を示唆する。繁殖期以外には、小群またはまとまった群れで生活する。とくに越冬期には、おそらくかなり大きなサイズの集団で生活していたと考えられる。佐渡、能登、隠岐では留鳥であったが、シベリア、朝鮮などでは広域の渡りが行われていたようで、移動性の強い渡り集団がかつては存在していたようだ。

1-4-1 トキの年周期活動

1960年代以降の佐渡における最後の個体群は小佐渡東部一帯の地域に分布域が限定されるが、かつては前浜、小木などの小佐渡南部、佐和田（東野）などの中央部、和木、関、小田、真更川などの大佐渡地域を含む佐渡全体に広く生息していた（清棲 1954）。また能登では中央部の眉丈山と洲衛にかけて季節的に移動しながら生息していた（村本 2002）。

トキの繁殖期は、若干ではあるが年次や地域によって差があるようだ。佐渡の場合についてみる。成鳥は1月下旬から羽毛の体色変化が見られ、3月中旬から巣作り、ペアの羽づくろい、擬交尾などの繁殖行動が見られるようになる。巣は50～100cmの皿形で、巣材は枯れた小枝、産座には落ち葉、枯れ草、コケなどを敷く。巣材はオスが集める。4月上旬に産卵、一腹卵数は3～4個である。抱卵はオスメスが交代で行う。抱卵期間は約28日で、5月上旬に孵化する。この間に卵が失われると、さらに産卵を繰り返すようだ。育雛期間は40～50日程度で、6月中旬から下旬にかけて巣立つ。なお、この繁殖期の間、繁殖できなかった個体や前年生まれの子鳥は単独または小群をつくり、森林地帯で過ごしている。

孵化直後の雛はうす灰色の綿毛で覆われ、1週間前後で開眼する。飼育下での体重の成長量は、トキ保護センターのデータや中国での報告によれば、初期はゆっくりと、10～25日齢では急速に、そしてふたたび緩慢になるS字状のカーブを示すものと考えられる（Yu et al. 2000、Zhai et al. 2000）。雛は親鳥の口の中に嘴を深く入れて餌を受ける。巣立ち後もしばらくは親から給餌される。幼鳥は成長するにつれて白色の羽が生え、灰色の綿毛はなくなる。

巣立ち後は親（繁殖しなかった個体も含め）とともに小さな群れ（ねぐら群）をつくり、営巣地から次第に離れていく。おもに森林内の溪流や湿地で採餌する。8月には成鳥の換羽が始まり次第に白色に変化する。秋になると次第に低地部へ移動し、いくつかのねぐら群がまとまり大きな群れ（越冬群）を形成するようになる。低地部での行動圏はかなり広く、積雪や人為的攪乱などを避け、河川や湖沼、水田などを利用する。

以上のようにトキはその年周期活動と群れのサイズの変化にともない土地利用を大きく変えるという特徴をもっている。それらを簡単にまとめ（表1-1）、模式図とした（図1-3）。佐渡においても、トキの最後の集団は小佐渡東部の里山地帯の上部から平野部の低地水田にいたるさまざまな生態系を季節に応じて幅広く利用していた。このことは今後の野生復帰を考える上で重要な1つのポイントである。

表 1-1 トキの年周期活動と利用場所及び利用期間

年周期活動	利用期間	生息地、標高	環境要素	阻害要因
繁殖群	2～6月 (5ヶ月)	里山上部、森林 (300～500m)	営巣木、餌場 (溪流、沢、上部棚田)	営巣木の不足？捕食者 (カラス、テン) 餌場(棚田)
非繁殖群	2～7月 (6ヶ月)	里山下～上部、森林 (200～500m)	餌場(溪流、沢、上部棚田、小河川)	餌場
繁殖後ねぐら群	7～9月 (3ヶ月)	里山、ねぐら林、棚田、中間地水田 (100～300m)	隣接森林、餌場 (山麓棚田、小河川、低地水田)	餌場(水系の整備)
越冬群	10～翌年3月 (6ヶ月)	ねぐら林、平地水田 (0～150m)	孤立森林、餌場 (低地水田、河川)	餌場(乾田化、水系の整備)

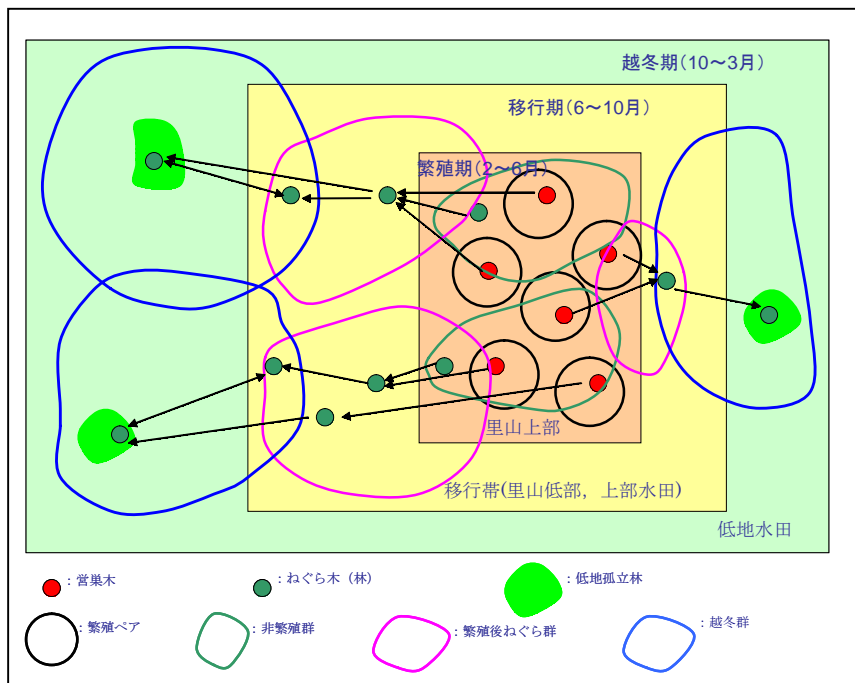


図 1-3 トキの土地利用の季節的变化

1-4-2 トキの日周期活動

トキは 9 月～翌年の 2 月頃までの越冬期は平地の採餌場所とねぐらの間を毎日往復する。活動時間はほぼ日照時間に一致し、朝は日出とともにねぐらを群れで飛び立ち、採餌場へ移動する(新潟県教育委員会 1974)。採餌時間は、餌量が豊富であれば、10～20 分程度で満足するようだ。採餌場所は複数あるが、餌量が豊富で安全な場所であれば終日滞在する。餌量が少ないと採餌時間はより長くなるが、一定量以下では別の採餌場所へ移動する。採餌が終わると羽づくろいや水浴び(1日1回程度)、繁殖期に近づくとさまざま

な社会的行動（ディスプレイ、擬交尾など）などをはさみ、休息する。休息行動は田の畦や草地などのほか、周辺の木々の枝に移動して行われる。首を縮めたり、翼の間に嘴と首を入れるなどの休息姿勢を示し、1～2 時間程度行う。この採餌と休息を終日繰り返す。ほぼ日没と同時にねぐらへと移動する。ねぐらは季節ごとにはほぼ決まっているようで、アカマツ、ケヤキ、クリなどの大木が選ばれる。集団としてまとまって泊るが、1 羽 1 羽は 1m 以上離れて休息する。

一方、繁殖期の日周活動は十分に追跡されていない。おそらく抱卵期ではオス、メスが交代で抱卵し、採餌は巣から大きく離れていない場所で行う。育雛期でも周囲で採餌し、2 羽で給餌するものと考えられる。繁殖に参加しなかった個体や若齢個体はまとまった集団となり、一定の場所をねぐらとし、基本的には越冬期と同様の日周活動を行うと考えられる。

この日周活動の傾向は、中国の野生トキにおいても共通している。ねぐらからの飛び立ちは日出の 15 分以内に、ねぐらへの帰還は日没後 10 分以内に行われるという (Wang and Shi 2000)。

1-4-3 トキの採餌生態と食性

トキはおもに淡水性の小動物、両生類、甲殻類、魚類、昆虫、底生性の動物などを幅広く採食するが、季節によって生息地を変化させることから食性には季節変化があると考えられる。これまでに飼育、糞分析、野外観察、胃内容物の分析などが行われその概要が明らかになっている。採食対象となった動物は、カエル類、サンショウウオ類、イモリ、ドジョウ、フナ、ウナギ、ナマズ、サワガニ、アメリカザリガニ、エビ類、ゲンゴロウやガムシなどの鞘翅目昆虫、ガガンボやアブなどの双翅目昆虫、イナゴなどの直翅目昆虫、タニシやモノアラガイなどの貝類、ミミズ、ヒルなどである (清棲 1954、新潟県 1974 など)。この他、糞には種子や植物繊維が含まれていた記録があるが、おそらく他の採食対象とともに混入したものと考えられる。また、場合によっては海の小魚類、貝類、ウニなども採食するようだが、嗜好性は低いと考えられる。

これまでに記録されたトキの餌リストに、土地利用と採食地の季節的变化、及びその相対的な生息量を重ねて、どのような動物が鍵餌 (キーフード) となるかを検討してみたい。まず、繁殖期に当たる 3～6 月の里山上部である。佐渡では標高 200m 以上の沢や溪流にはドジョウは通常生息していない (清水平には放流された個体が生息)。利用可能な魚類はヨシノボリ程度で、昆虫類などは少ない。育雛期にまとまった餌となるような、も

っとも利用可能性が高いのは、カエル類（とオタマジャクシ）、サンショウウオ類、サワガニなどである。石田・関谷（2005）はかつて繁殖地があった里山上部（キセン城地域）で両生類の生息推移を追跡し、トキの餌動物としてクロサンショウウオ、ヤマアカガエル、モリアオガエル、ニホンアマガエル、ツチガエルをあげている。また関谷（私信）は佐藤春雄氏所蔵の繁殖期の胃内容物の写真（おそらく旧新穂村 1933 年に落鳥した個体を下村兼史氏が撮影したもの）を分析し、イモリ（サンショウウオ類）とカエル類（モリアオガエル）がこの時期の主要な餌であったとしている。1 例ではあるが、繁殖期の食性を示す貴重な記録である。

夏から秋にかけての繁殖後のねぐら群形成期は、もっとも餌の種類と量が豊富であり、里山低部、平地上部を幅広く利用するため、じつにさまざまなものが利用できるし、実際にも利用していると考えられる。この時期にはキーとなるような餌はなく、もっとも幅広い食性を示すと考えられる。

越冬期には、小河川や水田を利用しながら、小魚類、越冬中のカエルや水生昆虫などを採食すると考えられる。冬期の斃死個体の観察や直接観察では、アメリカザリガニ、ナマズ、フナ、ドジョウなどがリストされている。この時期の主要な餌場が湛水された水田や湿性度の高い水田であることを考慮すると、佐渡にはザリガニがあまり多くはなくやはりドジョウが鍵種となっている可能性が高い。

1-4-4 トキの営巣環境

佐渡でのこれまでの営巣地点の記録はいずれも居住地域からはかなり離れたところに位置し、人為の影響や攪乱を極力避けていることがわかる。険しく急峻な地形やうっそうとした自然林などが選択されている。営巣地からそれほど離れていない場所には、溪流や沢、または棚田などの湿性環境が存在し、繁殖期の採餌場となっていることがわかる。

能登では丘陵地のアカマツをおもに営巣木とした（村本 2002）が、佐渡ではほとんどの場合、断崖または溪谷内に突き出たクリ、シナノキ、コナラ、アカマツ、ケヤキを営巣木として利用した。いずれも樹幹回り 1m 以上の大径木で、巣は高さ 15~20m の位置にあった。スギ、ヒバなどマツ以外の針葉樹を営巣木とした記録はない。

1-4-5 天敵

佐渡で天敵となりうる動物は、哺乳類ではテン、鳥類ではカラスや猛禽類である。テンについては能登で捕食されたとの記録があるが、直接襲われたのか斃死したものを食べ

たかについては明らかでない。おそらく後者ではないかと推測される。テンは佐渡には1959年に人為導入されて以降定着し、現在では島内にかなり高い密度で生息している。明らかな捕食者であればもっとも注意すべき種である。中国の生息地でもテン（種不明）が要注意種とされている。

箕口ら（2003）は、導入されたテンの生息数、食性、自動カメラによる捕食実験などを行っている。それによれば、テンの食性は季節的に変化し、春から夏にかけては昆虫類、夏から秋にかけては液果を主に食べ、鳥類は年間を通じて捕食するものの、その比率はきわめて低いことからトキを直接捕食する可能性は低いことを指摘している。また、地上高2mに人工巣（ペット用の皿巣）を設置し、その中に鶏卵をおき、赤外線センサー付の自動カメラによる捕食実験では、60%が消失し、そのすべてはカラスによる捕食であったことを明らかにした。これらの結果から、佐渡ではトキの営巣期、育雛期にテンが天敵となる可能性は低いと結論した。妥当な結論と考えられる。

この他の哺乳類には、イタチ、タヌキ、ノネコをあげることができるが、イタチはほとんど木に登らないので繁殖期に天敵となる可能性はきわめて低い。タヌキも同様に木に登らないので可能性は低い。ノネコについてはその生息状況がまったく不明であるが、生息密度はきわめて低いと考えられる。

鳥類では、（ハシブト、またはハシボソ）カラスを筆頭にあげる必要がある。箕口ら（2003）の人工巣実験においてもきわめて高い率で（鶏）卵を捕食したことが確認されている。繁殖期における産卵、小さな雛の時期には攪乱、攻撃を行い、捕食される可能性が高い。カラスは人為環境に適応し生息数が増加傾向にあり、他の鳥類の生息にも強い影響を及ぼしている。生物多様性保全の視点からもカラスの動向は重要である。ゴミなどの処理方法を検討するとともに、放鳥以前にかなり周到なプログラムを作成し、積極的に除去を行う必要がある。なお、捕獲にあたっては、冬鳥であるチシマガラスを捕獲しないよう捕獲時期を設定する必要がある。

この他の鳥類ではトビ、ノスリ、オオタカなどの猛禽類が天敵となる可能性が高い。トビは直接捕食する可能性は低いですが、後2者は天敵となるだろう。しかしこれらの鳥類は食物連鎖の上位種であり、異常に増加しているわけではなく、捕食は生態系の種間関係であることから、生息は許容されるべきである。

その他にヘビ類が卵や雛の捕食者となる可能性がある。中国ではヘビ類による雛の捕食が確認されている。佐渡にはアオダイショウ、ヤマカガシ、マムシ、シマヘビが生息し、いずれも鳥類の卵や雛を捕食するが、生息密度はそれほど高くないので積極的なアクショ

ンプランは不要と思われる。

天敵以外の死因として中国では、Zhang et al. (2000) によれば衝突、墜落などの事故死が全死亡数の約 20%を占めるという。これにはさまざまな原因が考えられるが、人工工作物としては電線などが上げられるだろう。佐渡の野生復帰に当たっては電線の地中化などが積極的に取り組まれてよいだろう。

1-4-6 中国と佐渡の営巣環境の比較

1981 年に中国陝西省洋県において 7 羽のトキが再発見された。いち早く「国家第一級保護動物」に指定し、狩猟はいっさい禁止するとともに、森林伐採、開墾、人口流入、農薬や化学肥料の散布などに強い制限をかけてきた。この結果、発見時、営巣地は 1 ケ所であったが、生息数は順調に増え、分布域は現在では近隣県へも拡大し、総面積は 3 千 km²に達している。

洋県における野生のトキは 2 月下旬から営巣を開始し、3 月下旬から 4 月上旬に産卵後、28 日で孵化し、順次育雛期に移行し、6 月中旬に巣立ちする。このスケジュールは佐渡よりごくわずかに早いようだが、基本的には変わらない。

佐渡と同様に年周期活動にしたがって生息地を変化させ、繁殖期は山地帯で、越冬期は平野部（洋県の標高は約 600m）で過ごす。営巣地は海拔 550~1200m（平均 860m）のやや急峻な地形と、樹木の多い森林に覆われた山地の中にある。営巣木はナラ類、マツ類の大木で、地上より 12~32m（平均 20m）に巣がつくられる（Wang et al. 2000）。巣のサイズは外径 55~70cm で枯れ枝などを巣材とする。巣は 1~4 回（平均 1.8 回）利用される。巣から 40~150m（平均 74m）離れた場所に沢などの湿生環境がある。

いっぽう越冬期は、水田、河川、ため池などが採餌場で、とくに冬期湛水された水田が好まれる（次年度のために冬期湛水を伝統的に行う）。ここでドジョウ、タニシ、タウナギ、カエル、他の水生動物を採食する。近年は二毛作を行う（水田をムギ畑に転換）ことが増加しているため、湛水田が減り、かわって河川や川原が餌場となっている。ここでは魚類、タニシ、甲殻類を採食する。いずれもかなり開けた場所を餌場として選択する（Ma et al. 2000）。最近の GIS による分析では、トキは人為的攪乱にはかつてより耐性があり、餌が多い低標高地を優先的に選択する傾向が認められるという（Li et al. 2002）。

こうしてみると、中国での野生トキの生息環境と佐渡のかつての生息環境は酷似していることがわかる。繁殖地である山地帯の森林と、越冬期の餌場である水田、とくに湛水田の組み合わせが、トキを受け入れる、あるいは少なくとも敵対的でない住民感情とあい

まって、トキの存続を支えてきたものと判断される。

1-4-7 中国におけるトキ野生個体群の人口学的知見

1981年の再発見以来中国洋県では自然条件下でのトキの個体数や人口学的パラメーターが詳細にモニタリングされてきた。これらの知見により、Li and Li (1998)は「存続可能性分析 (PVA)」を行っている。ここではこれまでに得られた人口学的知見をまとめておく。これらの知見から後に佐渡における存続可能性について検討することにした。

まずこれまでの個体数の推移である。1981年に発見されて以降、個体数は順調に増加しているが、より詳しく見ると、1991年以前と以後とは明らかに異なっている (図 1-4)。

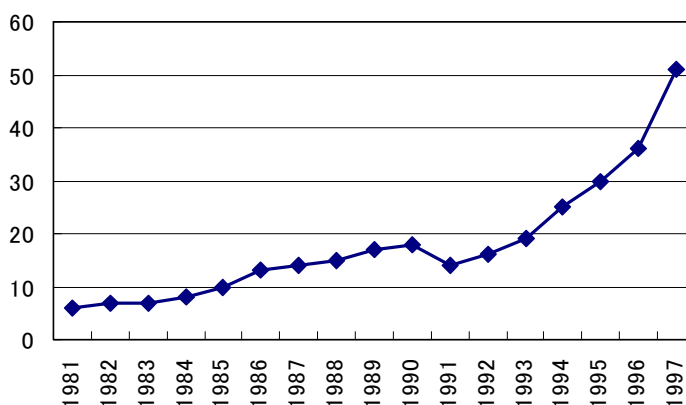


図 1-4 中国洋県での野生トキの個体数変化
(Lu et al. 200 のデータによる)

前者の平均年増加率は 1.078 であるのに対し、後者では 1.201 である。これは 1990 年に行われた捕獲の完全禁止、繁殖期での人為干渉の制限、ヘビなど天敵の捕獲の徹底などの保護施策の強化と明らかに結びついている。なお、後者の増加率が今後も維持されるとすれば、個体群の倍加年数は 3.448 年である。公表されている野生群の年齢構成 (Lu et al. 2000) は釣鐘型で増加型を示している。また、年出生率と年齢を込みにした死亡率が野外で追跡されているが、それによれば、死亡率は 1990 年以前で 5~30% と大きく変動したものの、1990 年以降は 10% 前後できわめて安定している。いっぽう出生率は全期間を通じて年次的な変化が著しく、15~75% の間を変動している (Zhai et al. 2000)。おそらく出生率は年ごとの餌量、寒さなどの環境条件の変化に強く影響されていると考えられる。この知見は佐渡でも共通していた。現在の成鳥の性比 (メス : オス) は 27 : 23 で、ややメスに偏っている、これは人工飼育個体でも同様にメスに偏る傾向がある。しかしながら、

出生時性比はほぼ 1 : 1 である。

初産齢は、2 歳でも産卵能力はあるとされるが、大半は 3 歳である。オスも 2 歳から繁殖能力をもつが、3 歳から繁殖に参加する。産卵数は 3~4 で、孵化率は平均 72%、このうち巣立つの（巣立ち率）は平均 56%である。巣立ち数の分布は、1 羽 0.256、2 羽 0.233、3 羽 0.419、4 羽 0.093 である (Li and Li 1998)。巣立ち後の雛の生存率は 57.1%、1 歳は 80.6%、2 歳は 94.7%、3 歳は 91.7%とおおむね年齢とともに高くなる。性差はほとんどないとされる。最長寿命はオス、メスともに 15 歳前後と推定される。Li and Li (1998) のデータと Lu et al. (2000) のデータはやや異なるが、ここでは後者に基づき 1987~1997 年をまとめた年齢別死亡率の知見から、オスメスを込みにした生命表および生存曲線を描くと、表 1-2、図 1-5 のようになる。生存曲線は初期死亡の多い、L 字型を示す。期待余命は、0 歳 0.74 歳（すなわち平均寿命）で、3 歳まではわずかずつ増加し、それ以降は高いレベルを維持するが、10 歳以降は減少していく。

表 1-2 中国の野生トキの生命表 (Lu et al. 2000 に基づいて作成)

年齢 x	年齢別生存 数 l_x	年齢別死亡 数 d_x	年齢別生存率 p_x	年齢別死亡率 q_x	期待余命 e_x
0	1000	510.6	0.4894	0.5106	0.7447
1	489.4	167.9	0.657	0.343	0.828463
2	321.5	90.4	0.7188	0.2812	0.859409
3	231.1	50.2	0.7827	0.2173	0.891389
4	180.9	80.4	0.5556	0.4444	0.777778
5	100.5	10	0.9	0.1	0.950249
6	90.5	30.1	0.667	0.333	0.833702
7	60.4	20.1	0.667	0.333	0.833609
8	40.3	10.1	0.75	0.25	0.87469
9	30.2	10.1	0.667	0.333	0.832781
10	20.1	10	0.5	0.5	0.751244
11	10.1	5	0.5	0.5	0.752475
12	5.1	2.5	0.5	0.5	0.754902
13	2.6	2.1	0.2	0.8	0.596154
14	0.5	0.5	0	1	0.5

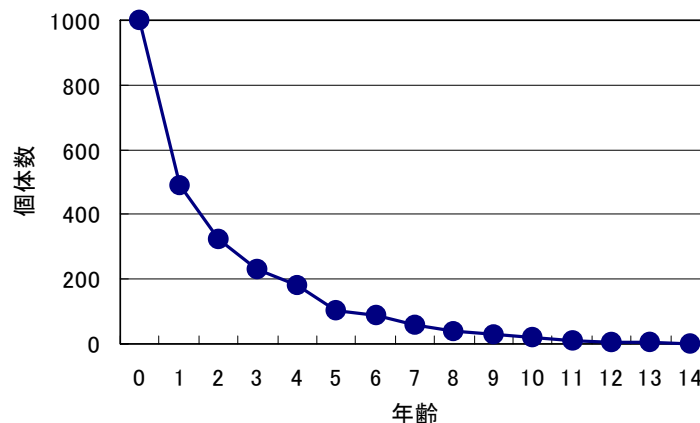


図 1-5 トキの生存曲線 オスメスを込みにして描く (Lu et al. 2000 のデータを用いて作成)

1-5 トキの再導入

1-5-1 生物多様性条約における再導入（野生復帰）の位置づけ

生物多様性条約は 1992 年の「国連環境開発会議（UNCED）」に提案され、2002 年現在で 182 ケ国が加盟する国際条約である。我が国もまた同会議で署名し、1993 年 5 月に加盟した。

生物多様性条約は 3 つの目的をもっている。1 つは生物多様性そのものの保全で、締約国に生息地の内外での保全 [生息地外 (ex situ) 保全と生息地内 (in situ) 保全]、環境影響評価の実施などの措置を講ずることを求めている。もう 1 つは、生物多様性の構成要素の「持続可能な利用」で、持続可能性の政策への取り込みを求めている。最後は、遺伝資源の利用から生ずる利益の公正で公平な配分で、遺伝資源保有国の主権を認め、提供国と利用国の生じる利益の配分や途上国への技術移転を求めている。そして、これらの措置を担保するために、締約国には生物多様性に関する「国家戦略」または「国家計画」を立てること（6 条 b）、重要な地域と重要な構成要素についてのモニタリングを行うこと（7 条）などを要請している。

生物の再導入 (reintroduction) については、第 9 条「生息地外保全」に踏み込んだ記述がある。すなわち (a) (b) 項では、生物多様性の構成要素を保全するために、原産国において生息地外保全の措置をとること、生息地外保全のために研究施設を設置し、維持することを求め、(c) 項では具体的に「脅威にさらされている種を回復し及びその機能を修復するため並びに当該種を適当な条件のもとで自然の生息地に再導入するための措置をとること」としている。(d) 項では再導入のための規制措置、(e) では予算措置に言及している。したがって、生物多様性の構成要素の再導入や野生復帰は締約国の責務として明確に位置づけられている。

この生物多様性条約（6 条）に基き、我が国は 1995 年と 2002 年に「生物多様性国家戦略」（2 回目ものは「新・生物多様性国家戦略」）を策定し、以後毎年 1 回の点検とレビューを実施してきている。この国家戦略を受けて、各省庁は法律の改定や新たな法律の制定（「自然再生推進法」（2001 年）、「外来種法（特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律）」（2004 年）など）を行ってきている。

1-5-2 IUCN/SSC の再導入ガイドライン

IUCN（国際自然保護連合）は、種群ごとの専門家グループ（SSC、Species Survival Commission、種の保存委員会）を設けているが、その 1 つに「再導入専門家

グループ」(Re-introduction Specialist Group)があり、再導入のためのガイドラインを1995年に作成した。再導入の目的、原則、手法をまとめた唯一の国際的ガイドラインで、作成年からかなりの時間が経過するが、なお有効性は失っていない。以下にその概要を述べることにしたい。

ガイドラインは全体で7章から構成されている(「はじめに」、「用語の定義」、「再導入のねらいと目的」、「総合的アプローチ」、「プロジェクトの事前活動」、「計画、準備およびリリースの段階」、「リリース後の活動」)。すべてが紹介されるべきであるが、ここではとくに「再導入のねらいと目的」と「プロジェクトの事前活動」について述べておきたい(<http://www.iucn.org/themes/ssc/pubs/policy/reinte.htm>、翻訳は渡辺勝敏氏による)。

まず、「再導入のねらい」では、野外で全域的あるいは地域的に絶滅に至った種、亜種あるいは品種の個体群を、野外で自由に生息する存続可能な個体群として定着させることとしている。そして、それは本来の自然生息地や分布域内で行い、あわせて必要最低限の長期的管理が求められるとしている。目的では、種の長期的な存続性を高めること、生態系における(生態学的あるいは文化的)キーストーン種を再定着させること、生物多様性を維持したり、復元すること、地域・国家的な経済に対して長期的利益を提供すること、保全意識を高めること、あるいはそれらを組み合わせることなどをあげている。

次に「プロジェクトの事前活動」は、「生物学的な事前活動」と「社会・経済および法的要請」に分けられている。前者の「生物学的な事前活動」については、この報告と関わりが深いので詳しく見ていく。まず、再導入に当たっては「実現可能性に関する研究と関連事項の事前調査」を行う必要があるとし、

① 分類学的位置づけをすること(再導入は絶滅したものと同一亜種または品種であることが望ましいとされる)、

② 当該種の生息条件を明らかにすること、
を求めている。とくに後者については、生息地の選好性、種内変異や地域的な生態条件への適応、社会行動、グループ構成、活動域の広さ、隠れ家や餌の要求、採餌や摂餌行動、捕食者や病気などの生物学的知見の重要性を指摘している。また、再導入される種が生態系にどのような影響を及ぼすのかも十分に理解しておく必要があると指摘している。そして、

③ 放鳥のスケジュール(放鳥数と最適な構成)をつくること、

④ 放鳥後の動態をさまざまな条件設定のもとでシミュレーションするいわゆる個体群存続可能性分析(PVA、後述)と、生息地存続性分析(Habitat Viability

Analysis) を行うこと、
を求めている。それは重要な環境や個体群に関するパラメーターを特定し、それらの潜在的な相互作用を調べるのに役に立ち、長期的な個体群管理の指針となると述べている。続いて、

⑤ 放鳥する場所を特定し評価すること、
を要請している。放鳥場所は当該種の歴史的な分布域内とし、そこは長期的に確実に保護されるべきであるとしている。評価は、生息適地が利用可能かどうか、当該種の生息環境や景観に対する要求性が満たされ、将来にわたって維持されるかどうか、という視点から行われるべきとしている。加えて、絶滅後に生息地が変化している可能性について検討すべきとしているが、この点は佐渡の場合きわめて重要な指摘であるといえよう。同様に、絶滅後の法的・政治的あるいは文化的な環境の変化についても検討し、制限する要因についても評価する必要がある。そして、再導入場所の面積は、再導入個体群の成長を維持し、長期的に存続可能な（自己持続的な）個体群を保持することができる十分な環境収容力を有する必要があるとしている。また、以前の絶滅や減少要因を特定し、それを除去するか、あるいは十分なレベルに減少させることが重要であるとし、放鳥場所が劣化しているような場合には、放鳥に先立ち生息地復元を行うことが必要であると指摘している。

再導入個体は野生個体群起源のものが望ましいとした上で、放鳥個体の生残は幼長期の経験や学習に大きく依存しているため、飼育環境下において野外で生存するために必要な訓練を施す必要があり、そのために飼育施設の維持や存続が、放鳥後も重要であると指摘している。

後半の「社会・経済および法的要請」の分野では、再導入には長期的な資金および行政的なサポートが必要であること、地域の人々に与える影響、コスト、利益などについての社会・経済的な研究が必要であること、そして、再導入プログラムは、地域社会に十分に理解され、受け入れられ、サポートされなければならないことを強調している。

以上見たように、このガイドラインは佐渡におけるトキの野生復帰にとっていずれもが重要な内容を含んでいる。

引用文献

石田千晶・関谷國男、2005、トキ野生復帰に向けたキセン城復元棚田における 2 年目の遷移調査—両生類の生活史を中心として—、新潟大学トキプロジェクト 2005 年度発表会

- 小金沢正昭、1989、「鉄砲文書」にみる江戸時代のシカ・イノシシの分布について（予報）—栃木県を事例として—、栃木県立博物館研究報告紀要 6:65-80
- Li, X. and Li, D. 1998. Current state and the future of the crested ibis (*Nipponia nippon*) : A case study by population viability analysis. *Ecological Research* 13:323-333.
- 清棲幸保、1954、日本鳥類生態図鑑、講談社
- Li, X., D. Li, Y. Li, Z. Mam and T. Zhai, 2002. Habitat evaluation for crested ibis: A GIS-based approach. *Ecological Research* 17:565-573.
- Lu, B. W. Fu, T. Zhai, Y. Zang, Y. Xi, and L. Huang. 2000. Study on population structure and population dynamics of the crested ibis. 稀世珍禽—朱鷺、'99 国際朱鷺保護研究討論会文集 97-103、中国林業出版社
- Ma, Z., C. Ding, X. Lu, T. Zhai, and B. Lu. 200. Feeding sites selection of the crested ibis in winter. 稀世珍禽—朱鷺、'99 国際朱鷺保護研究討論会文集 92-96、中国林業出版社
- 箕口秀夫・中島卓也・中村彰、2003、佐渡島におけるテンの生息に関する研究、新潟県、75pp
- 三浦慎悟、2002、日本は野生動物とどのように向き合ってきたか—不可逆的に変化した生態系とその底流、*科学* 72:95-101
- 村本義雄、2002、本州最後のトキの生息地、『トキ、永遠なる飛翔』、pp. 82-93、ニュートン
- 新潟県教育委員会、1974、トキ保護の記録、新潟県 229pp
- 西村三郎、2003、毛皮と人間の歴史、紀伊国屋書店 388pp
- 林野庁、1969、鳥獣行政のあゆみ、林野弘済会、572pp
- 下山晃、2005、毛皮と皮革の文明史、ミネルヴァ書房 456pp
- 自然環境研究センター、2003、共生と循環の地域社会づくりモデル事業（佐渡地域）報告書、自然環境研究センター、307pp
- 内田康夫、1970、トキにおける羽色変化の機構、山階鳥類研究所報告 16:32-53
- Xi Y., B.Lu, W.Fu, Z.Geng, T.Zhai, and Y.Zhang. 2000. Study on captive breeding of crested Ibis (*Nipponia nippon*)、稀世珍禽—朱鷺、'99 国際朱鷺保護研究討論会文集 139-144、中国林業出版社
- 安田鍵、1983、トキの文献（その 1）、応用鳥学集報 3 : 28-40

- 安田健、1983、トキの文献（その2）、応用鳥学集報4：8-28
- 安田健、1995、日本のトキ（朱鷺）がたどった道、『文明と環境』、河合雅雄・埴原和郎編、pp. 52-65、朝倉書店
- Wang, Z., L. Zhao, and Q. Wang. 2000. Analysis of the habitats nested by the crested ibis (*Nipponia nippon*). 稀世珍禽－朱鷺、'99 国際朱鷺保護研究討論会文集 112-115、中国林業出版社
- Wang K. and D. Shi. 2000. Observation of anniversary and daily activity of the rested ibis. 稀世珍禽－朱鷺、'99 国際朱鷺保護研究討論会文集 123-131、中国林業出版社
- Zhai, T., B. Lu, Y. Zhang, Y. Xi, and L. Huang. 2000. Study on the reproductive ecology of crested ibis *Nipponia nippon*. 稀世珍禽－朱鷺、'99 国際朱鷺保護研究討論会文集 104-111、中国林業出版社
- Zhang, Y., B. Lu, T. Zhai, Y. Xi, and Y. Wang. 2000. Analysis of the death reason and conservation measures of rested ibis. 稀世珍禽－朱鷺、'99 国際朱鷺保護研究討論会文集 117-122、中国林業出版社

(新潟大学農学部附属フィールド科学教育研究センター 教授 三浦 慎悟)

第2章 森林現況

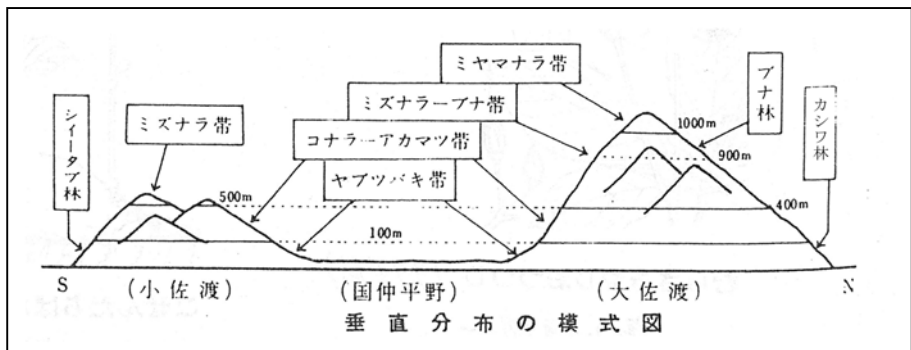
2-1 佐渡島の森林概況

佐渡は北東－南西にのびる大佐渡・小佐渡の山脈と、それらに挟まれた国仲平野とからなり、島のほぼ中央を北緯 38 度線が通過している。面積 257km²、周囲およそ 227km の海岸線の大部分は岩石海岸で、海岸段丘がよく発達している。

大佐渡山系は、金北山（1173m）を主峰に大小の峰が激しく起伏して連なるが、森林植生によって山麓帯、山腹帯、山頂、背稜帯に区分する。山麓帯（海拔およそ 100～400m）にはコナラ林、アカマツ林が多く、スギ植林も各地にみられる。山腹帯（海拔およそ 400～1000m）では、700m 付近より下部にはミズナラ林が多く、上部にはブナ林が多くなる。この地帯の谷沿いにはサワグルミ林、尾根付近にはスギ天然林が分布する。山頂・背稜帯（海拔 1000m 以上）の植生は、季節風の影響で、高山・亜高山的景観を呈し、ミヤマナラ林、ハクサンシャクナゲ群落、砂礫地植生、シバ草原などがみられる。

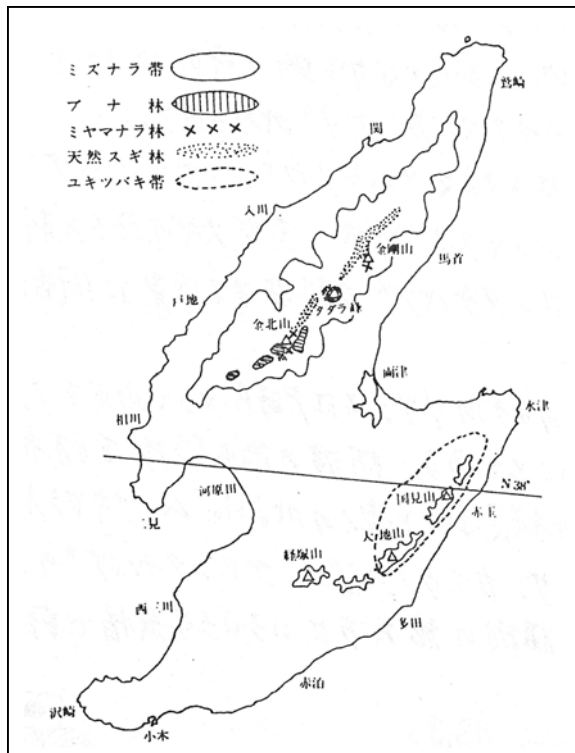
小佐渡山系は、大地山（645m）を最高に、海拔 500～600m 前後の山々がなだらかな高原状の山地を形成し大佐渡山系によって季節風が緩和され、山頂部において僅かにミズナラ林がみられるほかは、全域にわたってコナラ林、アカマツ林などの二次林となっている。なお、小佐渡東北部のコナラ－アカマツ林やミズナラ林の林下には、ユキツバキが広く群生する。ユキツバキは典型的な日本海要素の一つで、越後のブナ林にはよく生育するが、大佐渡のブナ林では、これを欠く。大佐渡にみられずブナ林の分布しない小佐渡の山中に群生することは興味深い。

（以上、佐渡の植物刊行会「佐渡植物誌 佐渡の植物 第4集」より抜粋）



本間建一郎（新潟の自然刊行委員会／編）「新潟の自然 2 集」（1972）

図 2-1 垂直分布の模式図



本間建一郎（新潟の自然刊行委員会／編）
「新潟の自然2集」（1972）

図 2-2 山地帯の植生分布

2-2 佐渡島における森林病虫害

2-2-1 松くい虫被害

2-2-1-1 松くい虫被害の特徴（侵入病虫害の脅威）

周知の通り松くい虫被害は侵入病害によるもので、在来の病虫害と異なり、自然の抑止力による沈静化が期待できない。そのため通常は防除目標を 1%被害率程度の微害レベルとし、その後も継続的に伐倒駆除等の防除対策を講じることとなる。しかしながら本地域においては、トキの放鳥後は事業実施が大きく制限されることが予想されるため、それまでに被害を限りなく低いレベルにもっていく必要がある。

新潟県のトキ野生復帰計画において、営巣木等として最も重要な樹種はマツ類である。また、その分布は保全事業のコアゾーンやバッファーズーンの全域に及び、マツ類の保全整備は本保全事業の成否を握っている。

しかしながら、本事業実施に際しては、通常の松くい虫被害防除対策で行われている全ての対策を総合的に適用することは、様々な制限要因があることから、その実施については慎重な検討が必要である。すなわち、トキの生息環境を保全整備することを目的とした場合、枯損防止に極めて効果的な防除方法である予防薬剤散布を実施できる地域が限られていることから、その他の防除方法を選択することが必要となる。

2-2-1-2 新潟県及び佐渡おける松くい虫被害の拡大

(1) 新潟県における被害

被害は昭和 50 年代から記録されているが、全国的に夏の高温小雨を記録した昭和 54 年を契機に、新潟県でも被害は急増した。被害発生市町村は、昭和 52 年度 2 市町村、被害量は 50 立方メートルであったが、昭和 54 年度には 16 市町村、4,913 立方メートル、昭和 63 年度のピーク時には被害量最大の 88 市町村、40,459 立方メートルを記録するに至った。

その後、徐々に減少に転じ、平成 15 年度にはピーク時の被害量の 30%に当たる 12,111 立方メートルまで減少しているが、依然として、県全体の市町村の半数以上になる 47 市町村で被害は発生している。(表 2-1)

(2) 佐渡島における松くい虫被害

佐渡島では、平成 16 年 3 月 1 日に島内の全域に当たる 10 市町村が合併して、一島一市になったところであり、佐渡島における松くい虫被害の状況については、合併前の旧市町村単位(図 2-3)での資料に基づいて以下述べることとする。

佐渡島の全面積約 8 万 5 千 ha のうち森林面積は 6 万 2 千 ha、うちマツ林は約 5%の 315ha となっている。佐渡島では昭和 61 年(1986)に被害が出始め、その後年々増加して平成 6 年(1994)には 11,169 立方メートルのピークに達した。その後は減少傾向を示し、平成 15 年度(2003)には 1,176 立方メートルとなっており、新潟県の総被害量の 15%を占めている。

佐渡島における松くい虫被害は昭和 61 年度に小木町、両津市、新穂町で初めて発生しているが、その 78%は小佐渡の南端部の小木町で発生し、20%が両津市、2%が新穂町で発生した(表 2-1、表 2-2)。これは小木町と両津市がともに本土との物流の中心地であり、土木建築工事などで用いられるマツ材のなかに松くい虫被害木が混入し、佐渡島まで運ばれてきたことによる可能性が疑われる。

平成 5 年度には全市町村に拡大し、平成 6 年度には最高の 11,169 立方メートル(これはその年の新潟県被害の 36%に当たる)を記録している。その後数年続いた高水準の被害も徐々に減少し、平成 15 年度には 1,176 立方メートル(新潟県被害の 15%)、ピーク時の 11%に

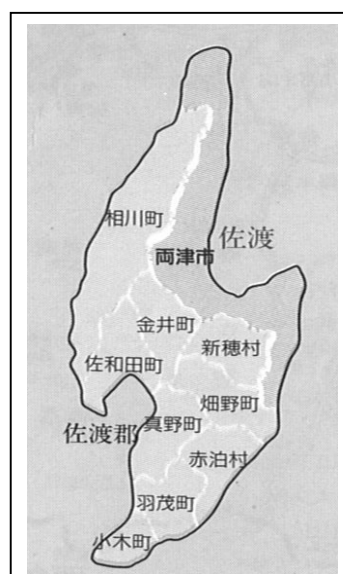


図 2-3 旧市町村単位

まで軽減したが、被害発生は依然として全島に及んでいる。被害の激しさを表現するには、被害率（本数被害率或いは材積被害率）で表すのが適切であるが、地域別のマツ類現存量などの資料が不足しているため、ここでは被害量の資料で判断する。

佐渡島での発生後数年間は両津市、小木町、羽茂町を中心とした地域で被害が続き、徐々に他の地域に拡大した。すなわち、南部からは小木町での激害は羽茂町で増大し、真野町、赤泊町と続き、最近では小佐渡の被害が佐渡の大部分を占めている。一方、両津市の被害は途絶えることなく続いており、時には佐渡全体の 20% 近くに達することもあるが、おおむね 10% 前後を占めてきた。両津市には大佐渡東部と小佐渡東部が含まれ、それらの被害の発生地域の詳細は不明であるため、被害拡大の経過については推定することができない。しかし、両津市の小佐渡東部の山地（両津東部地区）には 2005 年 1 月の現地調査でもアカマツ現存量が多く、同時に被害木も多数認められたのでこの地域の被害の占める割合は少なくないものと推測できる（写真 2-1）。

現在、小佐渡東部を中心にトキ営巣木等保全整備事業のコアゾーンとなっているのは両津市東部地区と新穂地区で、この小佐渡丘陵の北西面にはアカマツが多く、重要地区となっている。

また、月別枯損被害発生をみるとそのほとんどが年内の枯れであるが、いわゆる年越し枯れも約 20% 近くに達している（表 2-3）。年越し枯れ被害木のマツノマダラカミキリ寄生率は低いものと思われるが、駆除対策の対象として無視できないものである。



写真 2-1 佐渡の松くい虫被害木（2005 年 1 月）

表 2-1 新潟県地区別年次別松くい虫被害量の推移

(m³)

年度 市町村	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	元	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
両津市										50	270	190	197	231	424	554	682	478	974	1,055	934	631	522	896	322	65	114
相川町																	5	353	209	357	351	281	228	482	118	12	11
佐和田町												3		5	4	258	970	2,165	1,910	1,260	1,550	650	680	548	562	157	35
金井町											1	22	134	205	475	696	1,310	1,587	1,624	2,011	592	476	402	253	186	133	113
新穂村										5	235	165	198	107	124	309	295	412	398	570	390	84	173	7	31	10	25
畑野町											1	83	185	314	405	292	518	566	449	339	441	336	241	141	12	24	253
真野町											10	15	15	15	54	410	934	2,215	924	1,427	449	831	148	214	63	59	42
赤泊町												6	18	48	58	116	399	549	497	952	1,321	1,078	1,010	1,011	831	846	787
羽茂町											121	385	1,128	1,969	2,247	1,872	2,100	1,331	1,345	865	1,300	1,706	1,645	931	321	598	140
小木町										200	1,414	1,790	1,352	2,082	2,662	2,553	2,280	1,513	1,578	1,139	879	737	657	287	473	203	256
佐渡島計										255	2,052	2,659	3,227	4,976	6,453	7,060	9,493	11,169	9,908	9,975	8,207	6,810	5,706	4,770	2,919	2,107	1,776
新潟県計	50	380	4,913	4,447	6,359	15,287	15,251	19,340	23,509	31,191	36,741	40,459	33,607	32,838	31,973	33,423	33,397	30,926	25,619	22,415	18,262	13,931	12,257	15,996	18,906	15,917	12,111
市町村数	2	2	16	26	23	42	52	56	61	73	87	88	86	86	84	80	77	75	65	64	58	52	50	49	49	47	47

新潟県資料

表 2-2 佐渡島における松くい虫被害の市町村別比率の年度別推移

(%)

市町村	年度 S61	62	63	H1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
両津市	20	13	7	15	5	7	8	7	4	10	11	11	9	9	19	11	3	6
相川町	0	0	0	0	0	0	0	5	3	2	4	4	4	4	10	4	1	1
佐和田町	0	0	0	0	0	0	4	10	19	19	13	19	10	12	11	19	7	2
金井町	0	0	1	4	4	7	10	14	14	16	20	7	7	7	5	6	6	6
新穂町	2	11	6	6	2	2	4	3	4	4	6	5	1	3	0	1	0	1
畑野町	0	0	3	6	6	6	4	5	5	5	3	5	5	4	3	0	1	14
真野町	0	1	1	1	0	1	6	10	20	9	14	5	12	3	4	2	3	2
赤泊町	0	0	0	1	1	1	2	4	5	5	10	16	25	18	21	28	40	44
羽茂町	0	6	14	35	40	35	27	22	12	14	7	16	16	29	20	11	28	8
小木町	78	69	67	42	42	46	36	24	14	16	11	11	11	12	6	16	10	14
佐渡島計 (m ³)	255	2052	2659	3227	4976	6453	7060	9493	11169	9908	9975	8207	6810	5706	4770	2919	2107	1176

新潟県資料より

表 2-3 佐渡島における松くい虫被害の月別発生量 (平成 15 年度および 16 年度)

(m³)

年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計	6-12月 枯損計	1-5月 枯損計
15年度	183	87	74	172	320	213	177	477	22	8	15	26	1776	1457(82%)	319(18%)
16年度	0.0	129.3	15.0	0.0	12.0	8.0	0.0	39.0	271.2	—	—	—	474.5	345.2	129.3

新潟県資料(2005.1)

2-2-1-3 被害防除対策と問題点

(1) 新潟県対策対象マツ林の松くい虫被害量

新潟県における松くい虫被害防除は、後食防止のための予防薬剤散布（空中散布と地上散布）、抗線虫剤の樹幹注入、被害枯損木の駆除（薬剤散布、薫蒸、破碎）、樹種転換、抵抗性品種の導入等によって効果を上げてきた。その結果、近年の被害量は著しく減少し、平成 15 年度の被害量を見ると、新潟県については昭和 63 年最大被害の 30%、前年比 76%、佐渡島については平成 6 年最大被害の 11%、前年比 56%となっており、減少傾向は明らかに示されている。

県の広報パンフレット「新潟県の森林・林業」によると、被害対策を講じているマツ林の被害とその今後の予測について、平成 11 年から平成 14 年までと、平成 17 年及び 22 年の目標が示されている。平成 22 年の被害を 5,000 立方メートルとしたのは、新潟県で激害が発生し始めた、昭和 54 頃の水準にまで沈静化させるという意欲の表れである（図 2-4）。

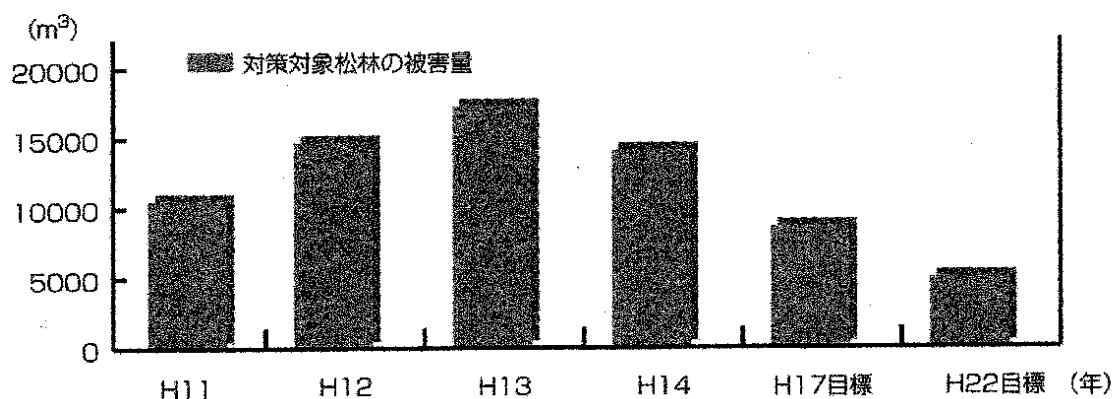


図 2-4 新潟県対策対象マツ林の松くい虫被害量
（新潟県；新潟県の森林・林業、2004 より）

(2) トキ営巣木等保全整備事業

佐渡地域振興局林業振興課による「事業の概要」は以下の通りである。

1) 目的

平成 19 年度を目途に、自然放鳥によるトキの自然復帰を目指しており、トキの生息環境保全に必要なマツ林保全対策を緊急かつ重点的に実施し、佐渡島内の松くい虫被害を終息型に誘導することを目的とする。終息型被害とはマツ林蓄積（492 千立方メートル）の 0.1～0.3%（約 500～1500 立方メートル）程度の被害量を想定している。

2) 事業の概要

ア. 事業内容；マツ林所有者の同意を得て、被害木の伐倒薫蒸、営巣木等となりうるマツ高木の樹幹注入による保全、営巣木・ねぐら木候補の選定調査、その他。

イ. 事業実施区域（図 2-5）；トキ放鳥予定区域のコアゾーン（両津東部・新穂地区）では、樹幹注入、被害枯損木の薫蒸処理他。コアゾーンに被害を及ぼすおそれのある区域、バッファゾーン（畑野・赤泊地区）では被害木の薫蒸処理。

ウ. 事業主体；国、新潟県

エ. 期間；平成 15～19 年度

本概要によるとマツ林を対象とした保全対策は、主に両津東部と新穂地区の小佐渡丘陵北西斜面が中心である。この地区にはマツ類の天然林及び人工林が多く、営巣木及びねぐら木として利用される可能性のあるマツ高木は数千本にのぼる。このうち、それぞれの利用に適した高さや枝張り他の特徴を有する樹木を選び、平成 15 年度から樹幹注入を実施している。実施箇所が道路もなく地形急峻な山地に分散しているため、労力と時間を要する事業となっている。

平成 16 年度は、樹幹注入の他に不要木除去、歩道作設、営巣木等調査、その他の事業が計画されている。

(3) 防除方法

本トキ営巣木等保全整備事業においては、通常の防除方法の全てを適用することは難しい。特に、防除効果の優れた予防薬剤散布は、経費、労力、効果からみて有力な方法であるが、対象地における環境生物への悪影響、水源林機能の保全等を考慮する必要があるため、それらに影響が無い、あるいは少ないことが明らかになるまで差し控えることにしている。餌場保全の見地からコアゾーンにはこうした配慮は必要であるが、その他の地区では、マツノマダラカミキリ等の媒介昆虫の発生源除去を行うため、樹種転換と同様の趣旨で予防散布による枯損防止を推進することが望まれる。

松くい虫被害対策の実施には専門家による専門的知識・技術の総合的適用が必要であり、同時に、地元住民、市民団体の理解と協力が不可欠である。佐渡においても平成 11 年度には島内全市町村が連携して佐渡地区松くい虫被害対策協議会が発足、地域住民が参加した松を守る島民運動が動き出した。佐和田町の「よみがえれ松の会」では、被害や防除の状況を住民に理解してもらい、枯損木の伐倒搬出、かきおこしによる天然下種更新の促進、苗木の植栽、播種等を実施している（新潟県治山課。2000）。

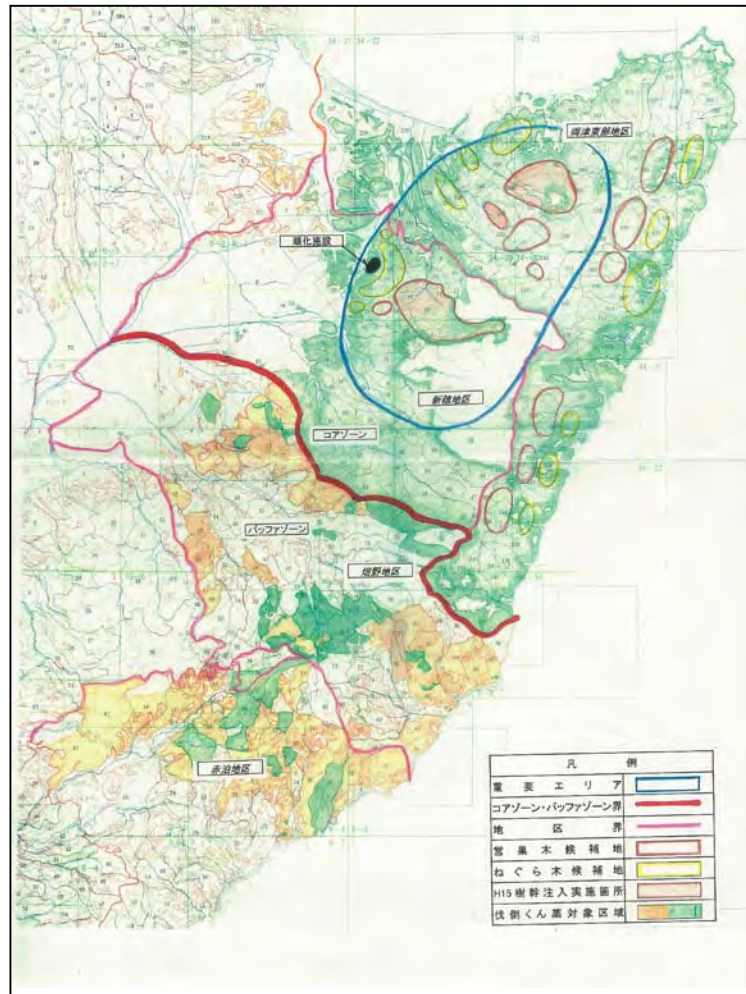


図 2-5 営巣木等保全整備事業概略図

(新潟県提供資料)

2-2-1-4 松くい虫被害発生危険地域区分

1) 松くい虫被害発生環境要因 (MB 指数及び標高要因)

本事業計画策定の前提として、MB 指数 (月平均気温 15℃以上の累積値) あるいは標高に基づいた松くい虫被害発生危険地域区分による当該地域の被害発生危険度予測が用いられている。表 2-4 は日本各地の MB 指数を示したものであるが、参考のため 1941～1970 年平年値と 1971～2000 年平年値によって算出した値を示した。表に示した両津を除く平均気温は 25 地点の全てで上昇し、その平均は 0.51℃であった。MB 指数も同様にほとんどの地点で増大している。山根 (1979) は近藤ら (1975)、小林 (1979) を引用して MB 指数の年次変動を検討し、最大で 10 近い変化の例を示している。

表 2-4 日本各地の MB 指数、年平均気温の平年値の変化

(山根；1979 を改編および理科年表 2005 年版)

地点	標高	平年値(1941~1970)		平年値(1971~2000)		T2-T1	MB2-MB1
		年平均気温T1	MB1	年平均気温T2	MB2		
函館	35.0	8.2	13.0	8.8	14.5	0.6	1.5
青森	8.8	9.6	18.2	10.1	20.0	0.5	1.8
秋田	6.3	10.9	24.6	11.4	26.0	0.5	1.6
盛岡	155.3	9.7	20.8	10.0	21.5	0.3	0.7
山形	152.5	11.0	26.4	11.5	27.4	0.5	1.0
福島	67.4	12.3	30.2	12.8	30.8	0.5	0.6
相川	5.5	13.0	29.3	13.6	31.5	0.6	2.2
両津				13.6	33.6		
新潟	1.9	13.0	32.5	13.5	35.2	0.5	2.7
金沢	5.7	13.7	35.6	14.3	38.4	0.6	2.8
長野	418.2	11.3	28.2	11.7	29.2	0.4	1.0
甲府	272.8	13.6	35.8	14.3	39.2	0.7	3.4
前橋	112.1	13.6	33.9	14.2	37.7	0.6	3.8
水戸	29.3	13.0	31.6	13.4	31.2	0.4	-0.4
銚子	20.1	15.1	34.9	15.3	35.5	0.2	0.6
大島	74.0	15.0	33.4	15.8	38.3	0.8	4.9
鳥取	7.1	14.3	36.7	14.6	39.5	0.3	2.8
和歌山	13.9	15.8	45.5	16.4	48.9	0.6	3.4
潮岬	73.0	16.8	45.6	17.0	46.8	0.2	1.2
広島	3.6	14.8	40.5	16.1	48.4	1.3	7.9
福岡	2.5	15.7	44.1	16.6	48.8	0.9	4.7
熊本	37.7	15.9	46.5	16.5	50.7	0.6	4.2
鹿児島	3.9	17.0	50.7	18.3	58.9	1.3	8.2
松山	32.2	15.4	42.8	16.1	46.5	0.7	3.7
高知	0.5	16.1	45.8	16.6	49.0	0.5	3.2
那覇	28.1	22.3	87.8	22.7	92.4	0.4	4.6

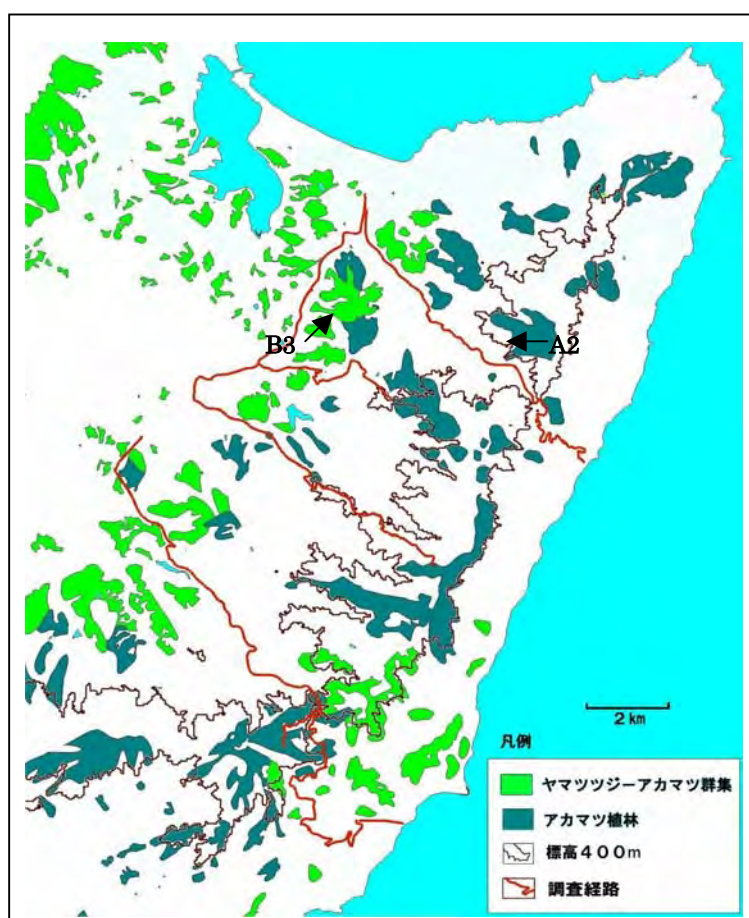
MB 指数の提唱者である竹谷ら（1975）は被害発生の危険に関して、当時 40 以下の地域では材線虫は侵入しておらず、45 以上では激害地が多く含まれるため、40 以上で激害発生の危険性があると結論づけた。両津市における最近の MB 指数は 33.6 であるが、同様な数値の水戸や福島では激害が発生しており、30 程度であっても危険度は高いと考えられる。

なお、年平均気温、MB 指数と同様に各地の温度特性を表す指標として暖かさの指数 (W.I.) がある。参考までに表 2-5 には 1941-1970 年の平年値を示しておく。

2) 標高と被害発生の危険性

林野庁調査（松くい虫被害新防除技術開発調査事業報告書、2004）によると、小佐渡地域における被害分布限界標高に関する解析事例は以下の通りである；

マツ林 A-2（図 2-6 参照）は標高 390m にあって過去に被害がありながら現在被害発生がない。一方、この近くにあるマツ林 B-3（図 2-6 参照）は標高 400m にあって激害が発生している。両者の違いは周辺マツ林の存在であって、マツノマダラカミキリが大量飛来する可能性の有無である。



林野庁「松くい虫被害新防除技術開発調査」事業報告書より抜粋
マツ林の分布は環境庁の第2回、第3回自然環境保全基礎調査結果より抽出

図 2-6 マツ林の分布と標高 400m の等高線

以上のことから小佐渡におけるトキ営巣木等としての高樹高、高齢マツの保全を目的とした被害発生限界標高に関しては、400m を仮の数値とすることは妥当と思われる。

結論として；

ア．標高 400m（仮）以上では被害は終息に向かっているので、①防除しなくとも被害の拡大はない。②但し、単木的には枯損のおそれがあるため、主要な営巣木等のマツには樹幹注入によって枯損を回避する必要がある。

イ．標高 400m（仮）以下では今後も被害は継続して発生する可能性があり、①管理（完全な駆除や予防）が可能ならばマツ林として残す。②防除不可能なマツ林は樹種転換して媒介昆虫発生源を除く。③天然更新や人工植栽によるマツ林の新規造成には、管理（被害対策）が可能なもののみとする。

以上、標高 400m を一応の基準とした被害発生危険地帯区分については、今後多くの事例調査に基づいてその確実性について検証していく必要がある。留意すべきは 400m は仮の数値であって、安全係数を考慮する必要がある。

ウ．同じく林野庁委託調査では、新潟県における枯損被害発生限界標高を 300m としているが、石川、富山、茨城の 400m、山梨、長野、鳥取、広島等の 500m 等と比較すると、限界標高の設定に当たっては、ある程度の幅をもって検討することが必要と思われる（表 2-5 林野庁、1997）。

表 2-5 マツ枯損発生限界標高

単位 (m)

岩手 300	茨城 400	千葉 500	徳島 600	愛媛 700
宮城 300	栃木 400	東京 500	香川 600	高知 700
秋田 300	群馬 400	神奈川 500		福岡 700
山形 300	埼玉 400	福井 500		佐賀 700
福島 300	富山 400	山梨 500		長崎 700
新潟 300	石川 400	長野 500		熊本 700
		岐阜 500		大分 700
		静岡 500		宮崎 700
		愛知 500		鹿児島 700
		三重 500		
		滋賀 500		
		京都 500		
		大阪 500		
		兵庫 500		
		奈良 500		
		和歌山 500		
		鳥取 500		
		島根 500		
		岡山 500		
		広島 500		
		山口 500		

(林野庁；終息型微害松検定手法開発調査報告書、1997)

2-2-1-5 防除対策の問題点

1) 被害発生危険地帯区分

発生危険地帯区分の基準として標高や MB 指数を用いる場合、気温等の年次変動や周辺松林の状況によって被害発生の危険性は変化するので、仮に定めた指標、標高 400m を固定的に考えるのではなく、状況の変化に応じた検討が必要である。

2) 高標高地区における防除

400m（仮）を超える高標高地区では松くい虫被害発生の危険が少ないので、営巣木等の保全の必要が少ないとして事業対象外にする考え方がある。同様にその地区の被害木の駆除についても地形の陰しさ等もあり、徹底することが困難な場合もあると思われる。しかしながら、マツノザイセンチュウによる枯損であれば媒介昆虫駆除は完全に徹底的に行うことが望ましい。アクセスが困難であればヘリコプターによる林外搬出を検討することも必要である。

3) 地元住民、市民団体、NPO参加型の防除体制の整備

松くい虫被害防除には地元住民等の支援協力が不可欠である。そのため、松くい虫被害と防除に関する日常的な普及啓発活動が必要である。自然教育の一環として、小中学校生徒に対する松くい虫被害についての講義と実習なども有効と思われる。トキ復帰についても地元の協力を得るためにも総合的に自然を考える普及啓発活動が有効と思われる。

4) 被害発生危険地帯区分設定と現地における気象データの記録

被害発生要因としての気温等の気象データは一般的に気象台などの観測値が用いられる。今回のコアゾーンにおける松くい虫被害発生の危険性については、現地における気象観測記録に基づいて解析する必要がある。佐渡島における気象観測地としては相川と両津における観測が利用できるが、いずれも低標高地で、400m を超える高標高地点での観測資料ではない。最近、簡便で長期間にわたって気温などを観測記録できる機器（データロガ）が利用できるため、コアゾーンの数箇所に記録計を設置して、詳細な気象データを記録することも有効と思われる。

2-2-2 ナラ類集団枯損被害

2-2-2-1 被害の特徴

近年、本州の日本海沿岸の多くの府県で、カシノナガキクイムシによるナラ類の集団的枯損被害が多発している。

カシノナガキクイムシ（以下カシナガ）はナガキクイムシ科に属する養菌性の昆虫（アンブロシア甲虫）で、成虫は7月頃に発生し、ナラなどの生立木の辺材部に穿孔して坑道（母孔）を作り、孔壁に産卵する。孵化した幼虫は孔壁に培養されたアンブロシア菌を食って成長し、翌年7月頃羽化脱出する。

この被害は大径木が加害されやすく、外観上の特徴としては幹の地際から3m位までの範囲に直径2mm位の孔が多数でき、木屑が排出される。7～9月にかけてミズナラ・コナラなどのナラ類が急激に枯れてくる。紅葉が始まる前の9月頃に赤くなった枯れが目立ち、注目を集めている。急激な枯損をおこす原因はマツ材線虫病と同じく水分の通道が阻害されることによる。枯れたほとんどの個体は地下部がならたけ病に侵されるため萌芽が妨げられる。

ナラ・カシ類の集団枯損に至る状況を見ると7月から9月にかけて初めは単木的に、その後は前年枯損木を中心に集団的に枯れていく。被害は数年間続き大径木を中心に半数近くが枯れてようやく被害が治まるという経過をたどる。

被害はブナ科全般にみられるがミズナラが最も被害を受けやすく、次いでコナラである。ウラジログシ、シラカシ、マテバシイなどの常緑カシ類も被害を受ける。ブナは加害されるが枯れた例は記録がない。

被害地の標高は主に400m以下で、200m付近で被害は多い。最初の被害は飛び火的で主に山腹上部に数本の被害が発生し、翌年以降山腹を下るように周囲に拡大していく。この飛び火的な拡大はシイタケ原木としての移動、風倒、伐採などに関係している可能性もある。集団枯損の被害が増大するには気象条件の影響があり、5月～7月の雨量が少ないと被害は増大する。

2-2-2-2 佐渡島（新潟県）におけるナラ枯れ被害の侵入と拡大

全国における最近の被害は、1988年頃から山形県～鳥取県の日本海沿岸府県にほぼ同時に発生し、現在でも地域は移動拡大している（図2-7）。

新潟県では1973年に発生の記録があるが数年で終息した。平成4年に上越地方で被害が発生している。

今回の被害は県内 6 カ所から始まり、周辺に飛び火状に移動拡大しており、佐渡島には平成 10 年（1998）、両津市の小佐渡丘陵の南東斜面に侵入し、以後拡大を続け、2003 年には大佐渡山地南東部にも発生が記録されている（表 2-6、図 2-8）。

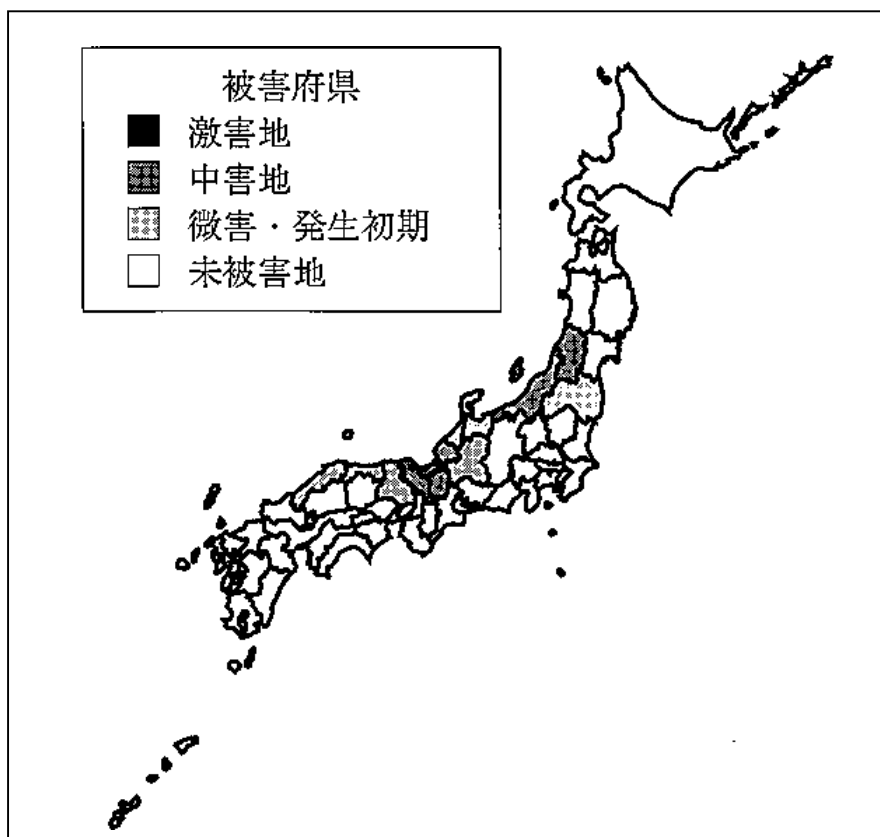


図 2-7 ミズナラを主としたナラ類集団枯損発生府県
(斉藤他、林業と薬剤No.166, 2003 年)

表 2-6 新潟県ナラ類枯損被害

単位:本

市町村名	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	計
両津								60	25	252	95	1,440	4,116	6,429	12,417
佐和田												5			5
畑野												16	206	577	799
新穂													30	9	39
赤泊													17	76	93
小木														116	116
(佐渡市)														(7,207)	(13,469)
佐渡管内計								60	25	252	95	1,461	4,369	7,207	13,469
新潟県計	2,252	3,240	1,687	3,576	2,633	1,654	3,078	4,776	6,058	8,689	8,558	50,340	58,560	109,581	264,712
市町村数	8	12	15	24	32	29	27	31	38	29	34	58	61	80	88

新潟県資料

* ()内は合併後の市町村数

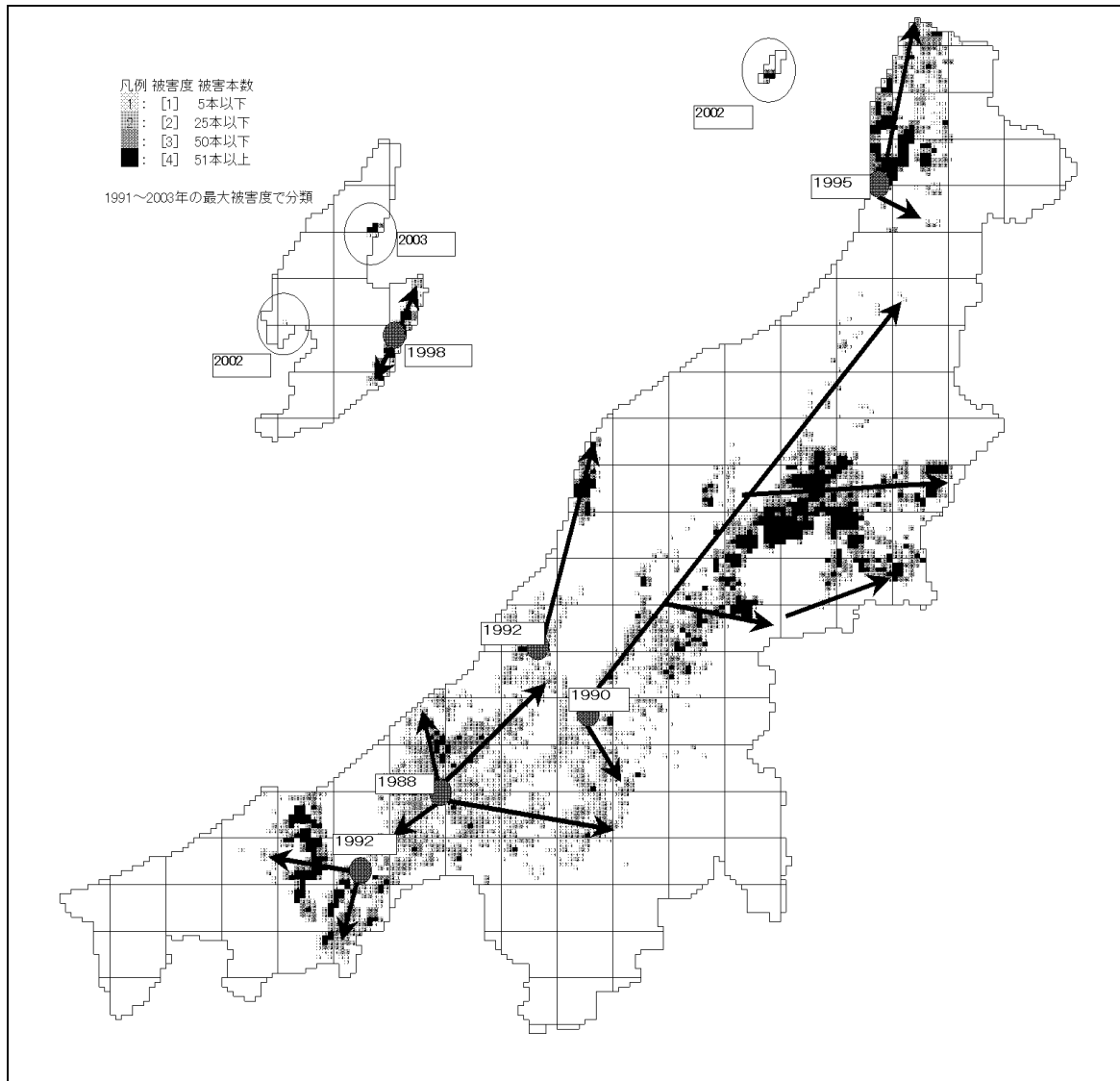


図 2-8 新潟県におけるナラ枯れ被害発生地域の拡大 (布川、2004)

新潟県では 1991 年から被害分布調査を行い、標準メッシュ（第 3 次メッシュ、すなわち 2 万 5 千分の 1 地形図を単位とするメッシュ）毎の枯損本数を記録した。

全枯損本数は 1997 年頃までは年による変動はあったがおよそ年に 3000 本くらいで推移した。その後徐々に増大し、2001 年の被害は 8500 本となった。2002 年に被害は爆発的に増大し 58500 本に達した (図 2-9)。

被害拡大の状況をメッシュ数で見ると 2001 年まではおおむね 200～400 であったが、2002 年には 1000 となり、2003 年には 1410 となった。被害の激しさを 4 段階にランク分けして示すと、地域的な拡大は激害ランクの増大と平行していることが分かる (図 2-10)。ランクの区分は、ランク 1 は標準メッシュ当たり被害本数 5 本以下、ランク 2 は 25 本以下、ランク 3 は 50 本以下、ランク 4 は 51 本以上とした。

被害は普通数年続くが、林分全体を壊滅するような状況には至らない。林分単位で見ると集団的な枯損、すなわちランク 4 の被害は 2 年間続く傾向があるが、その後急速に減少して終息し、数年以内の再発は記録がない（図 2-11）。

被害の拡大は普通年に 1km 位であるが、ナラ類の林分が連続していなくとも飛び火的には数 km 離れた場所での発生がある。

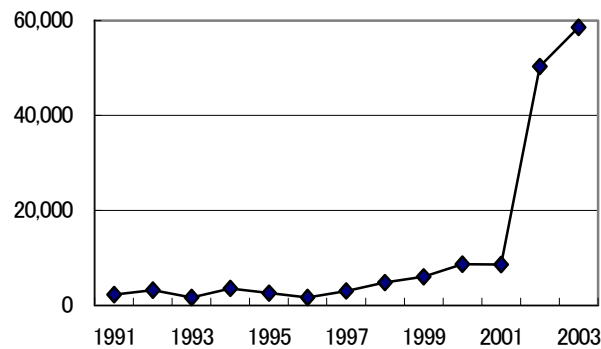


図 2-9 ナラ枯れ被害本数の年次変化 (布川、2004)

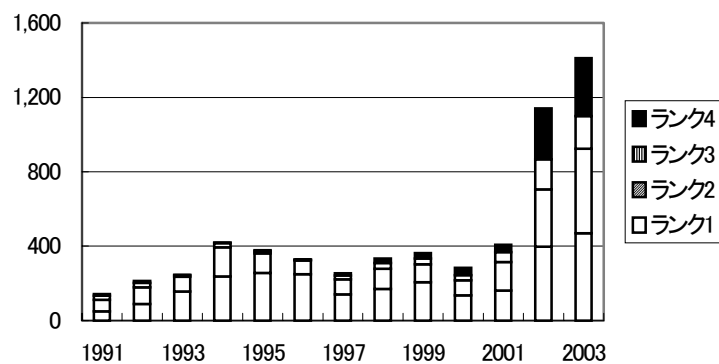


図 2-10 新潟県ナラ枯れ被害発生地域ランク別メッシュ数の推移 (布川、2004)

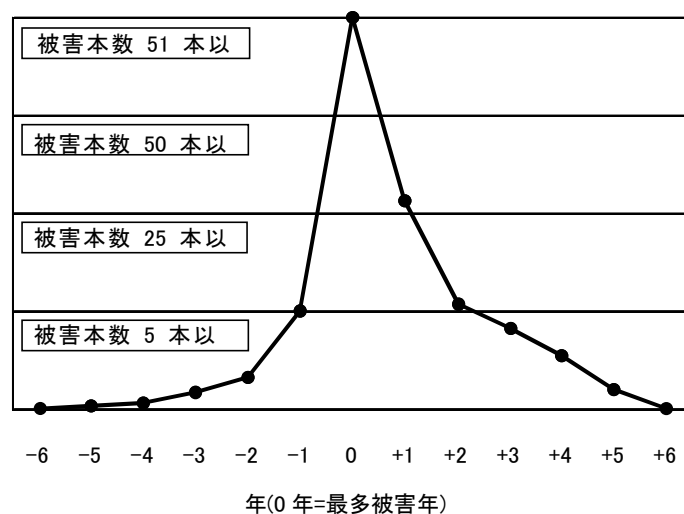


図 2-11 ナラ枯れ被害発生初期から終息までの被害本数の推移 (布川、2001、新潟県；「林業にいがた、2001/7」)

2-2-2-3 防除対策と問題点

- 1) 予防（穿入防止）；地際から 3m 位までに集中的に加害するため、この部分をビニールシートで被覆して物理的に穿入を防止する方法がある。隙間を残さないことが重要で、パテなどで丹念に埋める必要がある。粘着テープを用いた予防方法も実用化されている。
- 2) 駆除（材内虫の駆除）；被害木樹幹に穴をあけ殺虫剤（NCS 燻蒸剤）を注入する方法がある。この方法の長所は被害木を伐倒せずに処理できること、繁殖しているカシナガの 90%以上が駆除できることなどがあるが、多数の孔をあけ薬剤を注入する手間と時間を要することや、薬剤による危被害、100%の駆除が困難なことが短所としてあげられる。
- 3) 本種の加害機構には未解明の部分が多い。集中加害の発生する時に関与するフェロモンやカイロモン等の生理活性物質、樹木に生理障害をおこすナラ菌の作用などが解明されれば新しい防除法開発の可能性が開ける。松くい虫産卵防止に用いた MEP 等の樹幹散布を粘着剤と併用して、本種の予防や駆除に適用する試みもある。予防や駆除の実績は少なく、防除技術の開発は今後の課題である。
- 4) 被害発生の要因としてナラ菌外來說、地球温暖化説、酸性雨説などが論議されている。しかし、このような集団枯損が急激に拡大していく背景には、森林をとりまく社会的、経済的環境の変化によって、かつて薪炭林として利用されてきた森林の多くが、放置されて老齢・過熟化が進んだため、二次性穿孔性害虫の大発生につながっているのではないかとされている。

本事業実施地域でナラ類集団枯損が問題となるのはコアーズーンやバッファーズーンに指定された小佐渡丘陵南東部のナラ類で、地形急峻で防除作業が困難であることが問題となる。本被害対策として被害木の林外搬出の試みはほとんどない。しかしながら、松くい虫被害防除において、奥地やアクセス困難な場所で被害木の林外搬出をヘリコプターを用いて実行した事例もあるので検討する価値はあるものと思われる。

（日本大学 生物資源学部 教授 山根明臣）

2-3 営巣木に関わる既存調査

佐渡における営巣木に関わる事業や調査として下記のようなものが実施されている。

(1) 営巣木等保全整備事業

(※平成 17 年 2 月 9 日に佐渡市において実施された「平成 16 年度営巣木等保全整備事業推進連絡会議
(第 2 回)」資料より作成)

<趣旨>

我が国を代表する特別天然記念物である「トキ」については、新潟県佐渡市（旧新穂村）にある「佐渡トキ保護センター」において人工増殖が進められており、飼育数が 100 羽を超えると予想される平成 20 年度を目途に自然への放鳥による野生復帰を目指しているところである。しかしながら、放鳥が予定されているエリアにおいては、近年、松くい虫被害により、トキの営巣木やねぐら木となる松林資源の減少が続いている。このため、生物多様性の消長であるとトキの生息環境の保全に必要な松林の保全対策を緊急かつ重点的に実施することとする。

<事業内容>

松くい虫により被害発生を厳に抑制し、松林の保全を図る観点から、森林病虫害等防除法に基づく農林水産大臣の駆除命令等により被害木の処理等を行う次の事業を実施。

- ① 防除効果の高い特別伐倒駆除（破碎又は炭化）、又はくん蒸伐倒駆除、
- ② トキの営巣木やねぐら木を保全するため、当該地域に生育するマツの高木を対象とした保全措置の実施、
- ③ トキの生息環境の改善や松林の健全化のための周辺地域における不用木や不良木の除去

<事業実施主体>

国、新潟県

<対象本数>

小佐渡東部地域を中心に営巣木約 3,200 本、ねぐら木約 730 本

<営巣木やねぐら木の選定基準>

- ① 餌場から近い（概ね 500m 以内）こと
- ② 概ね 10m 以上の健全なマツであること
- ③ 枝張りが良好で、巣を作りやすい（ねぐらとしやすい）こと
- ④ できるだけ枝が谷側に伸びて、見通しが良好であること
- ⑤ 営巣木については人家から離れた静かな場所であること

(2) トキの島づくり事業（森林ワーキンググループ）

（新潟県「環境 にいがた」HP <http://www.pref.niigata.jp/kankyuu/index.html>およびトキの島づくり事業 森林ワーキンググループ平成16年度第4回会議資料より作成）

<トキの島づくり事業の目的>

トキの野生復帰のためにはトキの生息環境を取り戻す必要がある。そのためには、トキと人が共生できる 循環型社会を定着させなければならない。このことは、トキのために住民に過度の負担を強いるのではなく、「トキも人も」利益を受ける共生の地域づくりを目指すことに他ならない。地域づくりの主体は住民である。そして、できる限り自立した地域づくりを促していきます。このようにトキの野生復帰に向け、生息環境を地域社会とともに側面支援していく事業展開を図ることを目的としている。

<実施する項目>

① シンポジウム

「トキを軸にした島づくり」をテーマとし、様々な地域の取組や先進地の事例の報告を行う（環境省、佐渡市町村会共催）

② 「佐渡とトキ」情報連絡会議

県庁内の佐渡とトキに関係する実務担当者を集め、情報交換を行いその共有化を図る。将来的には、連携した事業の展開を検討・実施する。

・対象部課

総合政策部	交通政策課、地域政策課
産業労働部	観光振興課
農林水産部	農産園芸課、水産課、林政課、治山課、内水面水産試験場養殖課
土木部	河川管理課、砂防課
農地部	農村環境課
県民生活・環境部	環境企画課

③ 「佐渡とトキ」島内連絡会議

佐渡島内の関係組織を対象に情報交換を行い、その共有化を図る。将来的には、連携した事業の展開を検討・実施する。

・対象組織

県出先機関	佐渡地域振興局企画振興部、健康福祉環境部、地域部、農林水産振興部
市町村	農業、観光、環境、教育の担当課(教育委員会)
その他組織	農業協同組合(佐渡、羽茂)、観光協会、森林組合、佐渡とき保護会、新穂村とき愛護会、日本野鳥の会佐渡支部、里地ネットワーク、青年会議所

④ ワーキンググループ

島内連絡会議の下に農業、森林、水辺、環境教育をテーマにした 4 つのワーキンググループを設置し、先進地視察、指導者招聘を行い共生意識を高めていくとともに、問題点を抽出・整理する。

⑤ 調査等

- ・ 餌ドジョウ確保対策：将来、餌となるドジョウを地元で供給するために、野外あるいは養殖下でのドジョウ確保対策を検討する（内水面水産試験場が実施）
- ・ 環境調査：住民参加型の環境調査を継続して実施する。ザリガニやタニシを中心とした餌資源等。生息地となりうる地域での水質調査を行う。

<森林ワーキンググループ>

森林ワーキンググループでは佐渡トキ保護センターが中心となり、佐渡の森林・林業の現状把握やその評価、営巣木・ねぐら木の重点地区の設定、営巣木・ねぐら木確保のための方針設定や整備指針の策定について検討を行っている。

2-4 空中写真判読による林相区分

2-4-1 モデル地域の設定

今回は、昭和 40 年代までトキの営巣地となっていた黒滝付近やトキの採餌地となっていた生椿およびトキの野生順化施設予定地を含む、重点地域 2 箇所（3.正明寺・田野沢、4.清水平・生椿、図 2-12 参照）にほぼ重複する約 1,800ha の地域を空中写真判読および地形解析対象地域とした（図 2-13）

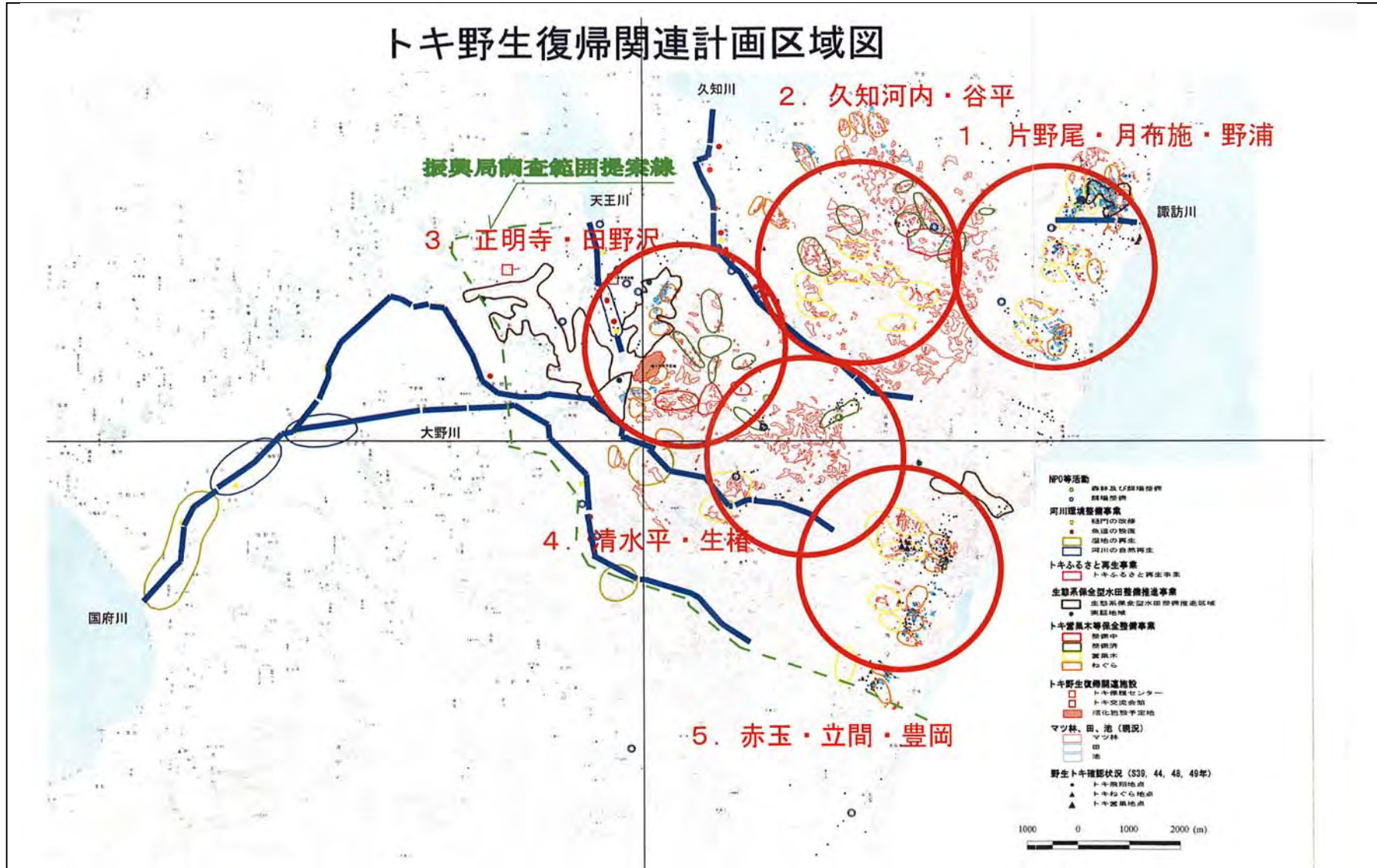


図 2-12 トキ野生復帰関連計画区域図（新潟県提供）

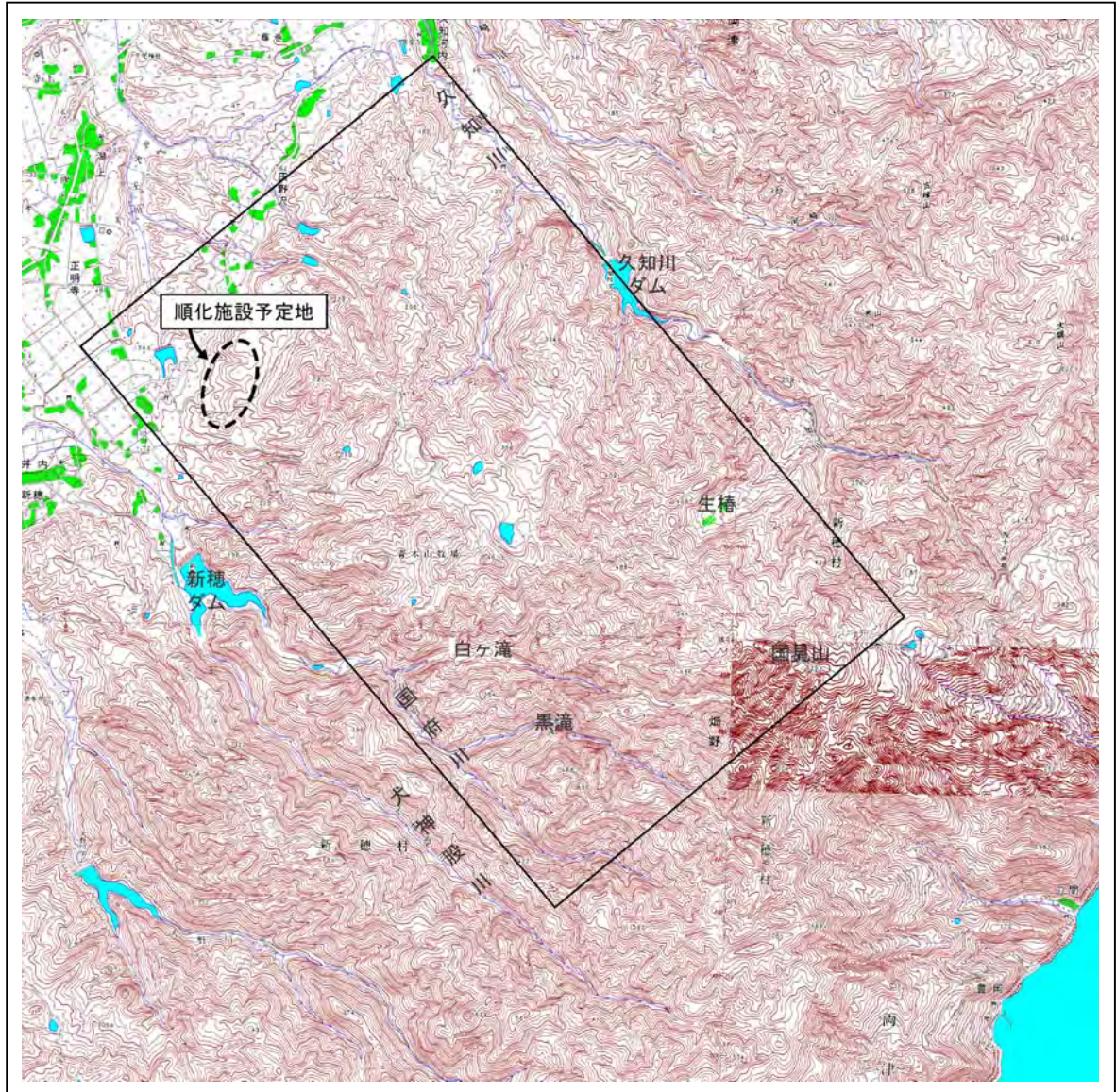


図 2-13 空中写真および地形解析対象範囲

この調査対象地のうち、保安林（水源かん養林）として指定されているのが約 320ha、
 国有林が約 540ha を占める。また、小佐渡東部全体が県立自然公園に指定されている。

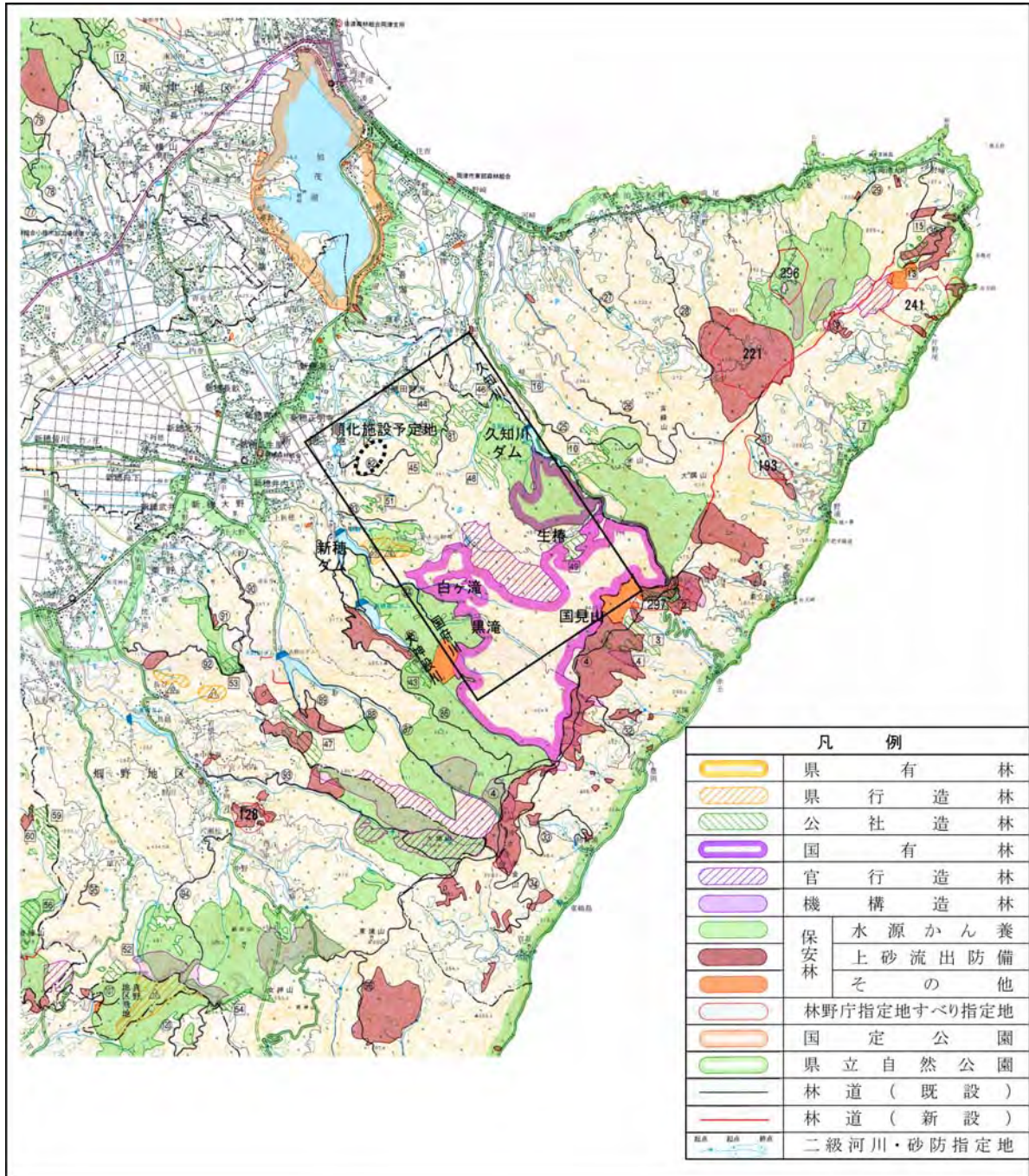


図 2-14 佐渡地域振興局農林水産振興部（林業）管内

2-4-2 空中写真判読・図化

2-4-2-1 判読に用いた写真

空中写真は、佐渡中山間で撮影されたカラー2倍伸ばし計17枚を使用し判読を行った。
 写真を撮影した際の撮影記録は表2-7の通りである

表2-7 佐渡中山間撮影記録

撮影年月日	平成12年6月20日
カメラ	RC30
レンズ	F=152.81mm
撮影高度	1708m
撮影縮尺	1:10,000

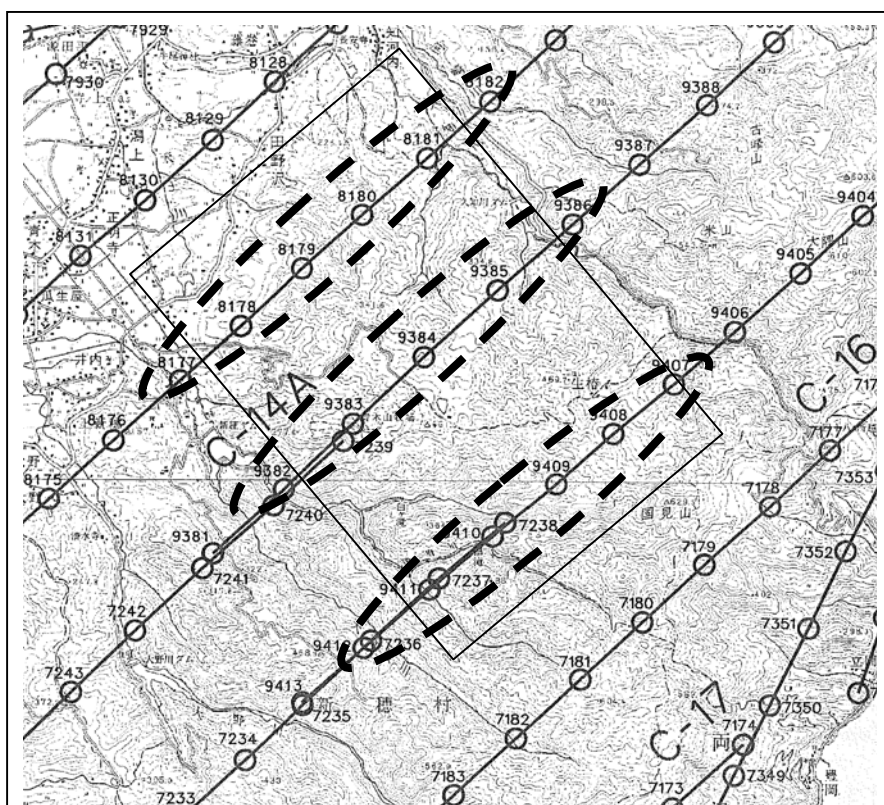


図2-15 標定図

2-4-2-2 判読区分

判読ではまず森林、非森林を区分した。森林は針葉樹人工林（記号：N）と広葉樹天然林（L）の2区分とし、広葉樹天然林については、さらに樹冠疎密度3段階、樹高2段階、樹冠サイズ2段階に区分した。また、非森林域は竹林（B）、草地・裸地等（G）、水域（W）、道路・コンクリート造成物（A）、田畑（F）に分けて判読を行った

表 2-8 空中写真判読の基準

<p>(1) 森林</p> <ul style="list-style-type: none">N : 針葉樹人工林 地拵え、若齢期から老齢期まで区分せずに 1 区分とするL : 広葉樹天然林 <p>①樹冠疎密度</p> <p>D1 : 40%以下。上層木の樹冠と樹冠の間に隙間があり下層が一部見える。特に松枯れ跡地にこの樹冠疎密度が多い</p> <p>D2 : 40~70%。上層木の樹冠と樹冠の間に隙間があり亜高木層が一部みえる</p> <p>D3 : 70~100%。上層を形成する樹冠が絨毯状に広がっており下層はみえない</p> <p>②樹高</p> <p>H1 : およそ樹高 5~6m 以下の低木林</p> <p>H2 : およそ樹高 7~8m 以上の高木林</p> <p>③樹冠サイズ</p> <p>C1 : C2 のような突出した大径木がみられない。(またはおよそ樹冠 8~10m の大径木があっても突出していない)</p> <p>C2 : およそ樹冠 8~10m の大径木が突出している</p> <p>(2) 非森林</p> <p>B : 竹林</p> <p>G : 草地、裸地等</p> <p>W : 水域</p> <p>A : 道路、コンクリート造成物</p> <p>F : 田畑</p>
--

2-4-2-3 図化

空中写真の判読結果を縮尺 1/5,000 の森林基本図上に重ねたマイラー上に移写した後、マイラーをスキャンし、GIS ソフト上でラスターベクター変換、幾何補正を行い、判読区分のポリゴンを作成した。これを写真判読結果の集計および解析のためのデータとして利用した。

2-5 森林現況の把握

ここでは、2-4 で空中写真判読を基に作成した林相図と 10mDEM*（北海道地図株式会社）を用いて、モデル地域内の森林現況を把握する。

*10mDEM：国土地理院発行の 1/25,000 地形図の等高線（10m 間隔）より作成した標高格子データ

2-5-1 各林相区分の面積および分布

写真判読の結果、判読区分ごとの面積集計結果は表 2-9 の通りとなった。最も広くみられた広葉樹天然林の林分パターンは D3H2C1 で、調査対象面積の約半数（54.4%）を占めた。次いで分布面積が大きかったのは D2H2C1(7.5%)、D2H2C2(5.7%)、D1H2C1(2.8%)という林相区分であった。

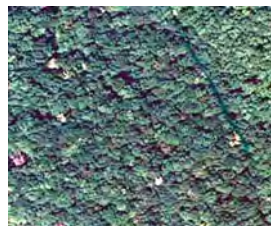
表 2-9 判読区分ごとの面積集計結果

区分		区分	面積 (ha)	割合 (%)
森林	L	D3H2C1	1008.7	(54.4)
		D2H2C1	139.6	(7.5)
		D2H2C2	105.7	(5.7)
		D1H2C1	52.2	(2.8)
		D3H2C2	22.7	(1.2)
		D3H1C1	18.4	(1.0)
		D1H2C2	3.0	(0.2)
		D1H1C1	0.8	(0.0)
		D2H1C1	0.6	(0.0)
		N	N	312.9
非森林		B	3.4	(0.2)
		G	55.2	(3.0)
		W	7.4	(0.4)
		A	19.3	(1.0)
		F	104.4	(5.6)
	計		1854.3	(100.0)

これら面積集計結果の上位 4 つの林相区分の特徴は下記の通りである。

① D3H2C1

このタイプに含まれる林相は集落周辺や道路沿い、山地斜面上部～下部にかけて広く分布する。林冠に凸凹が少ない林分は一律にこの区分としたため、林冠を構成する樹冠サイズは大小様々であり、もっとも幅広いタイプの林相が含まれ、また分布面積も多い区分である。



新穂ダム周辺の例



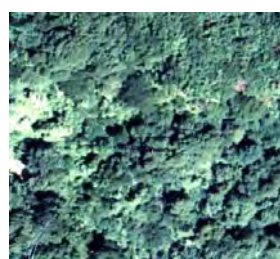
生樫周辺の例

② D2H2C1

松くい虫被害により林冠が疎開している林分や、急斜面、河川沿い等で林冠の凹凸が大きい林分にみられる。



松くい虫林分の例



急傾斜地の林分の例

③ D2H2C2

林冠に凹凸のあり樹冠サイズの大きい個体を含む林分で、急斜面や河川沿いに分布しており、特に国有林内の黒滝付近に多い。



黒滝周辺の例



国見山北西斜面の例

④ D1H2C1

D2H2C1 よりさらに松くい虫被害が進み、林冠が疎開している林分にみられる。



松くい虫被害が進んだ林分の例

またこれら 4 区分のうち、D3H2C1、D2H2C2 は 1 ポリゴンが比較的まとまった面積で分布しているが、D2H2C1、D1H2C1 は松くい虫の被害を受けた林分や河川沿い、急斜面等に分布していることが多いため 1 ポリゴンの平均面積が小さくなっている（表 2-10 および図 2-16～19 参照）。

表 2-10 広葉樹天然林の林相区分ごとのポリゴン数および平均面積

林相区分	ポリゴン数	平均ポリゴン面積 (ha)
D3H2C1	281	3.59
D3H2C2	7	3.24
D2H2C2	45	2.35
D1H2C1	52	1.00
D2H2C1	164	0.85
D1H2C2	4	0.74
D3H1C1	30	0.61

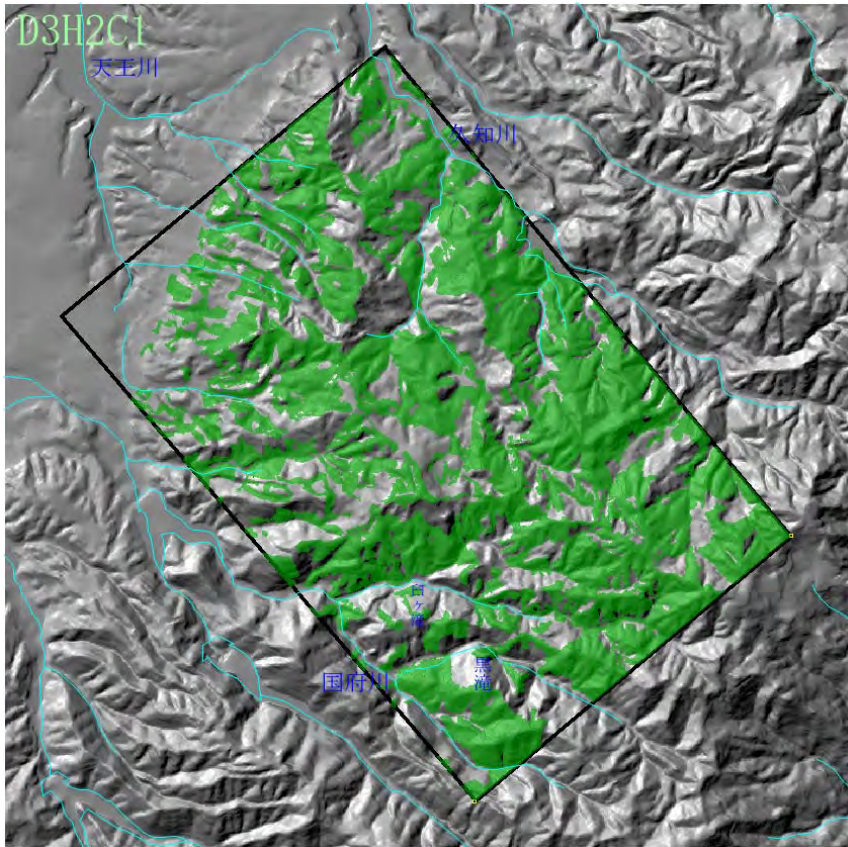


図 2-16 D3H2C1

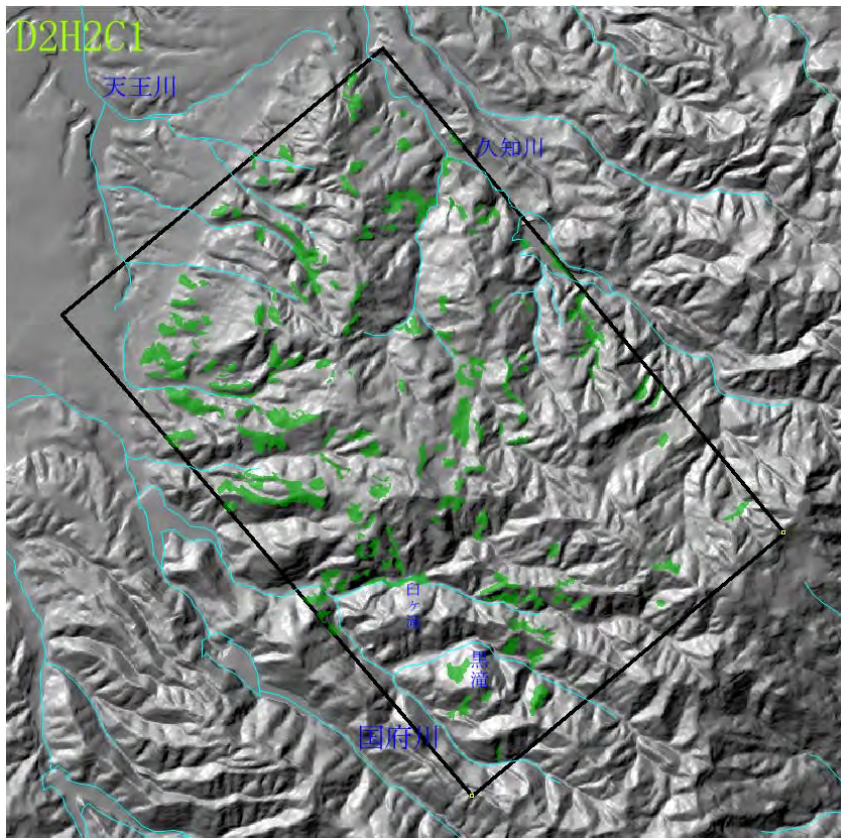


図 2-17 D2H2C1

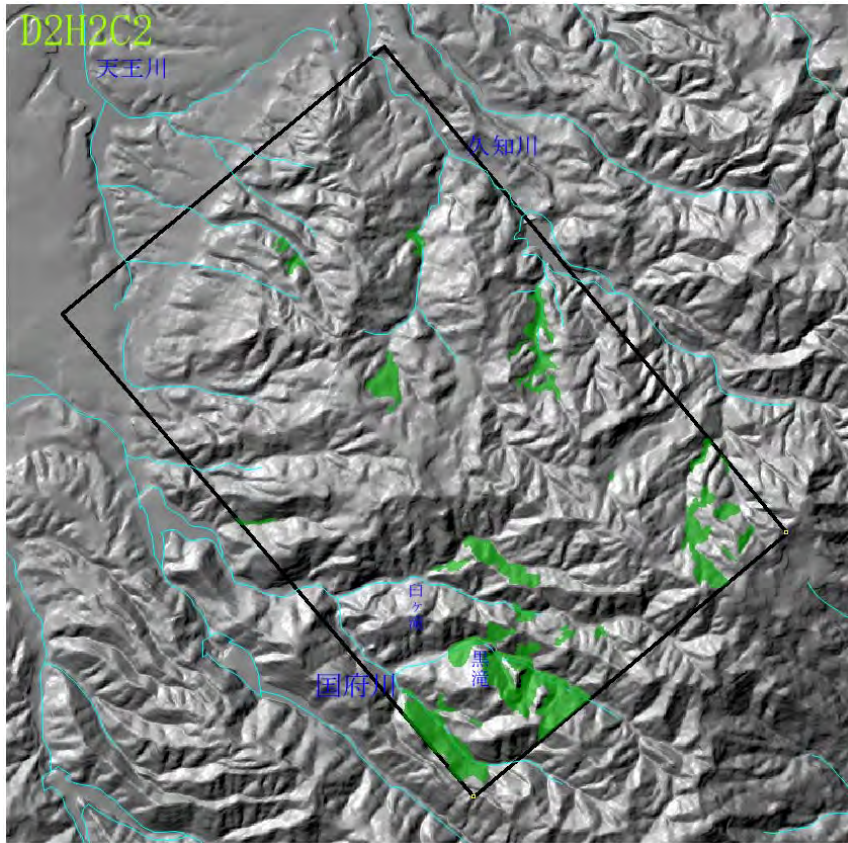


図 2-18 D2H2C2

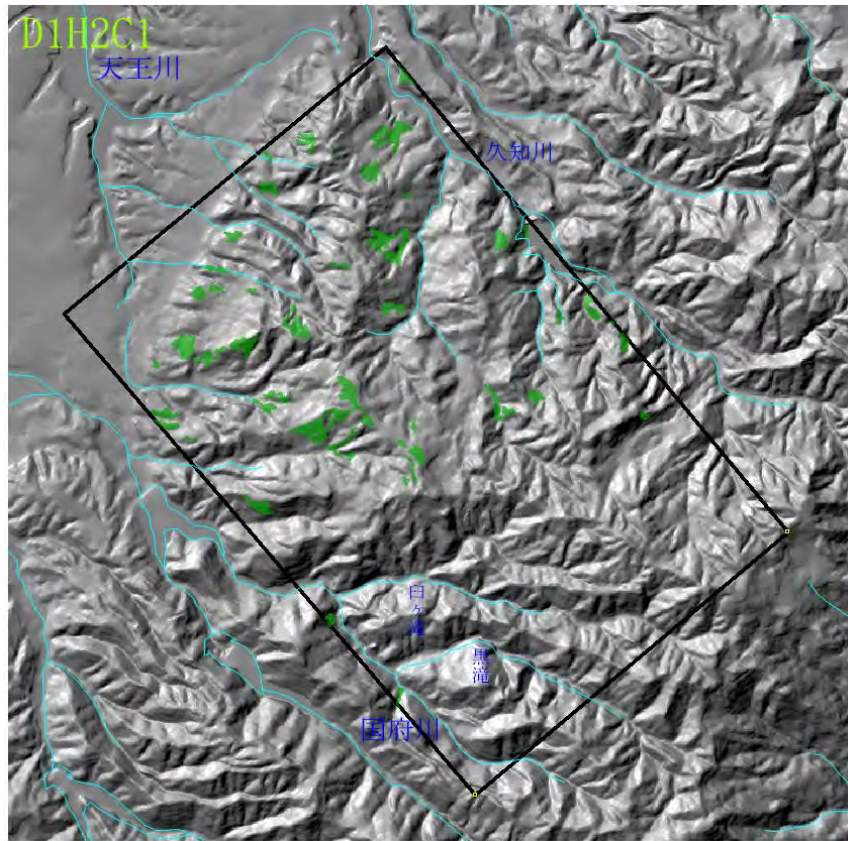


図 2-19 D1H2C1

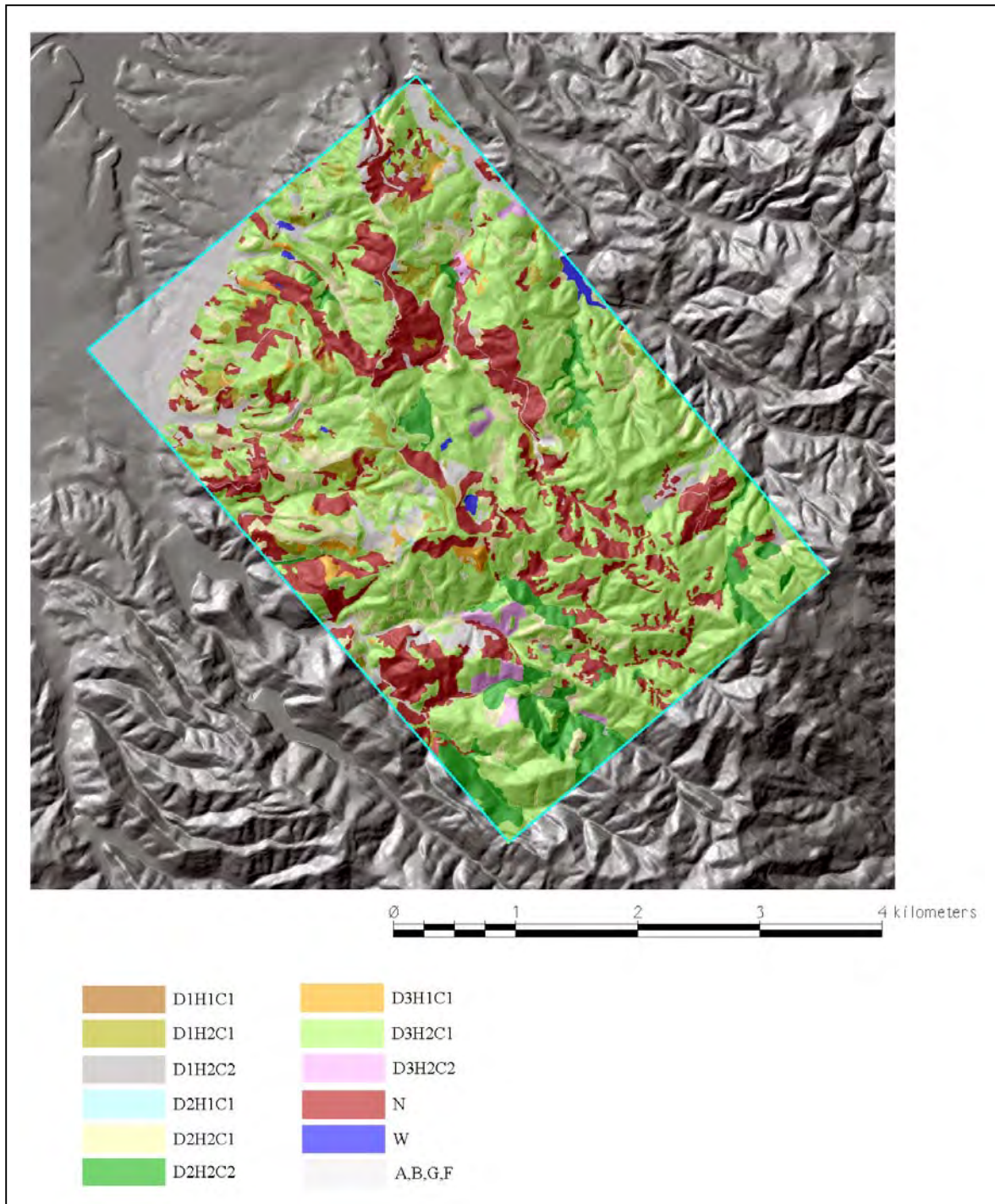


图 2-20 林相区分图全体

2-5-2 傾斜角・方位解析

2-5-2-1 傾斜角

各林相区分ポリゴンの平均傾斜角、平均傾斜頻度、平均最小傾斜角、平均最大傾斜角の計算結果を表 2-11、林相区分（面積上位 4 区分）の傾斜角ごとの面積割合を表 2-12 に示す。

分布面積の大きい上位 4 区分をみると、D2H2C2 は平均最小傾斜角（ 8.7° ）～平均最大傾斜角（ 42.6° ）の幅が大きく、平均傾斜角〔および平均傾斜頻度〕の値が大きくなっている（ 28.8° 〔 29.3° 〕）。これは、この林相区分が主に河川沿いや国有林内に分布するため（図 2-18 参照）最小～最大の傾斜角幅が大きくなり、全体としては国有林内の地形の厳しい箇所に多くが分布しているためと思われる（表 2-11 参照）。傾斜角別では $30\sim 40^\circ$ の傾斜に分布している林相が約 5 割と最も多く、次いで $20\sim 30^\circ$ が約 4 割を占めている（表 2-12 参照）。

D2H2C1 や D1H1C1 は平均最小傾斜角（ 12.2° 、 9.1° ）～平均最大傾斜角（ 33.8° 、 30.3° ）の幅は D2H2C2 ほど大きくなく、平均傾斜角〔および平均傾斜頻度〕の値も D2H2C2 ほどきつくない（ 23.3° 、 19.3° 〔 21.8° 、 17.2° 〕）。これは一部急斜面、河川沿いの林冠の凹凸が大きい林分に分布しているが、多くはマツ枯れの影響を受けた林分で尾根～山腹斜面にかけて分布しているため最大～最小幅、平均傾斜とも大きくならなかったものと思われる（表 2-11 参照）。傾斜角別では、D2H2C1、D1H1C1 とも $10\sim 30^\circ$ に位置する林相区分が約 7 割となる（表 2-12 参照）。

D3H2C1 は平均最小傾斜角（ 7.2° ）～平均最大傾斜角（ 40.4° ）の幅が大きいですが平均傾斜角〔および平均傾斜頻度〕の値は中間的である（ 25.3° 〔 25.4° 〕）。これは、この林相区分が調査対象範囲内に広く分布するため（図 2-16 参照）、最大～最小の幅は大きいですが平均値は中間の値になったものと思われる（表 2-11 参照）。傾斜角別では、 $20\sim 30^\circ$ が約 7 割で大部分を占め、次いで $30\sim 40^\circ$ に 2 割の林相が分布している（表 2-12 参照）。

表 2-11 広葉樹天然林の林相区分ごとの傾斜角度

林相区分	平均傾斜角*	平均傾斜頻度**	平均最小傾斜角***	平均最大傾斜角****
D3H2C2	30.1	30.3	7.6	45.7
D2H2C2	28.8	29.3	8.7	42.6
D1H1C1	26.0	18.0	16.3	36.3
D1H2C2	25.8	28.0	9.0	34.5
D3H2C1	25.3	25.4	7.2	40.0
D2H2C1	23.3	21.8	12.2	33.8
D3H1C1	20.4	17.8	11.4	30.4
D1H2C1	19.3	17.2	9.1	30.3
D2H1C1	11.0	11.0	7.3	17.0

*平均傾斜角度：各ポリゴン内に含まれる DEM の傾斜角度を平均し、さらにその値を各林相区分のポリゴンで平均したもの。

** 平均傾斜頻度：各ポリゴン内に含まれる DEM の傾斜角度のうち最も頻度の高い値をそのポリゴンの傾斜頻度とし、その値を各林相区分のポリゴンで平均したもの。

*** 平均最小傾斜角度：各ポリゴン内に含まれる DEM の傾斜角度のうち最も傾斜角度の小さい値を最小傾斜角度とし、その値を各林相区分のポリゴンで平均したもの。

****平均最大傾斜角度：各ポリゴン内に含まれる DEM の傾斜角度のうち最も傾斜角度の大きい値を最大傾斜角度とし、その値を各林相区分のポリゴンで平均したもの

表 2-12 広葉樹天然林の林相区分ごとの傾斜角度

傾斜角度	D3H2C1		D2H2C1		D2H2C2		D1H2C1	
	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)
0~10°	1.5	(0.1)	4.1	(2.9)	0.1	(0.1)	10.3	(19.8)
10~20°	82.4	(8.2)	42.9	(30.8)	13.9	(13.1)	19.0	(36.4)
20~30°	718.7	(71.3)	61.4	(44.0)	37.3	(35.3)	16.6	(31.9)
30~40°	203.1	(20.1)	28.0	(20.0)	51.1	(48.4)	6.2	(11.9)
40° 以上	2.9	(0.3)	3.2	(2.3)	3.3	(3.2)	-	-
計	1008.7	(100.0)	139.6	(100.0)	105.7	(100.0)	52.2	(100.0)

2-5-2-2 傾斜方位

各林相区分ポリゴンの面積が大きいため（平均ポリゴン面積 D3H2C1:3.59 ha、D2H2C1:0.85 ha、D2H2C2:2.35 ha、D1H2C1:1.00 ha）、複数の傾斜方位にまたがるポリゴンも多く一概には言えないが、各ポリゴンに含まれる DEM の傾斜方位を平均し、さらに林相区分毎に傾斜方位を平均した結果では、D3H2C1、D2H2C1、D1H2C1 とともに南～西斜面に分布している林相区分が約 4～5 割と多くみられた。D2H2C2 は南～南西斜面にも約 2 割分布していたが、その他に北東～南東斜面にも多く約 4 割が分布していた。

表 2-13 斜面方位ごとのポリゴン数および割合*

林相 区分	北～北東 0～45°		北東～東 45～90°		東～南東 90～135°		南東～南 135～180°		南～南西 180～225°		南西～西 225～270°		西～北西 270～315°		北西～北 315～360°		計	
	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%
D3H2C1	5	(1.8)	25	(8.9)	24	(8.5)	39	(13.9)	73	(26.0)	70	(24.9)	37	(13.2)	8	(2.8)	281	(100)
D2H2C1	4	(2.4)	11	(6.7)	23	(14.0)	13	(7.9)	30	(18.3)	44	(26.8)	29	(17.7)	10	(6.1)	164	(100)
D1H2C1	2	(3.8)	6	(11.5)	4	(7.7)	8	(15.4)	7	(13.5)	15	(28.8)	10	(19.2)	0	(0.0)	52	(100)
D2H2C2	3	(6.7)	9	(20.0)	9	(20.0)	7	(15.6)	11	(24.4)	3	(6.7)	3	(6.7)	0	(0.0)	45	(100)
D3H1C1	3	(10.0)	2	(6.7)	6	(20.0)	2	(6.7)	4	(13.3)	6	(20.0)	6	(20.0)	1	(3.3)	30	(100)
D3H2C2	0	(0.0)	0	(0.0)	2	(28.6)	0	(0.0)	3	(42.9)	1	(14.3)	1	(14.3)	0	(0.0)	7	(100)
D1H2C2	1	(25.0)	0	(0.0)	1	(25.0)	1	(25.0)	0	(0.0)	1	(25.0)	0	(0.0)	0	(0.0)	4	(100)
D1H1C1	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(33.3)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(33.3)	0	(0.0)	1	(33.3)	3	(100)
D2H1C1	1	(33.3)	0	(0.0)	1	(33.3)	0	(0.0)	0	(0.0)	1	(33.3)	0	(0.0)	0	(0.0)	3	(100)
計	19		53		71		70		128		142		86		20		589	

*割合 (%) は、各林相区分の全ポリゴン数を 100 とした場合の割合

2-5-3 営巣候補地・ねぐら候補地の抽出

2-5-3-1 営巣木・ねぐら環境の記録

佐渡において、野生のトキが生息していたころの観察記録によると、トキが営巣木およびねぐらとして利用していた森林の状況や地理的条件は下記の通りである

(1) 営巣木

- ・昭和 7 年 (1932 年) 加茂村和気の下松山の山中で繁殖していたが、ここは和気川に接する急峻な雑木山で、断崖の上に伸びた松の木に巣を作っていた。すぐ近くの山峡には、大平を初めとし、段々の水田が点在していて、天然の餌場となっていた。
- ・昭和 8 年 (1933 年) 新穂村新穂山での営巣は雑木山の中で、クリの老木の枝上である。この他に外海府村での繁殖の記録もあるが、何れも急峻な山腹の老木で、人影のないところである。
- ・昭和 30 年代に営巣地となった新穂村の黒滝地区は人里から遠く離れた深い静かな山で、樹齢 100 年余りも経た雑木が繁り、山腹にはアカマツ等も点在している。
- ・巣は能登の場合丘陵地のアカマツの横枝や木の又 (地上 15m から 20m) のところにつくったが、佐渡では断崖または溪谷の上ののび出たクリ、シナ、コナラ、アカマツ、ケヤキなどの老木で、ほとんどが地上 10m 以上の枝上につくっている。巣材はマツ、クリ、ナラなどの枯枝である。

(以上「トキ保護の記録 (新潟県教育委員会、1974 年)」より抜粋)

(2) ねぐら

① 冬から春先のねぐら

1. 奥山の餌場が雪で採餌できなくなると、トキも人家に近い餌場に移ってくる。海岸に並ぶ部落

の中にある鎮守の森（スギ）をねぐらにして冬を過ごし、春になって山の採餌地が現れる頃、山の方へ帰っていった。

2. 豪雪のため、部落に近い水田で 2~3 羽が餌をあさっていたが、夜は水田周辺にある雑木林（中に松も点在していた）の中でとまっていた。
3. 雪の少ない海岸近くで、しかも北風をさえぎっている雑木林（アカメガシワ、ハリギリ、ホオノキ、イタヤカエデ、クリ、ケンボナシ、ナラ、シロダモなど）をねぐらにしている。また山の中のスギ林などをねぐらにしていることもあるが、何れも近くに水田や沢など自然の餌場があるところであった。

② 夏のねぐら

1. 巣立ち後のひなは、親鳥に見守られながら次第に営巣地から遠ざかって行くが、環境さえ良ければ、巣に近い溪谷などにある周 1m くらいの落葉樹などをねぐらにしている。近くの沢や山峡の水田は、自然の良い餌場となっている。しかし秋近くなると、このねぐらも去って群の中へ入って行く。
2. 繁殖をしていない 2~3 羽が、部落から 1km くらい離れた雑木林をねぐらとしていたが、比較的広い地域をとびまわって採餌していた。

③ 秋のねぐら

1. 分散群のうち 2~3 羽は、部落からおおよそ 4km 離れたスギか雑木林の中に散在するアカマツ（目通りの周 1.2m~1.3m）の枝上をねぐらとしていた。眼下には川が流れ、またねぐらの周辺には水田があつて、採餌にも便利であり、北風もさえぎられて良い環境であった。しかし 10 月の終わりにはこのねぐらも去っていった。
2. 部落から 200m~300m くらい離れたところで、周辺には水田が並び、さらに溪谷につながっている。ここは落葉樹がねぐらで、4~5 羽から多い時には 7 羽が殆どで、葉が落ちてねぐらとしていた。
3. 採餌水田の中にある 3~4 本のアカマツをねぐらとしていた。水田の周辺には雑木が繁り、静かな環境であった。しかし秋も終わりに近づくと、北風をうけるためか、餌場とともにねぐらを変えていった

以上により考察すると、営巣中のトキは巣やその近くの木をねぐらとしているが、ひなの巣立ちが終わると、その巣をすててねぐらを変える。一般には、季節によって変わる生息地、採餌地など、いわゆる環境によってねぐらを変えていくのである。すなわち、比較的餌場に近く、眺望のきくところで、しかも風のあまりあたらない雑木林や松林などを選んでいく場合が多いようである。

（以上「トキ保護の記録（新潟県教育委員会、1974年）」より抜粋）

また、営巣・ねぐらに適した樹木や立地条件として「平成 14 年度 共生と循環の地域社会づくりモデル事業（佐渡地域）報告書」では下記のような記述がなされている。

(1) 営巣

- ① 地形としてまとまった営巣環境があること
- ② 季節風の影響が小さく、見晴らしが良いと同時に上空飛翔性の天敵から身を守るような安全な場所が望ましい
- ③ 近くに餌場があり、育雛に十分な餌が採れること
- ④ 過剰な天敵圧がなく、営巣木に天敵が容易に近づけないこと
- ⑤ 人為が容易に入り込めず、人為の影響が及ばないこと

(2) ねぐら

- ① ある程度まとまった林があること
- ② 季節風の避けられる場所であること（南または東向きの斜面がよい）
- ③ 採餌場に近いこと
- ④ 過剰な天敵圧がないこと
- ⑤ 光害がないこと

2-5-3-2 季節ごとの行動範囲

一般にトキ類は集団繁殖（コロニー）性が強く繁殖期以外は小群またはまとまった群れで生活し、また年周期活動と群れのサイズ変化にともない土地利用を大きく変えるという特徴をもっており、佐渡においてもトキの最後の集団は様々な生態系を季節に応じて幅広く利用していた（1-4 参照）。

営巣木、ねぐらから採餌地までの具体的な行動範囲や季節変化について「平成 14 年度 共生と循環の地域社会づくりモデル事業（佐渡地域）報告書」の中では下記のように示されている。

(1) 1～3 月（群生後期－営巣前期）

この時期は集団でねぐらをとる傾向が強く、トキの行動範囲は割合広いと考えられるため、ねぐら地点からの行動半径を 6km と想定した

(2) 4～6 月（営巣・育雛期）

この時期のトキの採餌・採餌のための行動範囲は狭まる。文献から行動範囲は営巣確認地および飛来確認点が集中する場所から半径 2km と予測した（もしくはできれば 200～300m、遠くても 700～800m 以内に餌場があること）

(3) 7～9月（育雛後期）

雛の巣立ち後家族群から群が形成される時期で行動範囲が広がってくるが、山中で活動することが多く、人間からは確認しにくい時期（行動範囲の記載なし）

(4) 10～12月（群生期）

行動範囲が最も広がる時期と考えられこの時期に確認地点が集中する地点から半径 6km がトキの行動可能域と予測される。

表 2-14 佐渡の野生トキの季節による行動の変化

	行動パターン	餌場	ねぐら
1月中旬頃～	群の分散傾向が見られ始め、繁殖前のペアの活発な活動が認められるようになる。	1月～3月は、小佐渡のトキ生息域では一番積雪量の多い時期であるため、採餌適地も限られる。山中の水田や沢沿いが主要な採餌地となるが、特に雪の多い年には、餌を求めて山麓の水田や小河川の下流域、平場の水田地帯などにあらわれ、人家近くにも出現する。	
2月中旬頃	この頃までに、繁殖ペアはねぐらを営巣地付近に移す。 ただし、すべてペアだけの行動をとるのではなく、他の仲間に合流し、同一群を形成して行動することも多い。		
3月下旬	個体群の分散が本格化する。		
4月～6月	産卵から巣立ちの時期で、群の分散傾向が最も顕著にあらわれる。巣立幼鳥は、この時期親鳥と家族群を形成していると思われるが、詳細は不明である。	山腹、山間の水田地帯や沢筋が、この時期のおもな餌場となる。	
7月～9月	繁殖期と同様に分散傾向を示しているが、9月下旬頃から群のまとまりがよくなる。幼鳥を連れた家族群とみられる群に、すでに他の個体も合流している。	田の稲が大きく成長し、トキは水田に入ることができなくなるため、この時期の採餌地は山中の小沢や溪谷沿いに集中する。	
10月～12月	群棲の傾向を最も強く示す時期である。特に、10月中旬から12月上旬にかけては、その年度の全個体群が一群を形成して行動する日も認められる。	稲刈りの終了した山間の水田地帯が、この時期の主な餌場となっている。12月に入り、これまでの採餌場所が雪に覆われると、若干山麓の方へ採餌地を移動させる。	

「平成 14 年度 共生と循環の地域社会づくりモデル事業（佐渡地域）報告書」より引用

また小佐渡東部地域における昭和 39・44 年、昭和 48・49 年度のトキの確認記録について図 2-21 のように GIS 化されている



「平成 14 年度 共生と循環の地域社会づくりモデル事業（佐渡地域）報告書」より引用
 図 2-21 小佐渡東部におけるトキの確認記録

2-5-3-3 営巣候補地の抽出

上記のように、トキの行動範囲は生活史によって異なる。トキが野生に生息していた頃に営巣した環境は、今後トキを野生放鳥する際の営巣適地となる場所の推定に役立つと考えられる。ここでは昭和 40 年代までトキの営巣地となっていた黒滝付近周辺の林相状況を写真判読結果より把握する。4～6 月の営巣・育雛期の行動範囲は 2-5-3-2 のように半径 2km と予測されており、できれば 200～300m、遠くても 700～800m 以内に餌場があること、との記述がみられる。そのため、黒滝から、半径 200m、400m、600m、800m のバッファを発生させ、そこに含まれる林相区分を集計した。

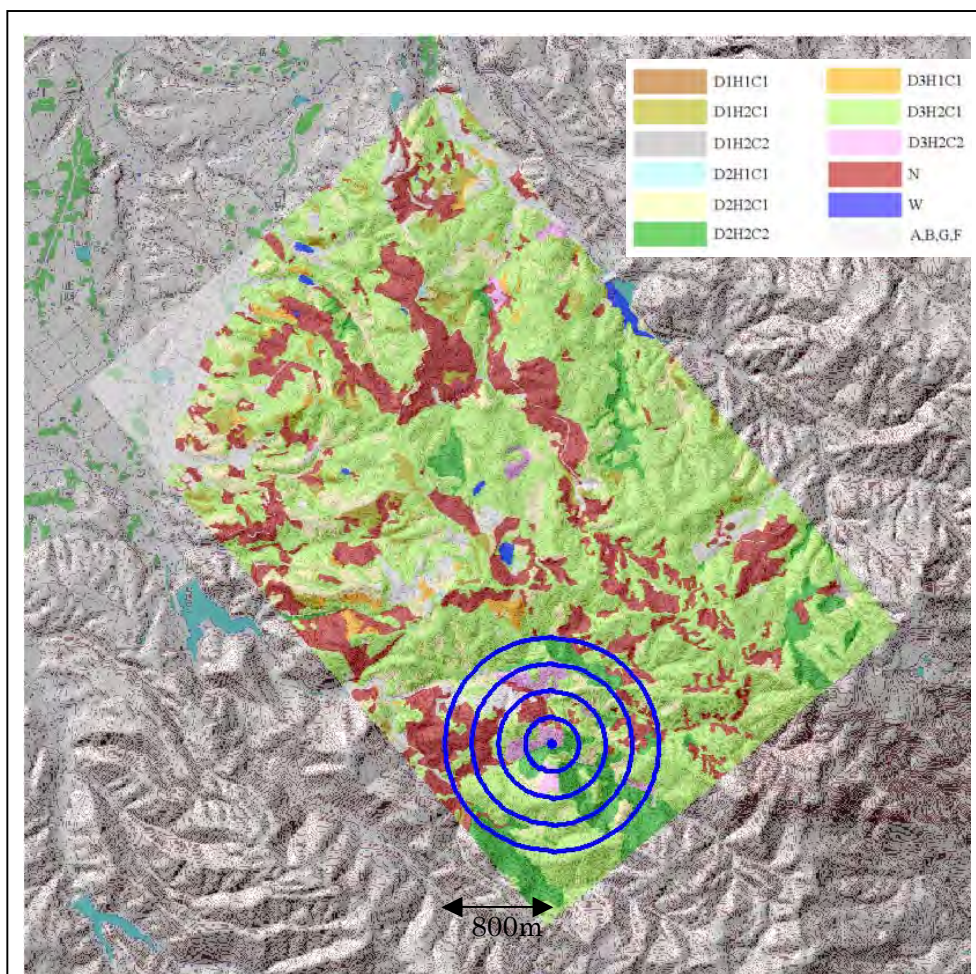


図 2-22 黒滝からのバッファの位置

黒滝周辺は、写真上で判読をすると樹冠サイズの大きな個体が散在している林分が多く分布しているのが分かる。林相区分を行うと、樹冠約 8～10m 以上の突出している大径木を含む場合に設定した C2 区分の林相 (D1H2C2、D2H2C2、D3H2C2) が 200m バッファで約 6 割、400m バッファで約 4 割、600m・800m バッファで約 3 割を占

め、写真判読区域全体における C2 区分の割合（6.2%、表 2-15 参照）よりも遥かに多く分布している。その他は全体の写真判読結果と同様に D3H2C1 区分の林相が 3 割～4 割と多くを占める。

表 2-15 バッファーごとの林相区分面積

区分	200m		400m		600m		800m	
	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)
D1H1C1	-	-	-	-	-	-	-	-
D1H2C1	-	-	-	-	-	-	0.1	(0.0)
D1H2C2	-	-	0.5	(1.0)	0.5	(0.5)	0.5	(0.3)
D2H1C1	-	-	-	-	-	-	-	-
D2H2C1	-	-	4.4	(8.9)	10.9	(9.7)	16.3	(8.1)
D2H2C2	4.2	(33.5)	12.2	(24.3)	22.2	(19.6)	41.8	(20.8)
D3H1C1	-	-	-	-	-	-	-	-
D3H2C1	3.7	(29.7)	17.8	(35.4)	44.3	(39.3)	85.2	(42.4)
D3H2C2	3.8	(30.6)	8.6	(17.2)	14.0	(12.4)	16.0	(8.0)
N	0.8	(6.3)	5.2	(10.5)	14.5	(12.8)	31.3	(15.6)
B	-	-	-	-	-	-	-	-
G	-	-	1.3	(2.5)	6.2	(5.5)	8.8	(4.4)
W	-	-	-	-	-	-	-	-
A	-	-	0.1	(0.2)	0.3	(0.3)	0.7	(0.3)
F	-	-	-	-	-	-	-	-
計	12.5	(100.0)	50.2	(100.0)	112.9	(100.0)	200.6	(100.0)

各林相区分の平均傾斜角は、どのバッファーでも 30～40° の範囲に位置する林相区分が最も多く（200m：約 7 割、400m 約 6 割、600m・800m：約 5 割）、特に黒滝に近い 200m、400m の範囲では 30° 以上の平均傾斜角をもつ林相がそれぞれ約 9 割、約 7 割となっており、非常に厳しい地形に成立している林分が多くを占める（表 2-16）。

表 2-16 傾斜角度ごとの林相区分数

平均傾斜角	200m		400m		600m		800m	
	林相区 分数	割合 (%)	林相区 分数	割合 (%)	林相区 分数	割合 (%)	林相区 分数	割合 (%)
0～10°	0	(0.0)	6	(12.8)	7	(8.8)	16	(11.0)
10～20°	0	(0.0)	3	(6.4)	3	(3.8)	13	(9.0)
20～30°	2	(14.3)	6	(12.8)	22	(27.5)	43	(29.7)
30～40°	10	(71.4)	27	(57.4)	40	(50.0)	66	(45.5)
40° 以上	2	(14.3)	5	(10.6)	8	(10.0)	7	(4.8)
計	14	(100.0)	47	(100.0)	80	(100.0)	145	(100.0)

全体として、トキの営巣が行われていた黒滝周辺の環境は、樹冠サイズの大きな個体を含む、林冠に凹凸のある発達した林分が多くみられ、またそれらの林分の多くが急傾斜

や河川沿いに成立しているものであった。佐渡における黒滝以外の場所での営巣地の記録（2-5-3-1 参照）でも急峻な断崖や溪谷の上に伸びた老木に営巣しているとあり、これらはトキの営巣中に必要な採餌や飛翔空間、天敵からの庇護という環境条件を備えているためと思われる。

今回写真判読を行った地域に限れば、林冠に凹凸のある C2 区分（D1H2C2、D2H2C2、D3H2C2）のうち、30° 以上の平均傾斜区分を含む林相は全広葉樹天然林の 5%程度であり（表 2-17 参照）、上記の条件にあう林相がまとまって分布している箇所は少ない（図 2-23 参照）。

また、黒滝周辺で C2 区分と同様に分布割合の高かった D3H2C1 について、平均傾斜角が 30° 以上の林相区分は全広葉樹天然林の約 15%であり（表 2-17 参照）、その分布は黒滝～国見山にかけての地域に偏ってみられる（図 2-24 参照）。この D3H2C1 区分は林冠構成木の樹冠サイズが場所によって様々であるため、営巣に適した大径木を含む林相に絞るとさらに適応面積が減少すると思われる。

表 2-17 林相区分ごとの傾斜角度区分割合（調査地域全体）

林相 区分	0～10°		10～20°		20～30°		30～40°		40° 以上	
	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)
D3H2C1	1.5	(8.6)	82.4	(49.4)	718.7	(84.7)	203.1	(65.6)	2.9	(29.3)
D2H2C1	4.1	(24.2)	42.9	(25.7)	61.4	(7.2)	28.0	(9.0)	3.2	(32.0)
D2H2C2	0.1	(0.4)	13.9	(8.3)	37.3	(4.4)	51.1	(16.5)	3.3	(33.5)
D1H2C1	10.3	(61.3)	19.0	(11.4)	16.6	(2.0)	6.2	(2.0)	-	-
D3H1C1	0.9	(5.5)	5.0	(3.0)	8.0	(0.9)	4.5	(1.4)	-	-
D1H2C2	-	-	0.6	(0.3)	1.9	(0.2)	-	-	0.5	(5.2)
D3H2C2	-	-	2.0	(1.2)	4.4	(0.5)	16.3	(5.3)	-	-
D1H1C1	-	-	0.4	(0.2)	-	-	0.4	(0.1)	-	-
D2H1C1	0.0	(0.1)	0.6	(0.4)	-	-	-	-	-	-
計	16.9	(100.0)	166.8	(100.0)	848.4	(100.0)	309.6	(100.0)	10.0	(100.0)

能登の場合、丘陵地のアカマツでの営巣記録もあるため（2-5-3-1 参照）、実際に放鳥されたトキがどのような立地条件に営巣するかは現時点では不明であるが、黒滝周辺のような環境がトキの営巣にとって望ましいと仮定すると、林冠やその林分の立地する傾斜角だけでみればそのような環境条件は今回の調査対象範囲内では少数である。今後、黒滝周辺のような森林条件を営巣適地として掲げて他地域でも森林整備を進めていく場合（第 4 章参照）、県で行っているアカマツ対象の営巣木等保全整備事業（2-3 参照）や採餌地となりうる場所からの距離、今回のような林相・地形条件の解析結果、森林簿情報等を

GIS 上で重ね合わせて営巣木となりうる個体を含む林分の選定を行い、森林整備を行う場所の優先順位について検討し、効率的に森林整備を行う方法も考えられる。

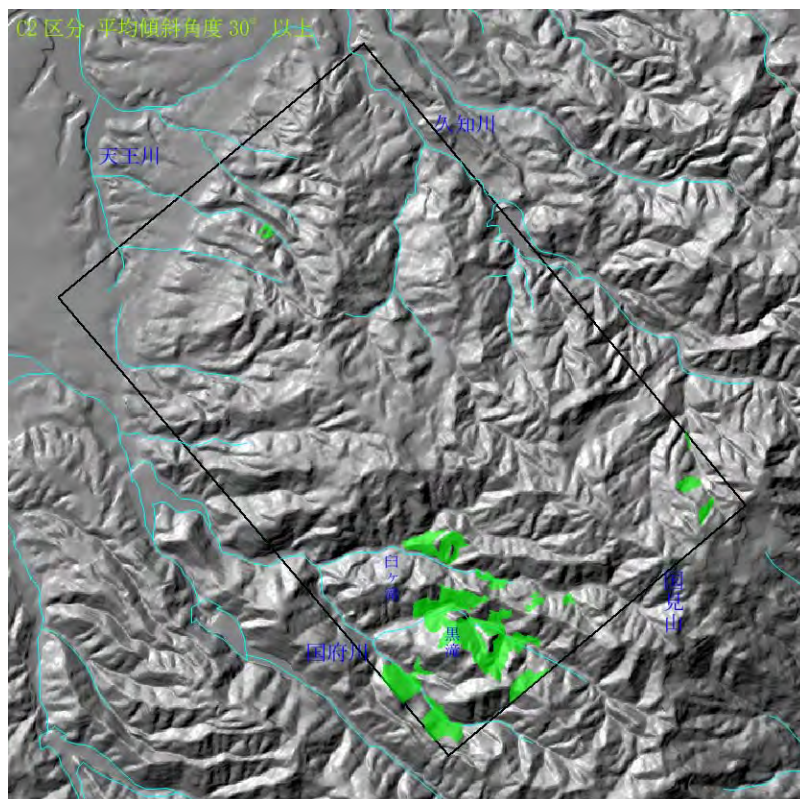


図 2-23
C2 の林相区分で平均傾斜角が 30° 以上の林相の分布

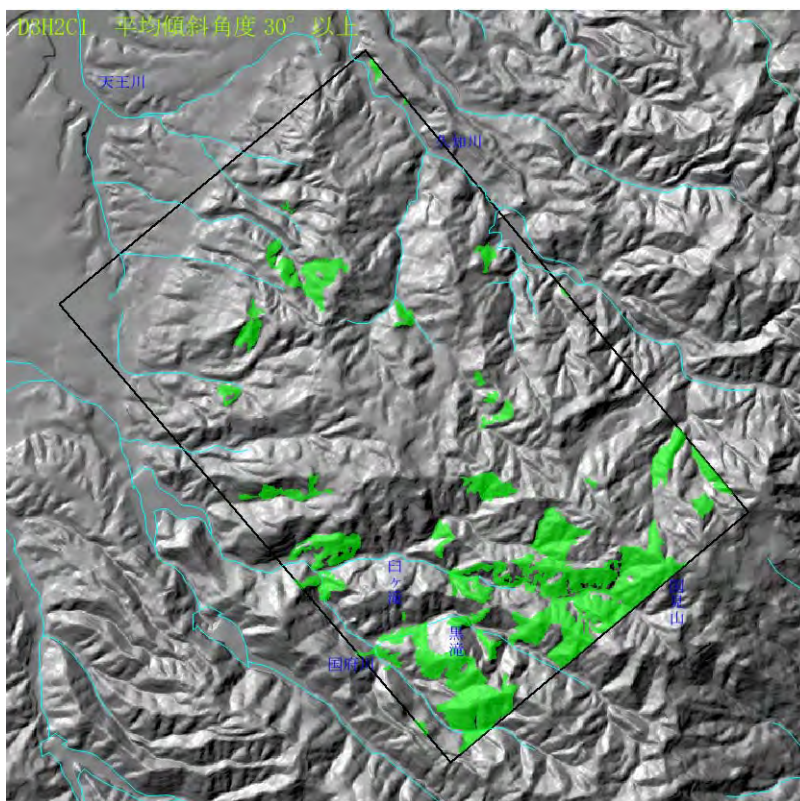


図 2-24
D3H2C1 の林相区分で平均傾斜角が 30° 以上の林相の分布

2-5-3-4 ねぐら候補地の抽出

トキはひなの巣立ちが終わると巣をすててねぐらを変え、一般には季節によって変わる生息地、採餌地など、いわゆる環境によってねぐらを変えていく（新潟県教育委員会、1974年）。4～6月の営巣・育雛期およびその前後の時期以外は、主に採餌地に近く、季節風を避けうるまとまった林分のある条件がねぐらとなることが予想される（1-4-1、2-5-3-1～2参照）。ここでは、トキが生息していた頃の飛来記録があり（図2-21）、また現在餌場の整備が行われている生椿、清水平、および田野沢付近から半径500mのバッファを発生させ、そこに含まれる林相区分の現状を把握した。

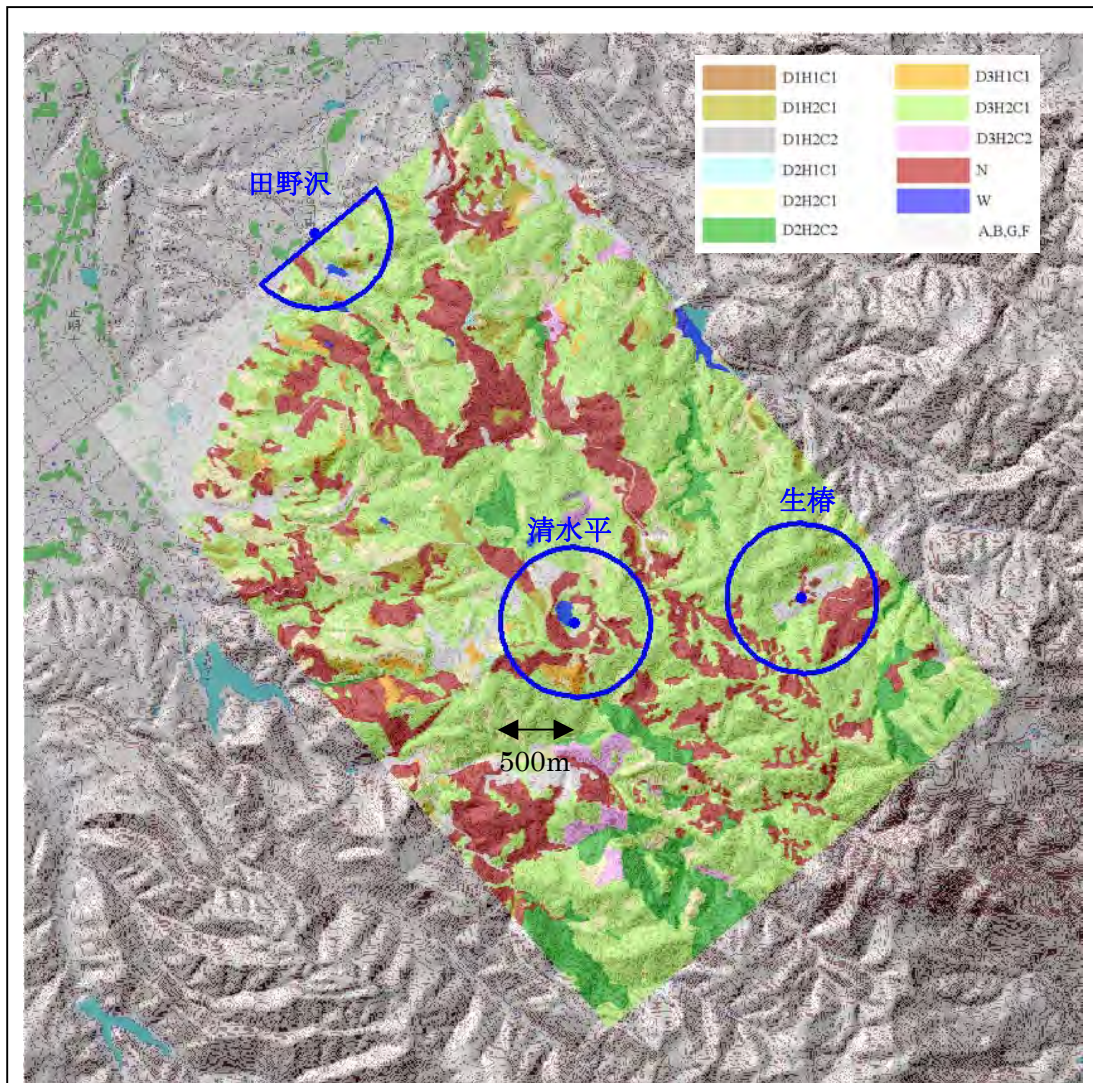


図2-25 生椿、清水平、および田野沢からのバッファの位置

これらの場所は黒滝付近とは異なり、林冠を形成している樹木の凹凸が少なく、C2 の区分となるような林相はほとんどみられなかったが（生椿で D1H2C2 : 0.6ha、D2H2C2 0.2ha、清水平および田野沢には分布せず）、個体としては樹冠サイズが約 8～10m 以上のものが散在する。林相区分のうち D3H2C1 の区分がそれぞれ 5～6 割を占め最も多く、また生椿や清水平では約 2 割が針葉樹人工林であった。また、清水平、田野沢では、D2H2C1 の松くい虫被害が原因と思われる林冠の疎開した林分が約 1 割分布していた（表 2-18）。

表 2-18 バッファーごとの林相区分面積

林種	生椿		清水平		田野沢	
	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)	面積 (ha)	割合 (%)
D1H1C1	-	-	0.4	(0.5)	-	-
D1H2C1	0.4	(0.5)	2.3	(2.9)	1.4	(4.4)
D1H2C2	0.6	(0.7)	-	-	-	-
D2H1C1	-	-	-	-	0.0	(0.1)
D2H2C1	0.9	(1.1)	8.8	(11.2)	3.3	(10.4)
D2H2C2	0.2	(0.2)	-	-	-	-
D3H1C1	-	-	3.8	(4.8)	0.7	(2.2)
D3H2C1	50.7	(64.6)	38.2	(48.7)	15.4	(48.6)
D3H2C2	-	-	-	-	-	-
N	18.4	(23.5)	17.6	(22.4)	2.4	(7.5)
B	0.2	(0.2)	-	-	0.3	(1.1)
G	6.5	(8.2)	5.6	(7.1)	1.0	(3.0)
W	-	-	1.4	(1.7)	0.8	(2.4)
A	0.7	(0.9)	0.4	(0.6)	0.7	(2.2)
F	-	-	-	-	5.8	(18.1)
集計	78.4	(100.0)	78.4	(100.0)	31.8	(100.0)

また傾斜角ごとの林相区分数では、平均傾斜角が 30° 以上の急傾斜に立地する林相が半数以上を占める黒滝付近とは異なり、30° 以下の林相区分が大部分を占める。内訳は場所によって異なり、生椿は 20～30° の範囲に分布するものが約半数、10～20° が約 3 割と 3 地域の中でも平均傾斜角の大きい林相区分が多い。清水平は 20～30° の区分に分布する林相区分が約 3 割、10～20° が約 4 割、0～10° が約 2 割と緩やかな地形に分布する林相区分数が増え、田野沢では 10～20° が約 3 割、0～10° が約 4 割と最も緩やかな地形に立地している（表 2-19）。

表 2-19 傾斜角度ごとの林相区分数

平均傾斜角度	生椿		清水平		田野沢	
	林相区 分数	割合 (%)	林相区 分数	割合 (%)	林相区 分数	割合 (%)
0~10°	8	(16.0)	19	(22.9)	18	(41.9)
10~20°	13	(26.0)	32	(38.6)	14	(32.6)
20~30°	25	(50.0)	27	(32.5)	8	(18.6)
30~40°	3	(6.0)	5	(6.0)	3	(7.0)
40° 以上	1	(2.0)	0	(0.0)	0	(0.0)
計	50	(100.0)	83	(100.0)	43	(100.0)

ねぐらの立地環境に関する生息記録の記述をみると、餌場に近く眺望がきき季節風を避けられる場所（南または東向き斜面）とあり、具体的にねぐら木のサイズについて言及している記述では目通り周囲 1m 程度とあるが、そのような詳細な記述が残されているねぐらに関する情報はわずかである。営巣地近くがねぐらとなる営巣・育雛期以外では、この周囲 1m 程度（直径約 30cm）のサイズがねぐら木としての適木と仮定すると、このような個体が含まれ、餌場に近く、トキの飛翔に十分な空間がもて、かつ東～南向き斜面の立地がねぐらに適した森林となる可能性がある。

実際に放鳥された後のトキの行動にもよるが、今後森林整備を行う場合、整備をすすめていく優先順位をつける場合の 1 例として今回解析した清水平や生椿が採餌地になると仮定すると、採餌地から任意の距離のバッファーを発生させ（今回は 500m）、そのバッファー内のうち東～南向き斜面の林相を抽出し（表 2-20～22、図 2-26 参照）、さらに現場の状況を考慮し樹冠サイズの大きな個体が含まれる林相区分等を絞り、そこから重点的に森林整備計画を立てる方法も考えられる。

表 2-20 斜面方位ごとの林相区分数（生椿）

林相区分	北-北東		北東-東		東-南東		南東-南		南-南西		南西-西		西-北西		北西-北		計	
	0-45°		45-90°		90-135°		135-180°		180-225°		225-270°		270-315°		315-360°			
	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%
D3H2C1	1	(2.4)	2	(4.9)	3	(7.3)	4	(9.8)	3	(7.3)	4	(9.8)	1	(2.4)	1	(2.4)	19	(46.3)
D2H2C1	-	-	-	-	1	(2.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	2	(4.9)	3	(7.3)
D1H2C1	-	-	-	-	-	-	1	(2.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	(2.4)
D2H2C2	-	-	-	-	1	(2.4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	(2.4)
D3H1C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D3H2C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D1H2C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	(2.4)	-	-	-	-	1	(2.4)
D1H1C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
D2H1C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
N	3	(7.3)	3	(7.3)	1	(2.4)	3	(7.3)	2	(4.9)	3	(7.3)	1	(2.4)	-	-	16	(39.0)
計	4	(9.8)	5	(12.2)	6	(14.6)	8	(19.5)	5	(12.2)	8	(19.5)	2	(4.9)	3	(7.3)	41	(100.0)

表 2-21 斜面方位ごとの林相区分数（清水平）

林相区分	北-北東		北東-東		東-南東		南東-南		南-南西		南西-西		西-北西		北西-北		計	
	0-45°		45-90°		90-135°		135-180°		180-225°		225-270°		270-315°		315-360°			
	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%
D3H2C1	4	(5.8)	3	(4.3)	3	(4.3)	4	(5.8)	8	(11.6)	4	(5.8)	5	(7.2)	1	(1.4)	32	(46.4)
D2H2C1	-	-	1	(1.4)	2	(2.9)	3	(4.3)	3	(4.3)	2	(2.9)	2	(2.9)	-	-	13	(18.8)
D1H2C1	-	-	-	-	1	(1.4)	1	(1.4)	0	-	2	(2.9)	1	(1.4)	-	-	5	(7.2)
D2H2C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D3H1C1	-	-	-	-	2	(2.9)	-	-	1	(1.4)	-	-	-	-	1	(1.4)	4	(5.8)
D3H2C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D1H2C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D1H1C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	(1.4)	1	(1.4)
D2H1C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N	3	(4.3)	2	(2.9)	1	(1.4)	6	(8.7)	2	(2.9)	-	-	-	-	-	-	14	(20.3)
計	7	(10.1)	6	(8.7)	9	(13.0)	14	(20.3)	14	(20.3)	8	(11.6)	8	(11.6)	3	(4.3)	69	(100.0)

表 2-22 斜面方位ごとの林相区分数（田野沢）

林相区分	北-北東		北東-東		東-南東		南東-南		南-南西		南西-西		西-北西		北西-北		計	
	0-45°		45-90°		90-135°		135-180°		180-225°		225-270°		270-315°		315-360°			
	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%	個	%
D3H2C1	1	(3.3)	-	-	1	(3.3)	-	-	2	(6.7)	4	(13.3)	-	-	-	-	8	(26.7)
D2H2C1	1	(3.3)	-	-	-	-	-	-	1	(3.3)	3	(10.0)	4	(13.3)	-	-	9	(30.0)
D1H2C1	2	(6.7)	-	-	-	-	-	-	1	(3.3)	1	(3.3)	-	-	-	-	4	(13.3)
D2H2C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D3H1C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	(3.3)	-	-	-	-	1	(3.3)
D3H2C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D1H2C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D1H1C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D2H1C1	1	(3.3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	(3.3)
N	2	(6.7)	-	-	1	(3.3)	1	(3.3)	-	-	1	(3.3)	2	(6.7)	-	-	7	(23.3)
計	7	(23.3)	-	-	2	(6.7)	1	(3.3)	4	(13.3)	10	(33.3)	6	(20.0)	-	-	30	(100.0)

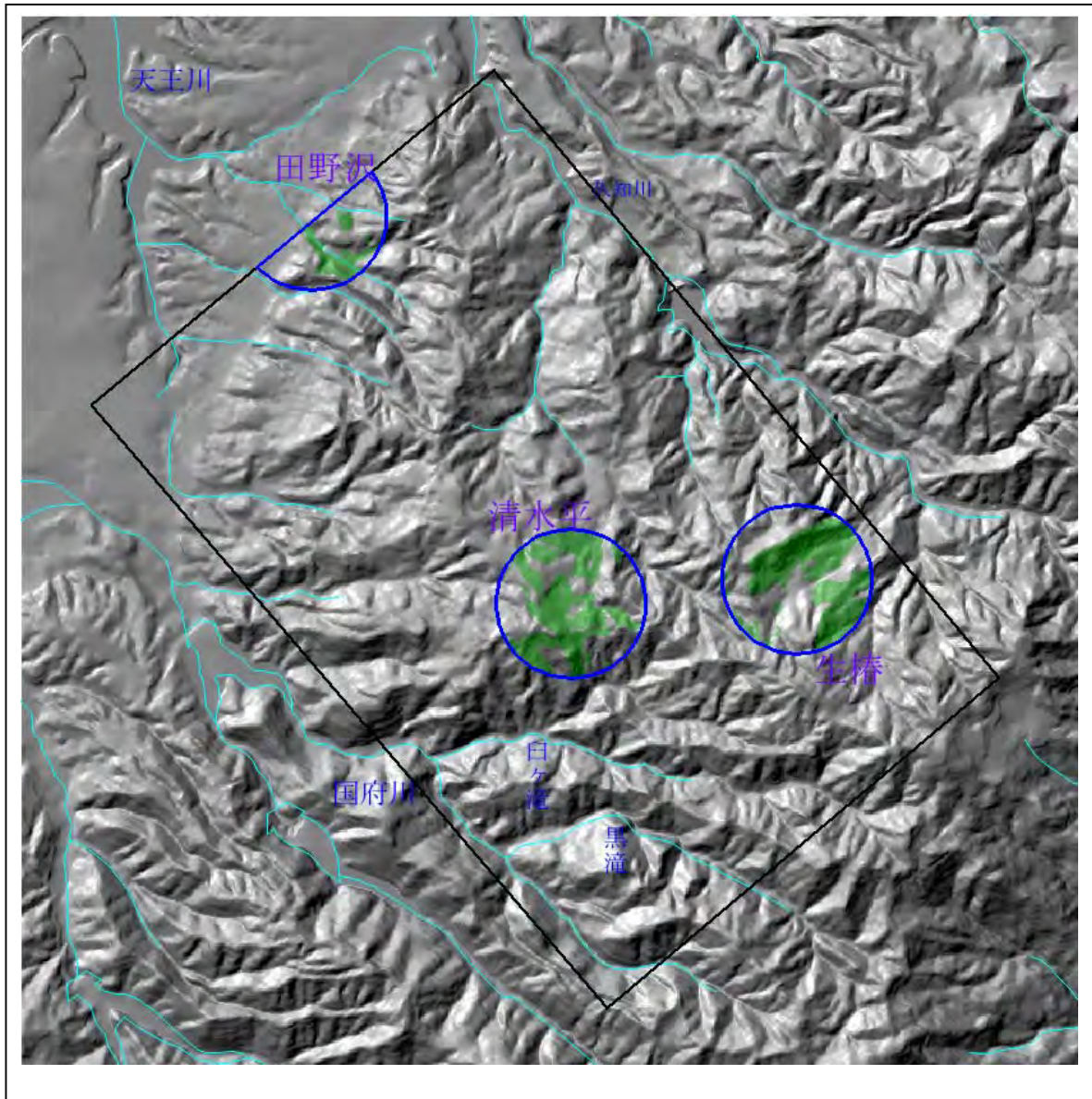


図 2-26 バッファ内のうち平均傾斜方位が東～南に位置する林相区分

これらのうち、公開可能なものについてはトキ保護センター等のホームページを通じて WebGIS として情報を提供することで、トキの野生復帰事業の認識や理解を深めることとなると思われる。

また情報提供と並行して、トキを放鳥後、一般市民がトキを見かけた時に、どのような場所でどのような行動をとっていたのか WebGIS 上の地図に書き込みができ、それを情報管理元で整理できるような仕組みがあれば、専門の監視員以外からも広くトキの生息状況について情報を集めることができると思われる。この書き込みについては、トキの野生復帰に関する活動に取り組む NGO 同士の情報の共有や、学校での環境教育の材料としての利用の可能性も考えられる。

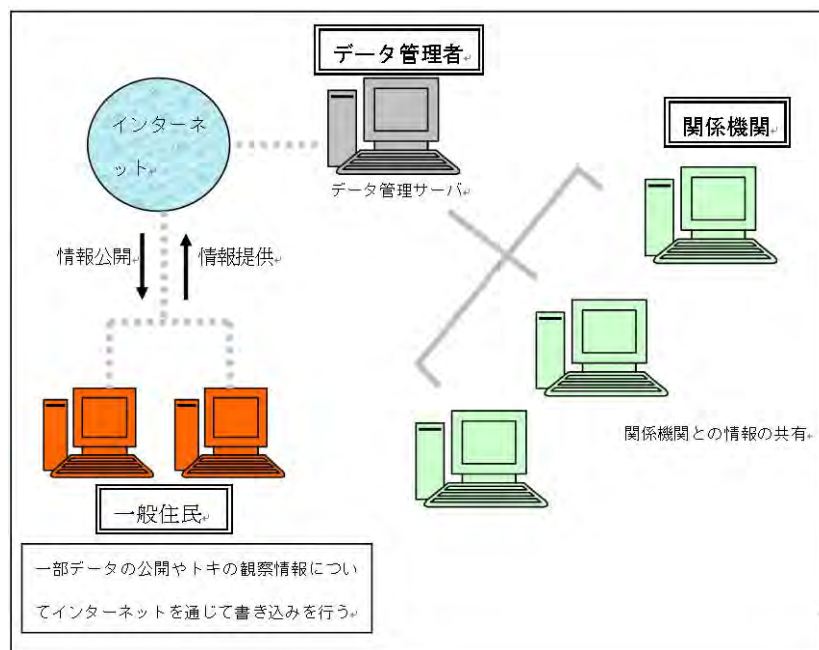


図 2-28 データ管理の一例

引用文献

環境省、2002、平成 14 年度 共生と循環の地域社会づくりモデル事業（佐渡地域）報告書

斉藤正一・中村人史・三浦直美、2003、薬剤と接着剤によるナラ集団枯損被害における枯死木の新たな防除の試み（1）、林業と薬剤 No.166、18-24

佐藤春雄、1978、トキ保護の記録 はばたけ朱鷺、研成社、東京

伊藤邦男編集、1988、佐渡植物誌 佐渡の植物第 4 集、佐渡の植物刊行会

新潟県：拡大が続くナラ類集団枯損、「林業にいがた」2001 年 7 月号、2001

新潟県教育委員会、1974、トキ保護の記録—特別天然記念物、国際保護鳥トキ保護増殖
事業経過報告書—

新潟県農林水産部治山課緑の百年物語推進班、2000、森林防疫 49 (7) ; 131

新潟の自然刊行委員会、1972、新潟の自然第 2 集

布川耕市、2004、新潟県におけるナラ類の集団枯損被害と防除、グリーン・エイジ
No.368 17-21

山根明臣、1979、MB 指数—松枯損発生環境要因指標、林業と薬剤、No.70 p.13-14

林野庁、終息型微害松林の検定手法開発調査報告書、1997

林野庁、松くい虫被新防除技術開発調査報告書、2004

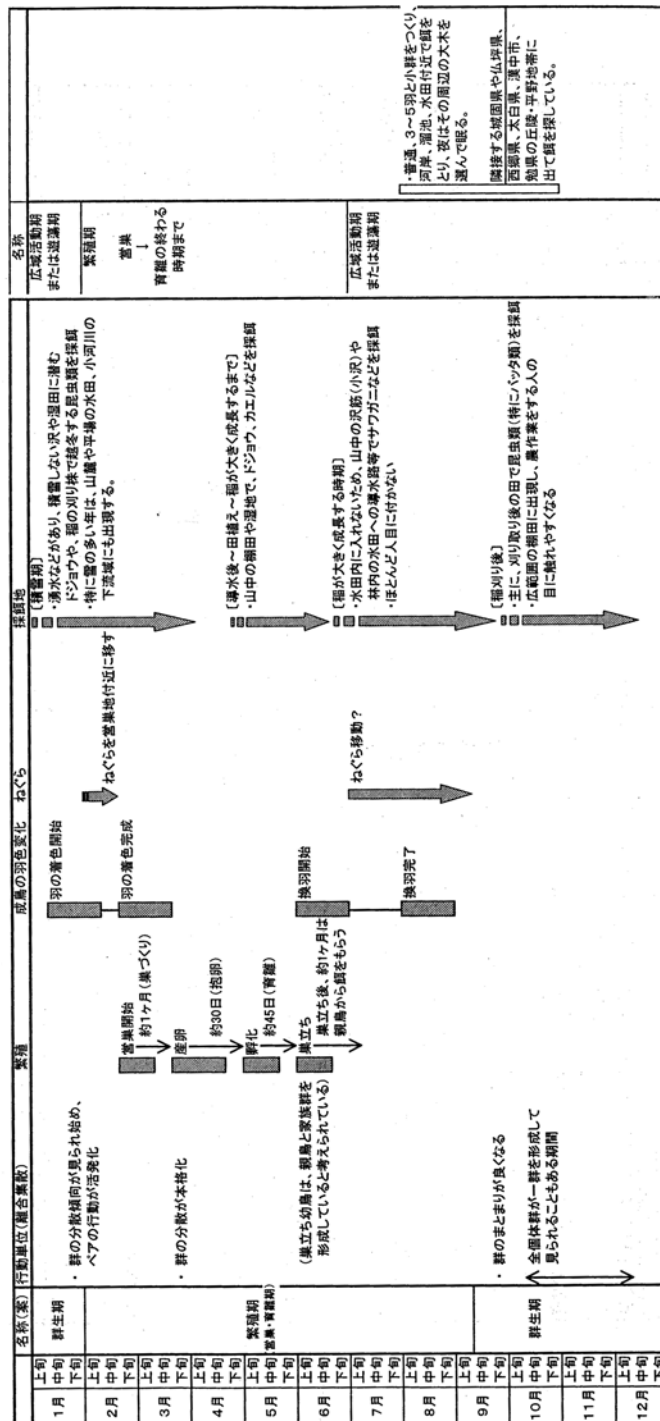
第3章 環境影響要因

3-1 年周期活動と警戒性

3-1-1 トキの年周期活動

トキの年周期活動および日周期活動は 1-4-1、1-4-2 の通りである。また「平成 14 年度 共生と循環の地域社会づくりモデル事業（佐渡地域）報告書」（財団法人自然環境研究センター）では表 3-1 のように示されている。

表 3-1 トキの年周期活動（佐渡の場合）



引用：「平成 14 年度 共生と循環の地域社会づくりモデル事業（佐渡地域）報告書」 p187

3-1-2 トキの警戒性

3-1-2-1 トキの年周期活動における警戒性

トキは本来珍しい鳥ではなく近世には日本各地で生息していたという記録が残されているが、明治以降の乱獲で急激に個体数が減少し、旧文化財保護法による天然記念物指定（1934年）の際には多く見積もっても合計100羽以下にまでになったと推定されている（1-2参照）。その減少と共に、トキは元来のんびりしたおとなしい鳥で人に馴れやすいが、ついに今では警戒心の強い鳥になってしまった（佐藤、1978）とある。

佐渡における野生のトキの観察記録では、各生活史におけるトキの警戒性として下記のような行動が記載されている。

(1) 営巣・産卵・抱卵期

- ・1931年（昭和6年）の佐渡島でのトキ再発見後、1932年（昭和7年）賀茂村和気の下松山の山中での繁殖や1933年（昭和8年）新穂村新穂山での営巣とも急峻な山腹の老木で、人影のないところであった。またその後営巣地が確認された新穂村の黒滝地区、桶後地区、立間地区も人里から遠く離れた深い静かな山である（新潟県教育委員会、1974）。
- ・抱卵中の親鳥は非常に警戒心が強く、常に沢の方をむいており、谷あいから登ってくる害敵を警戒しているようである。巣を離れるときも、くちばしで卵に落葉をかぶせて偽装したのち飛び立つ。また、巣に帰る時も一度に巣に入らずに、他の木に1~2度とまってから巣に入ってゆく（新潟県教育委員会、1974）。
- ・特に繁殖期になると、いっそう敏感となり、極度に人を嫌って、たとえ卵を抱いていても、あるいはひながふ化していても、危険を察すると、卵や可愛いひなをすてて去ってしまう（佐藤、1978）。
- ・繁殖期には、理由のいかんを問わず何人も巣に近寄らないようにすることが大切である（佐藤、1978）。

(2) ねぐら

- ・ねぐらにつく時は、他のトキがねぐらについても一羽だけが飛んで警戒し、危険のないことを知ってからねぐらにつくか、あるいは一斉にねぐらについても、一羽が再び上空をとびまわって、安全を確かめる。（佐藤、1978）。

(3) 採餌地

- ・早朝ねぐらから飛来して目的の採餌地に降下する際、何か異様なものを見つけたり、用心をしている時は、警戒声である“ターア声”を發しつつ様子を伺いながら何度も上空を旋回する。採餌地に降下した後でも、しばらくは頭をもたげて辺りをうかがい、前記の警戒声を連發する。勿論何事も無い場合は、無声で 1~2 度旋回の後、目的の場所にすつと降下する（新潟県教育委員会、1974）。
- ・群の中には必ず見張り役がおり、餌をあさったり遊んでいる時など、見張り役はまわりを警戒し、もし危ないと思うとなき声の合図で飛び去る。（佐藤、1978）。

3-1-2-2 人為活動によるトキへの影響

またトキの警戒性の中でも特に、人為活動により野生トキへの影響がみられた例については、下記のような佐渡での記録が残されている。

(1) 営巣・産卵・抱卵期

1971 年（昭和 46 年）

営巣地をそれまでの新穂村黒滝から両津市立間の山中に移した。その理由は、1968 年（昭和 43）に取材ヘリコプターが営巣地である黒滝周辺を飛んだため、あるいは減反による餌場の減少とも言われているが、定かではない（新潟県、2000）。

1972~1974 年（昭和 47~79 年）

両津市立間での 3 年間ひなが順調にかえったのは、住民が山の立入を規制したためと考えられる（自然環境研究センター、2003）。

また、能登における繁殖失敗についても、正常に發育していた卵が、何者かにあらされた例が多いといわれ、それは人間の侵入を恐れて、親鳥が巣を離れたためであるとみられている（佐藤、1978）

(2) 採餌地

採餌地において、人の出現に対するトキの警戒、避難はほとんど「やや離れた地上（採餌地）への移動又は樹枝上への移動」もしくは「その採餌地から逃げ出し、かなり離れた他所の採餌地や樹枝上へ移動」という行動を示す（新潟県教育委員会、1974）

3-2 環境影響要因の検討

佐渡で野生のトキが生息していた頃の記録も限られており、また現在日本国内において野生のトキが生息していない状況において、人工増殖されたトキが野生放鳥された場合、3-1のような野生のトキが持っていた警戒心をどの程度まで抱くかは現時点では不明であり、放鳥後のモニタリングが必須である。ここでは推測の域ではあるが、今後人工増殖されたトキが野生放鳥された場合においても、佐渡に生息していた野生のトキに関して残されている記録のように警戒性をもつと仮定する。

また、対象範囲は、トキを野生復帰させる際の重点区域となっている小佐渡東部（図 2-12）を対象とする。

小佐渡東部の森林域には保安林や国有林が広く分布する（図 2-14 参照）。これら森林域において、トキの生息環境に変化をもたらすような主な環境影響要因としては

- ①林道等（林道およびその他森林域内の道路）の新設および延長工事
- ②治山施設の造成
- ③森林施業

の3つが考えられる。

「自然環境アセスメント技術マニュアル」（自然環境研究センター、1995年）の中で、事業の実施に伴い生じる影響は、事業の実施と保全対象の動物が受ける変化との因果関係が直接的であるか否かによって、直接的影響と間接的影響の2種類の影響に分類されるとしている（図 3-1）。

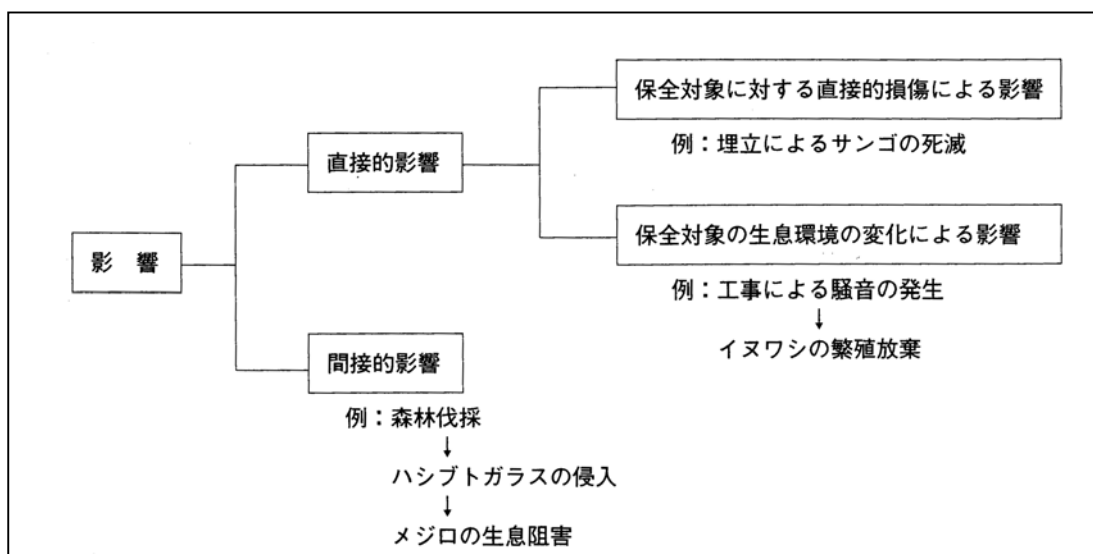


図 3-1 直接的影響と間接的影響

トキを野生放鳥していく場合、「直接的影響」の「保全対象に対する直接的損傷による影響」については、放鳥後のモニタリングにより避けることができるものと考えられ、また「間接的影響」については予測が技術的に困難であるため（自然環境研究センター、1995年）、今回は「直接的影響」の「保全対象の生息環境の変化による影響」として上記①～③の要因を考察することとする。

事業の実施により生じる各種の環境影響要因は、「施設の設置や土地の改変等によって半永久的に生じるもの」、「施設等を利用し管理することにより生じるもの」、「工事中に一時的に生じるもの」の3種類がある（自然環境研究センター、1995年）。この3つの区分に従って、トキの生息環境に変化をもたらすと考えられる主な影響要因①～③の詳細を記載すると下記のようなになる。

表 3-2 環境影響要因の区分

環境影響要因の区分	考えられる要因		
	①林道等の工事	②治山施設工事	③森林施業
施設の設置や土地の改変等によって半永久的に生じるもの	・森林性動物の移動の阻害	・河川に生息する生物の移動の制限（治山施設の工法による）	・立木密度、照度等の生息環境の変化
施設等を利用し管理することにより生じるもの	・車両の往来	・車両や人の出入り	・車両や人の出入り
工事中（または森林整備中）に一時的に生じるもの	・建設時の騒音、振動 ・車両や人の出入り ・工事中の土砂・泥水の流下	・工事中の騒音、振動 ・車両や人の出入り ・工事中の土砂・泥水の流下	・作業中の騒音、振動 ・車両や人の出入り ・作業中の土砂・泥水の流下

3-3 要因の回避

鳥類の外部からの刺激に対する反応の敏感さは、時期（季節、繁殖ステージ）と場所（利用する区域）によって大きく異なり、さらに種によって敏感度や反応も異なる（環境庁、1996）。トキにおいても3-2の環境影響要因を回避しようとする場合、生活史ごとに警戒性の大小が異なると考えられ、その大小により対策も変わる。

一般的に繁殖期が敏感な時期で、その中でも抱卵期が最も敏感な時期といわれているが、場所（巣やその他の重要な場所からの距離）や外部からの刺激の内容との関係でその度合いは変わってくる（環境庁、1996）。トキの警戒性のうち、野生のトキの生息記録をみると、採餌地においても警戒性はあるが、人を恐れずに採餌地で過ごす個体の記述もみられる（佐藤 1978）。しかし営巣・産卵・抱卵期においては3-1のように人の影響により繁殖が妨害された可能性がある事例も報告されており、最も警戒性が大きくなる時期と予想される。

野生放鳥後のトキへの影響要因を考慮する場合、上記のようにトキの警戒性の異なる

時期やその行動範囲ごとに分けて対策を考える必要がある。「森林における野生生物の保護管理」(藤森他、1999)において、希少鳥類の保護管理として「繁殖つがいの行動圏内を対象とする保護管理方策としては、当然ながら営巣地点を中心としたゾーニングによる保護対策が必要となる」とあり、その区分と保護管理の大きな内容として下記のような記載がなされている。

表 3-3 ゾーニングの区分と保護管理の内容

区分	内容
①環境保護区域	繁殖の安全性を確保するため巣の真近で、原則として環境改変を避け、必要があれば許可制等により営巣期以外に施業や開発行為を認める地域
②立入規制区域	特に繁殖期などその種の過敏な時期に、伐採や立ち入りを規制する区域
③環境管理区域	年間を通じたその種の生活条件の確保のため、環境改変を一定レベル以内に規制する区域

また、それぞれの区分を設定する際の考え方として下記のような記載がなされている

① 環境保護区域

営巣中心域*および営巣期高利用域**を環境保護区域とし、原則として環境改変を避け、人工林などで必要があれば許可制で非繁殖期に施業を認める。営巣中心域と営巣期高利用域が不明の場合は、既知のデータを準用する。

*営巣中心域：営巣地、営巣木およびそこに近接する監視やねぐらのためのとまり場所、餌処理場所等を含む地域。特に営巣・繁殖期にはこの区域内での感受性が高いため、広義の営巣地として一体的かつ慎重に取扱われるべき区域

**営巣期高利用域：営巣期の採餌場所、主要な飛行ルート、主要な旋回場所等を含む営巣期に主として利用する区域

② 立入規制区域

繁殖期の巣周辺での攪乱を防止するために、経験的に得られた当該種の警戒、営巣放棄距離+ α の範囲を立入規制区域とする。

③ 環境管理区域

現地調査によって明らかとなった 95%行動圏***や非営巣期高利用域****を環境管理区域とし、行動圏内における植生・採餌場・既設自然保護地域・諸施設の分布状況・森林施業・開発計画・人や車の入り込み状況を把握し、その調査結果に基づいて、生息不適地の面積が一定割合以下、あるいは生息好適地が必要面積以上となるように環境改変行為を規制する。行動圏が不明の場合は、巣あるいは巣群を中心に、既知の 95%平均行動圏や非営巣期高利用域面積を環境管理区域とする

***95%行動圏：最大行動圏は調査期間や調査時間が長くなるほど大きくなり、縁辺部でのイレギュラーな記録や不明個体の記録が多くなってしまふ。このため、縁辺部の 5%の記録をカットした行動圏がよく用いられ。これを 95%行動圏という。

****非営巣期高利用域：非営巣期の採餌場所、主要な飛行ルート、主要な旋回場所等を含む非営巣期に主として利用する区域

一度野生のトキの生息数が減少に追いやられた場所（生息環境）で再度野生復帰を図るためには、トキが生息できなくなった環境原因を把握し、その生息環境を改良・維持する必要がある。

昭和における絶滅の要因として、1-3 に下記の項目が挙げられている。

- (1) 近交弱勢の影響
- (2) 農薬の影響
- (3) 森林伐採
- (4) 減反
- (5) 天敵の影響（詳しくは 1-4-5 参照）

また、新潟県（2000）では人間による繁殖の妨害も指摘されている

表 3-2 で挙げた環境影響要因のうち、上記の生息環境悪化の原因に関連するものは、森林伐採と人間による繁殖の妨害の 2 つである。この 2 つの要因に配慮し、トキの時期によって変わる警戒性や採餌場所の特徴を踏まえながら、森林域における林道等や治山施設の工事・森林施業を行う際の場所や時期について、上記のゾーニングの考え方を参考に考察を行う。また年周期活動の名称や時期は表 2-14 に基づいた。

3-3-1 環境保護区域・立入規制区域

環境保護区域は「営巣中心域および営巣期高利用域」、立入規制区域は「当該種の警戒、営巣放棄距離+ α 」と示されている（藤森他、1999）。トキの営巣・育雛期である 4~6 月は採餌・採餌のための行動範囲が狭まり、行動範囲は営巣地および飛来確認地点が集中する箇所から半径 2km と予測され、またできれば 200~300m、遠くても 700~800m 以内に餌場があること（2-5-2-2 参照）とされている。

繁殖期に巣の近くを人間が頻繁に歩き回ると、トキは巣内の卵やひなを放棄してしまうことがある（新潟県、2000）とあるが、何 m 近づくと巣や繁殖を放棄する、といった具体的な観察記録については調べた限りでは見当たらない。また繁殖期における入山禁止の措置が成功した事例として、1962 年（昭和 37 年）以降、1971 年（昭和 46 年）までトキの生息地の公有化が図られ（最終面積 1,000.96ha）、それに伴い繁殖期の入山禁止措置が徹底されるようになった結果、1965~1969 年（昭和 40~44 年）の間に黒滝で毎年 2~5 羽のひなが巣立ち、佐渡におけるトキの生息数が 10 羽程度にまで回復した記録（新潟県、2000）がある（単純に 1,000ha の円と過程すると、半径はおよそ 1800m 程度

となる)。

営巣中心域は特に営巣・繁殖期に敏感性が高く広義の営巣地として一体的かつ慎重に取扱われるべき区域であること、営巣期高利用域は営巣期の採餌場所・主要な飛行ルート・主要な旋回場所等を含む営巣期に主として利用する区域とある。またトキの営巣・育雛期(4~6月)の採餌地は営巣地からできれば200~300m、遠くても700~800m以内が望ましいとのことから、営巣地からの最大の半径700~800m以内がトキの営巣中心域および営巣期高利用域と考え、この半径距離を環境保護区域と想定する。

(1) 営巣・育雛期(4~6月)

過去の観察記録を考慮すると、この時期の環境保護区域内での林道や治山施設の工事、森林施業を避け、人や車両の立入りも禁止する立入規制区域とする必要があると思われる。ただし、今後実際に営巣される場所の立地条件やトキの警戒性により影響の大小は異なることから、モニタリングにより適宜対応していく必要がある。

(2) 育雛後期~群生期初期(7~9月)

この時期は営巣・育雛期(4~6月)より活動範囲が広がってくるが山中で活動することが多く人間からは確認しにくい時期であるようで行動範囲の記載はなされておらず(2-5-3-2 参照)、またねぐらの移動もこの時期であると思われるが定かではない(表3-1 参照)。

雛の巣立ちが終わると一般には、季節によって変わる生息地、採餌地など、いわゆる環境によってねぐらを変えていく。すなわち、比較的餌場に近く、眺望のきくところで、しかも風のあまりあたらない雑木林や松林などを選んでいることが多い(2-5-3-1 参照)。夏場の生息記録として、巣立ち後のひなは、親鳥に見守られながら次第に営巣地から遠ざかって行くが、環境さえ良ければ、巣に近い溪谷などにある周1mくらいの落葉樹などをねぐらにしている(2-5-3-1 参照)という事例もみられる。トキは4月上旬産卵し、抱卵期間が約28日で5月上旬に孵化し6月中旬から下旬にかけて巣立つが(1-4-1 参照)、この時期の初期は巣立ち後、営巣地から徐々に行動範囲を広げている時期にかかると考えられ(1-4-1 参照)、状況に応じて営巣・育雛期(4~6月)に準じた対応が必要であると思われる。

(3) 群生期（10月～12月）

冬から春先にかけて奥山の餌場が雪で採餌できなくなると、トキも人家に近い餌場に移ってくる観察記録が残されている（2-5-3-1 参照）。この時期の行動半径は 6km と広範囲の予測がされており（2-5-3-2 参照）、これはほぼ小佐渡東部の面積に匹敵する。

この時期も営巣中心域の環境改変は避ける必要があると思われる。営巣期高利用域においては、表 3-2 に示した工事時もしくは施業時に一時的に生じる環境影響要因のみではなく、施設等を利用し管理する際の環境影響要因（車両や人の出入り）や施設の設置や土地の改変等により半永久的に生じる要因が、トキの営巣期高利用域に与える影響やトキの餌となる生物に及ぼす影響を考慮し、トキの営巣期高利用域の生息環境を維持（もしくは向上）できるような場合に必要な治山施設・林道の工事や森林施業を行えば大きな影響はないと考えられる。

(4) 群生期後期～営巣開始期（1～3月）

この時期は群生期（10月～12月）と同様に行動半径が 6km と広範囲の予測がされており（2-5-3-2 参照）、集団でねぐらをとる傾向が強い。しかし徐々に群の分散傾向が見られ始め、繁殖ペアがねぐらを営巣地付近に移し、巣作りを始める期間にあたるため、時期や状況により群生期（10月～12月）の対応から、営巣・育雛期（4～6月）に準じた対応をとるようにする必要があると思われる。

3-3-2 環境管理区域

環境管理区域は「現地調査によって明らかとなった 95%行動圏や非営巣期高利用域」と示されている（藤森他、1999）。営巣・育雛期以外のトキの行動半径はおよそ半径 6km、すなわち小佐渡東部程度と推定されている（2-5-3-2 参照）が、現時点で非営巣期高利用域の詳細な距離の特定は困難であることから、最大の安全性を取り、およそねぐらや飛来確認点が集中する場所から半径 6km の範囲を環境管理区域と想定する。

(1) 営巣・育雛期（4～6月）

この時期は環境保護区域・立入規制区域を主な行動区域にしていると想定されることから、工事中（施業中）に一時的に生じる要因が環境保護区域・立入規制区域へ影響を及ぼさず、また工事（施業）後に施設等を利用し管理する際の環境影響要因（車両や人の出入り）や施設の設置・土地の改変等により半永久的に生じる要因が、トキの環境管理区域

におけるねぐらやトキの餌となる生物の生息環境を維持（もしくは向上）できることを前提とした場合に、林道等や治山施設の工事、森林施業を行えば大きな影響はないものと考えられる。

(2) 育雛後期～群生期初期（7～9月）

野生のトキの行動では、この時期の採餌地は山中の小沢や溪谷沿いに集中し（表 2-14）山中で活動することが多くなる。この時期のトキのねぐらや採餌環境を劣化させるような林道等や治山施設の工事、森林施業は極力避けた方がよいと思われる。

(3) 群生期（10月～12月）

この時期の採餌地は、野生のトキの行動記録では稲刈りの終了した山間の水田地帯が主な餌場となり（表 2-14）里地付近の利用が多くなると想定されるため、工事中（施業中）に一時的に生じる要因がトキの採餌やねぐら環境に影響を及ぼさず、また工事（施業）後に、施設等を利用し管理する際の環境影響要因（車両や人の出入り）や施設の設置・土地の改変等により半永久的に生じる要因が、トキの環境管理区域におけるねぐらやトキの餌となる生物の生息環境を維持（もしくは向上）できることを前提とした場合に、林道等や治山施設の工事、森林施業を行えば大きな影響はないものと考えられる。

(4) 群生期後期～営巣開始期（1～3月）

山中の水田や沢沿いが主要な採餌地となるが、特に雪の多い年には、餌を求めて山麓の水田や小河川の下流域、平場の水田近く、人家近くにも出現するとあり（表 2-14）ねぐらも餌場付近に移動するものと思われる。この時期も冬場は里地付近の利用が多くなると想定されるが、後半は営巣が開始される時期でもあるため、実際のトキの行動に配慮し、群生期（10月～12月）の対応から営巣・育雛期（4～6月）の対応へと移行した方がよいと考えられる

3-3-3 順応的管理

3-3-1、3-3-2 の環境保護区域、環境管理区域の範囲と時期別の対応についてまとめる
と下記の表のようになる。

表 3-4 環境保護区域および環境管理区域

	範囲	営巣・育雛期 (4~6月)	育雛後期~群生期 初期 (7~9月)	群生期 (10月~12月)	群生期後期~営 巣開始期 (1~3月)
環境保護区域	営巣地から 半径 700~ 800m	工事・施業を回避 立ち入り規制区域	状況に応じて営 巣・育雛期に順ず る	営巣中心域の環境 改変は避ける 営巣期高利用域の 生息環境を維持で きる場合に工事・ 施業が可能	状況に応じて営 巣・育雛期に順 ずる
環境管理区域	ねぐらや飛 来確認点が 集中する場 所から半径 6km	環境保護区域に 影響を及ぼさ ず、採餌やねぐ らの環境が維持 される場合に工 事(施業)実施	山中で活動が増え るため、ねぐらや 採餌環境を劣化さ せる工事(施業) を避ける	環境管理区域の採 餌やねぐらの環境 が維持される場合 に工事(施業)を 実施	状況に応じて群 生期から営巣・ 育雛期に順ずる 対応とする
餌場		山腹・山間の水 田地帯や沢筋	山中の小沢や溪谷 沿い	水田地帯~山麓	山中の水田や沢 沿い。雪が多い 年は山麓や平場 の水田、小河川 の下流域

上記の区域の設定は、あくまでも佐渡の野生のトキが数羽~数十羽に残された昭和の生息記録をもとに安全性を考慮して想定したものであり、今後、増殖された個体を野生放鳥していく場合にこの想定が適合するとは限らない。

現在、餌資源や営巣木の確保のために国、新潟県、佐渡市によって住民の協力を得ながら様々な取り組みが行われており、トキの生息数減少の理由となった要因が改善されていくと考えられる。今後常に、放鳥されたトキの状況やその生息環境をモニタリングし、実際に放鳥されたトキが利用する採餌地やねぐらに配慮しながら、その結果を素早くトキの野生放鳥計画に反映させるような順応的管理を長期にわたって行い、適宜、今回想定したような環境保護区域、立入規制区域、環境管理区域の設定を改善していく必要がある。

引用文献

環境省、2002、平成 14 年度 共生と循環の地域社会づくりモデル事業 (佐渡地域) 報告書

佐藤春雄、1978、トキ保護の記録 はばたけ朱鷺、研成社、東京

佐藤大七郎監修、1995、自然環境アセスメント技術マニュアル、自然環境研究センター、東京

蘇雲山・河合明宣、2001、朱鷺の現在・過去・未来—朱鷺と生息地の保護研究資料集—、日中朱鷺保護研究会

東京大学海洋研究所共同利用シンポジウム「順応的管理の理論と実践」資料

新潟県教育委員会、1974、トキ保護の記録―特別天然記念物、国際保護鳥トキ保護増殖事業経過報告書―

新潟県、2000、トキ保護の記録―特別天然記念物、国際保護鳥トキ保護増殖事業経過報告書―

新穂村教育委員会・新穂村とき愛護会、1965、とき調査資料（第四集）

藤森隆郎・由井正敏・石井信夫、1999、森林における野生生物の保護管理、日本林業調査会、東京

山階芳麻・中西悟堂監修、1983、トキ 黄昏に消えた飛翔の詩、教育社、東京

第4章 森林の整備計画

4-1 目標とする林型

4-1-1 営巣木の条件

営巣木に関する記載記録を、新潟県教育委員会が1974年にまとめた「トキ保護の記録」から取り上げてみる。菊池勘左エ門氏によると、トキが生息する小佐渡の北部において、1958年から1970年代前半までに観察された営巣樹種は、アカマツ4本、シナノキとコナラが2本、クリとケヤキが1本となっている。これらの木は目通りの幹周囲長が1m以上の巨木であり、巣は溪流上に伸びた枝の上に作られている。佐藤春雄氏の文章から推測すると、営巣木は断崖地に生育し、その枝が断崖や溪谷の上に伸び出た大木のようなものである。溪流上に張り出した枝の上に巣を作った抱卵中の親鳥は、常に沢の方を向いた姿勢をとっているという。このような位置に巣を作り、そのような姿勢をとっているのは、谷側からの外敵に注意すればよいという理由によるようである。なお、佐藤氏の記している大木の樹種は、菊池氏の記しているもの同じなので、両者は同じ時期の同じ場所のことについて述べているものと思われる。

佐藤氏は、上記の書と自身の著書（はばたけ朱鷺、1978）で、1932年と1933年の調査における営巣木についても記している。それによると、和木川に接する急峻な山腹にマツがあり、その木の断崖の上に張り出した枝に巣を作っていた。また新穂村新穂山では、雑木林の中のクリの老木に巣を作っていた。いずれも人里から遠く離れた静かな場所である。

新穂村歴史民族博物館に、1935年から1968年までに新穂村の国見山、黒滝山付近で観察されたトキの営巣木の記録資料があり、それに基づいて描いたのが図4-1である。営巣木は主に国見山付近と黒滝山付近の限られた場所にまとまって存在しており、それらはいずれも山奥の急峻な場所に位置している。国見山の方にまとまってある樹種は、クリ、トチノキ、マツ、イタヤカエデであり、それぞれが各1本ずつである。黒滝山の方にまとまってある樹種は、シナノキとミズナラが2本ずつ、アカマツ、ケヤキ、ウワミズザクラが1本ずつである。上記の2箇所から少しはなれた桶河内にクリの営巣木が1本あった。

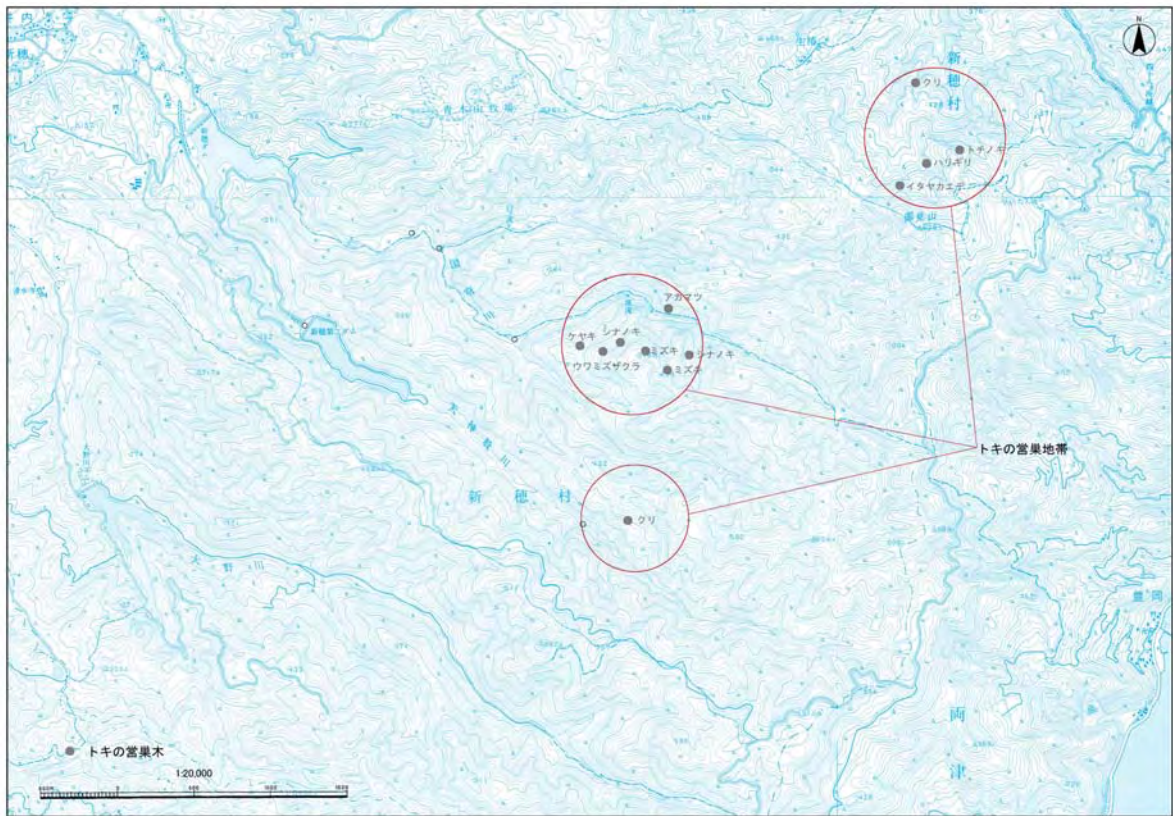


図 4-1 トキの営巣木の記録

新穂村歴史民族博物館

上記の樹種に関して、博物館の資料には国見山の営巣木の樹種に「ヤツの木」というのがあったので、それは何かと問い合わせたところ「マツ」の誤読のようだとの返事を得たので、それをマツ（おそらくアカマツ）とした。また黒滝山の資料にある「ミズの木」は何かと問い合わせたところ「ミズナラ」だとの返事を得たので、それをミズナラとした。

新穂村歴史民族博物館の資料には、営巣木の大きさや形態は記されていないが、上述の菊地氏や佐藤氏の記載から、営巣木の条件は大きな枝を有した大径木であることとよくだろう。また断崖や溪谷の上に大きく張り出した枝を持つ木ということも必要条件に入るか、少なくともそれは望ましい条件であるといえよう。なお、大きな枝を有する大木であれば、樹種は問わないといってよいようである。しかし営巣木としてアカマツの記録が最も多いことから、アカマツは営巣木として優れているといえる。一方、スギは最も多く植栽され、広く分布する樹種であるにもかかわらず、営巣木としてその名は記録に出てこない。スギは大木になるが、老径木を除くと、個々の枝は細くて巣が作りにくいこと、樹冠が密閉しているために巣の出入りの飛翔に支障のあることがその理由だと考えてよくだろう。

トキの営巣木として優れた木の条件は、書物に掲載されている巣の写真からうかがう

ことができる。佐藤春雄著「はばたけ朱鷺」と、近辻宏帰監修「永遠なる飛翔」をみると、広葉樹では幹分れした大きな、枝の上の方で、さらに枝分かれした二股部分に巣が多く作られている。週刊朝日百科「動物たちの地球」の1991年9月29日号に、中国陝西省洋県におけるトキの営巣木の写真があるが、それらは広葉樹の大木であり、その幹分かれ部に巣が作られている。またアカマツでは、輪島市に生息していた最後の1羽の巣は、高いところで幹が三又に分かれているところに作られていた。佐渡のアカマツでは、張り出した枝の途中の二股部分に巣を作っていた。

以上から総合判断して、トキの営巣木として優れた木は、アカマツの大木と広葉樹の大木であり、広葉樹は大きな木で枝をしっかりと張っているものであれば樹種は特に問わないといえる。樹冠内における営巣場所は、枝と枝の分岐点や幹分れの分岐点に多い。

4-1-2 ネグラ木の条件

上に紹介した新潟県教育委員会の「トキ保護の記録」の中の佐藤氏によると、トキのネグラ木は営巣木に比べて条件はゆるく、様々な場所で様々な木をネグラにしている。営巣の季節（2月下旬から6月中旬）は営巣木の近くにネグラ木を求めることが多いが、夏から秋にはネグラ場所は広がり、冬から春先までは、人里近い水田や海岸近くの雑木林などをネグラにしていた。いずれも近くに水田や沢などの餌場があるところである。鎮守の森のスギの木、アカメガシワ、ハリギリ、ホオノキ、イタヤカエデ、クリ、ケンポナシ、ナラ、シロダモなどの雑木林、マツの点在する雑木林などをネグラにしていたが、アカマツがもっとも多くネグラに使われていた。

この記載の中でネグラ木の大きさに関しては、「周囲が1mぐらいの落葉樹」、「目通り周囲が1.2mから1.3mのアカマツ」などという記載のある木もあるが、多くの木には大きさの記載がない。しかし、トキが枝に止まったり飛び立ったりするのに必要な空間が大枝同士の間にある木が望ましいことは論を待たず、そのような木は大木に多い。また外敵から身を守るためには、ある程度高いところに巣を作る必要があり、そのことからネグラ木は大木であることが必要と考えられる。

大木である条件を満たしていれば樹種は問わないが、木の大きさや枝張りの形態からしてアカマツが好ましい樹種であることは間違いない。鎮守の森のスギを除いては、ネグラ木としてスギの名は出てこないが、これはスギの樹冠には隙間が少なく、枝への発着行動に支障があるからと推察される。スギも老成径木になれば、一本一本の枝の間に十分な空間ができるようになり、ネグラ木として利用できるようになるものと考えられる。

4-1-3 林分の発達段階

植生の種の組成や構造が時間とともに変化していく現象を植生遷移と呼んでいる。遷移は、前の生態系（特に土壌）が溶岩や崩壊などで完全に破壊された跡にスタートする一次遷移と、土壌や有機物が残った状態でスタートする二次遷移に分けられている。二次遷移の中で、森林から森林に移行する遷移に絞り込み、攪乱とその後の森林の構造の変化の特色に着目したものを林分の発達段階という。林分の発達段階は普通 200 年ぐらいのスパンの中で把握できるので、森林管理と結びつけるのに適している。林分の発達段階のモデルは、個々の木と林分全体の両方の構造の変化を理解するのに役立ち、それは森林の管理や施業技術を理論的に検討するのに大きな助けになる。

図 4-2 は大きな攪乱のあった後に、大中規模の攪乱のない状態が続いた場合の林分の発達段階のモデルである。図の上段は原生的な天然生林、下段は人工林の系列であるが、それぞれ攪乱後の時間に応じて林分成立段階、若齢段階、成熟段階があり、原生的な天然生林には老齢段階がある。老齢段階の特色は、かつて優勢木であった大径の衰退木、枯死木、倒木が散在することであり、それに伴ってギャップやパッチが散在することである。衰退木、枯死木、倒木の存在は多くの生物の生存に不可欠な要素であり、老齢林の本質的要素である。それに対して人工林は、一般に木材生産を目的とするので、優勢木が衰退、枯死していくことは目的に反することであり、人工林においては老齢段階の森林はないのが普通である。

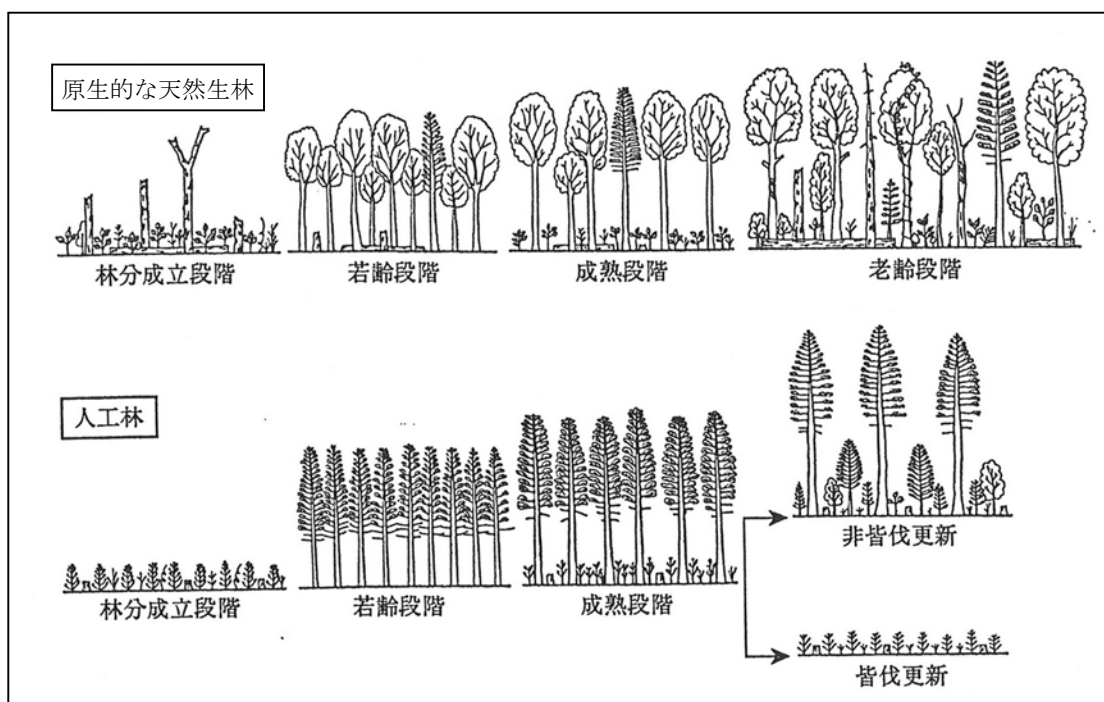


図 4-2 基本的な林分の発達段階モデル（藤森 2004 を改変）

原生的な天然生林と人工林との間に、天然更新で成立したものでも、人手の影響を受けているその他天然生林がある。図 4-2 にはその他天然生林は省略してあるが、その他天然生林は、老齢段階を除いて図 4-2 の原生的な天然生林とほぼ同じものと見てよい。その他天然生林も人手をかけなくなって長い時間がたてば老齢段階を迎え、そうなったものは原生的な天然生林である。

上に原生的な天然生林、その他天然生林、人工林などの用語を用い、それに簡単な説明を加えたが、本報告書におけるこれらの用語のより詳しい定義は以下のとおりである。

原生的な天然生林とは、自然攪乱によって天然更新した森林で、極相林〔老齢段階の森林（老齢林）〕およびそこに至るまでのあらゆる遷移段階（発達段階）の森林である。かつて人為の及んでいた森林でも、極相林（老齢林）に達しているもの、すなわち人為の痕跡のほとんど認められなくなったものは原生的な天然生林とみなされる。

その他天然生林とは、伐採などの人為的攪乱の後、主に天然更新によって成立した二次林段階の森林のことである。また植栽されたけれども、長く放置されていて天然要素の高まっている森林もその他天然生林である。放置された旧薪炭林や農用林、また、不成績造林地で天然更新してきた樹種が優占しているような森林もその他天然生林である。二次林とは、二次遷移の途中にある森林のことである。二次遷移とは、前代から残された土壌の上でスタートした遷移である。

天然更新した森林で、更新補助作業を行ったり、間伐などの保育や収穫行為を行っている森林を育成林という。その他天然生林をそのように扱う施業を育成天然生林施業というが、広義には人工林施業も育成林施業に入る。

人工林施業は、植栽するか播種するかによって成立した森林に間伐、主伐、択伐などを加えていく施業である。日本では播種更新は難しく、ほとんどすべては植栽による更新が行われている。

林分成立段階は大きな攪乱があつて、森林がある程度広い面積でオープンになった後、次世代の木が林冠を形成するまでの段階であり、その初期の頃は草本類と木本類が同じような高さで競争する。原生的な天然生林の林分成立段階においては、攪乱前の老齢林の要素がある程度残っており、スタートから耐陰性の樹種も混在している。人工林においては、植栽木以外は陽性の植物が生育する。林分成立段階は、原生的な天然生林では 10～15 年、人工林では 6～10 年ぐらいの期間続くことが多い。

林分成立段階から、やがて高木性の樹種が優位に立ち、それが林冠を形成して林内を強く閉鎖するようになり、林内照度は不足して下層植生は乏しくなる。その期間が若齢段

階である。人工林の方が暗くなり、下層植生が欠乏することが多い。若齢段階は 30～40 年ぐらい続くことが多い。

若齢段階も数十年続くと、樹冠同士の間自然に隙間ができるようになり、林内は適度に明るくなって下層植生が豊かになる。この段階を成熟段階という。人工林においても、間伐をしなくても、時間がたてば成熟段階が訪れる。ただし、このことは間伐をしなくてもよいということではない。人工林で間伐をしなければ林分は脆弱になり、若齢段階の期間は下層植生が著しく欠乏する。原生的な天然生林では、上木の樹種によって異なるが、成熟段階が 100 年前後続くと老齢段階を迎える。老齢段階では、優勢木の中に衰退木、枯死木、根返り木が比較的高い頻度で随所に発生し、ギャップとパッチが形成され、さまざまな生育段階の木が生育し、垂直方向と水平方向の両方において構造は多様化し、そのような状態で森林が維持される。

4-1-4 目標林型

トキが営巣木として好む木は、大きな枝の樹冠が発達した大木である。このような木は林分の成熟段階の後半から老齢段階の森林に存在する。ネグラ木は営巣木よりも条件にゆとりがあるとしても、できるだけ枝張りのよい大きな木が好ましいことは、多くの事例から判断して間違いないものと思われる。またトキは、巣やネグラ場所への出入りにおいて、飛翔を妨げない空間が必要で、一本一本の大きな木が十分な空間を有して生育して立っていることが必要である。どのくらいの空間サイズが必要かの根拠となる資料が見当たらないので、若齢段階や成熟段階の森林においては間伐によってさまざまなサイズの空間を提供することが望ましい。またトキ以外の野鳥にとっても、森林の野鳥は採餌場所・営巣場所・ソングポスト（さえずり場所）などを種類によって違えてすみ分けていることから、複雑な構造の林ほどさまざまな生活空間が存在して鳥類群集が豊かになると推察される（由井・石井 1994）。

老齢段階の森林は、随所にある老齢木が単木的にまたは群状に順次衰退し枯死していくために、さまざまなサイズのギャップやパッチを含めて大きな樹冠同士の間隙の多い構造の森林である。図 4-3 は北海道定山溪の国有林にある老齢段階の針広混交林の樹冠投影図である。老齢林はこのように大小さまざまなギャップとパッチがあり、立体構造も発達しているため、トキの飛翔行動に適した空間の選択肢は多い。したがってトキの生息活動にとっては、老齢段階の森林が目標林型となる。

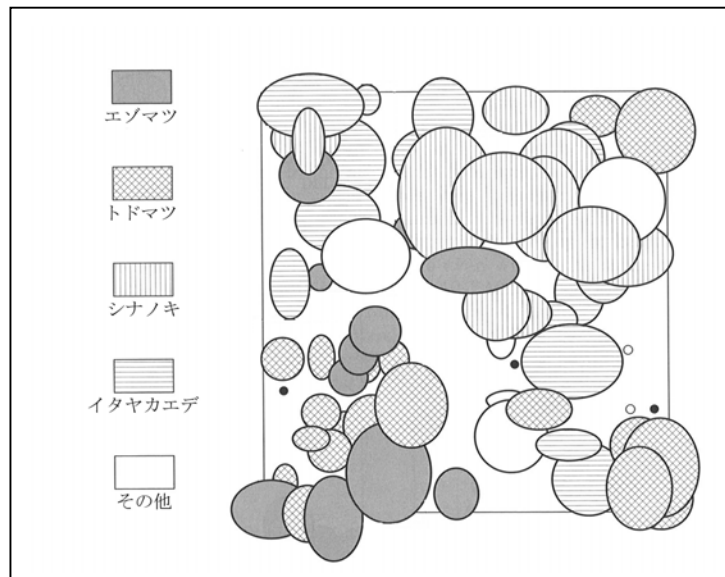


図 4-3 北海道定山溪国有林内の老齢段階の天然林の調査プロット (50m×50m) 内のパッチ構造 (石塚 1981)

現地を視察したり、多くの写真からの判断によると、アカマツは広葉樹二次林の上層に優占しているものが多い (写真 4-1)。それは成熟段階の林相に相当し、アカマツが優占する成熟段階の森林も目標林型として好ましい。天然更新してきたアカマツは、それがよく生育する環境整備 (競争木の除伐など) を行うことが望ましい。



写真 4-1 アカマツの分布

4-2 森林整備方針

4-2-1 保護すべき森林

大きな枝の発達した大木は一朝一夕にしてできるものではなく、現存するものはかなり少ないことから、そのような木の存在する森林は優先的に保護していく必要がある。そのような森林は成熟段階の後半のものから老齢段階のものである。特に、アカマツ（特に巨木）を松くい虫被害から守ることが重要である。国及び新潟県は、平成 20 年度の放鳥計画を視野に入れ、トキの放鳥が予定されるエリア内のアカマツに樹幹注入及びその周辺の被害木の伐倒駆除を行い、松くい虫被害を徹底的に防ぐこととしている。トキの自然復帰後は、防除作業により静かなトキの生息環境を乱す恐れがあり、それより先の作業は慎重であるべきと考えられるため、その前までにトキの生息エリアになるものと考えられる小佐渡東部及びその周辺地域（とくに久知川ダム周辺、田野沢、正明寺周辺）においては松枯れ跡地の整備や防除事業等の実施を通じて、松くい虫被害が発生しないような条件整備をしておくことが望ましい。

4-2-2 目標林型に誘導する森林と誘導技術

小佐渡北東部の森林を観察的にみると、旧薪炭林の若齢段階から成熟段階前半にかけての落葉広葉樹林が 30%、それにアカマツが混交しているものが 30%、スギの人工林で若齢段階に一部成熟段階に達したものが 20%、主に奥地の国有林で、成熟段階の後半から老齢段階の落葉広葉樹林と、それにアカマツが混交したものを合わせて 20%ぐらいのようである。この中で奥地の成熟段階後半から老齢段階の森林は保護の対象となろう。

比較的里山に近い二次林の高木層で目立つ落葉広葉樹は、コナラが最も多く、次いでクリ、ヤマザクラ、ホオノキ、アカイタヤ、アカシデ、イヌシデなどが目立つ。沢筋にはサワグルミ、カツラ、トチノキ、ミズキなどが多い。沢筋を除くと広葉樹にまざってアカマツが多く存在する。これらの森林とスギの人工林が営巣地およびねぐらのための整備の主な対象になる。

4-2-2-1 間伐の意義

トキの営巣木とネグラ木の両方の条件を通して見て、枝のよく発達した大木を育成することが必要である。したがって若齢段階と成熟段階前半までの森林においては、樹冠のしっかりした優勢木が、よりよく樹冠を発達させ、より早く大きくなれるように、その木と競争関係にある木を間伐によって除去することが望ましい。この間伐は、優先的に残す

木を定めて、それらの木の生育を阻害する優勢木を優先的に除去するものであり、作業上邪魔になる木を除いて中下層木は伐るべきでない。優勢木を間伐すれば、残存優勢木がよく成長できるとともに、樹冠同士の間でできる適度に大きな空間は、トキの飛翔行動にプラスを提供する。間伐は、人為的に早く成熟段階や老齢段階の森林の構造に近づかせるという重要な意味を持つものである。

4-2-2-2 落葉広葉樹林とアカマツ・落葉広葉樹の混交林

落葉広葉樹林では、幹と樹冠の大きさに着目して選木すると同時に、残す木の樹種に多様性を持たせることにも配慮する必要がある。たとえば、写真4-2及び図4-4（プロット No5、巻末資料参照）の落葉広葉樹林のような場合、写真の真ん中よりも右側に横に並んで見える優勢木の半分ぐらいの木は、将来の樹冠の発達スペースを考えて間伐すべきである。このときにどちらの木を残すかの判断の難しい場合は、樹種のバランスも加えて判断するとよい。この場所は久知川沿いの集落に近い南東斜面に成立するコナラ林のため、トキの採餌の際やねぐらとして利用されることが想定される。間伐する場合の選木の例を樹冠投影図で示すと、トキの飛翔空間がとれるように、優勢木であるコナラ（No9、No15）を残し、優勢木と樹冠の重なり合うコナラ（No12、16）やヤマザクラ（No10）を間伐対象木とする方法が考えられる。この際、上層木の欠如により、直接雨滴が地表面にあたることによる表層土壌の破壊・流出を防止するため、また様々な生物の生息環境保全のために極力中・下層木は維持する。



写真 4-2 落葉広葉樹林

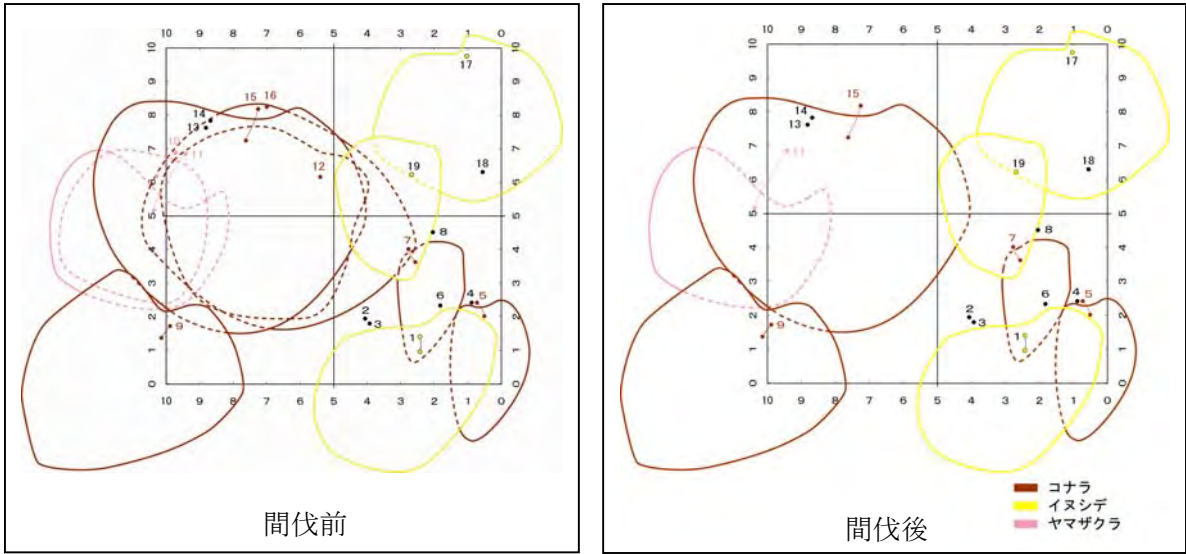


図 4-4 落葉広葉樹林の間伐木選定例

落葉広葉樹とアカマツとの混交林では、アカマツの混交率が少ない場合は、残存木としてアカマツを優先させ、その生育を阻害している広葉樹を優先的に間伐する必要がある。ただし、すでに樹冠が貧弱になっているアカマツは、生育空間を与えても回復力がないので、たとえアカマツが少ない場合でも、そのような木は残すべきではない。アカマツの混交率が高い場合は、それに比例的にアカマツを残してもよいが、アカマツがマツノザイセンチュウ病に集団的に冒されることも念頭に置き、その場合にも広葉樹の大木が適度に残るように、落葉広葉樹も適正な割合で残すことを考えるべきである。たとえばプロット No1 (巻末資料および図 4-5 参照) のように、コナラ林で尾根上に大径のアカマツが生存している場合、このアカマツ優勢木を残し、その周囲の飛翔空間を確保するためコナラ

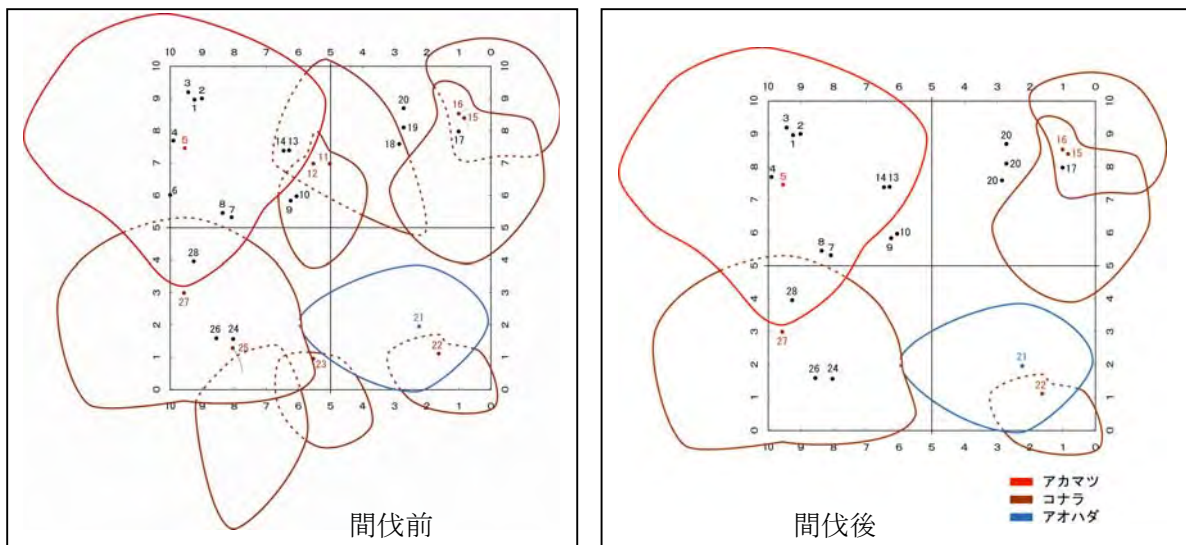


図 4-5 混交林の間伐木選定

(No11、12) を間伐対象木とする方法が考えられる。現在このような営巣木として有望な大径のアカマツに対しては樹幹注入などの保全対策が実施されている。また広葉樹ではアカマツに次ぐ樹冠サイズを持つ No27 のコナラを残し、この個体の樹冠発達のために、同程度の樹高サイズで近隣に生育している No23、25 のコナラが間伐対象木となりうる。またこの樹冠投影図範囲外に、No5 や No27 の優勢木の周囲に No27 と同程度サイズの個体や No5 に次ぐようなサイズの個体が密に成立している林相の場合には、No27 も間伐対象木となりうる。この場合も中・下層木は極力残す。

またどの木を間伐するかは、その場所の林分の階層構造や構成樹種、地形、野生鳥獣の生息状況によって異なるため、現地の実態に即した施業を行う。

4-2-2-3 スギの人工林

スギの人工林は、地元住民や所有者の合意形成を図りつつ、さまざまな施業の展開が必要である。将来も木材の生産を第一に考えていくところは、そのための間伐など適正な施業を続けていくべきである。

トキの生息環境の向上を含めた生物多様性の保全や、水土保全などを重視したいところは、スギ林に択伐と間伐を実施し、広葉樹の導入を図って針広混交林化を進めていくことが望ましい。スギ林に帯状や群状の択伐を行い、そこに高木性の広葉樹を植栽する。高木性の広葉樹は、群や列ごとに原則として同樹種を植えるべきである。そうでないとあるひとつの種が競争に勝って優占する可能性が高い。しかしナナカマド、ニワトコ、マユミなどの早く実をつける灌木性の樹種（採餌木、植生誘引木）を高木性の樹種と混ぜて植栽することは望ましい。これらの木は植栽後 10 年ぐらいの間は高木性の樹種と共存できる。植生誘引木の実を求めて小鳥が多く飛来し、それが周辺の高木性広葉樹の種子を糞によって散布するので、さまざまな高木性広葉樹の天然更新が期待できるのである。植栽木よりも天然更新木の方がよく育つ場合も多く、それによって、より天然要素と多様性の高い森林の形成が期待される。

帯状択伐と群状択伐で残されたスギの群や帯の中は、積極的な間伐を実施し、1本1本のスギが長期にわたり独立的に樹冠を張れるようにする。その間伐率は、材積率にして少なくとも 35% ぐらいの強度が必要である。そのような間伐を繰り返して最終的にはスギとスギの平均樹間距離が 10m ぐらいになるように誘導していく。間伐の繰り返しが、トキの生活を乱す恐れがあれば、トキを自然に戻す前に 50% ぐらいの間伐を行っておくべきだろう。例えば、現在餌場の整備が行われている清水平周辺や新穂ダム周辺では密度の

高いスギ壮齡林がみられ、今後トキが放鳥された際の営巣地確保のために間伐が必要になることも考えられる。また国府川黒滝沢沿いなどのスギ林においても間伐などの整備が必要になることも考えられる。

このようにすればスギと落葉広葉樹の混交林に誘導することができ、生物多様性や水土保全機能が高まるとともに、将来はトキのネグラ木を提供できるだろう。スギが大きくなって 1 本の木の太い枝同士の間隙が生じるようになれば、スギはネグラ木として優れた性質を有するようになるだろう。新潟県教育委員会のまとめた「トキ保護の記録」(1974)の中で佐藤春雄氏は、トキが冬の寒さから身を守るために苦労していることが記されている。寒さを防ぐためには常緑樹が好ましく、アカマツとともにスギもその点からも好ましい樹種である。アカマツはマツノザイセンチュウ病のために減少しているため、スギもネグラ木の役割を果たせるようになることが期待される。

遠い将来、スギの大径木が増え、トキが十分な生息密度を得るようになれば、スギと落葉広葉樹の混交林の一定割合は木材生産の対象に戻すことも考えてよいだろう。そのようなことは次世代以降の人たちの適切な状況判断に委ねればよいだろう。われわれはさまざまな可能性を持つ価値の高い森林を後世に伝えることが必要である。

4-2-3 ランドスケープとしての森林の整備

トキの生息環境を考慮した土地利用システムの中で森林の配置を考えていくことが必要である。これまでの人々の生活の歴史的経緯があることから、システムを急に大きく変えることはできないとしても、条件の許す限りトキの生息環境を考慮していくことが大切である。森林においては、河川や水田との関係にも十分に考慮していく必要がある。

トキは採餌に適した溪畔の浅瀬で、危険を早期に察知でき、広角度に飛翔できる開放的な場所を好むといわれている。写真 4-3 のように溪畔に接して造成され、密生しているスギの人工林は、視界が悪くてトキの好む環境を損ねている。トキが自然に生息していたスギが植栽されていなかったときは、この場所はトキが好んで採餌していた場所だったといわれている。そのような場所のスギの人工林は強度な間伐や群状択伐などを行いながら落葉広葉樹を中心とした自然度の高い森林に誘導していくことが大切である。特に水辺のフラットな場所は、河川流の攪乱に任せて短期間で入れ替わるような丈の低い植生に覆われる場所に持っていくことが望ましい。河川生態系の自然要素をできるだけ高め、生物多様性と水土保全を高める方向に森林を整備していくことは、トキの生息環境を良好にすることになる。

また、近年、小佐渡東部地域では、竹林（マダケ、モウソウチク）の著しい繁茂が見られるようになってきている。竹林の著しい拡大はトキの野生復帰事業におけるネグラ木確保の上からも支障をきたすことが考えられることから竹林の適切な管理が望まれる。



写真 4-3 溪畔に接したスギの人工林

引用文献

石塚森吉、1981、針広混交林の発達過程、北海道営林局編「パッチの構造と更新」、89-101、北海道営林局

近辻宏典監修、2002、トキ永遠なる飛翔、ニュートン、ニュートンプレス

新潟県相川林業事務所・日本林業技術協会、2001、離島水源森林総合整備事業調査報告書—新潟県佐渡郡新穂村大字上信穂地内—

新潟県教育委員会、1974、トキ保護の記録—特別天然記念物トキ保護増殖事業経過報告書一、新潟県立図書館

佐藤春雄、1978、はばたけ朱鷺—トキ保護の記録、研成社

週刊朝日百科、1991、動物たちの地球 15、鳥類 I③サギ・コウノトリ・フラミンゴほか、週刊朝日百科 9/19、朝日新聞社

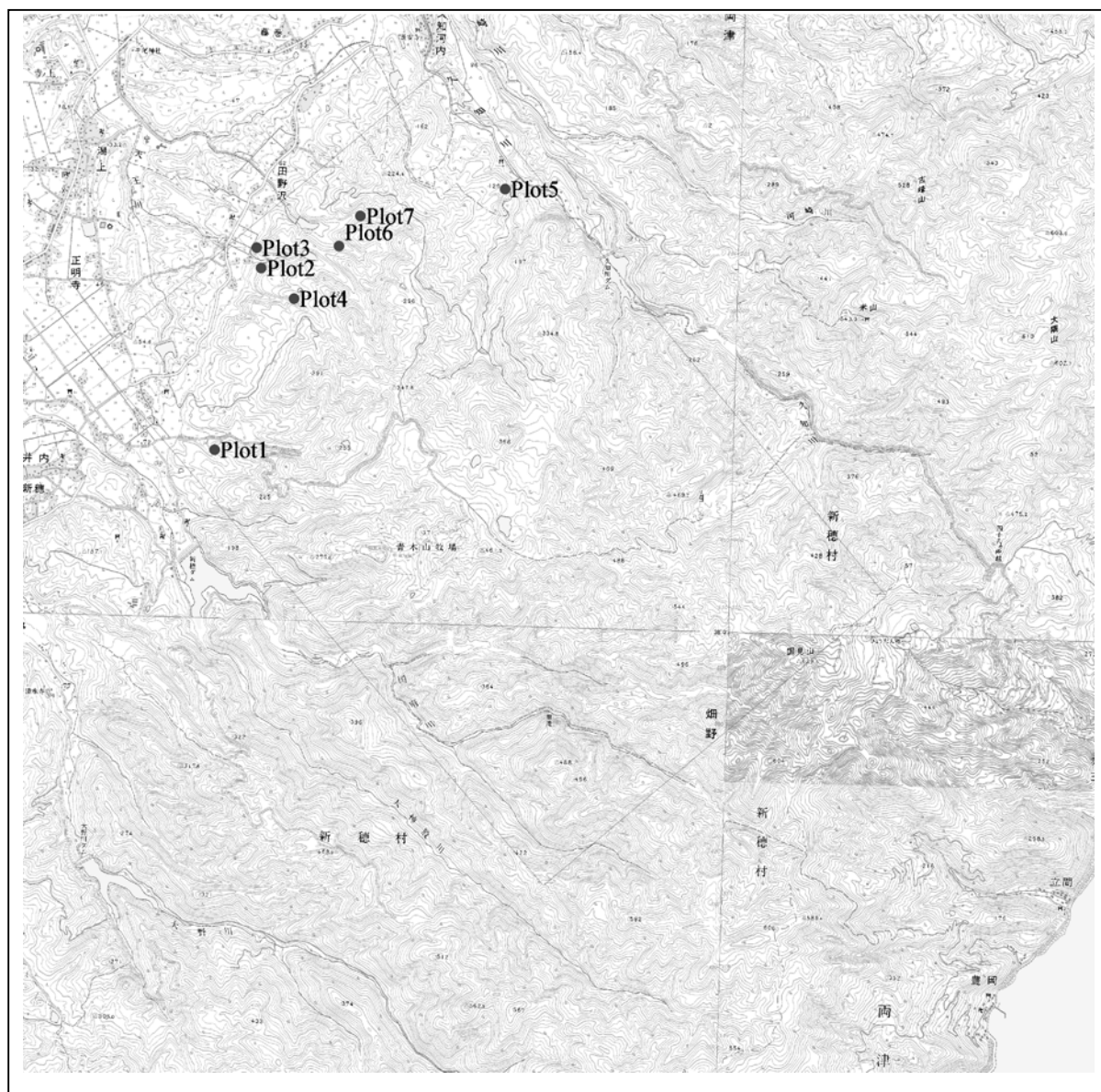
藤森隆郎、2004、森林と地球環境保全、丸善

由井正敏・石井信夫、1995、林業と野生鳥獣との共存に向けて—森林性鳥獣の生息環境保護管理、日本林業調査会

(日本森林技術協会 技術指導役 藤森隆郎)

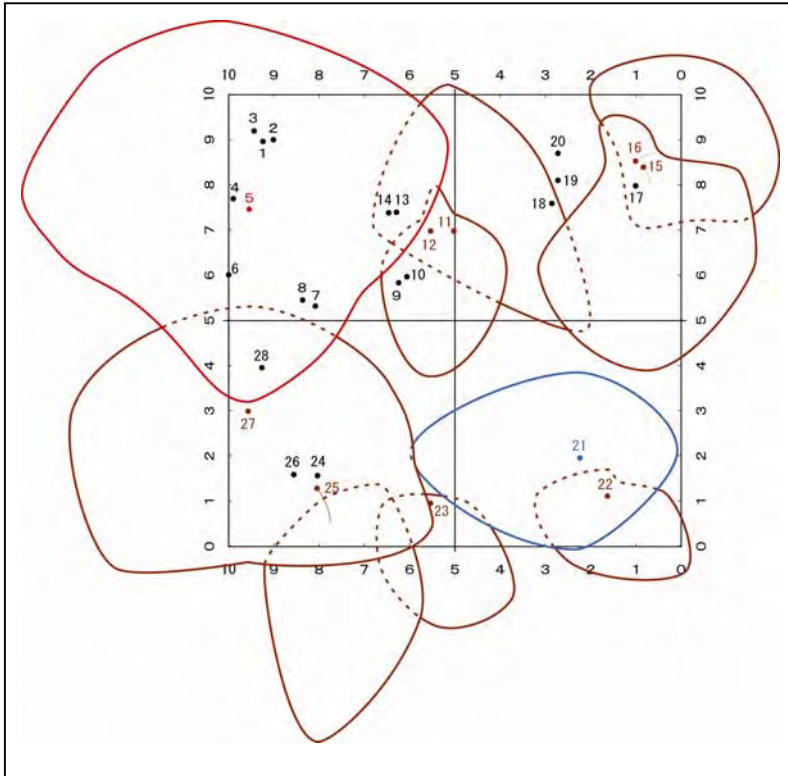
卷末資料（現地調査結果）

平成 17 年 1 月 31 日～2 月 4 日に森林状況把握のため現地調査を行った。本来であればより奥地まで森林現況把握を行うべきであるが、今回は事業実施期間が短く、また調査期間中の積雪のため、入山可能な範囲での調査となった。その際に行ったプロット調査（樹種同定、胸高直径測定、樹高測定）および樹冠投影図作成結果を巻末資料として示す。また、調査箇所は下図の通りである。



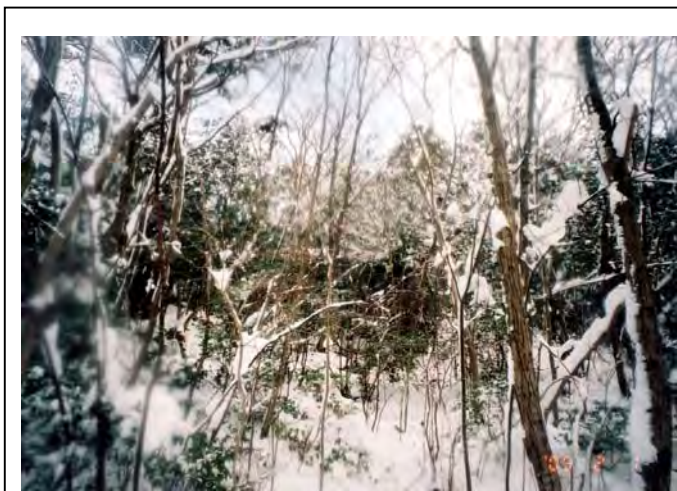
PLOT -1

樹冠投影図



野帳

プロットNo	1				
地形	平衡斜面				
傾斜方位	S40W				
傾斜	38°				
階層	優先種	高さ(m)	植比率(%)		
高木層	コナラ、アカマツ	8~13	70		
亜高木層	ヒサカキ、ソヨゴ	5~7	60		
低木層	ヒサカキ	1.5~2	40		
No	樹種	胸高直径(cm)	樹高(m)	枝下高(m)	10m×10m 株・又
1	ソヨゴ	6.6	5.9	2.8	株
2	ソヨゴ	5.7	5.8	3.3	
3	ソヨゴ	5.4	4.2	2.3	
4	コシアブラ	5.2	8.4	3.0	株
5	アカマツ	45.0	16.3	7.3	
6	ソヨゴ	5.0	8.5	3.7	株
7	コナラ(枯死倒木)	9.0	2.0	2.0	
8	コナラ	7.2	7.0	4.3	株
9	ヤマザクラ	5.4	5.9	3.4	
10	ヤマザクラ	5.5	6.9	4.3	株
11	コナラ	8.7	9.8	4.2	
12	コナラ	11.5	12.9	5.6	株
13	ソヨゴ	7.6	6.1	2.5	
14	ソヨゴ	5.0	5.1	3.0	株
15	コナラ	15.5	14.5	4.9	
16	コナラ	14.0	14.5	4.0	株
17	ソヨゴ	7.2	5.6	3.8	
18	ヒサカキ	5.6	3.8	0.8	株
19	ソヨゴ	7.0	6.8	3.9	
20	コナラ	10.6	9.8	5.7	株
21	アオハダ	12.4	10.6	3.7	
22	コナラ	7.4	10.4	6.4	株
23	コナラ	8.5	9.5	6.2	
24	コナラ	10.4	12.2	5.7	株
25	コナラ	8.7	12.5	6.6	
26	コナラ	8.5	11.1	6.1	株
27	コナラ	23.8	13.0	4.8	
28	コナラ	7.3	6.2	5.0	



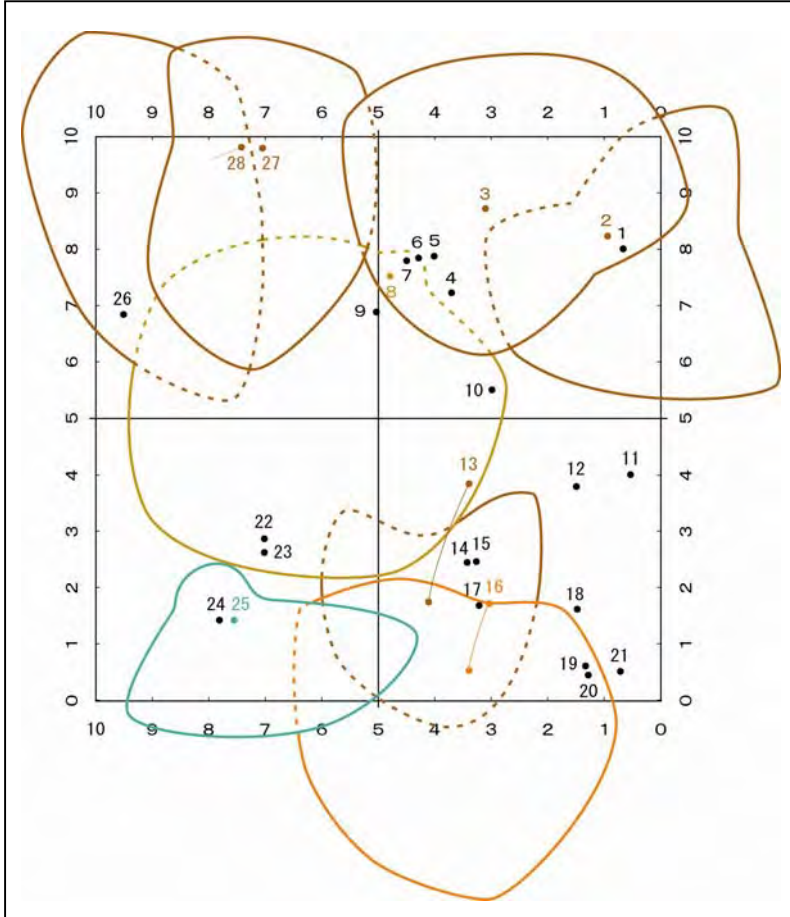
林相



林冠

PLOT -2

樹冠投影図

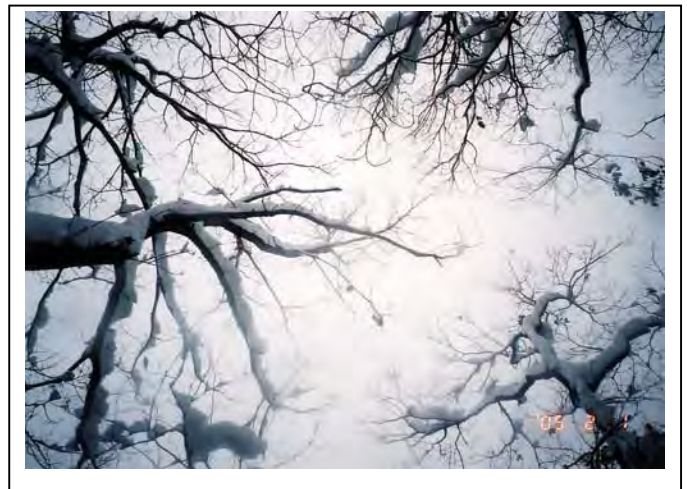


野帳

プロットNo	2				
地形	平衡斜面				
傾斜方位	E20N				
傾斜	26°				
階層	優先種	高さ(m)	補比率(%)		
高木層	コナラ	7~22	90		
亜高木層	シロダモ、ヤブツバキ	4~6	60		
低木層	ヒサカキ	1~2	40		
プロットサイズ 10m×10m					
No	樹種	胸高直径(cm)	樹高(m)	枝下高(m)	株・又
1	コナラ	12.1	13.8	2.6	
2	コナラ	22.8	14.7	5.2	
3	コナラ	27.8	23.8	6.9	
4	ホオノキ	6.6	9.4	5.0	
5	ホオノキ	13.3	11.0	5.3	株
6	ホオノキ	12.2	8.4	2.6	
7	ホオノキ	5.6	8.1	5.0	
8	クリ	22.3	12.9	6.3	
9	ウリハダカエデ	7.9	8.6	4.0	
10	ウワミズザクラ	9.8	7.1	5.1	
11	ヤマザクラ	8.7	7.4	5.0	
12	ヤマザクラ	7.0	6.4	4.0	
13	コナラ	11.1	6.9	5.2	
14	ヤブツバキ	5.3	5.6	1.0	株
15	ヤブツバキ	5.2	5.4	1.4	
16	アカイタヤ	11.8	8.9	4.3	株
17	アカイタヤ	5.7	7.0	2.0	
18	イヌシデ	7.6	7.6	3.2	
19	ヤブツバキ	5.0	4.6	1.2	株
20	ヤブツバキ	5.6	4.7	1.6	
21	エゴノキ	7.6	6.5	5.0	
22	エゴノキ	6.9	7.4	4.7	株
23	エゴノキ	9.5	7.4	4.7	
24	ハリギリ	21.0	10.2	6.0	
25	ハリギリ	17.3	12.2	5.2	株
26	コシアブラ	13.3	11.3	4.2	
27	コナラ	26.6	22.0	9.4	
28	コナラ	20.6	14.4	7.5	株



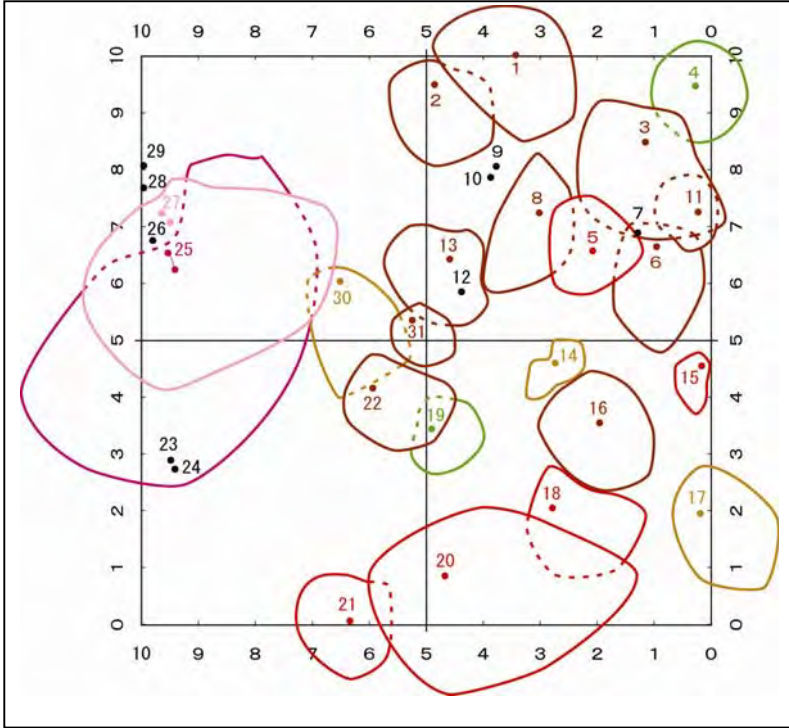
林相



林冠

PLOT -3

樹冠投影図



野帳

プロットNo	3				
地形	屋根上				
傾斜方位	W15N				
傾斜	18°				
階層	優先種	高さ(m)	植比率(%)		
高木層	コナラ、アカマツ	6~9	90		
亜高木層	ヤマモミジ、ヤブツバキ	4~5	60		
低木層	ヒサカキ、ソヨゴ	0.5~1.5	40		
		プロットサイズ 10m×10m			
No	樹種	胸高直径(cm)	樹高(m)	枝下高(m)	株・又
1	コナラ	9.8	8.5	3.4	
2	コナラ	7.0	7.5	2.8	
3	コナラ	10.6	7.6	2.0	
4	コシアブラ	6.3	7.2	2.4	
5	アカマツ	10.7	8.4	4.3	
6	コナラ	7.0	7.1	1.9	
7	クリ(枯)	5.3	5.5	4.1	
8	コナラ	5.7	7.2	3.4	
9	クリ(枯)	6.2	4.8	1.6	
10	クリ(枯)	5.2	3.8	1.7	
11	コナラ	6.1	7.6	2.7	
12	アカマツ	8.9	5.9	3.6	
13	コナラ	6.0	6.3	3.6	
14	クリ	5.7	6.5	4.6	
15	アカマツ	6.3	6.0	3.8	
16	コナラ	6.8	6.5	2.4	
17	クリ	8.9	6.8	2.5	
18	アカマツ	10.3	6.7	3.4	
19	コシアブラ	5.5	5.8	2.1	
20	アカマツ	21.5	9.3	4.5	
21	アカマツ	9.6	6.9	4.5	
22	コナラ	6.2	6.6	3.8	
23	ヤブツバキ	8.0	4.6	0.5	
24	ヤマウルシ	5.5	5.0	2.3	
25	ヤマザクラ	7.8	7.3	3.4	
26	ヤマザクラ	10.0	7.3	3.4	株
27	ヤマザクラ	13.0	9.5	3.6	
28	ヤブツバキ	6.1	6.5	1.4	
29	ヤブツバキ	7.0	6.6	1.4	株
30	クリ	5.6	6.4	1.3	
31	コナラ	6.5	7.3	3.7	



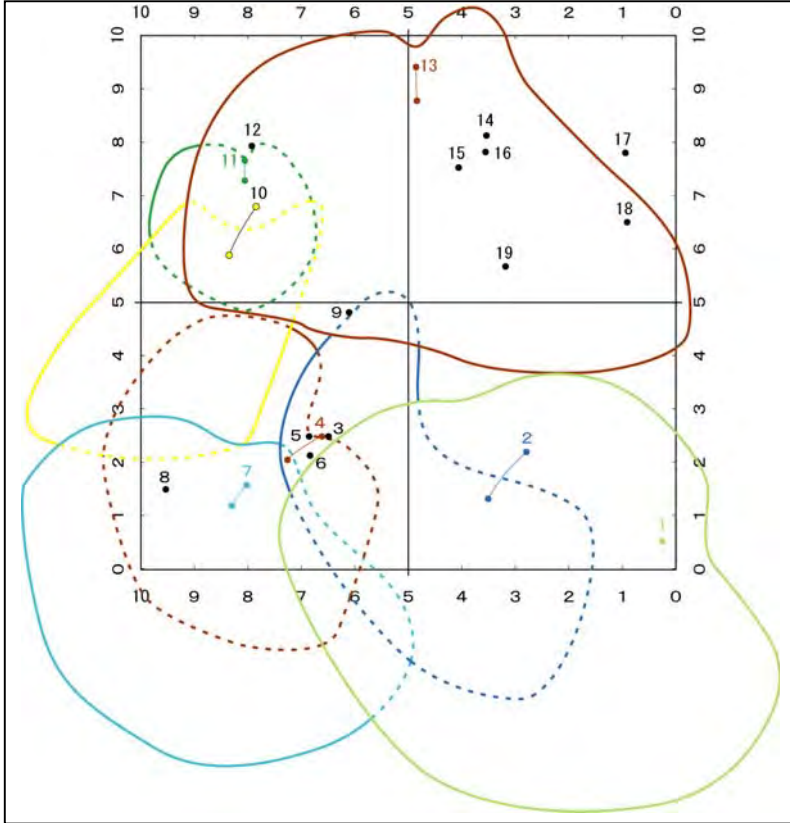
林相



林冠

PLOT -4

樹冠投影図



野帳

プロットNo	4				
地形	沢筋				
傾斜方位	S30W				
傾斜	34°				
階層	優先種	高さ(m)	植比率(%)		
高木層	アオハダ	9~20	90		
亜高木層	エゴノキ	5~8	60		
低木層	ヒサカキヒメアオキ、ハイヌガヤ	0.5~1.5	40		
プロットサイズ 10m×10m					
No	樹種	胸高直径(cm)	樹高(m)	枝下高(m)	株・又
1	カツラ	24.2	28.4	8.9	株
2	アオハダ	11.0	16.7	12.5	
3	アオハダ	8.1	8.9	3.2	
4	アオハダ	13.0	9.0	2.4	
5	アオハダ	9.5	7.8	2.4	
6	アオハダ	8.9	7.4	3.6	
7	ミズキ	16.3	14.3	7.3	株
8	シロダモ	7.2	7.0	3.6	
9	ヒサカキ	5.1	3.8	1.1	
10	クマシデ	15.1	13.8	5.2	
11	シロダモ	13.8	9.4	3.2	
12	シロダモ	10.6	8.0	2.4	
13	コナラ	29.4	19.5	3.0	
14	エゴノキ	5.5	7.5	2.7	
15	エゴノキ	6.0	4.7	2.8	
16	エゴノキ	5.8	5.0	3.2	
17	ヒサカキ	5.7	3.2	2.0	
18	エゴノキ	10.3	8.5	1.4	
19	コナラ(枯)	10.8	6.9	6.3	



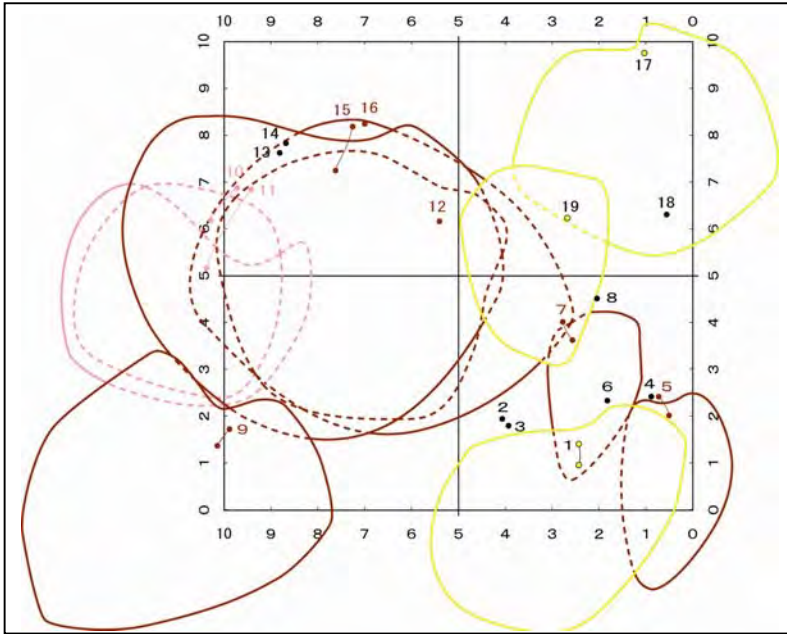
林相



林冠

PLOT -5

樹冠投影図



野帳

プロットNo	5				
地形	平衡斜面				
傾斜方位	E50S				
傾斜	44°				
階層	優先種	高さ(m)	植比率(%)		
高木層	コナラ	8~15	90		
亜高木層	コナラ	5~7	60		
低木層	ヒサカキ, ヒメアオキ	0.5~1.0	30		
プロットサイズ 10m x 10m					
No	樹種	胸高直径(cm)	樹高(m)	枝下高(m)	株・又
1	イヌシデ	19.5	12.3	6.3	
2	エゴノキ	7.2	6.4	4.1	株
3	エゴノキ(枯)	6.1	4.4	4.4	
4	コナラ	7.3	7.5	4.2	株
5	コナラ	10.1	8.7	4.6	
6	エゴノキ	6.4	5.7	4.1	
7	コナラ	11.8	8.6	3.9	
8	コナラ	9.3	6.6	3.9	株
9	コナラ	28.4	15.1	3.5	
10	ヤマザクラ	10.4	7.1	4.6	
11	ヤマザクラ	11.6	7.4	4.7	株
12	コナラ	16.4	9.2	1.6	
13	コナラ	9.1	4.9	2.9	
14	コナラ	8.6	5.9	4.9	株
15	コナラ	16.4	9.5	3.8	
16	コナラ	13.9	9.3	3.7	
17	イヌシデ	10.8	9.2	2.5	
18	ヤマザクラ(枯)	7.4	4.5	2.1	
19	イヌシデ	21.9	11.5	1.9	



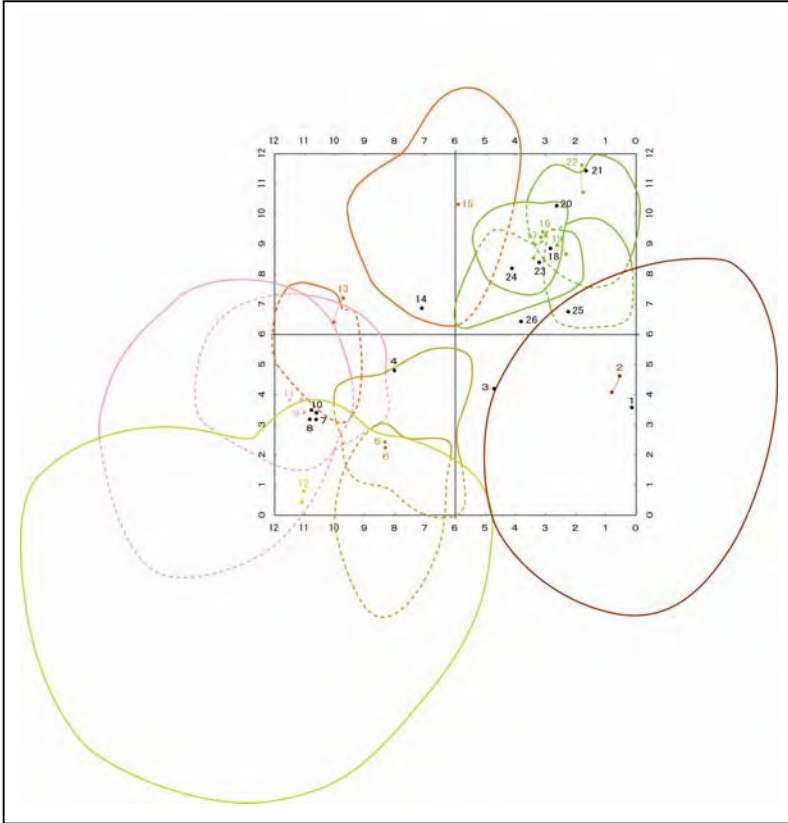
林相



林冠

PLOT -6

樹冠投影図



野帳

プロットNo	6				
地形	沢筋				
傾斜方位	N50E				
傾斜	39°				
階層	優先種	高さ(m)	植比率(%)		
高木層	ヤマザクラ、クリ	13~20	90		
亜高木層	ホオノキ	5~11	60		
低木層	シロダモ、ハイヌガヤ	0.5~1	30		
		プロットサイズ		12m x 12m	
No	樹種	胸高直径(cm)	樹高(m)	枝下高(m)	株・又
1	カヤ	9.6	5.4	1.4	
2	コナラ	47.0	23.1	5.1	
3	アオダモ	5.3	3.4	2.7	
4	クマシデ(枯死倒木)	14.9	3.0	0.0	
5	クリ	25.0	17.5	4.4	
6	クリ	27.5	19.0	5.8	二又
7	エゴノキ	8.5	3.7	1.4	
8	エゴノキ	5.4	2.1	1.1	二又
9	ヤマザクラ	21.6	14.1	5.3	
10	ヤマザクラ	29.0	14.4	6.5	三又
11	ヤマザクラ	18.0	13.0	5.1	
12	サワグルミ	53.0	19.1	6.4	
13	アカイタヤ	17.6	11.5	2.3	
14	キリン	5.2	2.5	1.4	
15	アカイタヤ	15.5	10.5	2.3	
16	ホオノキ	12.1	11.2	5.2	
17	ホオノキ	10.9	10.5	6.1	株
18	ホオノキ	6.0	4.0	3.1	
19	ホオノキ	13.6	10.5	7.5	
20	イイギリ	11.5	6.5	2.2	
21	ホオノキ	6.7	5.0	2.8	株
22	ホオノキ	11.1	9.6	4.7	
23	エゴノキ	5.1	3.1	1.6	
24	エゴノキ	7.3	3.1	1.6	
25	エゴノキ	5.3	2.6	1.0	
26	タラノキ(枯死幹折)	8.2	3.3	1.8	



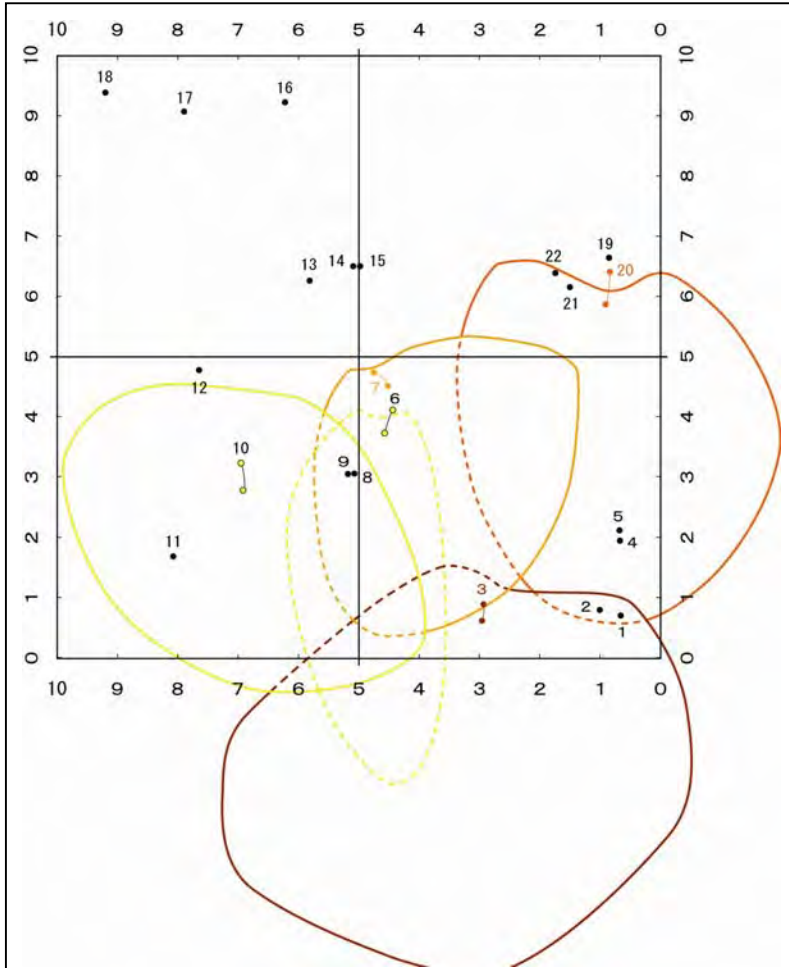
林相



林冠

PLOT -7

樹冠投影図

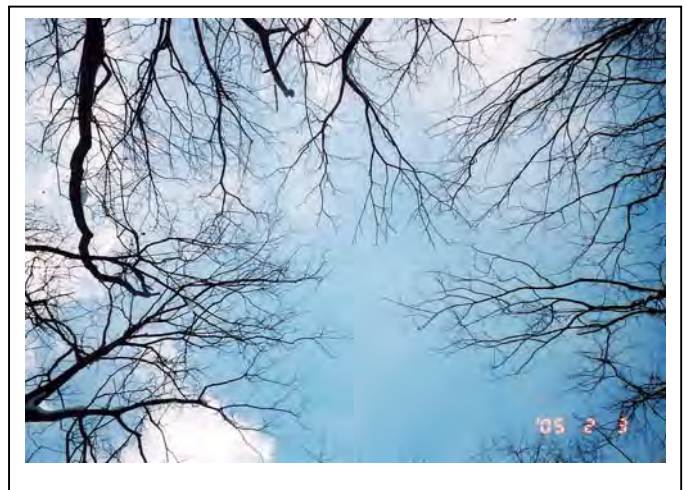


野帳

プロットNo	7			
地形	沢筋			
傾斜方位	N10E			
傾斜	30°			
階層	優先種	高さ(m)	植比率(%)	
高木層	アカイタヤ、アカシデ	10~15	90	
亜高木層	エゴノキ、ミズキ	4~9	50	
低木層	シロダモ、ヒメアオキ	1~2	30	
		プロットサイズ 10m×10m		
No	樹種	胸高直径(cm)	樹高(m)	枝下高(m)
1	クマシデ	11.4	6.2	2.4
2	クマシデ	7.0	3.6	2.0
3	コナラ	33.3	12.6	3.5
4	エゴノキ(枯)	9.0	4.4	2.8
5	エゴノキ	7.5	6.8	3.3
6	アカシデ	18.5	11.1	3.8
7	ウリハダカエデ	20.4	15.3	6.0
8	エゴノキ	7.0	5.1	2.2
9	エゴノキ	5.2	5.1	3.3
10	アカシデ	34.2	16.2	8.5
11	シロダモ	7.8	5.1	0.9
12	アカシデ	10.9	9.6	3.7
13	シロダモ	5.2	4.4	1.0
14	エゴノキ	11.8	5.5	4.3
15	エゴノキ	5.6	5.9	4.1
16	アオダモ	8.1	7.4	1.5
17	イヌシデ	8.0	5.6	3.1
18	アカシデ	10.2	8.8	7.8
19	アカイタヤ	10.4	10.8	6.3
20	アカイタヤ	21.1	12.2	5.8
21	ミズキ	10.7	11.9	7.5
22	ミズキ	6.7	6.4	5.4



林相



林冠