

表 2 主要 30 種の平均被度

種 名	種特性	人工林			広葉樹林		
		丹沢(柵外)	丹沢(柵内)	箱根・小仏	丹沢(柵外)	丹沢(柵内)	箱根・小仏
チヂミザサ	採食耐性	4.27	2.26	4.91	0.94	1.44	6.05
サンショウ		0.02	0.47	0.84	0.19	0.51	0.57
ミツバアケビ		0.02	0.06	0.08	0.04	0.21	0.05
タチツボスミレ		0.27	0.04	0.05	0.52	0.36	0.04
ムラサキシキブ		0.27	0.06	0.44	0.18	0.35	0.55
モミジイチゴ	不嗜好性	0.75	0.46	4.27	0.50	1.11	3.44
マツカゼソウ		1.00	0.47	0.41	1.48	2.35	0.54
キブシ		0.05	0.06	0.04	0.04	0.66	0.01
イタヤカエデ		0.03	0.08	0.03	0.03	0.06	0.01
チゴユリ		0.04	0.02	0.06	0.02	0.04	0.05
クサギ	不嗜好性	0.26	0.06	0.04	0.16	0.51	0.52
アブラチャン		0.03	0.45	1.28	0.03	0.05	0.05
フタリシズカ		0.03	0.02	1.21	0.05	0.18	0.52
オニドコロ		0.04	0.04	0.06	0.01	0.02	0.05
コボタンヅル		0.02	0.47	0.03	0.03	2.43	2.11
クサイチゴ	不嗜好性	0.25	6.87	0.05	0.01	1.40	2.10
ハエドクソウ		0.04	0.05	0.82	0.14	0.01	0.04
アマチャヅル		0.05	0.46	0.04	0.01	0.00	0.05
オオバノイノモトソウ		8.83	11.78	0.02	0.01	0.16	—
ケヤキ		0.03	0.02	0.01	0.04	0.06	1.00
スゲspp.	不嗜好性	0.25	1.37	2.05	0.03	0.51	1.60
サルトリイバラ		0.01	0.02	0.04	0.01	0.04	0.05
タラノキ		0.04	0.46	0.03	0.01	0.04	0.02
ノブドウ		0.02	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02
ヤマグワ		0.03	0.48	0.03	0.01	0.03	0.01
イヌシデ	不嗜好性	0.02	0.46	0.01	0.04	0.03	0.01
イボタノキ		0.01	0.04	0.01	0.02	0.03	0.05
オオバウマノスズクサ		0.02	0.88	5.21	0.01	0.02	—
ツルウメモドキ		0.01	0.06	0.02	0.01	0.18	0.01
ニガイチゴ		0.03	1.36	0.03	0.01	1.19	1.02
その他 小計		25.69	21.15	32.02	7.01	17.24	38.76
合計		42.40	50.52	54.16	11.61	31.27	59.25

率と現存量、種数、Shannon の H' は同程度であったものの、シカの不嗜好性種の優占度は丹沢の柵外で高かった。丹沢の柵内と柵外を比較すると、柵内では、草本層の植被率や現存量、種数が柵外よりも上回る傾向があったが、有意差は認められなかった。しかし、不嗜好性種の優占度は柵外よりも低かった。このことは、丹沢の人工林ではシカが高密度で生息している状態であっても、施業後の草本層の植被率や現存量といった林床植生の「量」は箱根・小仏といったシカの生息密度が低い地域と同程度の値を示すが、「質」という観点からは、不嗜好性種が多くなるなど、シカの影響を強く受けていることが示唆された。また、柵内では、不嗜好性種の優占度は柵外よりも低かったことから、シカの影響を排除

したことによる質的な改善がみられていると考えられた。

一方、広葉樹林では、丹沢の柵外と柵内、箱根・小仏の 3 カテゴリー間で草本層の植被率と現存量に差異があり、いずれも丹沢の柵外で少なかった。また、柵外では不嗜好性種の優占度が高かった。これらの結果は、丹沢の広葉樹林が植物の量的減少と質的变化というシカの影響を受けていることを示している。丹沢の広葉樹林の柵内は、草本層の植被率や現存量、種数が柵外よりも上回り、不嗜好性種の優占度は柵外よりも低かった。これらのことは、広葉樹林では柵を設置すると、植物の種数や植被率が増加して、量的と質的改善が図られることを示している。しかし、箱根・小仏と比較すると、柵内の現存

量や種数は同程度であるものの草本層の植被率は箱根・小仏よりも低く、不嗜好性種の優占度は高いことから、箱根・小仏と同程度には至っていないといえる。施業してから長くとも7年しか経過していないため、柵を設置してもシカの影響のほとんどない植生状態に推移するには、さらに時間がかかることが予想される。

シカが高密度で生息する丹沢では、人工林と広葉樹林ともにシカの採食影響を受けているものの、人工林と広葉樹林の種組成の違いにより施業の効果の発現が異なっていた。丹沢の人工林では間伐すれば不嗜好性種が増加して土壤保全効果を発揮できるが、シカの不嗜好性種や採食耐性種が多くなる点で偏った種組成になるため、質的な改善を図るには施業とともに植生保護柵の設置やシカの捕獲などのシカ対策が必要であると考えられた。また、広葉樹林においては、施業に優先して植生保護柵の設置や土壤保全対策の実施とともにシカの捕獲が望まれる。

丹沢の人工林と広葉樹林でシカの影響に対する反応が異なった理由として、丹沢の人工林で被度が高かった不嗜好性種のオオバノイノモトソウと採食耐性種のチヂミザサの存在があげられる。すなわち、これら2種はもともと人工林が成立する斜面下部の立地に出現しやすいと考えられる。前田・宮川（1970）も、オオバノイノモトソウはB_E型土壤、地位指数Ⅰを指標して、チヂミザサは主として斜面下部から中部のB_{D(w)}～B_D型土壤に成立して地位Ⅰ～Ⅱに多いことを報告している。シカの密度と開空度は丹沢の人工林と広葉樹林で同程度であったことから、人工林と広葉樹林が成立する立地の違いに基づく林床植生の種組成の違いが、シカの採食影響を通して人工林と広葉樹林の反応として現れたと考える。

一般に間伐や受光伐による林床植生の増加は林地へのシカを増加させるきっかけになるため、シカが高密度に生息する地域での施業には注意が必要である。2012年度現在、全国の33県で森林環境税といった独自課税を導入して人工林の間伐や強度間伐による針広混交林への誘導が行われている（林野庁2012）。その一方で、近年、全国的にシカの分布が広がっており、森林被害の増加が報告されている。さらに、土壤流出により森林の多面的機能に影響が

生じる可能性も指摘されている（林野庁2012）。丹沢と同じようにシカの生息密度が約10頭/km²を超える地域では、本報告で示したように人工林での施業により林床植生が増加しても、その種組成は不嗜好性種や採食耐性種が多くなるため、土壤保全の効果を期待できても生物多様性機能を発揮させることは難しい。また、柵を設置しない限り植栽苗木も天然更新による稚樹も生育できないと考える。そこで、シカが高密度で生息する地域では施業とシカの捕獲を同時に実施するか、あらかじめシカを捕獲して低密度にした状態で施業することが必要であろう。実際に、丹沢では2012年度からシカと森林の一体的管理の取組みが水源林の施業担当者とシカの捕獲担当者との連携で開始されたところである。

シカの生息密度が2頭/km²程度の箱根・小仏では、人工林でも広葉樹林でも間伐や受光伐の施業により林床植生を増加させることは可能であると考えられた。しかし、近年、箱根・小仏ではシカの採食圧が高まっていることから、予断を許さない。施業のうちとくに皆伐や群状伐採はシカのえさ植物を増加させ、シカの個体数を増加させるきっかけになることから、箱根・小仏での皆伐時には予防的なシカの捕獲が望まれる。

V 謝辞

本報告の執筆にあたり、東京農工大学の大橋春香博士と当センターの谷脇徹博士には草稿を読んで貴重なご指摘をいただいた。現地調査はすべて委託調査により実施したものであり、神奈川県森林組合連合会と(株)地域環境計画、新日本環境調査(株)の担当者各位には大変お世話になった。以上の皆様にお礼申し上げます。

VI 引用文献

- 藤森博英・末次加代子・池谷智志・小林俊元・永田幸志・木佐貫健二（2013）第2次神奈川県ニホンジカ保護管理計画期間中の区画法によるニホンジカの生息密度．神奈川県自然環境保全センター報告 11：27-36。
- 石川芳治（2008）丹沢山地でのシカによる林床植生

- 衰退地における土壌侵食機構と対策手法．森林科学 53：48-52.
- 前田禎三・宮川 清（1970）林床植生による造林適地の判定．わかりやすい林業研究解説シリーズ No. 40. 90pp, 日本林業技術協会，東京．
- 林野庁（2012）平成 24 年度版森林・林業白書．208+32pp, 一般社団法人全国林業改良普及協会，東京．
- 島田博匡・野々田稔郎（2009）針葉樹人工林における強度間伐後の広葉樹侵入に及ぼすシカ採食の影響．日林誌 91：46-50.

水源林整備事業がシカの行動へ与える影響

鈴木 透^{*}・山根正伸^{**1}・姜 兆文^{***}・山田雄作^{***}

Effects of projects for water conservation forest on movement of sika deer

Toru SUZUKI^{*}, Masanobu YAMANE^{**1}, Zhaowen JIANG^{***}
and Yusaku YAMADA^{***}

要 旨

水源林整備事業は、工事や森林管理による森林構造の変化などによりニホンジカ (*Cervus nippon*) の行動に影響を及ぼしていると考えられる。森林生態系を効果的に管理していくためには、シカ、森林構造と水源林整備事業などで行われる対策との関係を考慮しながら、シカと森林を一体的に管理していく必要がある。そこで本稿では、寄水源林において2008年度から2012年度にかけてGPSテレメトリー法で追跡した8頭のシカの情報を用いて、水源林整備事業によるシカへの影響を評価することを目的とした。水源林整備事業の影響は工事や森林管理などに伴う事業中の影響（直接的影響）と森林管理による森林構造の変化の事業後の影響（間接的影響）に分けて評価した。その結果、事業中では複数の個体で整備地を利用することを避けていたが、整備により大きく移動する傾向は見られなかった。一方、間伐や主伐、下刈りなどの森林管理が行われ、森林構造が変化したと考えられる地域では事業後にシカが特に好んで利用する傾向は見られなかった。以上の結果から、寄水源林では、事業を行っている整備地では、人が出入りすることによる人為的影響がシカの行動に影響を与えていることが示唆された。また、今回の結果では事業後の森林構造の変化によるシカの行動への影響は見られなかったが、間伐などの森林管理は将来的にシカにとり好適なエサ環境を提供すると考えられるため、事業後の森林にはシカへ積極的な捕獲圧をかけることでシカの集中化を防ぐ必要があると思われる。

I はじめに

神奈川県では、良質で安定的な水を確保するため、荒廃の進む森林の適切な管理、整備を進め、水源かん養林など森林の持つ公益的機能の高い森林生態系を形成することを目的とした水源林整備事業が行われている。水源林整備事業では、間伐などの森林整備の他、森林調査、作業道や植生保護柵の設置など多くの事業が行われている。

神奈川県で行われている水源林整備事業は、森林だけでなく、工事や森林管理による森林構造の変化などにより森林に生息するニホンジカ (*Cervus nippon* : 以下シカ) にも影響を及ぼしていると考えられる。森林生態系を適切に管理していくためには、シカ、森林構造と水源林整備事業などで行われる対策との関係を考慮しながら、シカと森林生態系を一体的に管理することが求められる。

そこで本研究では、寄水源林において2008年度

* 酪農学園大学農食環境学群環境共生学類 (〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582)

**1 神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課 (〒243-0121 厚木市七沢657)

現所属 神奈川県環境農政局水・緑部自然環境保全課 (〒231-8588 神奈川県横浜市中区日本大通1)

*** 株式会社野生動物保護管理事務所 (〒194-0215 東京都町田市小山ヶ丘1-10-13)

から2011年度にかけてGPSテレメトリー法で追跡した8頭のシカの情報を用いて、水源林整備事業によるシカへの影響を評価することを目的とした。

なお、本研究は2008年度から2011年度にかけて行われた水源林整備ニホンジカ管理モデル調査業務の成果を用いて解析したものである。

II 材料と方法

1 調査地概要と事業履歴

神奈川県寄水源林は丹沢山地の南部に位置し、檜岳、雨山、鍋割山、栗の木洞を結ぶ稜線に囲まれた地域である。大きさは529haで、植生はスギ、ヒノキの人工林（約247ha）、広葉樹からなる天然林（約282ha）から構成されている。水源の森林づくり活動の拠点として整備が進められており、今回シカの情報が見られている2008年から2011年度においては、間伐や下刈りといった森林整備の他、森林調査や植生保護柵の設置、歩道の整備など、様々な整備事業が行われている（図1）。

2 使用したデータと行動圏の算出

水源林整備事業によるシカへの影響を評価するために、神奈川県寄水源林において2008年度から

2011年度にかけてGPSテレメトリー法で追跡した8頭のシカの位置情報を用いた（表1）。GPSにより得られた位置情報の内、明らかに位置精度が悪いデータは除外した。その結果、得られた利用地点数の平均は3,456点（405-8,452点）、期間は平均186.3日（26-364日）であった。各個体の行動圏はすべてのFixを用いて固定カーネル法（Worton 1989）により推定した。固定カーネル法による行動圏の算出には、R（Ver.2.11.0）とパッケージadehabitat（Calenge 2006）を用いた。

3 事業の影響評価方法

水源林整備事業とシカとの関係を明らかにするために、事業とシカの行動圏の配置・利用地点との関係を明らかにした。また、事業については、工事や森林管理などに伴う事業中の全整備地による影響（直接的影響）と森林管理（間伐・主伐・下刈り）により森林構造を変化させている可能性がある事業後の整備地による影響（間接的影響）に分けて評価した。以下では、シカの追跡期間に含まれる年度に行われた事業の整備地を「整備地」、追跡期間前の年度に森林管理が行われた事業の整備地を「森林整備地」と定義した。なお、今回の事業に関するデータでは事業を行った月に関するデータがないため、年度で

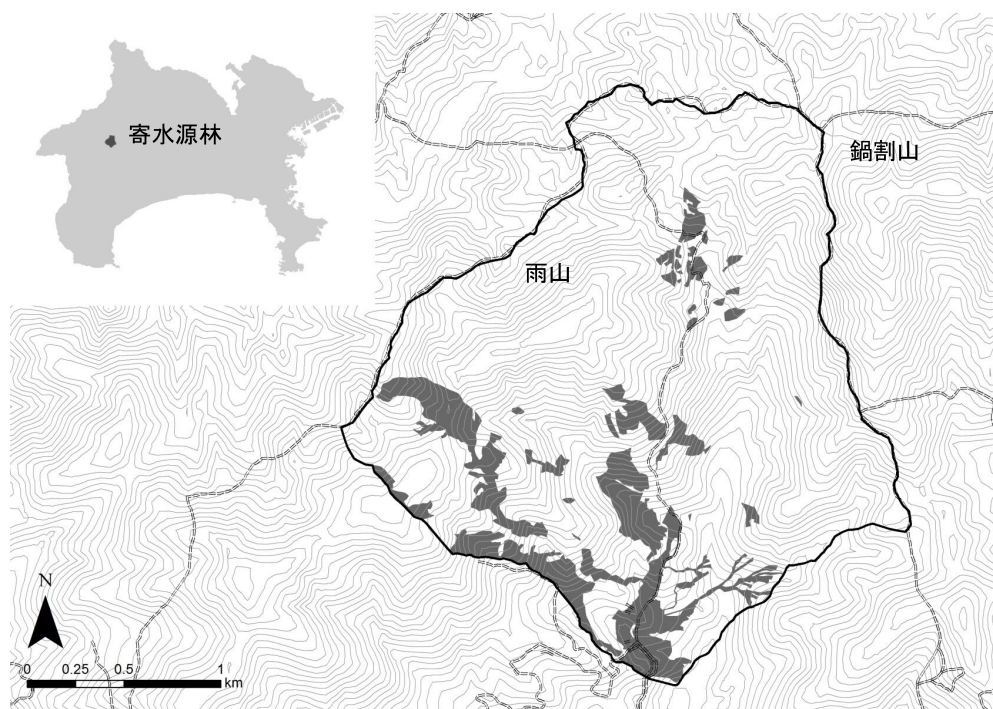


図1 神奈川県寄水源林（黒線）と水源林整備事業実地箇所（2008年～2011年度：灰色の箇所）

表 1 使用した 8 個体の情報

個体ID	性別	推定年齢	Fix数	追跡期間
0801	♀	4	2,882	2008/12/20-2009/9/30 (284日)
0901	♂	5.5	8,410	2009/12/1-2010/11/30 (364日)
0902	♀	3.5	4,541	2009/12/2-2010/6/16 (196日)
1001	♀	7	622	2010/10/5-2010/10/31 (26日)
1002	♀	4	8,452	2010/11/5-2011/10/31 (363日)
1003	♀	1.5	2,636	2011/4/27-2011/8/17 (112日)
1101	♀	10歳以上	405	2011/7/6-2011/8/23 (48日)
1102	♀	3歳以上	1,296	2011/7/7-2011/10/12 (97日)

まとめて評価した。県民参加による森林整備等は年間を通して行われているため、年度で事業を取りまともてもシカの行動へ事業が与える影響を評価することは可能であると考えられる。

事業と行動圏の配置の関係については、推定した行動圏内に対応した年度の整備地が含まれる割合を算出することにより、各個体の行動圏の配置への事業の影響を評価した。さらに、整備地と行動圏が重なった個体については、事業と利用地点との関係性を評価した。事業と利用地点の関係は、整備地の利用の有無について、シカの利用地点と利用可能地点間で χ^2 検定を用いて比較した。利用可能地点は利用地点のデータから推定した行動圏の中に利用地点と同数の地点をランダムに発生させ作成した。また、利用地点のデータはすべてのデータの利用した

場合と、昼（6 時～17 時）と夜（18 時～翌朝 5 時）に分けた場合について分析した。 χ^2 検定は R（Ver. 2.11.0）を用いて行った。

Ⅲ 結果

1 事業と行動圏の配置との関係

事業とシカの行動圏の配置・利用地点との関係について、行動圏内に対応した年度の整備地が含まれる割合を算出することにより明らかにした。追跡期間中の整備地と各個体の行動圏を図 2、3 に示した。1001、1101 以外の個体は整備地を行動圏内に含んでいた（平均 27.6%：範囲 15.4%～67.2%）。1001、1101 の個体は整備地に接するように行動圏を配置しており、整備事業の直接的な影響が示唆さ

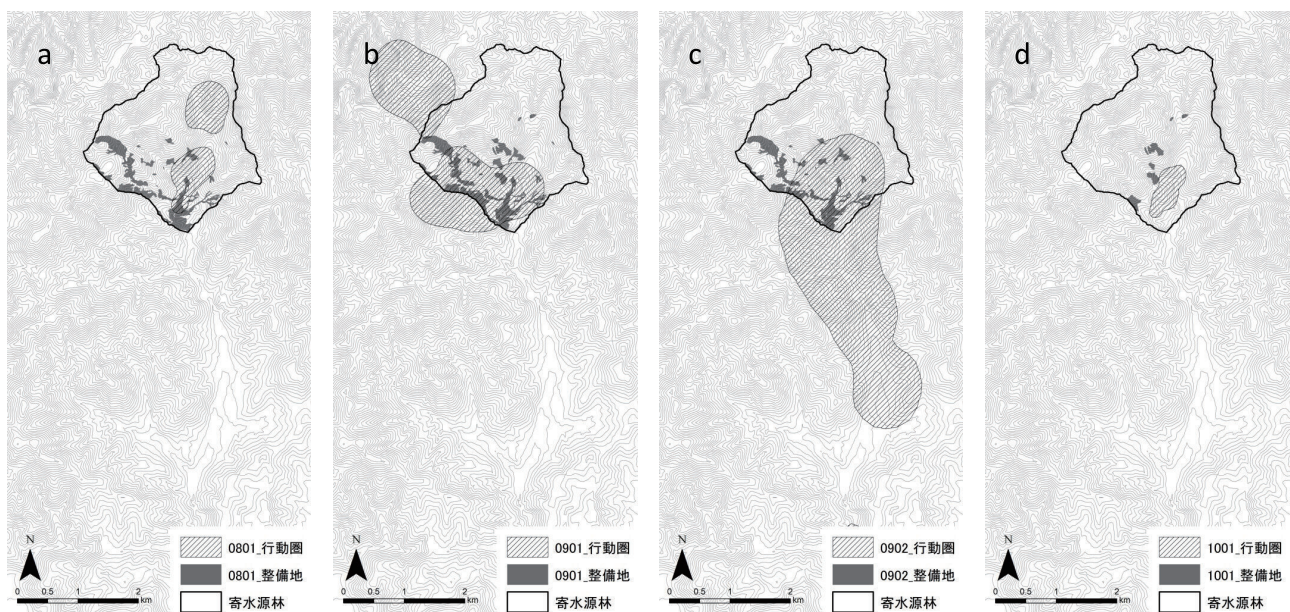


図 2 整備地と各個体の行動圏 (a:0801, b:0901, c:0902, d:1001)

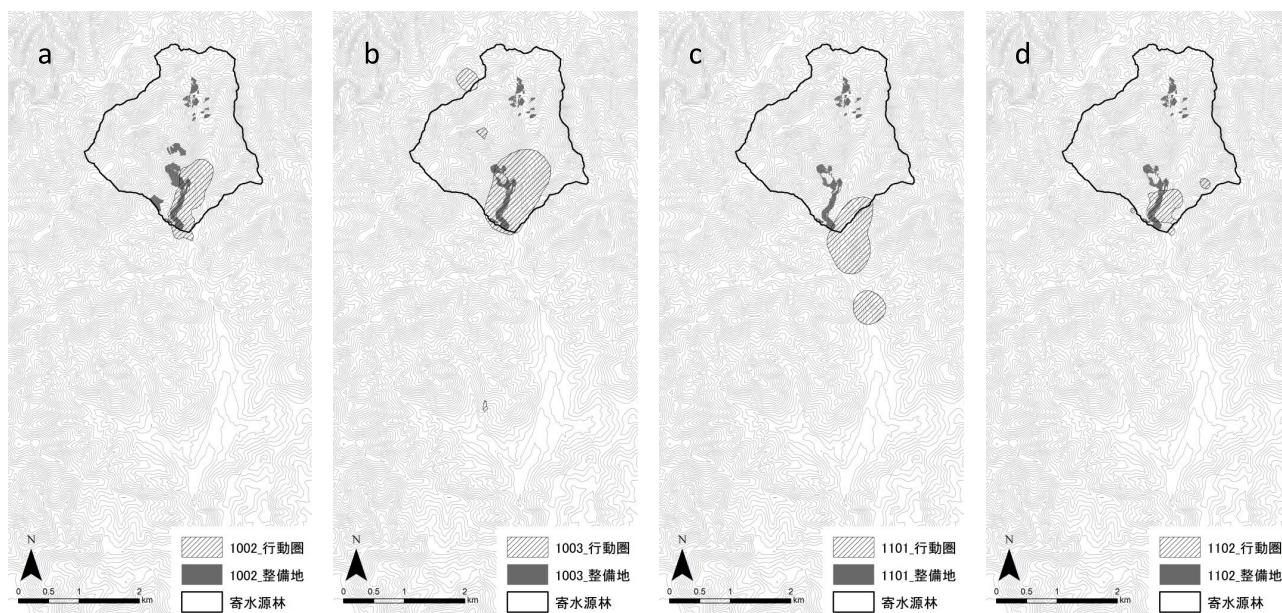


図3 整備地と各個体の行動圏 (a:1002, b:1003, c:1101, d:1102)

れたが、他の個体に関しては行動圏の配置においては整備地を避ける傾向は見られなかった。

次に森林整備地と各個体の行動圏を図4、5に示した。なお、整備地と行動圏の重なりがない1001、1101と追跡期間中に森林整備の実績がない0801は分析から除外した。2008年度に行われた森林整備地は非常に少なく(約0.15ha)、0901と0902の行動圏の重なりは見られなかった(図4a・b)。2009年度以降は森林整備の実績は増えているが、今回用

いた個体はすべて過去に森林整備が行われた箇所を行動圏として利用することは認められなかった(図4c、図5)。

2 事業と行動圏内の利用との関係

整備地と行動圏が重なった個体(0801、0901、0902、1002、1003、1102)について、事業と利用地点との関係の評価した。また、利用地点のデータはすべてのデータの利用した場合と、昼(6時～

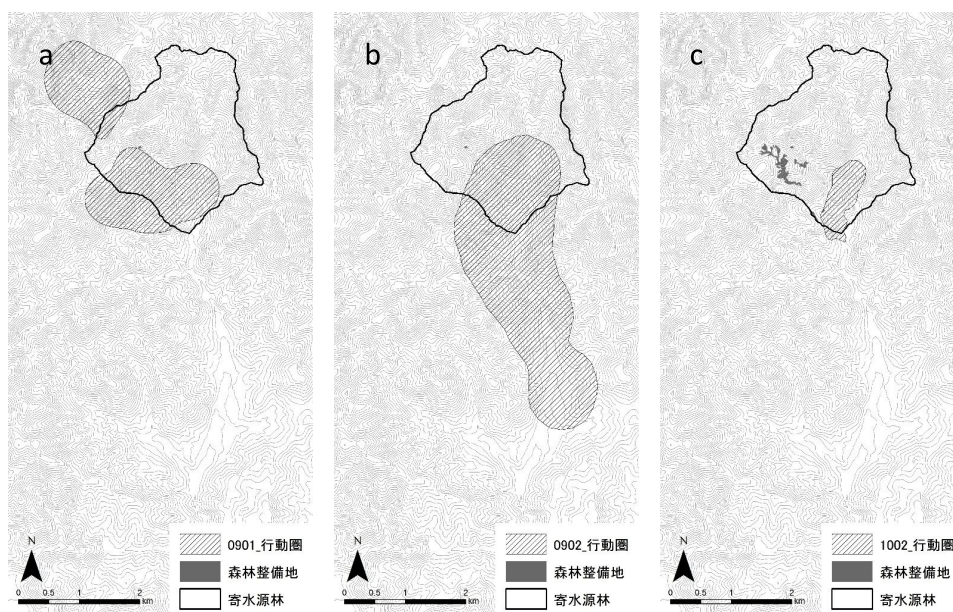


図4 森林整備地と各個体の行動圏 (a:0901, b:0902, c:1002)

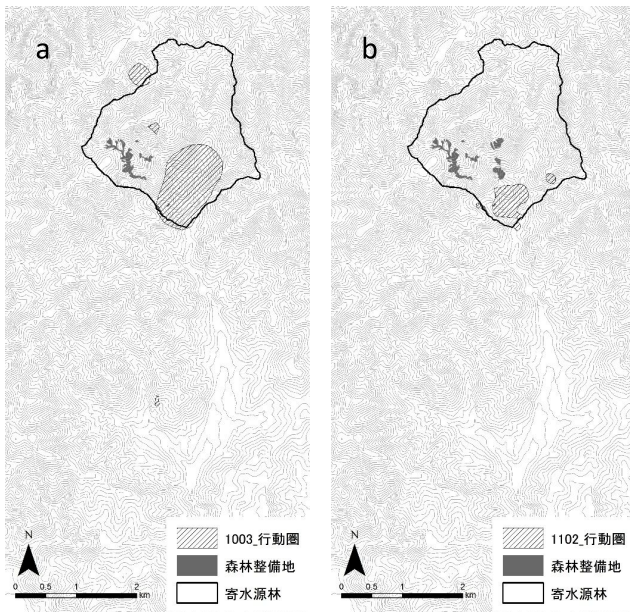


図5 森林整備地と各個体の行動圏 (a:1003, b:1102)

17 時) と夜 (18 時～翌朝 5 時) に分けた場合について分析した。

0801 は、全ての利用地点と利用可能地点の整備地の利用頻度を比較した結果、有意な差が認められ ($\chi^2 = 49.2$, $p < 0.001$)、整備地を避けている傾向が見られた。また、昼 ($\chi^2 = 58.1$, $p < 0.001$)、夜 ($\chi^2 = 7.6$, $p < 0.01$) も同様に有意に整備地を避けている傾向が見られた。

0901 も、0801 と同様に、全ての利用地点と利用可能地点の整備地の利用頻度を比較した結果、有意な差が認められ ($\chi^2 = 231.8$, $p < 0.001$)、整備地を避けている傾向が見られた。また、昼 ($\chi^2 = 168.7$, $p < 0.001$)、夜 ($\chi^2 = 75.0$, $p < 0.001$) も有意に整備地を避けている傾向が見られた。

0902 は、全ての利用地点と利用可能地点の整備地の利用頻度を比較した結果、有意な差が認められ ($\chi^2 = 276.7$, $p < 0.001$)、整備地を選好している傾向が見られた。また、昼 ($\chi^2 = 79.5$, $p < 0.001$)、夜 ($\chi^2 = 202.9$, $p < 0.001$) も有意に整備地を選好している傾向が見られ、他の個体と異なり、常に整備地を利用している傾向を示した。

1002 は、全ての利用地点と利用可能地点の整備地の利用頻度を比較した結果、有意な差が認められ ($\chi^2 = 5.5$, $p < 0.05$)、整備地を若干選好している傾向が見られた。また、昼 ($\chi^2 = 536.5$, $p < 0.001$)、

夜 ($\chi^2 = 339.7$, $p < 0.001$) は共に有意な差が認められたが、昼は整備地を避け、夜は整備地を選好している傾向が見られた。

1003 は、全ての利用地点と利用可能地点の整備地の利用頻度を比較した結果、有意な差が認められ ($\chi^2 = 62.8$, $p < 0.001$)、整備地を選好している傾向が見られた。また、昼 ($\chi^2 = 101.9$, $p < 0.001$)、夜 ($\chi^2 = 233.1$, $p < 0.001$) は共に有意な差が認められたが、昼は整備地を避け、夜は整備地を選好している傾向が見られ、1002 と同様な傾向を示した。

1102 は、全ての利用地点と利用可能地点の整備地の利用頻度を比較した結果、有意な差は認められなかった ($\chi^2 = 0.5$, $p = 0.49$)。しかし、昼 ($\chi^2 = 57.3$, $p < 0.001$)、夜 ($\chi^2 = 36.5$, $p < 0.001$) は共に有意な差が認められたが、昼は整備地を避け、夜は整備地を選好している傾向が見られた。

以上のように分析したすべての個体についてシカの行動圏内の利用に整備地が影響していた。また、1 個体 (0902) を除き、すべての期間もしくは昼間に整備地を避ける傾向を示し、夜間は整備地を選好する個体も見られた。

IV 考察

1 事業の直接的影響：人為的影響

一般的に有蹄類は人為的な影響に敏感である (Stankowich 2008)。これまでにも人間活動による騒音 (Pedevillano and Wright 1987) や利用する道路 (Rumble *et al.* 2005) などにより、有蹄類の行動が影響を受けていることが報告されている。

本研究においても、水源林整備事業に伴うシカへの人為的影響 (直接的影響) を行動圏の配置と行動圏内の利用から評価した結果、1 個体 (0902) を除いた 7 個体について、すべての時間帯、もしくは昼の時間帯に整備地を忌避する傾向が見られた。水源林整備事業は、間伐などの森林整備の他、森林調査、作業道や植生保護柵の設置など様々な事業を包括している。このような事業の整備の対象となった森林では、以前より森林内へ人の出入りは多くなるなど森林内における人間活動が活発になる。整備地への忌避反応は、行動圏として利用しない (1001、1101)、行動圏内に整備地は含まれるが、行動圏内