

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 24 日現在

機関番号：33601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2012

課題番号：21780154

研究課題名（和文） ツキノワグマによるクマ棚形成を介した間接効果とハビタット創出

研究課題名（英文） Indirect effect and habitat creation through bear shelves formation by Japanese black bears

研究代表者

高橋 一秋（TAKAHASHI KAZUAKI）

長野大学・環境ツーリズム学部・准教授

研究者番号：10401184

研究成果の概要（和文）：クマ棚の分布は尾根に集中した。クマ棚形成に伴って形成された小規模林冠ギャップの面積は、尾根において年間 1ha あたり 141.3 m<sup>2</sup> にも達し、この面積は調査地区の尾根に創出した倒木ギャップ面積の約 6.6 倍であった。林冠層における開空率および液果植物の結実率は閉鎖林冠下より小規模林冠ギャップ下のほうが高い値を示した。センサーカメラによる観察から、鳥類および哺乳類がクマ棚を採餌、貯食、休憩、繁殖の場所として利用していることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）： Ridges were significantly dominant over slopes and valleys in terms of total bear-created canopy gaps. The annual rate of bear-created canopy gap formation reached 141.3 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> on ridges, which were hot spots in terms of black bear activity. This rate was approximately 6.6 times that of tree-fall gap formation on ridges at this study site. Canopy disturbance created by black bears in the middle-top canopy layers were key for improving light conditions and accelerating fruiting by fleshy-fruited plants. Camera-trap data showed that birds and mammals used bear shelves as habitats for foraging, hoarding, resting, and reproducing.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010 年度	400,000	120,000	520,000
2011 年度	400,000	120,000	520,000
2012 年度	400,000	120,000	520,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：エコシステムエンジニア・クマ棚・ツキノワグマ・林冠ギャップ・間接効果

## 1. 研究開始当初の背景

ニホンツキノワグマ (*Ursus thibetanus japonicus*) は果実（主にドングリ類）を採食する際に樹木に登り、枝先の果実を枝ごと折って樹上で採食し、その枝を尻の下に敷き詰めていく習性を持っている。この過程で形成された枝の塊は樹上で棚状に見えることから、「クマ棚」と呼ばれている。クマ棚は

しばしば1本の樹木に複数個も形成される場合があり、林冠部の環境が大きく改変されることから、ツキノワグマを介した新しい生物間相互作用や間接効果を生み出す可能性を秘めている。

森林生態系は多様な生物間相互作用や間接効果の結果として維持される。したがって、健全な森林を保全し、劣化しつつある森林を再生していくためには、森林の維持や再生に

強く影響を与える特徴的な生物間相互作用や間接効果のメカニズムを理解することが不可欠である。

ツキノワグマが枝を折ると林冠の一部が疎開し、小規模林冠ギャップが形成される。小規模林冠ギャップの形成は林内の光環境を改善するため、林冠木よりも下層に生育している植物の繁殖（開花・結実・生長）に正の効果が見られることが予想される。また、クマ棚のように、樹上で枝の塊ができる環境は、樹上性のリスや野ネズミなどの小型哺乳類、樹上で営巣する鳥類、枯れ枝を隠れ処や産卵場所として利用する昆虫類のハビタットとして機能すると推測される。もし、この仮説が正しいとすれば、ツキノワグマは小型動物にハビタットを提供することになり、ツキノワグマがエコシステム・エンジニアとしての役割を担っていることを意味する。以上のように、ツキノワグマによるクマ棚の形成が引き金となって起こりうる間接効果やツキノワグマのエコシステム・エンジニアとしての役割に着目した研究は、国内・国外においても皆無であり、本研究が初である。

## 2. 研究の目的

ツキノワグマによるクマ棚の形成を介した植物への間接効果および小型動物へのハビタット提供について明らかにすることが研究の目的である。さらに、クマ棚の分布状況および発生密度を分析する。その結果を間接効果とエコシステム・エンジニアの結果と統合する。

- (1) クマ棚の実態把握（サイズ・分布・密度）
- (2) クマ棚が形成された樹木を介したツキノワグマと植物の間接効果：クマ棚の形成により出現した林冠ギャップが植物の繁殖に与える影響（林内の階層別の光環境および植物の結実率）
- (3) エコシステム・エンジニアとしてのツキノワグマ：クマ棚の形成が小型動物のハビタット創出に与える影響（樹上のクマ棚<小型哺乳類・鳥類>）

これらの研究によって、ツキノワグマが植物の繁殖や更新、小型動物のハビタット創出に及ぼす影響を明らかにし、新たな研究領域を開拓する。

## 3. 研究の方法

仮説（図1）を検証するために、ツキノワグマ（図2）が高密度で生息する長野県軽井沢町長倉山国有林にA地点～D地点の調査区（計22.5ha）を設置し（図3）、調査を実施した。2007年4月～8月に、長期的なモニタリング調査を実施するために、クマ棚密度の高い尾根環境に計18個の固定プロット（20m

×50m）をA地点～D地点（図3）の中に設置した。

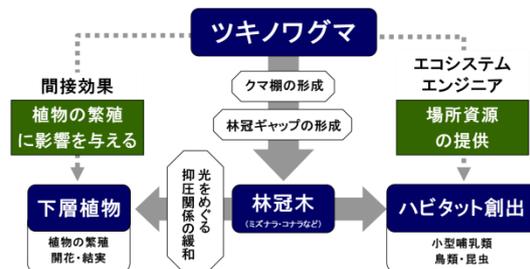


図1 クマ棚形成にまつわる仮説



図2 長倉山国有林（軽井沢町）に生息するニホンツキノワグマ



図3 調査地（長野県軽井沢町長倉山国有林）

- (1) クマ棚の分布状況および発生密度

2006年10月～2011年12月に、調査地のA地点～D地点の調査区（図3）で確認されたクマ棚のある樹木の位置（GPS）、地形（尾根・斜面・沢）、樹種、樹高、樹冠面積を記録した。

クマ棚（図4）の形成によって創出された小規模林冠ギャップ（図4）の面積を求めるために、(a) 全天空写真法および (b) 落枝法を組み合わせ推定式を作成した（図5）。

(a) クマ棚

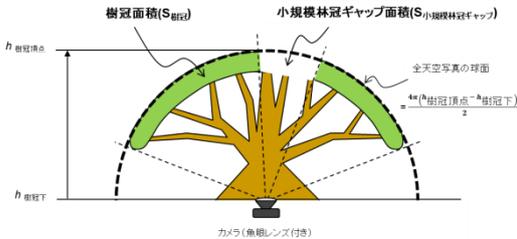


(b) 小規模林冠ギャップ



図 4 ツキノワグマの枝折りによって形成された (a) クマ棚および (b) 小規模林冠ギャップ

(a) 全天空写真法



(b) 落枝法

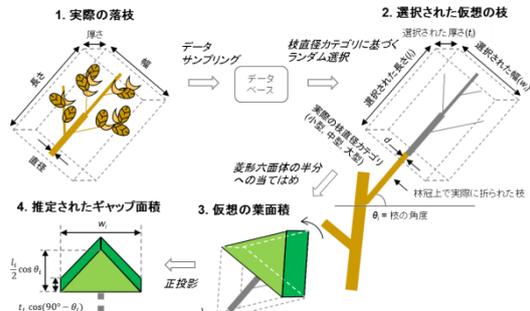


図 5 ツキノワグマによって形成された小規模林冠ギャップのサイズ推定法

$S_{\text{小規模林冠ギャップ}}$

$$= S_{\text{樹冠}}$$

$$\times Sp_{\% \text{小規模林冠ギャップ/樹冠}}$$

$$= \left\{ Sp_{\% \text{樹冠}} \times \frac{4\pi (h_{\text{樹冠頂点}} - h_{\text{樹冠下}})^2}{2} \right\}$$

$$\times Sp_{\% \text{小規模林冠ギャップ/樹冠}} \dots (1)$$

$S_{\text{小規模林冠ギャップ}}$

$$= \sum_{i=1}^n \left\{ \left( \frac{l_i \cos \theta_i \times w_i}{4} \right) \right.$$

$$\left. + 2 \left[ \frac{w_i}{2} \right. \right.$$

$$\left. \times t_i \cos(90^\circ - \theta_i) \right\} \dots (2)$$

$$S_{\text{全天空写真法}} = a S_{\text{落枝法}} + b \dots (3)$$

(2) クマ棚が形成された樹木を介したツキノワグマと植物の間接効果

ミズナラを対象に、クマ棚のある樹木とない樹木を 20 個体ずつ任意に選定し、樹木下の開空率と液果植物の結実状況を階層別（地上から 0.5m、0.5~2m、2~5m、5m~樹冠下、樹冠下~樹冠中、樹冠中~樹冠上部）に調査した。開空率は 2007 年夏に撮影した全天空写真より算出し、下層植物（調査木を中心に半径 5m 以内）の結実は 2008 年秋に調査した。

(3) エコシステム・エンジニアとしてのツキノワグマ

クリ、コナラ、ミズナラのクマ棚と人工的に作ったクマ棚（表 1）にセンサーカメラ（Bushnell Trophy Cam 119436C、Bushnell Trophy Cam XLT、Lt1 Acorn 5210A/B、RECONYX HyperFire Outdoor Series HC600）を設置し、2009 年 9 月~2013 年 3 月にかけてクマ棚に訪れる鳥類および哺乳類を調査した。

表 1 センサーカメラによるクマ棚観察を行った樹木のサンプル数および観察日数

	自然クマ棚			人工クマ棚			合計
	クリ	コナラ	ミズナラ	クリ	コナラ	ミズナラ	
サンプル数	6	6	1	3	1	1	18
観察日数	554	605	259	710	366	473	2967

#### 4. 研究成果

(1) クマ棚の分布状況および発生密度

5 年間に 22.5ha の調査区でクマ棚が形成された樹木は 10 種 159 個体であった。クマ棚

のある樹木は、尾根に 137 個体、斜面に 15 個体、沢に 7 個体が確認され、クマ棚密度は尾根で有意に高い値を示した（図 6：カイニ乗検定、 $p < 0.001$ ）。

クマ棚形成に伴う小規模林冠ギャップの面積は、最小でミズナラの  $0.7 \text{ m}^2$ 、最大でコナラの  $36.2 \text{ m}^2$  であった（平均 =  $6.9 \text{ m}^2$ 、SD =  $6.1$ 、 $n = 154$ ）。また、樹冠面積に対する小規模林冠ギャップの割合は、最小でコナラの  $0.6\%$ 、最大でヤマザクラの  $98.0\%$  であった（平均 =  $15.0\%$ 、SD =  $16.6$ 、 $n = 154$ ）。小規模林冠ギャップの面積は樹木の種類によって有意な違いがみられなかったが、樹冠面積に対する小規模林冠ギャップの割合においては有意な違いが認められた（図 7）。

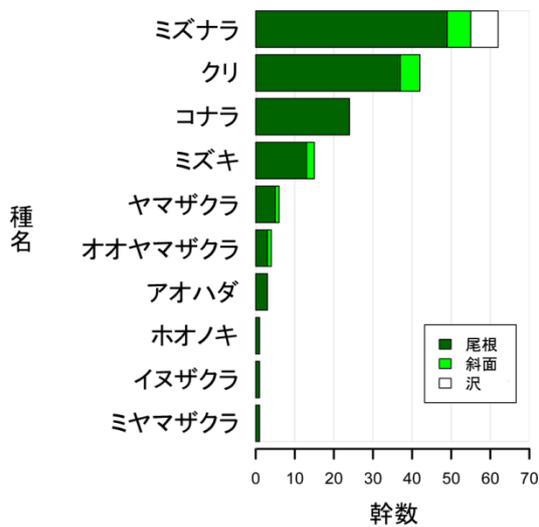


図 6 クマ棚が形成された樹木の環境別分布特性

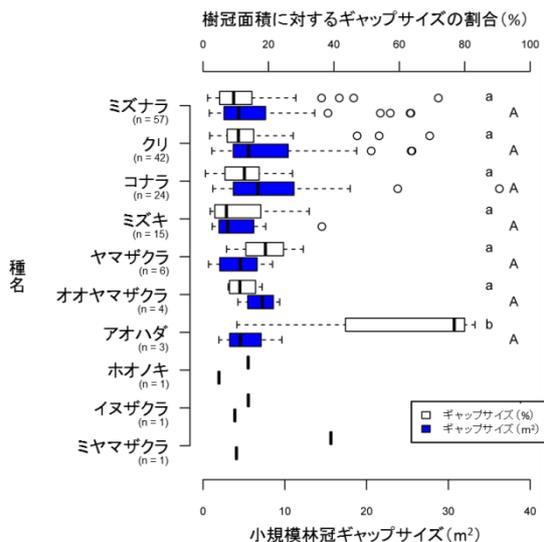


図 7 ツキノワグマによって形成された小規模林冠ギャップのサイズ

5 年間に固定プロット (1.8ha) で確認されたクマ棚形成に伴う小規模林冠ギャップの面積および空間分布を図 8 に示す。

クマ棚密度が高い尾根に形成された小規模林冠ギャップの面積は、年間 1ha あたり  $141.3 \text{ m}^2$  にも達し、この面積は調査地区の尾根に創出した倒木ギャップ面積の約 6.6 倍であった。

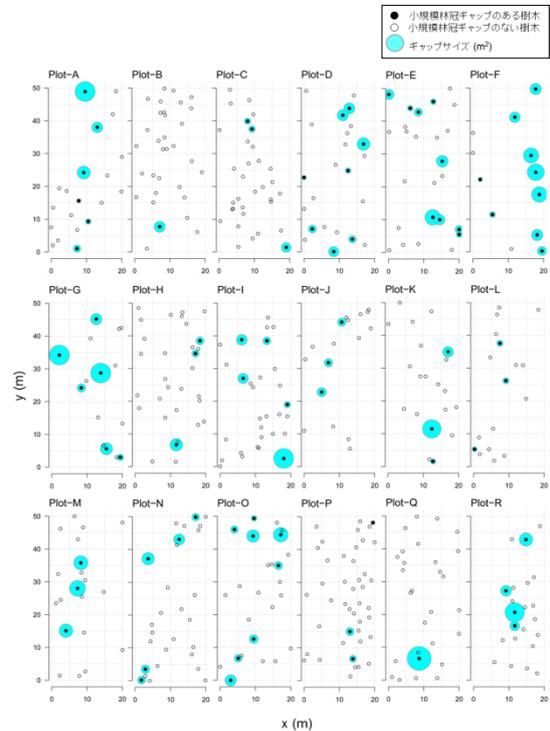


図 8 ツキノワグマによって形成された小規模林冠ギャップの空間分布

(2) クマ棚が形成された樹木を介したツキノワグマと植物の間接効果

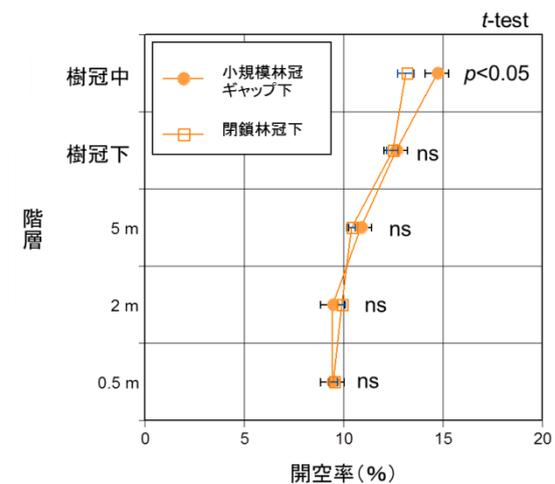


図 9 ツキノワグマによって形成された小規模林冠ギャップ下と閉鎖林冠下の階層別開空率

開空率は樹冠中の階層のみで閉鎖林冠下より小規模林冠ギャップ下のほうが高い値を示した(図9:t検定、 $p<0.05$ )。樹冠下-樹冠中および樹冠中-樹冠頂点の階層における液果植物の結実率は、個体数ベース、種数ベースともに、閉鎖林冠下より小規模林冠ギャップ下のほうが高い値を示した(図10:t検定、 $p<0.05$ )。したがって、クマ棚形成に伴う小規模林冠ギャップの形成は林冠層の光環境を改善し、液果植物の結実を促進させることが示された。

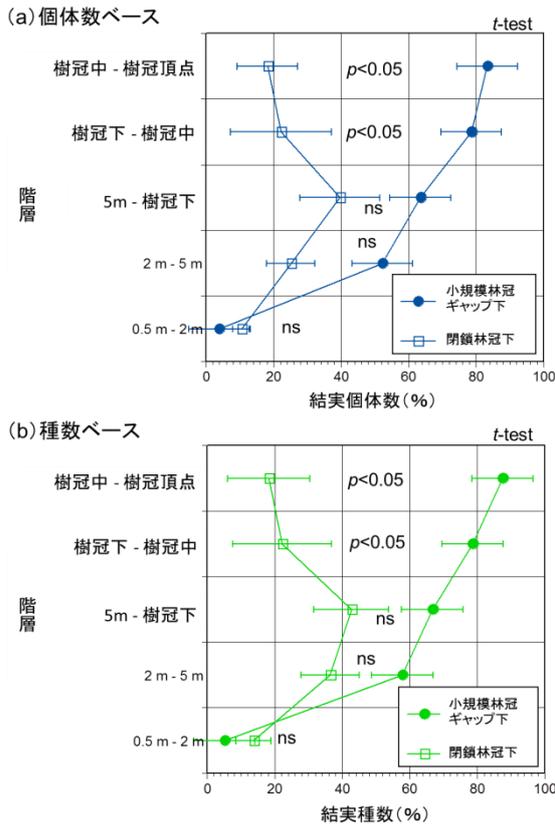


図10 ツキノワグマによって形成された小規模林冠ギャップ下と閉鎖林冠下に出現した液果植物の階層別結実率

### (3) エコシステム・エンジニアとしてのツキノワグマ

ツキノワグマによって形成されたクマ棚(以下、自然クマ棚)に訪れた鳥類は10種52個体、哺乳類は6種42個体、人工クマ棚に訪れた鳥類は11種43個体、6種92個体であった(表2)。

メジロおよびムササビの巣と推定される巣をそれぞれ1例ずつクマ棚の下および中で確認した(図11)。昆虫食の傾向が強いヤマネがクマ棚に出入りする様子が頻りに観察された。また、シジュウカラがクマ棚の葉に付いている何かをついばむ様子を頻りに観察された。加えて、貯食行動をもつ鳥類(カケス、コガラ、ゴジュウカラ、ヤマガラ、ハシ

ブトガラス)および哺乳類(ヒメネズミ、ニホンリス)が何かをくわえてクマ棚の中に入り込む様子が観察された。クマ棚に訪れた鳥類および哺乳類の上位4種を図12にまとめる。

したがって、これらの動物がクマ棚を採餌、貯食、休憩、繁殖の場所として二次的に利用していることが確認され、ツキノワグマがエコシステム・エンジニアとして森林生態系に寄与していることが明らかになった。

表2 ツキノワグマによって形成されたクマ棚と人工クマ棚に訪れた鳥類および哺乳類の個体数

種名	自然クマ棚			人工クマ棚			合計
	クリ	コナラ	ミズナラ	クリ	コナラ	ミズナラ	
<b>鳥類</b>							
カケス	11	9	2	2	3	3	30
シジュウカラ	9	4		4		8	25
コガラ	2	1	1	2		4	10
ゴジュウカラ	4			1	2	1	8
アオゲラ		1		2	2	1	6
アカゲラ	2	1		3			6
ヤマガラ	2						2
アオジ				1			1
アカハラ		1					1
イカル						1	1
コゲラ				1			1
ツグミ				1			1
トラツグミ		1					1
ハシブトガラス				1			1
ヒヨドリ		1					1
<b>哺乳類</b>							
ヤマネ	6	8	4	26	16	25	85
ムササビ	7	5	1		2	2	17
ヒメネズミ				3	8	1	12
ニホンリス	3	1		2	1	3	10
テン	3			1		1	5
ツキノワグマ		1	2	1			4
ニホンザル	1						1
<b>合計</b>	<b>50</b>	<b>34</b>	<b>10</b>	<b>51</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	

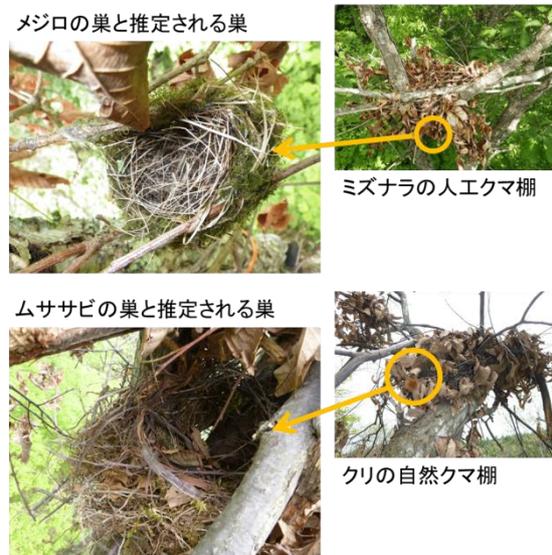


図11 クマ棚の下および中に鳥類および哺乳類が作った巣

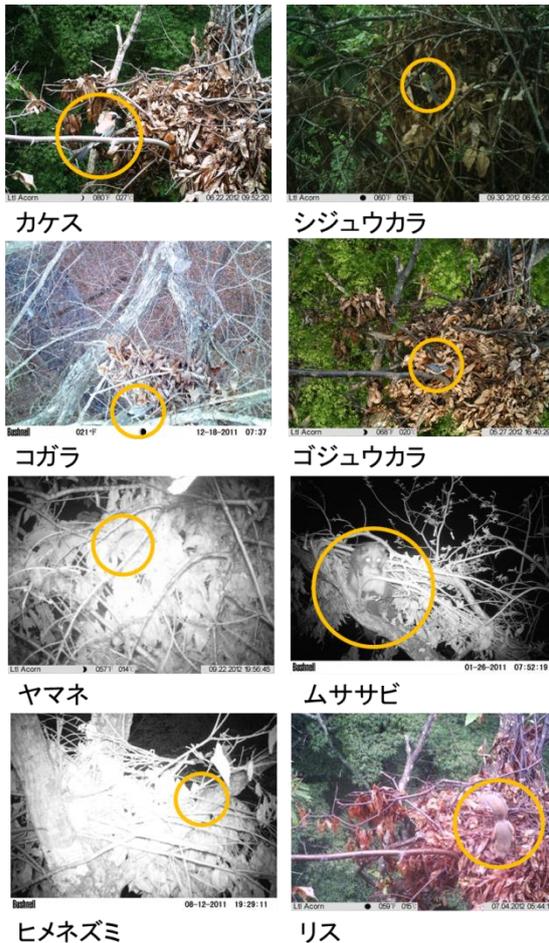


図 12 クマ棚を訪れた鳥類および哺乳類

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Kazuaki Takahashi, Takahashi K (2013) Spatial distribution and size of small canopy gaps created by Japanese black bears: estimating gap size using dropped branch measurements. BMC Ecology 13:23. doi:10.1186/1472-6785-13-23. (査読有)

[学会発表] (計 4 件)

- ① 高橋一秋, 高橋香織 (2013) クマ剥ぎが林内植生と光環境に与える影響. 第 60 回日本生態学会 (静岡)
- ② 高橋一秋, 高橋香織, 柳貴洋, 美齊津裕太 (2011) ツキノワグマによって創出された小規模林冠ギャップのサイズ推定. 第 58 回日本生態学会 (札幌)
- ③ Kazuaki Takahashi, Takahashi K, Yanagi

T, Misaizu Y, Tamatani H, Koyama M and Washitani I (2010) The Japanese black bear (*Ursus thibetanus japonicus*) as seed dispersers and ecosystem engineers. The 5th International Symposium-Workshop on Frugivores and Seed Dispersal. Montpellier, France (フランス, モンペリエ)

- ④ 高橋一秋, 高橋香織, 柳貴洋, 美齊津裕太 (2010) ツキノワグマによるクマ棚の形成. 第 57 回日本生態学会 (東京)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:  
 発明者:  
 権利者:  
 種類:  
 番号:  
 出願年月日:  
 国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:  
 発明者:  
 権利者:  
 種類:  
 番号:  
 取得年月日:  
 国内外の別:

[その他]

高橋一秋の Website - クマ棚研究:  
[http://www.nagano.ac.jp/education\\_research/kyouin/k-takahashi2/](http://www.nagano.ac.jp/education_research/kyouin/k-takahashi2/)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

高橋 一秋 (TAKAHASHI KAZUAKI)  
 長野大学・環境ソーリズム学部・准教授  
 研究者番号: 10401184

### (2) 研究分担者

( )  
 研究者番号:

### (3) 連携研究者

( )  
 研究者番号: