

シカの強度影響下における広葉樹二次林の更新および 生態系機能修復に関する研究

－千葉演習林第12期試験研究計画に基づく大規模野外実験の
設計及び初期状態－

鈴木牧^{*1}・池田裕行^{*2}・軽込勉^{*2}・藤平晃司^{*2}・塚越剛史^{*2}・三次充和^{*2}
里見重成^{*2}・阿達康眞^{*2}・村川功雄^{*3}・大塚明宏^{*2}・廣嶋卓也^{*2}
山中征夫^{*4}・山田利博^{*2}

A long-term field experiment on the tree regeneration and ecosystem restoration of secondary broad-leaved forests with overabundant deer: the 12th management and experiment plan of the Tokyo University Forest in Chiba.

Maki SUZUKI^{*1}, Hiroyuki IKEDA^{*2}, Tsutomu KARUKOME^{*2}, Kouji FUJIHIRA^{*2}, Takeshi TSUKAGOSHI^{*2}, Mitsukazu MITSUGI^{*2}, Sigenari SATOMI^{*2}, Yasumasa ADACHI^{*2}, Isao MURAKAWA^{*3}, Akihiro OTSUKA^{*2}, Takuya HIROSHIMA^{*2}, Ikuo YAMANAKA^{*4} and Toshihiro YAMADA^{*2}

要 旨

千葉演習林第12期試験研究計画において、シカの影響により衰退した広葉樹二次林（旧薪炭林）の生態系機能を修復する長期野外実験を開始した。千葉演習林内の三箇所の広葉樹二次林に、皆伐と防鹿柵設置を様々なパターンで組み合わせた実験処理区を設定し、各実験区の環境条件、更新状況、林床植生、土壌機能、土壌動物相、鳥類相、シカ利用頻度のモニタリングを開始した。本研究計画は10年以上の長期にわたり予定されているため、ここに研究の目的と計画を記録し報告する。

キーワード：旧薪炭林・生態系修復・皆伐・房総半島・防鹿柵

*1 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林秩父演習林

University Forest in Chichibu, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

*2 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林

University Forest in Chiba, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

*3 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林

University Forest in Hokkaido, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

*4 NPO法人房総の自然調査会

NPO Boso Wildlife Research Party

1. はじめに

薪炭林の利用放棄によって生じた広葉樹二次林、いわゆる旧薪炭林の生態系は、エネルギー革命以後、二つの大きな変化に直面している。一つはニホンジカの密度増加による植生の衰退とその間接効果による動物相の衰退、もう一つは薪炭伐採の停止による林相の過熟老齢化である。いずれも人間の社会構造の変化に起因する生態系の変化であり、世界的な環境問題となっている。シカ類の密度増加による森林生態系の劣化は世界的な環境問題の一つであり (Gill 1992, Hester *et al.* 2000)、日本でも被害の把握と植生保護のための研究が1980年代後半から各地で展開されてきた。シカ類が生態系に及ぼす影響は植生の衰退だけに収まらず、鳥類等の高次栄養段階や (Rooney & Waller 2003)、土壤環境及び土壤微生物相にも (e.g. Pastor *et al.* 1993, Ritche *et al.* 1998, Wardle *et al.* 2001, 2004) 及ぶことが知られている。生態系システムへの負荷が長期間続けば、システムが自律回復困難なまでに衰退する恐れも指摘されている (Côte *et al.* 2004)。このようなダメージを受けた生態系の機能を修復するには何らかの人為的な対策が必要と考えられる。しかし、シカの影響に関する既報の多くは現状記載やメカニズムの分析に関するもので、具体的な対策指針に関するものは少なかった。

シカの影響に関する先行研究の多くは保存林や経済林を対象としており、二次林を扱ったものは非常に稀である。旧来、周期的な人為攪乱と回復の繰り返しにより一定の林相が維持されてきた二次林 (旧薪炭林) では、現在、人為攪乱の停止により過熟老齢化が進行し、種構成が変化しつつある (e.g. Ozaki and Osawa 1995, Aiba *et al.* 2001)。旧薪炭林においてシカの密度が増加すると、高耐陰性樹種の稚幼樹や林床植生が消失し、林分の正常な発達が阻害されると考えられている (藤木ら2006)。一方で、過熟老齢化した旧薪炭林ではもともと林床の光環境が悪く、そのため稚幼樹や林床植生が少ないことも指摘されている (井藤ら2008)。そのような旧薪炭林本来の性質が、シカの影響とどのように相互作用しているのかは明らかでない。

旧薪炭林の生態系機能を修復するための対策として、防鹿柵を用いてシカを排除することと、上層木を伐採して林床の光環境を改善することが考えられる。光環境が改善すると植生の回復が見込まれ、ひいては間接効果により高次栄養段階や土壤生態系の機能修復にもつながることが期待される。反面、林冠ギャップの形成は一時的に土壤生態系に強い負荷を与え (Catsleberry *et al.* 2000, Holladay *et al.* 2006)、システムの回復を一層困難にする恐れもある。どのような処理が生態系修復に効果的であるかは、実際に施工し効果を追跡して見ることによって初めて理解される。

千葉演習林では、第12期試験研究計画の中心的試験研究課題に「森林植生の維持を目的とした野生動物の適正な管理」を掲げ (農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林2007)、大規模長期野外実験に基づく研究プロジェクトを開始した。このプロジェクトの目的は、以下の二題である：

暖温帯旧薪炭林の森林生態系（陸上・土壌）に対するニホンジカの影響メカニズムの全貌を解明すること、得られた知見をもとに効果的な生態系修復の方法を開発すること。以上の目的を達成するため、実験的に上木伐採（皆伐）と防鹿柵設置を組み合わせる施工し、環境条件の観測と各種生物相の追跡調査を行っている。本プロジェクトは10年以上の長期にわたり、将来的に外部研究者の参画も期待されていることから、調査地の概要と調査方法をここに記録し公開する。

2. 調査地概要

東京大学千葉演習林内の三箇所の広葉樹二次林に調査地を設定した（表-1, 図-1）。調査地周辺における1995～2004年度の年平均気温は14.3℃, 年平均降水量は2,018 mmであった（農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林2007）。

房総半島南部では、1970年代初頭からニホンジカ隔離個体群が徐々に密度を増加させ、1980年代から2000年代にかけて農林業に深刻な被害を及ぼす一方、生態系にも大きな影響を及ぼしてきた（千葉県2004）。千葉演習林においても、植生（蒲谷1984, Takada *et al.* 2004, Suzuki *et al.* 2008）、造網性クモ類（Takada *et al.* 2008）、土壌物理性（柳ら2008）などに対するシカの影響が報じられている。

調査地付近の気候的植生帯は照葉樹林帯に属し、植物相の多様性は高い（農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林2007）。小坪沢では、上層にアラカシとスダジイ、亜高木層にヒサカキが優占し、カシ類、タイミンタチバナ、ヒメユズリハ、ヤブツバキ等の南方系樹種が混交する。平塚では、上層にアカガシ、亜高木層にヒサカキとヤブツバキが優占し、カシ類、モチノキ、カクレミノ等の常緑樹と、カエデやサクラなどの落葉樹が混交する。檜尾では、上層をアカガシ、亜高木層をサカキ・ヒサカキが占め、スダジイやシラカシを始めとする常緑樹が混交する。いずれの調査地でも、フジやテイカカズラ等のツル植物の生育が良く、高木層に達する。林床の植被率は10%未満であり、衰退が著しい。

表-1. 各調査地の概要.

Table 1. Basic information of study sites.

名称	林班 小班	緯経度*1	標高 (m)	伐採時 林齢*2	斜面方位	地形	斜面上の 位置	平均傾斜 (°)
小坪沢	47B ₄	35° 8' 33" N, 140° 9' 11" E	50	58	西	平	下部	34.5
平塚	34B ₁	35° 11' 6" N, 140° 8' 41" E	300	53	南	凹	上部	35.8
檜尾	20A	35° 11' 3" N, 140° 7' 9" E	300	60	南	凸	上部	28.3

*1 WGS84準拠.

*2 千葉演習林林相図（2005年3月作成）に基づく2008年3月時点の林齢.

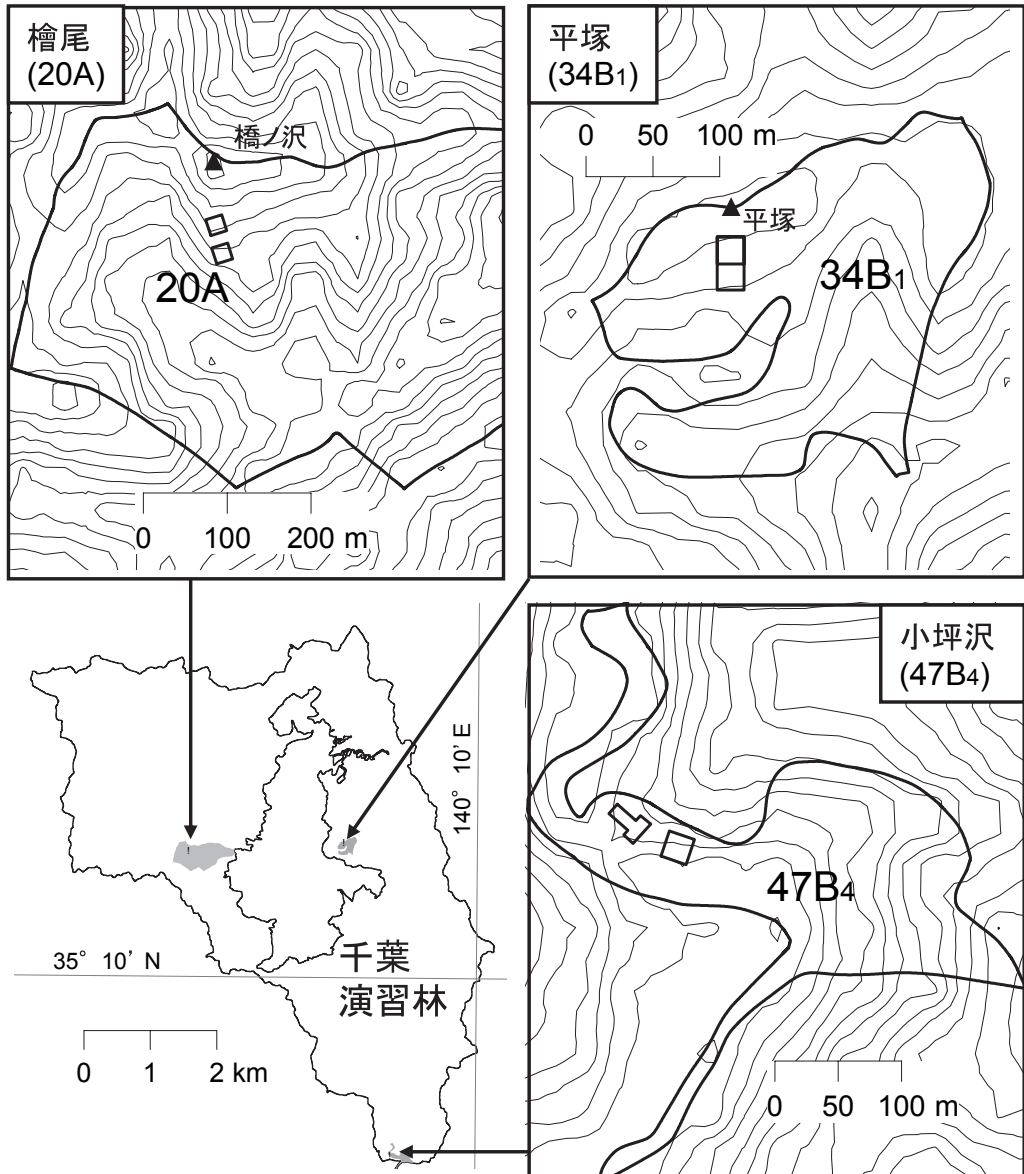


図-1. 各調査地の位置.

Fig. 1. Study sites.

広域図（左下）の陰影部分は調査地の所属する小班を表す。詳細図（上左右、右下）の太線部は小班界と実験区（皆伐区・非伐採区各20×20 m）を表す。

3. 調査方法

3-1. 実験区の設定

2006年11月に簡易測量を行い、各調査地につき8個の10×10 m 実験区を配置した(図-1)。各実験区における環境条件・シカの利用頻度・林分構造・林床植生層および萌芽更新・埋土種子相・リター及び土砂移動量・土壌硬度・土壌動物相の初期状態を、2006年11月から2008年1月にかけて調べ記録した。各調査の詳しい方法は次節に記す。

2008年2月から3月にかけて、各調査地の全実験区(8区画)の半分にあたる20×20 mとその周辺2~5mの範囲を皆伐した(図-2)。伐採高は30 cm以下を原則としたが、大径木の多かった檜尾区では、技術上の問題から30 cm以上の高さで伐採した。伐採した幹や枝条は実験区外に搬出し、撤去が難しい場合は実験区周辺に残置した。小坪沢と檜尾では伐採区と非伐採区を10 m以上離れたが、平塚では地形の制約上、伐採区と非伐採区が連続する配置をとった。伐採区と非伐採区のうち各2区画について、伐採直後に周囲を防鹿柵で囲った(図-2、写真-1)。防

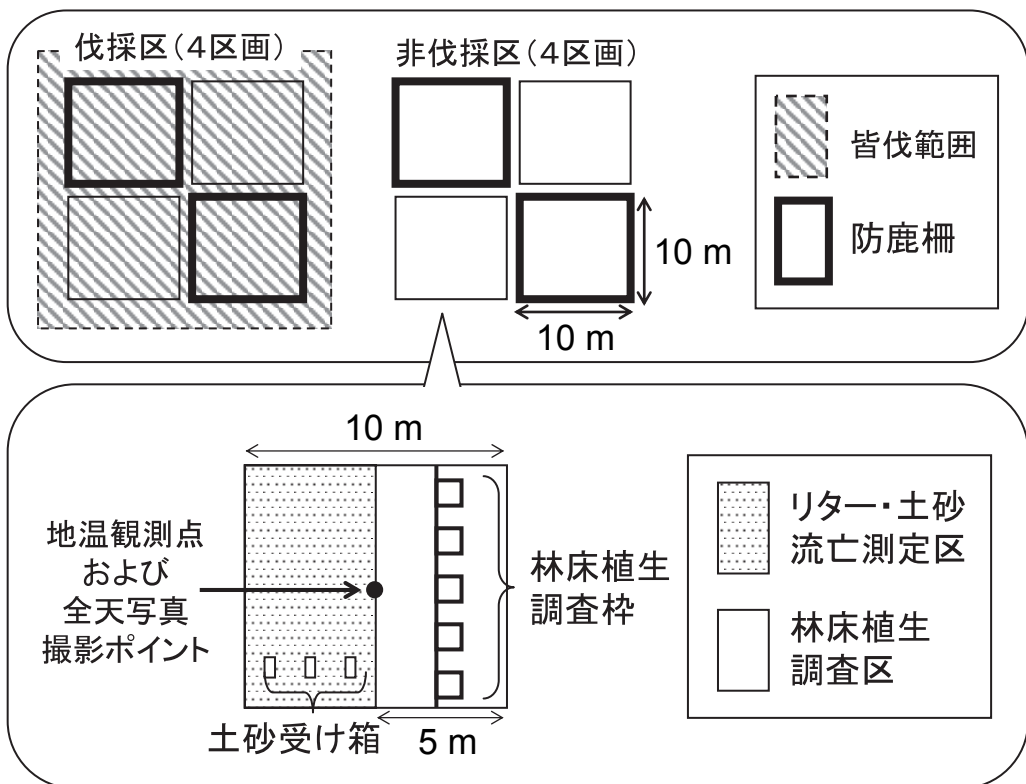


図-2. 各調査地における実験区の配置(上)及び各区画内における調査地点の配置(下)。

Fig. 2. Designs of experimental plots in a study site (upper), vegetation quadrats and erosion traps (bottom).

鹿柵は30 mm目のダイニーマ製防獣ネットと2.5 m長のFRP製支柱杭で構成した。柵を設置する実験区の周囲に2 mおきに支柱杭を打ち込み、ワイヤーで支持し、支柱の頂端からロープでネットを吊り下げた。ネット上端の高さは1.3~1.5 mとした。防除効果を増すため、ネットの下端は柵の外側へ約50 cm垂らしアンカー杭で地面に固定した。以後、月二回程度の見回りとメンテナンスを実施している。なお、柵の構造上、斜面上部面の網にリターが滞留するが、2009年10月現在までリターの撤去は行っていない。

3-2. 各種調査の方法

3-2-1. 気温・地温・光環境

各調査地の環境条件として、気温、地温および光環境を観測した。

各調査地付近の開放地に光・気温センサーとロガー（OmniLog GP-HR; TruTrack Ltd. ChCh, NZ）を設置した。光センサーは光合成有効放射帯（300-700 nm）の光量子束密度を計測する。ロガーは気温と光量子束密度について、日の出から日没まで30分毎の最高・最低・平均値を記録するよう設定した。観測は2007年5月から2009年6月末まで継続し、以後、植生調査年ごとに一年間ずつの観測を予定している。

各実験区の林床付近における光条件を推定するため、夏季と冬季の年二回、林内で全天写真を撮影した。各実験区中央の地面に杭で撮影ポイントを固定し（図-2）、毎回同じポイントで撮影を行った。魚眼レンズアダプタを装着したデジタルカメラ（Nikon CoolPix 4500）を用いて、撮影ポイント上の地表高1 mにおける水平上向きの写真を撮影した。撮影は明るい曇天の日か、日の出前一時間以内ないし日没後一時間以内に行った。

各実験区の全天写真撮影点の近傍に、地温測定ポイントを設定した（図-2）。各ポイントにおいて、2007年5月から毎月中~下旬の連続する3日間、温度センサー内蔵型ロガー（サーモリーフ；(株)大成イーアンドエル、東京）を地表から5 cmの深さに埋設し、一時間ごとに地温を記録した。

3-2-2. シカの利用頻度

各実験区におけるシカの利用頻度の指標として、シカの糞粒密度調査を行った。2007年3月初旬に、各実験区内で1×1 mの枠を5回地面におき、枠内に入ったシカ糞粒の数をカウントした。同様の調査を2008年1月末、2009年2月中旬にも実施した。なお、シカの利用頻度は単一の指標による推定が難しいため、本調査の結果だけでなく千葉演習林が毎年行っている区画法調査のデータ（山中2007）等も参照して判断することが望ましい。



写真-1. 実験区の概観 (平塚, 2008年7月中旬).

Photo. 1. Clear-cut and deer fence plot (left) and uncut deer fence plot (left) in Hiratsuka (July 2008).
左が皆伐+柵区, 右が非伐採+柵区.

3-2-3. 林分構造

伐採処理前の2006年11月に各実験区の毎木調査を行った。各実験区内にある胸高直径1 cm以上の全幹について樹種を識別し、胸高直径を直径巻尺で測定し、幹番号をつけて識別した。萌芽幹については、胸高以下で分岐している場合は別株とみなした。樹高と直径の相対成長関係を調べるため、区画あたり10本程度の幹について超音波樹高測定器VERTEX IV (Haglof Company Group, Långsele, SE) で樹高を測定した。伐採区では、伐採処理後に個体番号を切り株につけ直した。

3-2-4. 林床植生と萌芽更新

実験開始前の林床植生の調査を2007年7月初旬に行った。各実験区を斜面方向に二分し、半分の5×10 mを林床植生調査区とした(図-2)。各林床植生調査区において斜面方向に10 mのラインを引き、ラインに沿って1×1 mの枠を1 m間隔に5個配置した。各枠内に出現した植物のうち、シカの採食対象となりうる2 m以下のものを対象に種ごとの被度を目視で判定し、シカ食害の有無と併せて記録した。また、枠ごとの植被率と、枠内に出現した木本と草本の最大高を記録した。同様の調査を2008年8月末と2009年9月初旬にも行った。

萌芽更新調査を2008・2009年の8月に行った。各切り株について、伐採面中心の地上高を測り、シカによる食害の有無を記録した上、株から直接萌出している萌芽枝の数を数えるとともに、最も長い萌芽枝5本の長さを測定した。

3-2-5. 埋土種子相

実験開始前のシードバンク相を調べるため、調査地内の土壌からの発芽試験を行った。発芽試

験法では自然条件下で発芽可能な種子相のみが確認され、土壤中に存在していても発芽能力のない種子は無視される。

伐採処理前の2008年2月に、各実験区内からL層直下の表土（HF+A層）を採取した。林床植生調査区（図-2）から空間的に偏りなく20地点を選び、各地点で100 ccの採土管を地面に垂直に打ち込み0-5 cmの表土を採取した。採取した土壌は実験区ごとにまとめ、ビニール袋に入れて冷暗所に保存した。

発芽試験は2008年4月～8月に札郷苗畑にて行った。苗畑に播種試験用の網室を作成し、1 mm目の防虫ネット（10%遮光）で囲った（写真-2）。網室内の地面に深さ8 cmの育苗箱を2列×12個並べ、約4 cmの深さまで畑土に埋め込んだ。育苗箱内に未使用の鹿沼土を5 cmの厚さに敷き、その上に各実験区のサンプル土壌を約1 cmの厚さに広げた。灌水は二～三日に一度行い、風散布種子や畑土中の種子が混入しないよう留意した。



写真-2. 発芽試験用の網室（札郷苗畑，2008年4月）。

Photo. 2. Net house for germination experiment (Fudago nursery, April 2008).

発芽した植物の同定は2008年7月8日と8月19日の二回行った。発芽した植物を同定し、種と個体数を記録し、同定が終了したものは抜きとった。灌水時の土の跳ね返り等によって畑土中から混入した可能性が疑われる植物については、そのつど記録した。

3-2-6. リター・土壌流亡速度、傾斜及び土壌硬度

調査区域におけるリターと土壌の流亡速度を、土砂受け箱法（枠なしトラップ法、三浦2002）により測定した。測定は各実験区のうち林床植生調査区外にあたる5×10 mの範囲において実施した。2007年7月、各実験区の斜面下部に3個の土砂受け箱（間口25×15 cm、奥行き20 cm）を設置し、以降、箱内に流入したリターと土砂を定期的に回収した。回収間隔は約3ヶ月を基本とし、大雨の後などは緊急に回収を行った。回収時以前に流入リターが箱の容量を超えていた場合は、箱の開口部分にあった堆積物も合わせて回収した。回収物を水に漬け、リターを選り分け

た後で水中篩別して礫 (>2 mm) と細土 (<2 mm) に分別した。リターと礫は紙袋に入れ、細土は水を含んだ状態でシャーレに入れて80 °Cで24時間以上乾燥したのち、乾重、含水率を測定した。

各実験区について、区画内の平均傾斜、土砂受け箱の開口面付近の傾斜、LHF層の厚さおよび土壌硬度を2009年1月上旬に測定した。実験区の平均傾斜は各区の斜面下端から上端をクリノメータで視準して測定した。土砂受け箱上部の傾斜は、箱の開口面下端から斜面上部方向への傾斜を、角度定規を用いて箱あたり2回測定した。LHF層の厚さは区画あたり五地点で測定し平均した。土壌硬度は山中式土壌硬度計を用いて、区画あたり十地点、各地点三回計測し、平均値をとった。

3-2-7. 土壌動物相

実験区の土壌動物相をハンドソーティング法とツルグレン法（日本土壌動物学会2007）で調べた。調査は実験処理前の2007年より毎年一回、9月末から10月上旬の間に行っており、2007年度のみ、季節変化の幅を確認するため2月初旬にも調査を実施した。

各実験区において、任意の5地点（2007年は8地点）の地面に25×25 cmの枠を置き、枠内のLHF層を回収したのち、直下の地面から100 ccの採土管で約5 cm深までの土壌を採取した。LHF層のサンプルは実験区ごとにまとめ、篩で大型リターを除きながらバットにあげ、土壌動物を見つけ取りした。採取した土壌は実験区ごとにまとめて十分混合したのち、200 ccをとってツルグレン装置（40 Wの白熱灯を72時間照射）にかけ土壌動物を抽出した。なお2007年度のみ、土壌サンプルから100 ccをとってベールマン装置にかけ、湿性土壌動物も抽出した。回収した土壌動物は類レベルまで同定し、80 %エタノールで固定し保存した。

3-2-8. 鳥類相

実験処理後の植生変化に伴う鳥類相の変化を調べるため、鳥類相の定点観測を行った。観測は2007年1月より、冬季・夏季および渡り時期（春・秋）の年4回実施した。観測は各時期とも一調査地につき3日間実施した。各調査地の中央に設置した定点において、日の出から20分間の観察を行い、定点の周囲20 mにおいて視聴した鳥類の種名、個体数、定点からの距離を記録し、位置（地上・森林内（上層・下層・中層）・上空・通過）も可能な限り記録した。

4. 林分の初期状態

三つの調査地はいずれも典型的なシイ・カシ優占林分であったが、詳細な樹種構成は調査地間で多少異なっていた（表-2）。檜尾では常緑樹種が殆どであったのに対し、小坪沢と平塚では落葉広葉樹の混交率が高く、過去の植栽由来と思われる樹種も多くみられた。特に小坪沢は標高が低いことから暖地性・低地性の樹種が多く混交し、他二箇所とは異なる群落景観を示していた。

表-2. 各実験区における実験開始前（2006年11月時点）の樹種構成。

Table 2. Stand structure of each study site before experimental clear cutting (November 2006).

<小坪沢>

実験区ID	A1		A2		A3		A4		B1		B2		B3		B4	
実験処理（予定）	GF		GF		GC		GC		CC		CF		CF		CC	
処理前開空度(%)	17.6		13.1		14.3		16.3		15.7		14.7		14.8		12.3	
樹種	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA
裸子植物																
アカマツ			1	0.0			1	0.1	1	10.9			1	8.8	2	6.9
イヌマキ													1	0.8		
シュロ												1	0.0			
ヒノキ																
常緑広葉樹																
アカガシ	4	5.3					3	0.9			3	8.2	2	0.4	5	6.9
アラカシ	21	26	11	6.7	14	5.1	26	5.4	7	0.5	31	6.6	30	5.6	5	0.9
イヌビワ	1	0.1			1	0.0	1	0.0							2	0.1
ウラジロガシ	9	6.0	1	0.4	1	0.4	3	0.8	1	0.1	1	0.3	2	0.3		
シラカシ											1	0.3				
シロダモ			1	0.8	2	1.3									1	0.0
スダジイ	18	44.2	5	19.6			8	14.6	10	27.4	4	4.3	12	25.4	17	23.3
タイミンタチバナ	2	0.1													2	0.2
タブノキ															5	3.0
ヒイラギ	8	0.6							2	0.0	1	0.2	1	0.1		
ヒサカキ	22	1.9	1	0.1	2	0.1	7	0.5	10	0.9	11	1.7	29	3.1	22	2.9
ヒメユズリハ	2	0.1					2	0.1	1	0.3	3	1.5	7	6.4	3	0.3
マテバシイ							4	5.0	4	9.1			2	0.4		
モチノキ											1	0.4			1	4.4
モリシマアカシア							2	15.0								
ヤブツバキ	5	0.5			1	0.4										
ヤブニッケイ	1	0.0			1	0.3			3	1.4	7	7.5	2	0.3		
ヤマモモ	1	0.2														
落葉広葉樹																
アカメガシワ					1	1.3							1	1.7		
イロハモミジ	3	1.0														
エゴノキ	1	0.5							1	0.6	1	0.6			1	0.4
エノキ			1	1.5	2	4.1										
カキノキ									1	0.0	1	0.1				
カマツカ	5	0.5														
キブシ			1	0.3											2	0.3
クマヤナギ									2	0.1		0.0				
コナラ	1	4.0	1	1.1			2	2.9			1	1.9				
ヤマザクラ	1	2.9														
ムラサキシキブ	1	0.0	2	1.1			1	0.1								
ヤブムラサキ									1	0.1	1	0.0	2	0.1	2	0.2
リュウキユウマメガキ									1	0.5						
つる植物																
アケビ					1	0.0										
ウマノスズクサ			1	0.0	1	0.0										
エビヅル							1	0.0								
サカキカズラ	1	0.2									5	0.2	1	0.1		
サルナシ			1	0.1					1	0.1	1	0.1	3	0.1	1	0.2
サンカクヅル					1	0.0										
ツルグミ	1	0.1					2	0.1							2	0.1
テイカカズラ			2	0.0											2	0.1
ハンショウヅル													2	0.0		
サネカズラ					5	0.1										
フジ					1	0.0			2	0.1	1	0.1				
総出現種数	108		29		34		63		48		76		98		75	
BA合計 (cm ² m ⁻²)		70.8		31.7		13.1		45.5		52.1		34.0		53.6		50.2

実験処理の凡例：GF, 皆伐+防鹿柵；GC, 皆伐のみ；CF, 防鹿柵のみ；CC, 無処理。

表-2. 各実験区における実験開始前（2006年11月時点）の樹種構成。（つづき）

Table 2. Stand structure of each study site before experimental. clear cutting (November 2006).

<平塚>

実験区ID	A1		A2		A3		A4		B1		B2		B3		B4	
実験処理（予定）	GF		GC		GC		GF		CF		CC		CC		CF	
処理前開空度(%)	14.8		15.0		12.6		16.0		13.5		13.0		13.9		13.5	
樹種	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA
針葉樹																
アカマツ	1	3.0														
スギ									1	2.5					1	7.2
常緑広葉樹																
アカガシ	15	24.5	17	25.5	9	15.1	12	26.8	12	23.5	4	3.3	10	12.9	12	15.2
アラカシ	5	2.4			1	0.2			1	1.6	3	1.9	4	1.7	1	0.4
イヌビワ													2	0.1		
ウラジロガシ	5	4.9	9	11.4							4	5.0				
カクレミノ	2	0.8	1	5.3					1	12.9						
カゴノキ			4	5.0	3	0.4	2	2.9								
クロバイ			2	0.1												
サカキ	7	1.3	1	0.0	8	0.9			2	0.8	2	0.7			3	0.3
シラカシ					5	1.1	1	1.3					3	4.1	3	0.8
シロダモ			1	0.1												
スタジイ	1	0.4			5	16.1			3	2.7					6	41.7
タブノキ			1	2.6					4	3.7					2	3.6
ヒイラギ							2	0.1	1	0.1			1	0.0	1	0.0
ヒサカキ	38	12.3	30	3.7	28	5.7	17	3.1	31	4.0	19	3.4	19	5.5	24	4.5
モチノキ	1	0.5	12	1.8	5	0.9	3	0.3	5	2.6	9	1.6	4	0.6	5	0.6
ヤブツバキ	5	0.9	14	1.0	10	1.1	5	0.8	19	2.4	21	3.0	5	0.6	21	5.1
ヤブニツケイ	1	4.0	2	1.3	1	1.3	2	1.4			1	0.3	2	3.1	3	3.2
ヤマモモ											1	0.3				
落葉広葉樹																
アカメガシワ			3	2.9					1	0.9	1	1.1	3	3.5		
イロハモミジ	1	0.3														
エゴノキ									1	3.0	4	4.9	3	3.6		
オオモミジ			1	0.2									4	3.0		
カエデsp.					1	2.6										
カマツガ											1	0.0				
ケヤキ													1	2.3		
ミズキ							1	2.3								
ムラサキシキブ													1	0.1		
ヤマザクラ	2	3.5			2	7.7					1	3.2			1	4.8
リュウキュウマメガキ									1	3.2						
総出現種数	84		98		78		46		82		71		62		83	
BA合計 (cm ² m ⁻²)		58.8		60.9		53.1		41.5		61.4		28.7		41.1		87.4

平塚ではつる植物は測定しなかった。
 実験処理の凡例は小坪沢と同じ。

表-2. 各実験区における実験開始前（2006年11月時点）の樹種構成。（つづき）

Table 2. Stand structure of each study site before experimental. clear cutting (November 2006).

<檜尾>

実験区ID 実験処理（予定） 処理前開空度(%)	A1		A2		A3		A4		B1		B2		B3		B4	
	GF	GC	GC	GC	GF	CF	CC	CC	B3	CF	CF	BA	BA	BA	BA	BA
樹種	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA	本数	BA
常緑広葉樹																
アカガシ	16	57.9	16	53.3	28	59.7	13	19.2	13	42.1	15	14.5	29	63.7	24	55.7
アラカシ									2	6.6	9	10.3			6	3.9
ウラジロガシ	2	1.1			2	0.6	3	1.1	2	1.2	2	0.9			2	1.0
カゴノキ													1	0.4		
サカキ	11	1.9	7	3.0	6	1.4	7	1.7	12	2.4	5	0.9	12	5.2	12	4.0
シキミ	1	0.2	1	1.3	3	0.9	2	0.8			1	0.2	1	1.0	2	1.2
シラカシ	1	0.2							5	12.3	3	7.5				
スタジイ	1	3.3	2	13.8	3	11.6	6	24.8	4	15.0	6	51.6	3	12.4	5	48.4
タブノキ									1	1.7			3	2.1		
ヒサカキ	9	1.3	21	3.2	29	5.1	28	5.7	13	1.7	5	1.3	12	4.0	12	4.2
ヒイラギ	1	0.1			5	0.5	2	1.0								
モチノキ			1	2.3	2	1.0			3	1.0					3	1.9
ヤブツバキ	5	0.3	8	1.4	4	1.0	7	1.0	6	1.9	8	1.6	2	0.5		
ヤブニッケイ	8	2.5	2	1.0	4	2.2	2	4.0	3	7.6	5	3.1	4	3.3	2	1.1
ヤマモモ	1	0.4			1	0.6										
ユズリハ	1	0.7														
落葉広葉樹																
アカメガシワ					1	2.0										
イタヤカエデ					1	2.5	1	1.1								
ヤマザクラ							1	2.0								
ヤマモミジ							1	4.3								
つる植物																
サルナシ			1	0.1												
クズ											1	0.1				
テイカカズラ	2	0.0	2	0.0	4	0.1	3	0.1	2	0.1			2	0.1	2	0.1
フジ	5	1.9	3	0.6	2	0.1			2	0.3			4	0.6		
ミツバアケビ	1	0.0	1	0.0												
ムベ	1	0.1	2	0.1	2	0.1	1	0.0								
総出現種数	66		67		97		77		68		60		73		70	
BA合計 (cm ² m ⁻²)		71.9		80.1		89.4		93.9		92.0		93.3		73		121.5

実験処理の凡例は小坪沢と同じ。

三調査地の中では小坪沢が最も多様性が高く、檜尾の林相が最も単純であった。実験処理前（2007年7月）の開空度は小坪沢で14.9±1.7%、平塚で14.0±1.1%、檜尾で14.4±0.8%であり、林冠ギャップの影響はみられなかった。

シカの糞粒密度は2007、2008年とも平塚が最も高く、檜尾が次に高く、小坪沢で最も低かった（表-3）。千葉演習林が行っている区画法調査（山中2007）においても、清澄地区（小坪沢）は札郷・郷台地区（平塚、檜尾）と比較してシカの日撃頻度が低い傾向が認められている。従って、小坪沢は実際に他二箇所に比べてシカの利用頻度が低く、生態系への影響は比較的小さいと考えられる。今後、シカの利用頻度の違いにより、同じ実験処理に対し調査地間で異なる結果が生じる可能性が期待される。

表-3. 各調査地における実験処理前のシカ糞粒密度（粒m⁻²）。Table 3. The density of deer pellets (pellets m⁻²) in each study site before the experimental. treatments.

調査地	2007年3月	2008年1月
小坪沢	3.7 ± 9.4	3.2 ± 7.4
平塚	13.6 ± 10.8	16.9 ± 29.8
檜尾	12.4 ± 12.7	8.4 ± 6.6

数値は各実験区における糞粒密度（m⁻²）の調査地あたり平均値と標準偏差を現す。

5. 今後の調査計画

2007年度に初期状態の記録と実験処理を行い、2008–2009年度の調査により実験処理直後の記録を終了した。しかし、森林の発達段階に沿った生態系の変化を扱っている研究の性質上、結果の評価も10年以上の長期スパンであることが要求される。さしあたり、林分構造調査が3年毎に予定されており、実験開始後5年目にあたる2012年度には全調査項目の一斉再調査が予定されている。

また、調査だけでなく実験区の保守管理も恒常的に実施していく必要があり、特に防鹿柵については毎月一回以上の定期点検と補修が予定されている。

謝 辞

本研究の企画にあたっては、東京大学大学院農学生命科学研究科生物多様性科学研究室の宮下直氏、北村智之氏から有益なコメントを頂いた。土壌物理性の調査方法は、森林総合研究所立地環境研究領域の三浦覚氏、伊藤江利子氏、古澤仁美氏のご指導を頂いた。土壌動物相の調査については、東京大学演習林田無試験地の前原忠氏のご指導および調査協力を頂いた。埋土種子相の調査方法は、北海道大学大学院地球環境科学研究院の露崎史郎氏、農業環境技術研究所生物多様性研究領域の下野嘉子氏にご指導頂いた。森林総合研究所野生動物研究領域の小泉透氏には、防鹿柵の設置方法や調査方法についてご助言を頂いた。記して感謝する。

引用文献

- Aiba, S., Hill, D. A. and Agetsuma, N. (2001) Comparison between old-growth stands and secondary stands regenerating after clear-felling in warm-temperate forests of Yakushima, southern Japan. *For. Ecol. Manag.* 140: 163–175.
- Castleberry, S. B., Ford, W. M., Miller, K. V. and Smith, P. W. (2000) Influences of herbivory and canopy opening size on forest regeneratin in a southern bottomland hardwood forest. *For. Ecol. Manag.* 131: 57–64.
- 千葉県 (2004) 千葉県房総半島におけるニホンジカの保護管理に関する調査報告書 (総合版: 1992~2003年度). 134pp, 千葉県.
- Côte, S.D., Rooney, T.P., Tremblay, J.-P., Dussault, C and Waller, D. M. (2004) Ecological impacts of deer overabundance. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35: 113–147.
- 藤木大介・鈴木牧・後藤成子・横山真弓・坂田宏志 (2006) ニホンジカ (*Cervus nippon*) の採食下にある旧薪炭林の樹木構造について. *保全生態学研究* 11: 21–34.
- Gill, R. M. A. (1992) A Review of Damage by Mammals in North Temperate Forests: 1. Deer. *Forestry* 65: 145–169.
- Hester, A.J., Edenius, L., Buttenschön, P. M. and Kuiters A. T. (2000) Interactions between forests and herbivores: the role of controlled grazing experiments. *Forestry* 73: 381–391.
- Holladay, C.-A., Kwit, C. and Collins, B. (2006) Woody regeneration in and around aging southern bottomland hardwood forest gaps: Effects of herbivory and gap size. *For. Ecol. Manag.* 223: 218–225.
- 井藤宏香・伊藤哲・塚本麻衣子・中尾登志雄 (2008) 照葉樹二次林における林冠構成萌芽株集団の動態が林分構造の変化に及ぼす影響. *日林誌*90: 46–54.
- 蒲谷肇 (1988) 東京大学千葉演習林荒極沢における常緑広葉樹林の下層植生の変化とニホンジカの食害による影響. *東京大学農学部演習林報告*78: 67–82.
- 三浦覚 (2002) 森林の林床被覆が有する土壤侵食防止機能の評価手法に関する研究. 東京大学博士論文. 150pp.
- 日本土壤動物学会 (2007) 土壤動物学への招待—採集からデータ解析まで—. 日本土壤動物学会編, 東海大学出版会, 261pp.
- 丹羽慈 (2008) ニホンジカ (*Cervus nippon*) が土壤の有機物分解系および線虫群集構造に及ぼす影響. *日林誌* 90: 327–334.
- 農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林 (2007) 千葉演習林第12期試験研究計画 (自平成17年度至平成26年度). *演習林*46: 159–213.
- Ozaki, K. and Osawa, A. (1995) Successional. change of forest pattern along topographical.

- gradients in warm-temperate mixed forests in Mt Kiyosumi, central. Japan. *Ecol. Res.* 10: 223–234.
- Pastor, J., Dewey, B., Naiman, R. J., McInnes, P. F. and Cohen, Y. (1993) Moose browsing and soil fertility in the boreal forests of Isle Royale National Park. *Ecology* 74: 467–480.
- Ritche, M.E., Tilman, D. and Knops, M.H. (1998) Herbivore effects on plant and nitrogen dynamics in oak savanna. *Ecology* 79: 165–177.
- Rooney, T. P. and Waller, D. M. (2003) Direct and indirect effects of white-tailed deer in forest ecosystems. *For Ecol Manag* 181: 165–176.
- Suzuki, M., Miyashita, T., Kabaya, H., Ochiai, K., Asada, M. and Tange, T. (2008) Deer density affects ground-layer vegetation differently in conifer plantations and hardwood forests on the Boso Peninsula, Japan. *Ecol. Res.* 23: 151–158.
- Takada, M., Asada, M. and Miyashita, T. (2004) Cross-habitat foraging by sika deer influences plant community structure in a forest-grassland landscape. *Oecologia* 133: 389–394.
- Takada, M., Baba, Y.G., Yanagi, Y., Terada, S. and Miyashita, M. (2008) Contrasting responses of web-building spiders to deer browsing among habitats and feeding guilds. *Comm. Ecosyst. Ecol.* 37: 938–946.
- Wardle, D. A., Barker, G. M., Yeates, G. W., Bonner, K. I. and Ghani, A. (2001) Introduced browsing mammals in New Zealand natural forests: aboveground and belowground consequences. *Ecol. Monogr.* 71: 587–614.
- 山中征夫 (2007) 東京大学千葉演習林におけるニホンジカの生息数調査 (1986年, 1991-2006年の調査結果報告). 演習林 46 : 351–369.
- 柳洋介・高田まゆら・宮下直 (2008) ニホンジカによる森林土壌の物理環境の改変 : 房総半島における広域調査と野外実験. 保全生態学研究13 : 65–74.

