

# 目 次

## はじめに

## 概要編

### I 特定研究の概要

I-1 研究テーマおよび研究期間	1
I-2 研究体制	1
I-3 研究目的	1
I-4 研究成果の概要	2
I-5 研究成果発表	10

## 本編

### II 研究成果報告

II-1 研究の目的：適切な管理計画のための環境保全モニタリングシステムの構築	11
1-1 環境保全モニタリングシステム構築におけるモニタリング調査の重要性	11
1-2 富士山青木ヶ原樹海の特性と利用に関する課題	12
1-3 モニタリング調査の枠組みの設定	13
II-2 特定環境モニタリング	14
2-1 特定環境モニタリングの目的	14
2-2 溶岩洞穴の環境特性および動物相に関する調査	14
2-2-1 調査目的	14
2-2-2 調査方法	14
2-2-3 調査結果	14
(1) コウモリ類	
(2) 無脊椎動物	
(3) 洞穴内の温度・湿度	
2-2-4 考察	16
(1) コウモリ類の繁殖洞穴・越冬洞穴の環境条件	
(2) 各洞穴の生物学的な特性	
(3) エコツアー利用と洞穴の保全	
資料：溶岩洞穴調査記録写真	54
2-3 溶岩上ルートの環境特性：踏みつけによる表面植生および土壌への影響に関する調査	58
2-3-1 調査目的	58
2-3-2 調査ルートを選定	58
2-3-3 踏圧と表面植生との関連に関する調査：コケ類の被度把握のための手法検討	58

2-3-4 踏圧と土壌の物理的特性および土壌動物群との関連に関する調査	61
(1) 調査方法	
(2) 調査結果	
(3) 考察	
<b>II-3 指標生物モニタリング</b>	<b>89</b>
3-1 指標生物モニタリングの目的	89
3-2 リモートセンシングデータを用いた自然環境特性の把握	89
3-2-1 研究方法	89
3-2-2 研究結果	89
3-2-3 モニタリングシステムにおける指標の活用手法の検討	91
3-3 モニタリング指標としての植物相調査	104
3-3-1 青木ヶ原樹海内ルート（遊歩道）上の植物相の特徴把握調査	104
3-3-2 ブナ広場における大木分布調査	105
3-3-3 植物相からみたモニタリング調査の今後の課題	105
3-4 モニタリング指標としての動物相（哺乳類・鳥類）調査	112
3-4-1 青木ヶ原樹海を特徴づける動物種調査	112
3-4-2 夜行性猛禽類を指標としたモニタリング手法の検討	113
3-4-3 動物相からみたモニタリング調査	115
<b>II-4 利用者意識モニタリング</b>	<b>140</b>
4-1 利用者意識モニタリングの目的	140
4-2 調査地区の選定と利用状況の把握	140
4-2-1 調査地区の選定	140
4-2-2 利用状況の把握	140
4-3 アンケート調査による利用者特性および利用者意識の把握	144
4-3-1 調査目的および調査方法	144
4-3-2 利用者特性に関する調査結果	144
4-3-3 地区ごとの利用者特性の把握	145
4-3-4 利用者の満足意識の把握：満足感得点と混雑感得点	146
4-4 利用者体験の質評価のための指標の検討	157
4-4-1 はじめに	157
4-4-2 期待の分類と指標の作成	157
4-4-3 アンケート調査結果	157
4-5 考察・課題	159
<b>II-5 環境保全モニタリングシステム構築のための今後の課題</b>	<b>166</b>

本報告書においては、本編（研究成果報告）について、共同研究者の伊藤（2-3-4）、篠田（1-2 一部、2-2、3-4）、杉田（3-2）、中野（3-3）、萩原（2-3-2、2-3-4）、安田（2-3-3、3-3 一部）、山本（1-2 一部、4-3～5 一部）各氏が執筆した原稿をもとに、研究代表者の本郷が加筆、校正を行ない、残りの部分を執筆するとともに、概要編の作成にあたった。

# I 特定研究の概要

## I-1 研究テーマおよび研究期間

### 研究テーマ名：

富士山青木ヶ原樹海におけるエコツアーに伴う環境  
保全モニタリングシステム構築に関する研究

### 研究期間：

平成 17 年度～19 年度（3 年）

### 依頼元：

観光部観光資源課

## I-2 研究体制

研究代表者：本郷哲郎（人類生態学研究室）

共同研究者：伊藤良作（昭和大学富士吉田教育部）

篠田授樹（地域自然財産研究所）

杉田幹夫（環境計画学研究室）

中野隆志（植物生態学研究室）

萩原康夫（昭和大学富士吉田教育部）

安田泰輔（植物生態学研究室）

山本清龍（東京大学大学院）

〔五十音順〕

## I-3 研究目的

自然公園においては、自然資源を保護し持続的に利用していくことが求められるが、そのためには、様々な情報を集積し、その変化を絶えず分析・評価しながら適切な管理（保護・利用）計画につなげていく一連のプロセスとしての環境保全モニタリングシステムの構築が不可欠となる。このモニタリングシステム構築のプロセスのなかで、まず必要となるのが、利用に伴う影響を、種々の指標を用いて体系的かつ継続的に測定するモニタリング調査である。すなわち、モニタリング調査によって得られる情報を集積することによって、その変化を客観的に判断し、問題の発生可能性を早期に警告するとともに、管理計画において適切な意思決定を導くことが可能となる。

モニタリング調査では、①自然環境の質への物理的・生物的な影響および、②利用者体験の質への心理的な影響の 2 つの側面について把握する必要がある。そのために、自然環境の特性や利用形態の違いに応じた地区区分を行ない、それぞれの区分において適切な

指標を選択し情報を収集することが重要となってくる。

富士山は、標高 3,776m の日本で最も高い山であると同時に、およそ 300 年前の西暦 1707 年に最後の噴火をおこしている若い火山でもある。青木ヶ原樹海の範囲について明確な定義はないが、一般的には、864～866 年頃、側火山のひとつである長尾山を中心とした一体から噴出した溶岩流と、その流れに取り巻かれるようにして点在するそれ以前（約 3,000 年前）の噴火で形成された大室山などの寄生火山を含む約 30km<sup>2</sup> の範囲を指すことが多い。

青木ヶ原樹海の溶岩上にはヒノキ、ツガを中心とする針葉樹の森林生態系が形成され、コケ類が林床を覆うといった特徴的な森林景観が作り出されている。また、溶岩流の影響を受けなかった山地帯は、富士山北麓地域の冷温帯を特徴づける落葉広葉樹林が伐採されずに残る場所となっている。火山活動によりつくられた溶岩洞穴が数多くみられることも一つの特徴で、洞穴内は光の届かない暗黒で、一般に湿度が高く、温度変化が小さいといった環境にはコウモリ類や特異な無脊椎動物類が生息することが知られている。

山梨県の観光統計によると、年間 400 万人が青木ヶ原樹海を含めた本栖湖、精進湖、西湖周辺地域を訪れている。樹海内をめぐる遊歩道は、それ単独として、あるいは近くの低山と組み合わせてのハイキングコースとして利用されている。さらに、近年は、ガイドが同行して遊歩道や洞穴をめぐるいわゆる「エコツアー」での利用が増加しており、自然環境を利用する楽しみ方が多様化してきている。2004 年 7 月からは、観光部観光資源課主導により関係団体等との合意形成を経てエコツアー実施に関するルールを定めた「富士山青木ヶ原樹海等エコツアーガイドライン」（以下、エコツアーガイドライン）の運用が開始されている。

その一方で、利用に伴ういくつかの問題が顕在化してきている。溶岩洞穴内にゴミや落書きがみられたり、遊歩道から離れた溶岩上のルートが繰り返し踏まれることによって、表層のコケ類が剥がれてしまったり、樹木の根が損傷してしまうという問題もおこっている。不法投棄などにより新しいゴミも後を絶たない。これらの問題は、景観上だけでなく、生態系へも深刻な影響を与えていると考えられる。さらに、混雑によって青木ヶ原樹海がもつ野趣性が低下するということ、また、マナーが低下し対人関係など利用者間の軋轢が生じていることなど、利用者の体験の質が劣化するという問題もおきていることが指摘されている。

富士山北麓青木ヶ原樹海においては、これまでのところ、自然環境の特性についても、また、利用実態についても必ずしも十分な情報が集積されているとはいえず、また、その一方で、溶岩洞穴あるいは溶岩上ルートといった樹海に特徴的な環境において、利用に伴う自然環境への影響や利用者体験の質の劣化も問題視されてきている。このような背景のなか、貴重な自然環境を守り、適正に利用していくための環境保全モニタリングシステムを構築することが求められている。

そこで、本研究では、青木ヶ原樹海において、自然環境の特性や利用形態の違いに応じた地区区分を考慮しながら、自然環境の質および利用者体験の質の両側面について把握するために必要となる調査手法を「特定環境モニタリング」、「指標生物モニタリング」、「利用者意識モニタリング」の3つの枠組みを設定して検討することとした。これら3つのモニタリング調査によって得られた情報の分析・評価を通して調査手法を見直しながら確立していくことが、環境保全モニタリングシステムを構築するための第一ステップになると位置づけられる。

## I-4 研究成果の概要

### I-4-1 特定環境モニタリング

#### (1) 特定環境モニタリングの目的

青木ヶ原樹海を特徴づける環境である溶岩洞穴、および溶岩上ルート（青木ヶ原樹海では遊歩道等歩行ルートの特徴的な基盤が溶岩であることを意味するが、調査対象としては、木の根や土壌部分をも含むルート全般とする）を特定環境とし、利用による環境変化を評価していくためにその環境特性を明らかにすることを目的とした。

#### (2) 溶岩洞穴の環境特性および動物相に関する調査

青木ヶ原樹海内には多数の溶岩洞穴がみられ、最近ではエコツアーの一環としても利用され大衆化が進む傾向にある。このような洞穴内にはコウモリ類をはじめ、特有の動物が生息している。エコツアーなどで大勢の人が洞穴を利用することで、これら特殊な環境に適応した洞穴性の動物への影響も懸念されるが、実態は把握されていない。本調査は、溶岩洞穴内にみられる動物を把握するとともに、特にコウモリ類が繁殖や越冬に利用する洞穴の環境特性の解明を進め、溶岩洞穴の生物保全に資することを目的とした。

洞穴内を探索し、コウモリ類は目視による確認を行

ない、無脊椎動物の採集は、見つけ採りのほか、代表的な洞穴においてはヘチマ、セルロース、段ボールによる誘引トラップを一定期間設置した。調査した洞穴のうち、コウモリ類が高度に利用していると思われる洞穴や人の利用頻度が高い洞穴を重要洞穴（13 洞穴）とし、季節を変えて複数回調査を行なうとともに、温度・湿度を継続的に測定するデータロガーを設置した。

調査は、63 洞穴でのべ 117 回行ない、青木ヶ原樹海を中心とした範囲内で、既知の入洞可能な洞穴の大半で実施した。

本調査で確認されたコウモリは、キクガシラコウモリ科のキクガシラコウモリ *Rhinolophus ferrumequinum*、コキクガシラコウモリ *Rhinolophus cornutus*、ヒナコウモリ科のモモジロコウモリ *Myotis macrodactylus*、ヒメオオヒゲコウモリ *Myotis ikonnikovi*、ウサギコウモリ *Plecotus auritus*、テングコウモリ *Murina hilgendorfi* の2科4属6種であった。28 洞穴（44.4%）で確認されたが、多くは単独個体であった。30 個体を超えるような集団は4 洞穴で確認されたのみで（最大個体数は、繁殖期には約 150 個体（哺育中の幼獣を含まない）、越冬期には 186 個体）、いずれもキクガシラコウモリであった。繁殖期に哺育コロニーが観察された洞穴は、神座風穴第1、雁ノ穴の2か所で、いずれもキクガシラコウモリであった。一方、越冬に利用している洞穴は、西湖コウモリ穴、軽水風穴、神座風穴第1、本栖風穴第1（第2 洞口）、本栖風穴第2、大室風穴第1の6か所であり、キクガシラコウモリが5 洞穴、コキクガシラコウモリが1 洞穴、モモジロコウモリが1 洞穴、ウサギコウモリが3 洞穴、テングコウモリが2 洞穴を利用していた。

無脊椎動物は、扁形動物、線形動物、軟体動物、環形動物、緩歩動物、節足動物の6 門 25 分類群が、45 洞穴（71.4%）で確認された。なかで、トビムシ類、ヤスデ類、ダニ類、ハエ類などの出現頻度が高かった。確認された無脊椎動物の分類群数（誘引トラップのみによる確認は含まない）を、コウモリ類が確認された洞穴と確認されなかった洞穴とで比較すると、コウモリ在の洞穴では平均 4.5 分類群（中央値 3.5）、コウモリ不在の洞穴では平均 1.5 分類群（中央値 2.0）で、コウモリ類が確認された洞穴の方が、確認されなかった洞穴より、無脊椎動物の分類群数が多い傾向がみられた。これは、コウモリ類のグアノから多くの無脊椎動物類が得られた結果であり、洞穴内の生物群集におけるコウモリ類の重要性を強く示唆するものと考えられた。

データロガーによる温湿度の連続測定の結果、洞内の湿度はほぼ 100%に保たれていること、気温は洞外に比べ日内変動、日間変動ともに小さく安定している



こと、洞外気温の影響を受けているものの、必ずしも洞外気温が高（低）ければ、洞内気温も高（低）いわけではないことが明らかとなった。また、洞内気温は、洞穴の長さに関係し、洞穴が長ければ洞外気温の影響が低減され洞内気候は安定的であったものの、その変化の仕方は、洞穴の構造などの影響も受けると考えられ一律ではなかった。コウモリ類が越冬に利用している洞穴の最低気温の平均は 3.1℃と、利用されていない洞穴の-1.0℃に比べ高く、冬期の洞内気温の高さと安定性が好適な生息環境を提供しているものと考えられた。

今後、予測される気候変動の影響等も考慮にいれ、温湿度の変化やコウモリ類の生息状況について、今回の結果を基礎情報として長期的に調査を継続していくことが必要である。また、コウモリ類が越冬・繁殖に使用している洞穴数は限られていることを考えると、エコツアーを含めた利用について何らかの制限も必要になると考えられる。

### (3) 溶岩上ルートの環境特性：踏みつけによる表面植生および土壌への影響に関する調査

人の利用による最も直接的な影響としては、踏みつけによる遊歩道等の土壌や表面植生に与える影響があげられる。特に、草本植物への影響は大きく、その強度が増せば枯死による裸地化が進行する。また、踏みつけは、木本植物の物質生産量に影響を及ぼすことも知られている。さらに、土壌環境の変化は、そこに生息する土壌動物類（無脊椎動物類）にも影響を与える。

青木ヶ原樹海内の溶岩を基盤とした遊歩道上には、木本植物の根が露出している場所も多くみられ、コケ類が表面を覆う特有の景観を形成している。地表面に生育するコケ類は、踏みつけの影響を最も大きく受けると考えられることから、本調査では、まず、踏みつけの影響指標としてのコケ類の被度の把握手法について検討することとした。さらに、踏みつけが土壌の物理的性状や土壌中の無脊椎動物類の生息にどのような影響を与えるかについて検討することを目的とした。

調査地点は、エコツアーでの利用頻度や一般観光客の利用形態が異なると考えられる 3 ルート上に設定した。

富士風穴第 1: エコツアーによる団体での利用のほか、一般観光客の立ち入りも多くみられるルート（高頻度利用ルート）

富士風穴第 3: 現在は「エコツアーガイドライン」により利用が自主的に規制されたことに加え、登山道から離れて位置することから一般観光客の利用も限

られているルート（利用規制ルート）

野鳥の森公園：同様に「エコツアーガイドライン」で利用が規制されているルートであるが、野鳥の森公園の芝生広場を起点に一般観光客に利用されているルート（一般利用ルート）

それぞれのルートにおいて、溶岩上、木の根上、土壌上の調査地点を選定し、それぞれにロープで立ち入りを禁止した調査区（立ち入り禁止区）と、禁止しない調査区（立ち入り非禁止区）とを隣接して設置した。

### (1) 踏圧と表面植生との関連に関する調査：コケ類の被度把握のための手法検討

コケ類の被度（コケ被度）は、単位面積あたりに占めるコケ面積と定義し、0～100%の値で表すこととした。測定方法について、①目視による測定、②点格子板などによる測定、③デジタルカメラ撮影とコンピュータ（以下、PC）処理による測定について比較検討した。本研究の目的はモニタリングシステム構築のなかでの調査手法の確立であり、測定者は一般の方から自然観察を行なう解説員や研究者など様々にわたり、調査者間でのバイアスを小さくし比較的高精度の調査方法が求められることから、③デジタルカメラ撮影と PC 処理による測定が、最も適した方法であると考えられた。

ルート上（溶岩上、木の根上）に設置した調査区（立ち入り禁止区、立ち入り非禁止区）それぞれに、4 つの方形枠を設置した後、直上から方形枠全体が含まれるようにデジタルカメラで撮影し、PC で幾何補正と色調補正を行なった後、コケ類の部分を判別し、コケ被度をコケの画素数/総画素数×100 として算出した。

2 年間の調査結果であり、同一条件の 4 つの方形枠でもその増減パターンに違いがある等、断定的な結論には至っていないが、富士風穴第 1 および野鳥の森公園では、立ち入り禁止区においてコケ被度は増加する傾向がみられた。一方、富士風穴第 3 では、むしろ立ち入り非禁止区の 2 つの方形枠での増加傾向が顕著であった。溶岩上でのコケの回復は比較的早いものと思われるが、踏圧とコケ被度との関連について判断していくためには、今後、分布場所の変動（新しくコケが生じた場所と消えた場所）に関する分析を含め、より長期的に調査をしていく必要がある。さらに、回復した群落が、本来踏圧のない場所で生育する種であるかを含めコケ群落の種構成についての検討も重要となる。

木の根上のコケ被度については、どのルートにおいても立ち入り禁止区、非禁止区にかかわらず変化はほとんど認められず、木の根上のコケの回復には非常に長い時間がかかるものと考えられた。

今回の調査からは、回復したコケがどの程度の踏圧で再び剥離するのかは明らかではないが、モニタリングによって早期にコケの剥離場所を発見することが重要となる。また、コケに覆われた樹海独特の景観を保つためには、利用可能なルートの設定や不必要な道幅の拡大を避けるための規制等が必要と考えられた。

## (2) 踏圧と土壌の物理的特性および土壌動物群との関連に関する調査

各調査ルートにおいて、土壌上に設置した立ち入り禁止区の近傍に調査地点を設定し、土壌試料の採取を行ない、土壌の物理的特性の測定および、土壌動物群の採集、同定を行なった。

調査は、土壌動物の種数および個体数が豊富になるとされる秋期および初夏期の4回(2005年10月、2006年6月、10月、2007年11月)実施した。前2回の調査においては、各調査地点で、踏み跡が多く林床植生が剥離され裸地化した環境(強踏圧区)、踏み跡がみられるが林床植生が少なからず残されている環境(弱踏圧区)、踏み跡がほとんどみられず林床植生が発達した環境(非踏圧区)の3調査区を設定した。なお、立ち入り禁止区は強踏圧区に相当する場所をロープで囲って設置しており、強踏圧区の土壌試料はロープ外側の隣接する場所から採取した。一方、後2回の調査においては、立ち入り禁止区内を回復区と位置づけ、強踏圧区(ロープの外側)および非踏圧区と合わせ3調査区を設定した。

各調査地点で、土壌硬度を測定するとともに5×5×5cmのステンレス製コアサンプラーを用いて土壌試料を採取した。現地で湿重量を測定するとともに、土壌断面写真を撮影記録した。実験室に持ち帰り後、ツルグレン装置で土壌動物を抽出し、分類群ごとに拾い出しを行ない同定作業と個体数の集計を行なった。その後、約60℃で72時間以上乾燥させ乾燥重量を測定するとともに含水量を算出した。

各調査区の土壌は断面構造からみて、いずれの時期、ルートにおいても、強踏圧区ではAo層(有機物層)は数mmと薄く、F層はほとんど認められず、また、植物根や土壌孔隙が認められず密に詰まった状態、非踏圧区では逆に、Ao層は厚く、F層は発達し、植物根や団粒構造による孔隙が多く、崩れやすい状態という特徴が認められた。弱踏圧区では両者の中間的な特徴、すなわち、強踏圧区よりAo層は厚く、植物根および団粒構造と土壌孔隙が認められる状態であった。また、回復区の土壌は、2006年10月時点では強踏圧区とほぼ同様の特徴を示したが、2007年11月には弱踏圧区に近い特徴を示した。

腐植層の厚さ(Ao層まで)は、強踏圧区、弱踏圧

区、非踏圧区の順に厚くなり、回復区は強踏圧区と非踏圧区との中間的な値を示した。土壌硬度は、強踏圧区で最も高く、弱踏圧区、非踏圧区の順に低くなり、回復区では弱踏圧区とほぼ同じ(強踏圧区と非踏圧区との中間的な)レベルを示した。土壌密度、含水量についても、強踏圧区で最も高く、同様の傾向を示した。

全調査によって確認された土壌動物群は19群で、一部の場合を除き、非踏圧区で最も多く、弱踏圧区、強踏圧区の順に減少する傾向がみられた。利用者による踏みつけ規制がなされた回復区は、弱踏圧区と同様に強踏圧区と非踏圧区の中間的な値を示した。調査地間で出現動物群数に大きな違いはなかった。また、土壌の物理的特性についてのいずれの項目の変化も確認土壌動物群の種類数や個体数に影響を及ぼすこと、特に、種類数のような質的側面は、個体数などの量的側面よりも高い相関を示す傾向にあることが明らかとなった。踏みつけが及ぼす林床土壌の構造変化は、そこに生息する土壌動物の組成に強く影響を及ぼすといえる。

採集された全19群の内、全調査区から得られた動物群はダニ類、トビムシ類、アブ・ハエ類、アリ類、多足類の5群であった。特に、ダニ類とトビムシ類で個体数が最も多く、ほとんどの調査区でこれら2群の相対出現頻度の合計が90%以上に達していた。一方、非踏圧区で出現個体数が多く、逆に強踏圧区では出現個体数が少ない傾向を示した動物群は、コムシ類、エダヒゲムシ類、コムカデ類、多足類、カニムシ類、クモ類、ザトウムシ類の7群であった。また、回復区が弱踏圧区と同じような種組成を示したことで、土壌構造変化に対して敏感な種が消失しても、踏みつけが規制されることで土壌構造が回復するにつれて周囲から再侵入して、土壌動物の組成が回復することが示唆された。これらの動物群は肉眼でも区別が容易であることから、樹海内での簡易的なモニタリング調査の指標生物として利用することは有効であると考えられた。

## I-4-2 指標生物モニタリング

### (1) 指標生物モニタリングの目的

自然環境の特性に応じた地区区分を行なうため、また、今後の環境変化を追跡、評価する上での基礎情報を得るために、自然環境の特徴についての現状を明らかにすることを目的とした。合わせて、今後、研究者とエコツアー実施者等地域住民が協働でモニタリング調査を実施していくことを視野に入れ、モニタリング手法や指標となる生物の選定について検討することとした。

## (2) リモートセンシングデータを用いた自然環境特性の把握

青木ヶ原樹海とその周辺の約 10km 四方を調査対象地域とし、500m メッシュ（総務省統計局の基準地域メッシュを緯度・経度方向で 2 等分した 2 分の 1 地域メッシュで、厳密には縦横 500m の正方区画ではない）に区切り（全 440 メッシュ）、衛星画像や GIS データを用いて、地形条件や植生等の自然環境特性を表わす指標を算出し、それらの地域内での特徴について検討した。

地形条件を表す指標として、北海道地図株式会社 GISMAP Terrain データ（国土地理院発行の 1/25,000 地形図の 10m 間隔等高線から作成した 10m メッシュのデジタル標高データ）を用いて、平均標高、最大標高、最小標高、起伏量、平均傾斜角、最大傾斜角、最小傾斜角、平均地上開度、最大地上開度、平均地下開度、最大地下開度、尾根谷度、凸型地形率、凹型地形率の各指標を算出した。

植生に関する指標の算出のため、衛星画像データおよび航空機 LIDAR によって計測された 1m メッシュの詳細な標高データを用いた。植生の指標として、森林面積比、樹種ごとの面積比（4 指標）、植生指数（3 時期）、平均樹冠高、最大樹冠高、最小樹冠高、樹冠高標準偏差、樹冠高クラスごとの面積比（5 階級）、樹冠高 15m 以上の面積比、立木密度（2 指標）、森林域立木密度（2 指標）の各指標を算出した。

これらの指標を用いて、地区区分の基礎となる地形や植生の地区ごとの特徴を広域にわたって面的に把握することが可能となる。さらに、後述するフクロウ類を指標としたモニタリング手法の検討で示すように、動物種についてのモニタリング調査においても、その在・不在データを、種々の指標と重ね合わせることで、その生息環境の特徴を把握することができる。また、地域の自然環境を巨視的にとらえ、継続してその変化を長期にわたって追跡していくことが可能となる。

## (3) モニタリング指標としての植物相調査

調査地域内の複数のルートについて、主要幹線道路からの入口、あるいは広場等利用者が滞留する場所を起点に、距離 100m、両側 5m の調査区画を設定し、出現する種を 1,000m（調査区画 10 区画分に相当）の距離にわたってすべて記載しその特徴を明らかにすることとした。調査ルートとして、比較的多くの利用者がみられる 7 ルート（「竜宮」、「野鳥の森公園」、「西湖西」、「精進口登山道入口」、「精進口登山道 1」、「精進口登山道 2」、「ブナ広場」）を設定した。

同じタイプの森林内で 600m しか踏査できなかった

ことから、調査区画数が 6 区画であった「精進口登山道 1」を除いて比較すると、最も多くの種が記録されたのは「野鳥の森公園」の 161 種であった。逆に種数が最も少なかったルートは「竜宮」の 85 種で、ついで「精進口登山道 2」の 91 種であった。「野鳥の森公園」で種数が多かったのは、このルートは、最初の 200m にあずま屋が設置されているなど公園として整備されているという他のルートとは異なる環境を有し、この区間に集中して草本種が出現していたことによる。

各ルートの種構成の特徴を検討する目的で DCA 分析を行ない、各区画を二次元の平面上にプロットした。落葉広葉樹林を主としたルートである「ブナ広場」および「精進口登山道 1」は、それぞれのかたまりとして、常緑針葉樹林内のその他の 5 ルート（「竜宮」、「野鳥の森公園」、「西湖西」、「精進口登山道入口」、「精進口登山道 2」）とは離れて位置した。また、針葉樹林内ルートのなかで「野鳥の森公園」は他のルートからやや離れた位置にプロットされた。このように、落葉広葉樹林内の 2 ルート（「ブナ広場」、「精進口登山道 1」）では、常緑針葉樹林内の他のルートとは異なった種構成の特徴をもつと同時に、両者の間でもその特徴が異なっていることが明らかとなった。また、常緑針葉樹林内のルートでは、各区画の種構成が類似していることが示され、主に、ヒノキ、ツガといった林冠構成種、コハウチワカエデ、ヒロバツリバナ、リョウブといった落葉亜高木種、アセビ、ソヨゴといった常緑低木種によって構成されていることが明らかとなった。また、先にあげた理由により、「野鳥の森公園」はやや異なった特徴を有していることが示された。

調査ルートの一つとしても設定した、通称ブナ広場（標高約 1,120m）において大木の分布把握のための調査を行なった。ブナ広場は、精進口登山道から富士山の寄生火山のひとつである大室山北斜面に続く一帯で、青木ヶ原溶岩流の影響を受けず、富士山北麓地域の冷温帯を特徴づける落葉広葉樹林が伐採されずに残る場所であり、針葉樹を主体とした青木ヶ原樹海中心部とは対照的な明るい森林は、エコツアーの資源としても大変人気が高い。このように、自然環境の特性からみても、また、エコツアー等での利用からみても、貴重な場所と位置付けられる反面、近くにある入洞が比較的容易な富士風穴とともに、一般の利用者も含め利用頻度が高く、狭い範囲に利用者が集中する場所でもある。イヌブナ、ブナ、ミズナラに加え、ウラジロモミやハリモミなど常緑針葉樹の胸高直径 50cm 以上の個体がみられた一方、1m 以上の大木は少なく、付近の立ち入りを制限する、あるいは、遊歩道を設置するなどブナ広場全体の保全を考える必要があると考えられた。

比較的短期的に生じると考えられる変化を把握する指標として、草本種は、木本種に比べその分布の拡大などが早くおこる可能性があり適しているといえる。「野鳥の森公園」ルートでは、最初の200mまでの部分で出現草本種の種数が多く、これは、あずま屋が設置されているなど公園として整備されている区間に草本種が集中して出現していたことによるものであった。今後、他のルートでも、エコツアー等による利用の増加やそれに伴う整備が進むことを視野に入れ、本来は生育しないと考えられる種が侵入してきているかどうかを含め、入口付近からの草本種の種構成を記録していくことが、モニタリングの一つの手法として有効であると考えられた。

さらに、中長期的な変化を把握する場合には、より定量的な調査も重要となる。しかし、定量調査としての植生調査は、専門知識をもつ研究者等の関与の比重が高くなる。そのなかで、今回、ブナ広場における大木調査は、典型的な大木はエコツアーの資源としての価値が高いということだけでなく、一般の地域住民等の参加も可能な半定量的な調査という意味があると考えられた。

#### (4) モニタリング指標としての動物相（哺乳類・鳥類）調査

青木ヶ原樹海を特徴づける動物種に関する調査を通しての指標種の検討、ならびに、夜行性猛禽類を指標としたモニタリング手法の検討を行なうことを目的とした。

モニタリング調査の指標となる動物種を選定するにあたって、エコツアーガイド等が調査を行なうことを想定し、目視や鳴き声などによって比較的容易に種の確認が期待できる哺乳類と鳥類を対象とすることとした。現地調査を実施するとともに、既存資料をもとにこれらの富士山北麓地域における確認記録を整理し、青木ヶ原樹海を特徴づける動物種について検討を行なった。

現地調査では、樹海内の歩行可能な場所を広く踏査し、目視、聴認、痕跡により確認種を記録した。現在、エコツアーとして高頻度に利用されている「青木ヶ原樹海中心部」と、その周辺に位置し、今後エコツアーの利用が見込まれる「青木ヶ原樹海周辺部」を含めた範囲を対象とした。既存資料における確認記録は、1) 青木ヶ原樹海中心部、2) 青木ヶ原樹海周辺部、3) 青木ヶ原樹海以外の山地帯森林、4) 草原、5) 牧草地・耕地、6) 高山・亜高山帯、7) 湖沼・湖畔の7つの地域・環境に分けて整理した。また、標準的なラインセンサス法による量的データがある鳥類群集については、それらの比較により青木ヶ原樹海の特徴について検討

を行なった。

過去に富士山北麓地域で記録のある哺乳類は7目17科46種で、絶滅したオオカミとカワウソ、一時的に記録された移入種のアライグマとシマリス、半飼育種のノイヌとイエネコの6種を加えると7目19科52種であった。このうち、青木ヶ原樹海で記録のある種は、中心部で33種、周辺部で24種となる。今回の現地調査で確認された哺乳類は12種（本研究の「溶岩洞穴調査」で確認されたコウモリ類を含めると18種）で、なかではニホンジカと広い範囲で高頻度に遭遇した。また、先にも述べたように、コウモリ類は青木ヶ原樹海を代表する動物種といえる。

過去に富士山北麓地域で記録のある鳥類種は17目43科180種で、移入種と考えられるシジュウカラガン（カナダガン）、コブハクチョウ、コハクチョウ、アヒル、ライチョウ、ドバト、ガビチョウ、ソウシチョウ、交雑種と考えられるアイガモ（マガモ×アヒル）、マルガモ（マガモ×カルガモ）の10種を加えると17目44科190種であった。これらのうち、青木ヶ原樹海で記録のある種は、中心部で73種、周辺部で70種であった。また、現地調査で確認された鳥類は31種であった。富士山北麓地域のなかで青木ヶ原樹海のみで確認されている鳥類種は、サシバとコノハズクの2種である。このほか、ハチクマ、オオアカゲラ、サンショウクイ、エゾムシクイ、キバシリ、イスカ、シメも、富士山北麓地域での確認記録は青木ヶ原樹海を含む範囲に比較的限られている。シメは富士ヶ嶺の牧草地でも確認されており、青木ヶ原樹海を特徴づける種とするには疑問があるが、その他の種は、概ね山地帯から亜高山帯の良質な森林環境を象徴する種だと考えられる。

ラインセンサス法による鳥類群集の調査結果の整理では、繁殖期には中心部で29～39種、33.9～50.9羽/時、周辺部で15～34種、38.3～59.9羽/時が確認され、優占的な種はいずれも、ヒガラ、コガラ、シジュウカラなどのカラ類であった。越冬期には中心部では22～26種、48.9～76.6羽/時が確認され、アトリやカラ類などが優占的であり、周辺部では14～19種、25.8～51.1羽/時が確認され、カラ類のほか、場所によりスズメやカラス類が優占的となっていた。

モニタリング調査手法のモデルとして、フクロウ類など夜行性猛禽類の在・不在データから、青木ヶ原樹海の評価を試みた。夜行性猛禽類は、森林生態系の高次捕食者で指標性が高いうえ、比較的遠方からも鳴き声により確認することが可能である。

青木ヶ原樹海全域をカバーするように調査範囲を設定し、夜間に歩行できる主要な登山道、林道などを時速1～2km程度で踏査するとともに、途中に設けた

定点では 30 分間立ち止まって観察を行なった（ラインセンサス法およびプロットセンサス法）。調査結果の整理、分析は国土三次メッシュ（世界測地系 WGS84 を縦横 2 分割したメッシュ）単位で行なった。踏査によりカバーしたメッシュは 104 メッシュで、このうち定点調査は 34 メッシュでのべ 50 回行なった。

確認頻度が比較的高かったフクロウとヨタカ（ここでは、便宜的にヨタカも猛禽類に含める）について、生息が確認されたメッシュと確認されなかったメッシュとの環境の違いを探るために、在・不在データについて、衛星画像などから読み取った地形や植生に関する指標を説明変数とする判別分析を行なった。

その結果、フクロウは、最大樹幹高が高く、針葉樹面積比が低いほど、生息可能性が高い傾向を示した。本調査で対象とした大部分のメッシュの森林面積比は 80～100% であり、従って、針葉樹面積比が低いメッシュは、相対的に広葉樹面積比が高い場所だとしてもできる（ただし、説明変数としての「広葉樹面積比」は有意性が認められない）。また、最大樹幹高は、フクロウが営巣に利用するような樹洞のある大木の存在を示唆している。一方、ヨタカは、標高が低く、森林立木密度が低く、カラマツ面積比が高いほど、生息する可能性が高い傾向を読み取ることができた。本調査では、確認が山裾部分に偏っていたため標高の影響が最も強いものの、立木密度やカラマツ面積比は、ヨタカが好むような疎林状の環境を示しているとも考えられる。さらに、判別分析の結果を用いることにより、実際には踏査ができないような場所をも含む広い範囲にわたって、衛星画像などから読み取った地形や植生に関する指標を用いて、鳥類種の生息範囲を予測することが可能となる。

### I-4-3 利用者意識モニタリング

#### (1) 利用者意識モニタリングの目的

利用者体験の質の視点からの地区区分を行なう際の判断材料を得るために、エコツアー実施状況を含めた青木ヶ原樹海の利用状況（利用場所、利用季節、利用者数）の概略を把握するとともに、利用場所の違いによる利用者特性の違い、および利用者意識の違いを把握することを目的とした。さらに、利用者意識の形成過程の検討を通して、利用者の満足感を基準とした利用者体験の質評価のための指標を作成することとした。

#### (2) 調査地区の選定と利用状況の把握

これまでの現地での経験等をもとに予備的調査を行ない、利用形態が異なると考えられる典型的な 4 つ

の地区を選定した。

地区 1：西湖地区

駐車場、トイレ、売店等が整備された西湖コウモリ穴、西湖野鳥の森公園、富岳風穴および西湖湖畔を結ぶ遊歩道が樹海内に整備されている地区

地区 2：竜宮地区

紅葉台と青木ヶ原樹海や西湖湖畔を結ぶハイキングコースで、コース途中には車道からも近く車でのアクセスが可能な竜宮洞穴が位置する地区

地区 3：富岳地区

国道 139 号線に沿って、駐車場、トイレ、売店も整備されている 2 つの観光洞穴（富岳風穴、鳴沢氷穴）があり、その間が東海自然歩道として整備されている地区

地区 4：大室地区

精進口登山道沿いに位置し、入洞が比較的容易な富士風穴や、溶岩流の影響を受けず広葉樹林が残る大室山斜面等を含む地区

2006 年および 2007 年の本調査においては、それぞれの地区内において、複数の遊歩道が交差し利用者数が多いと考えられる地点 1 か所を選び、流動調査を実施して、ツアー利用と一般利用とに分けた利用者数の把握を行なった。また、通過者数自動測定装置を、機器の台数やデータ回収の便宜さ等を考慮し、西湖地区、富岳地区、大室地区内の 3 か所に設置した。

流動調査結果ならびに通過者数自動測定装置による計測結果から、利用者数の季節変動や、ツアー利用（ガイドが同行する利用）と一般利用のどちらの利用が多いかといった利用形態の地区による違いが明らかとなった。

#### (3) アンケート調査による利用者特性および利用者意識の把握

青木ヶ原樹海の利用者が、実際の利用によって満足感を得るまでの過程を想定し、利用者特性として、普段の自然体験活動、利用目的、事前情報収集の有無、イメージ、環境配慮意識等を明らかにするとともに、実際の利用によって得られる混雑感や満足感といった利用者体験の質に関わる意識を把握することとした。利用者に対するアンケート調査は、予備的調査（2005 年）ののち 2006 年の春期（1 日）、夏期（3 日）、秋期（2 日）に本調査を実施した。

回答が得られた対象者は合計 1233 人（男性 679 人、女性 550 人、不明 4 人）であった。利用者の属性、利用形態としては、近隣の都県から、マイカーを用いて日帰りで訪れる初めての来訪者が多いことが特徴としてあげられた。

利用者特性に関する項目について、地区ごとに集計

し、他の地区と比較し差があるかどうかをカイ二乗検定により検討した。それぞれの地区の利用者の特徴は、特に自然に対する関わり方という視点から次のように整理された。

#### 地区1：西湖地区

普段の自然体験活動として「野鳥や野草などの自然観察」、「登山・ハイキング」、「俳句・写真・絵」、「ピクニック」が、利用目的として「活動型」および「体験学習型」が多いことが特徴としてあげられた。事前の情報収集があり、「ビジターセンター」への立ち寄りが多く、「エコツーリズム」や「エコツアーガイドライン」について知っている（聞いたことがある）ものが多く、「公共交通」や「ツアーバス」の利用が多かった。「ガイド」、「自然解説シート」、「案内地図」が必要と考えているものが多く、環境配慮意識として「道をはずれない」、「自然を傷つけない」と答えたものが多くみられた。これらのことから、学習の意欲をもちマナーを意識しながら積極的に自然と接することを求めるものが多い地区といえる。

#### 地区2：竜宮地区

普段の自然体験活動としては、「登山・ハイキング」、「散歩」、「花見・紅葉狩り」、「ピクニック」、「ドライブ」が多くあげられた。目的としては、「一般型」が多く、2人での1泊の利用が多かった。「ガイド」、「自然解説シート」、「解説板・案内板」、「案内地図」が必要と考えているものが多いことは地区1と共通していた。宿泊を伴う一般的な観光目的で訪れ、自然と接することを求めているが、その接し方は、楽しむ要素が強く、学習の要素は小さく、地区1に比べるとより受動的な利用者が多い地区といえる。

#### 地区3：富岳地区

普段の自然体験活動として多くあげられた項目はみられず、地区1、地区2でよくすると答えたものの割合が多かった項目で、逆によくすると答えたものの割合が少なかった。マイカーによる3人以上での日帰りの利用が多く、目的としては「目的地型」が多かったが、「事前情報収集」を行っていたものは少なく、他施設への立ち寄りも少なかった。ガイドについては、「無料なら必要」と答えたものが多く、「エコツーリズム」や「エコツアーガイドライン」について知っている（聞いたことがある）ものが少なかった。環境配慮意識として、「道をはずれない」、「自然を傷つけない」と答えたものが少なく、自然との関わりが最も薄く、旅行の行き先の一つとして訪れるいわゆる一般観光客が多い地区といえる。

#### 地区4：大室地区

普段の自然体験活動として多くみられた項目は、「山菜・きのこ採り」、「マウンテンバイク・カヌー」

であった。目的としては、「目的地型」および「体験学習型」が多く、ビジターセンターや博物館への立ち寄りが多かった。マイカーによる1人での利用が多く、リピーター（10回以上）の利用者が多かった。「ガイド」、「自然解説シート」、「解説板・案内板」、「案内地図」いずれも必要としないものが多くみられた。対象が特化し明確な目的をもち自分なりのスタイルで自然を楽しむものの利用が多い地区といえる。

青木ヶ原樹海を利用した総合的な満足感を、0（不満だった）から10（満足だった）点までの11段階でたずねた結果、全体での平均値は7.85点であった。性別にみると、男性で7.69点、女性で8.04点と女性で高い得点を示した。混雑感についても同様に、0（気にならなかった）から10（気になった）点までの11段階でたずねた。平均値は1.92点（男性2.01点、女性1.80点）で、男女間で差はみられなかった。満足感得点との間には有意な負の相関（相関係数-0.248）が認められた。

地区ごとの違いをみると、満足感得点は、地区1で高く地区3で低い、混雑感得点は、地区3で高く地区1、地区2で低い結果となった。

満足感得点に関連する要因について検討した結果から、混雑感得点の絶対的点数は高くなかったものの混雑感が満足感を低下させていること、それに加え、明確な環境配慮意識をもたない場合に満足感が低下していることが明らかとなった。また、地区ごとの満足感得点の違いには、混雑感得点の違いに加え、先に整理した地区ごとの利用者特性の違いが関連していることが明らかとなった。

#### (4) 利用者体験の質評価のための指標の検討

利用者体験の質を評価するにあたって用いられる利用者の満足感、事前の期待感と実際の利用による期待の充足感との相対的な関係によって生じる。すなわち、利用者は期待が充足されれば満足と感じ、逆に、期待が阻害されれば不満を感じるようになる。

従って、利用者がもつ期待について検討することが重要と考え、予備的調査（2005年）において、341人から得られた「満足」と「不満」についての自由回答の記述内容から、数量化Ⅲ類分析によって利用者が抱いている期待を構造化、分類した。その結果、①公園資源の享受、②野趣性・独居性の保持、③適切な対人関係の構築、④情報や施設の円滑な利用、⑤清潔・快適な空間の利用に対する期待を表す5つのグループが抽出された。さらに、それぞれの分類群に含まれる具体的な期待を4～6項目作成し、合計23項目を利用者体験の質を評価するための指標として作成した。

これら23の指標について、10点満点（0から10点

までの 11 段階)で点数をつけてもらうアンケート調査を他の項目と合わせ実施し、775 人(男性 439 人、女性 334 人、不明 2 人)から回答を得た。分類群別にみると、公園資源の享受に対する期待および野趣性・独居性の保持に対する期待については、概ね充足され満足感が得られていると考えられた。これに対し、適切な対人関係の構築に対する期待、情報や施設の円滑な利用に対する期待、清潔・快適な空間の利用に対する期待については、全体的に平均値が低く、8 点を超えた項目は 2 指標のみであり、また、4 点以下の極端に低い点数をつけたものの割合が高い指標が多く含まれ、これらの分類群については期待が阻害され不満感が生じていると判断された。

総合的な満足感得点と各指標の得点との間の相関係数をみると、公園資源の享受に対する期待および、野趣性・独居性の保持に対する期待についての指標との間で、高い相関係数を示すものが多かった。青木ヶ原樹海を訪れた利用目的や環境配慮意識の有無との関連について検討した結果、明確な目的や環境配慮意識をもっているもので、満足感の高いことが明らかとなった。事前の動機づけや情報提供によって、具体的なイメージや目的をもたせること、環境教育・啓蒙活動の充実、エコツアーガイドの活用によって環境配慮意識を伴った利用を促進することで利用者に対してより高い満足を提供できると考えられた。利用者の環境配慮意識を高めることは、自然環境資源の質の維持にもつながり、そのことが体験の質をさらに向上させることにもなるといえる。

また、先に示した地区による利用者特性の違いに応じて、各指標のなかで期待に対する充足感の高い項目にも違いがあることが明らかとなった。特性の異なる多様な利用者の体験の質を向上させるためには、利用実態の違いから地区区分を行ない、自然環境特性を考慮に入れながら、それぞれの地区の水準にあった適切な施設(トイレ、遊歩道、案内板等)・空間整備や情報提供、利用規制をも含めた管理計画をたてていくことが重要となる。

#### I-4-4 環境保全モニタリングシステム構築のための今後の課題

自然環境の質と同時に利用者体験の質に関わる指標に関し、現状を把握し、その変化を将来にわたって的確に判断するための継続的なモニタリング調査の確立は、単に、エコツアーを含めた利用者の増加の影響を評価するためだけでなく、自然公園の適正な管理につながる環境保全モニタリングシステムを構築するうえでの重要な第一ステップとなる。さらに、モニ

タリング調査手法が確立され情報が集積された後には、集積した情報の分析・評価による基準設定、さらにそれに基づく管理(保護・利用)計画の作成といった一連の過程が必要となる。

地域指定制度に基づいて定められているわが国の自然公園(国立公園、国定公園等)においては、土地所有や土地利用が複雑に入り混じる状況となっており、適正な管理にあたっては、関与する様々な主体間での協働の重要性が高まってきている。従って、環境保全モニタリングシステムを構築する過程においても、地域の多様な主体の参画による地域協働型のモニタリングシステムを目指すことが重要である。

そのための課題として、まず、エコツアーガイドを含めた地域住民が研究者と役割分担をして調査へ参加することが、情報集積の充実を図るうえでも、また、身近な自然環境がどのように変化しているかをより実感するうえでも重要であり、集積された情報を研究者がチェックし共有する仕組みとしての住民参加型の調査体系をつくる必要がある。

情報集積のためのモニタリング手法が確立した後には、自然環境を利用していく場合、自然環境の質にも、また、そこから受ける利用者体験の質にもある程度の変化は必然的に生じるという前提のなかで、それらの変化あるいは阻害の程度が、どの程度であれば許容されるかといった基準を設定することになる。その際、自然環境および利用実態からみた地区特性の把握による地区区分を行ない、個々の地区で何を保護しどのように利用するのかに関しての共通の理解を得ることが必要となる。

基準を設定したのちに適正な管理計画を作成する際には、集積した情報の分析・評価の過程で、自然環境の質、あるいは利用者体験の質の変化(特に劣化)の程度が、基準と照らし合わせて、許容できる範囲を超えていないかどうか判断することになる。この範囲を超えないように利用レベルを調整するにあたっては、状況が望ましい姿から外れた場合には、利用を制限・中止する、あるいは、望ましい姿を保っていれば、現状の利用を維持するといった、経験則に基づく判断を、関わる様々な人たちの合意を経て行なうことが必要となる。

現状の的確な把握に基づき、基準と照らし合わせながら動的に管理していくこのようなプロセスを通して、継続的に機能する住民参加型のモニタリングシステムを地域協働により構築することが、適正な管理計画、すなわち、地域の自然を保護しながら持続的に活用する仕組みを確立するうえで必要となる。その意味でも、自然環境の質、あるいは利用者体験の質の変化を早い段階で検知することを可能とするモニタリン

グ調査は、環境保全モニタリングシステムを構築するための第一ステップとして非常に重要となる。

## I-5 研究成果発表

### (1) 論文

山本清龍，本郷哲郎（2006）青木ヶ原樹海における利用者の環境配慮意識とガイドの必要性に関する研究．ランドスケープ研究，69，641-644.

山本清龍，本郷哲郎（2006）青木ヶ原樹海の利用者が持つ自然公園イメージと環境配慮意識の関係性に関する研究．環境情報科学論文集，20，153-158.

山本清龍，本郷哲郎（2007）青木ヶ原樹海における適正利用にむけたモニタリングシステムへの社会的指標の導入．日本造園学会誌ランドスケープ研究，70，543-546.

中野隆志，安田泰輔，古屋寛子，石原諭，渡辺伸（2008）富士北麓、通称ブナ広場における大木の分布パターン．富士山研究，2，25-31.

### (2) 学会発表

山本清龍，本郷哲郎（2006）青木ヶ原樹海における利用者の環境配慮意識とガイドの必要性に関する研究．平成18年度日本造園学会全国大会（大阪）.

山本清龍，本郷哲郎（2006）青木ヶ原樹海の利用者が持つ自然公園イメージと環境配慮意識の関係性に関する研究．環境情報科学会第20回環境研究発表会（東京）.

山本清龍，本郷哲郎（2007）青木ヶ原樹海における適正利用にむけたモニタリングシステムへの社会的指標の導入．平成19年度日本造園学会全国大会（藤沢）.

伊藤良作，長谷川真紀子，松永雅美，萩原康夫，桑原ゆかり，本郷哲郎（2008）富士山麓青木ヶ原の土壌動物：異なる踏圧環境下のトビムシ相．第31回日本土壌動物学会大会（沖縄）.

### (3) その他

山梨県環境科学研究所（2008）山梨県環境科学研究所国際シンポジウム2007報告書「青木ヶ原樹海の保護と利用：望ましい姿を求めて私たちにできること」.



## Ⅱ 研究成果報告

### Ⅱ-1 研究の目的:適切な管理計画のための環境保全モニタリングシステムの構築

#### 1-1 環境保全モニタリングシステム構築におけるモニタリング調査の重要性

自然公園においては、自然資源を保護し持続的に利用していくことが求められるが、そのためには、様々な情報を集積し、その変化を絶えず分析・評価しながら適切な管理（保護・利用）計画につなげていく一連のプロセスとしての「環境保全モニタリングシステム」の構築が不可欠となる。このモニタリングシステム構築のプロセスのなかで、まず必要となるのが、利用に伴う影響を、種々の指標を用いて体系的かつ継続的に測定するモニタリング調査である。すなわち、モニタリング調査によって得られる情報を集積することによって、その変化を客観的に判断し、問題の発生可能性を早期に警告するとともに、管理計画において適切な意思決定を導くことが可能となる。

モニタリング調査では、①自然環境の質への物理的・生物的影響および、②利用者体験の質への心理的影響の2つの側面について把握する必要がある。このうち、後者の利用者体験の質に及ぼす影響については、悪いマナーや雑踏に遭遇することで、不快感や不満感がもたらされるという直接的な側面と同時に、自然環境の劣化を利用者が認識する、すなわち、利用行為がもたらした自然環境の質の低下を認識することによって、利用に対する期待の阻害がおり、不快感や不満感がもたらされるという側面をも考慮する必要のあることが指摘されている。

モニタリング調査でどのような指標を測定するののかに関しては、測定が比較的容易な指標、客観的に状態を示す指標を選択する必要がある。特に、適切な管理計画に結びつけるためには、結果に基づいて実際に管理ができるかどうかを考慮することが肝要である。また、指標の優先順位を考え、初期段階においては、主な指標に絞ることも、継続性を維持するためには重要とされる。また、モニタリング調査をどのような場所で実施するかに関しては、その地域を特色づける貴重な自然環境が残されている場所、利用により深刻な問題が発生している場所はもちろんのこと、新しい利用が始まり、その影響がわかっていない場所、さらに、現在は利用されていないが将来的に利用が想定される場所などがあげられている。

わが国の自然公園（国立公園、国定公園等）制度は

地域指定制自然公園と呼ばれ、従来の土地利用状況を前提に、地域指定と土地利用（開発）規制によって自然環境（風景）を保護することを基本として定められた。そのため、自然公園として指定された地域は、土地所有や土地利用が複雑に入り混じる状況となっており、自然環境の適切な保護・利用を図ることを目的とした公園計画では、保護規制計画の枠組みのなかで自然環境に大きな影響を与える開発等人為的な改変行為を規制し自然環境（風景）を保護しようという観点から、規制のレベルでの地区区分が行なわれている。これは、地種区分と呼ばれ、陸域の自然公園については、まず特別地域と普通地域に分けられ、さらに、特別地域については、そのなかに特別保護地区が設けられるとともに、保護の重要性から判断された規制のレベルに応じて第1種から第3種に分けられている。なお、いわゆる地種区分とは異なるが、特別地域内に利用者の行為や人数等に関する基準を定めて利用する利用調整地区や立ち入りを禁止する立入規制区域の制度の導入も近年図られている。このように、地種区分の設定にあたっては、自然環境の保護の重要性が最優先されることはもちろんであるが、それだけではなく、公園指定以前の土地利用状況にも配慮せざるを得ないという側面のあることも否定できないとされている。また、保護する自然環境を単に風景でなく、生物多様性（生息・生育する動植物）のレベルから見直したうえでの地区区分が必要であることも指摘されている。

さらに、このような、地権者に対する開発等の土地利用の規制に基づく地種区分とは別に、利用者体験の質の視点にたった地区区分に関しては、管理計画においてほとんど考慮されていないことが問題視されている。すなわち、例えば、原生的な自然体験を求めるような場所なのか、あるいは、より手軽に自然へのふれあいを求めるような場所なのかといった、利用の形態の違いに応じた地区区分の考え方が欠如していることが指摘されている。これは、従来のわが国における自然公園地域の利用の形態が名所見物型観光を中心としたものであったことにも起因している。しかし、自然環境の利用形態が、体験学習型の利用を含め多様化していくなかでは、利用を保護規制計画の地区区分の枠のなかで、規制する方向からだけ考えるのでは不十分であり、どこでどのように利用者の望む体験を提供するかといった利用計画からみたより積極的な地区区分が必要になってきていると考えられる。

このように、モニタリング調査は、自然環境の保護

と利用者体験の質の維持・向上との調整を図ることが求められる管理計画につながる環境保全モニタリングシステムを構築するための基礎となり、そこでは、自然環境の特性や利用形態の違いに応じた地区区分を行ない、それぞれの区分において適切な指標を選択し情報を収集することが必要となってくる。

## 1-2 富士山青木ヶ原樹海の特性と利用に関する課題

富士山は、標高 3,776mの日本で最も高い山であると同時に、およそ 300 年前の西暦 1707 年に最後の噴火をおこしている若い火山でもある。今日みられる新富士火山と呼ばれる富士山の造山活動は、約 17,000 年前に始まったと考えられており、2,200 年前を基準にして、これより古い時代の溶岩を旧期溶岩流、新しいものを新期溶岩流と呼んでいる。新期溶岩流は、山頂からではなく山腹に点在する側火山の火口から噴出したものと考えられており、このうち、北西の山麓部にひろがる溶岩流上に形成された森林が青木ヶ原樹海と呼ばれている。青木ヶ原樹海の範囲について明確な定義はないが、一般的には、864～866 年（貞観 6～8 年）頃、側火山のひとつである長尾山を中心とした一体から噴出した溶岩流と、その流れに取り巻かれるようにして点在するそれ以前（約 3,000 年前）の噴火で形成された大室山などの寄生火山を含む約 30km<sup>2</sup>の範囲を指すことが多い。

青木ヶ原樹海の溶岩上にはヒノキ、ツガを中心とする針葉樹の森林生態系が形成され、いわゆる「コケ」（表層の地衣類、蘚苔類）が、ふかふかした絨毯のように林床を覆うといった特徴的な森林景観となっている。また、溶岩流の影響を受けなかった山地帯には、ブナ林が比較的よい状態で保全されている。植林や開発が進んだ富士山北麓の他の地域では、生物種が豊富な山地帯のブナ林は非常に限られた面積しか残されておらず、針葉樹を主体とした溶岩流上の林とは対照的にブナやミズナラの巨木が立ち並ぶ明るい森林は、そういった意味でも貴重な場所といえる。

青木ヶ原樹海の自然環境のもう一つの特徴は、火山活動によりつくられた溶岩洞穴が数多くみられることである。富士山周辺に約 100 か所の溶岩洞穴があるとされ、その多くが青木ヶ原に集中している。洞穴内は光の届かない暗黒で、一般に湿度が高く、温度変化が小さいといった特徴をもっており、こうした環境には特異な生物が生息することが知られている。

その一つがコウモリ類であり、青木ヶ原樹海を中心とした富士山北麓地域では、本州に棲む 19 種のコウモリ類のうち 14 種がこれまでに記録されている。日本産の哺乳類約 180 種・亜種のうち、41 種・亜種が絶

滅種または絶滅が危惧されるレッドリスト種とされているが、その半数の 21 種・亜種はコウモリ類でありその生息環境の劣化が危惧されている。

溶岩洞穴からは、さらに特殊な生物も確認されている。洞穴性生物と呼ばれる無脊椎動物類で、暗闇に棲むため眼が退化するかわりに触覚などの感覚器官が発達し、体の色素が抜けるといった共通の特徴をもっている。特に、一生を洞穴などの地中で生活する真洞穴生物は、より特殊化が進んでいるグループであるが、近年の調査でトビムシの一種の生息が初めて確認されるなどその重要性が改めて見直されている。

一方、青木ヶ原樹海の利用状況について、樹海だけを対象にした来訪者数の正確な調査結果や統計はないが、山梨県の観光統計によると、年間約 400 万人が青木ヶ原樹海を含めた本栖湖、精進湖、西湖周辺地域を訪れている。樹海内をめぐる遊歩道は、それ単独として、あるいは近くの低山と組み合わせてのハイキングコースとして利用されている。なかでも、国道近くに位置し車でのアクセスが容易な遊歩道は、半袖、半ズボン、サンダルといった気軽な服装で歩ける場所として、近くにある観光洞穴（観光客向けの有料の洞穴）と合わせ、夏期の週末ともなると 1 日に 1,000 人を超える多くの人が訪れている。また、やや特殊な例ではあるが、樹海内に点在する洞穴は探検目的でも利用されている。さらに、近年は、ガイドが同行して遊歩道や洞穴をめぐるいわゆる「エコツアー」での利用が増加しており、県観光部の調査によれば、2004 年には 1,500 回のエコツアーに 53,000 人の参加がみられた。

青木ヶ原樹海を保護・利用するための法令やガイドラインとして、まず、環境省は自然公園法によって青木ヶ原樹海の大部分を特別保護地区および第一種特別地域に指定している。また、文化庁は青木ヶ原樹海の一部を文化財保護法によって天然記念物に指定し、さらに、山梨県は生態保存地域に指定して天然更新を原則とする森林管理を行なっている。その他、近年ではエコツアーの増加に応じる形で、エコツアー事業者や環境教育 NP0 等が中心となって地域のガイドラインが策定されてきている。さらに、2004 年 7 月からは、観光部観光資源課主導により関係団体等との合意形成を経てエコツアー実施に関するルールを定めた「富士山青木ヶ原樹海等エコツアーガイドライン」（以下、エコツアーガイドライン）の運用が開始された。

このような法令やガイドラインが整備されてきたにもかかわらず、近年、青木ヶ原樹海を特徴づける環境では、人の利用に伴ういくつかの問題が顕在化してきている。溶岩洞穴内には食べ物の包み紙や空き瓶、煙草の吸殻などのゴミが落ちていたり、落書きがみられたりしている。暗黒で、温度・湿度の変化の少ない

洞穴内では、物質の風化や腐敗はきわめて緩やかにおこると考えられ、落書きも長期間にわたって残ると指摘されている。また、遊歩道から離れた溶岩上のルートが繰り返し踏まれることによって、表層のコケ類が剥がれてしまったり、樹木の根が損傷してしまうという問題もおこっている。また、最近ではNP0を中心に精力的に清掃活動が行なわれ成果をあげているが、それでも不法投棄などにより新しいゴミは後を絶たない。これらの問題は、景観上だけでなく、生態系へも深刻な影響を与えていると考えられるが、その実態については十分に把握されていない。さらに、混雑によって青木ヶ原樹海がもつ野趣性が低下するということが、また、マナーが低下し対人関係など利用者間の軋轢が生じていることなど、利用者の体験の質が劣化するという問題もおこっていることが指摘されている。

### 1-3 モニタリング調査の枠組みの設定

富士山北麓青木ヶ原樹海においては、これまでのところ、自然環境の特性についても、また、利用実態についても必ずしも十分な情報が集積されているとはいえず、また、その一方で、溶岩洞穴あるいは溶岩上ルートといった樹海に特徴的な環境において、利用に伴う自然環境への影響や利用者体験の質の劣化も問題視されてきている。このような背景のなか、貴重な自然環境を守り、適正に利用していくための環境保全モニタリングシステムを構築することが求められている。

そこで、本研究では、青木ヶ原樹海において、自然環境の特性や利用形態の違いに応じた地区区分を考慮しながら、自然環境の質および利用者体験の質の両側面について把握するために必要となる調査手法を「特定環境モニタリング」、「指標生物モニタリング」、「利用者意識モニタリング」の3つの枠組みを設定して検討することとした。

「特定環境モニタリング」では、青木ヶ原樹海を特徴づける環境である溶岩洞穴、および溶岩上ルートを特定環境とし、利用による環境変化を評価するためにその環境特性を明らかにすることを目的とする。

「指標生物モニタリング」では、自然環境の特性に応じた地区区分を行なうことを念頭に、今後の環境変化を追跡、評価するための基礎情報となるよう、生物相の特徴についての現状を地区ごとに明らかにすることを目的とする。

「利用者意識モニタリング」では、エコツアー実施状況を含めた青木ヶ原樹海の利用状況（利用場所、利用季節、利用者数）を把握するとともに、利用場所の違いによる利用者特性や利用者意識の違いを明らか

にすることを目的とする。

これら3つのモニタリング調査によって得られた情報の分析・評価を通して調査手法を見直しながら確立していくことが、環境保全モニタリングシステムを構築するための第一ステップになると位置づけられる。

## II-2 特定環境モニタリング

### 2-1 特定環境モニタリングの目的

青木ヶ原樹海を特徴づける環境としては、先にも述べたように、まず溶岩洞穴があげられ、また、多くの来訪者が利用する遊歩道が溶岩上に設置されている。そこで、溶岩洞穴および溶岩上ルート（青木ヶ原樹海では遊歩道等歩行ルートの特徴的な基盤が溶岩であることを意味するが、調査対象としては、木の根や土壌部分をも含むルート全般とする）を特定環境とし、利用による環境変化を評価していくためにその環境特性を明らかにすることを目的とした。

### 2-2 溶岩洞穴の環境特性および動物相に関する調査

#### 2-2-1 調査目的

青木ヶ原樹海内には、世界的にも珍しいほど多数の溶岩洞穴が見られる。一部の洞穴は信仰の場や蚕種（蚕の卵）の保存、採氷場として古い時代から利用されてきた。また、洞穴探検に訪れる人もいたが、最近ではエコツアーの一環としても利用され大衆化が進む傾向にある。このような洞穴内にはコウモリ類をはじめ、特有の動物が生息している。エコツアーなどで大勢の人が洞穴を利用することで、これら特殊な環境に適応した洞穴性の動物への影響も懸念されるが、実態は把握されていない。

本調査は、溶岩洞穴内にみられる動物を把握するとともに、特にコウモリ類が繁殖や越冬に利用する洞穴の環境特性の解明を進め、溶岩洞穴の生物保全に資することを目的とした。

#### 2-2-2 調査方法

洞穴内を探索し、コウモリ類と無脊椎動物の確認を行なった。コウモリ類は目視による確認を行ない、種の同定のために一時的に捕獲したものもあるが、すべて現地で放獣した。無脊椎動物の採集は、見つけ採りのほか、代表的な洞穴においてはヘチマ、セルローズ、段ボールによる誘引トラップを一定期間設置した。

調査した洞穴のうち、コウモリ類が高度に利用していると思われる洞穴や人の利用頻度が高い洞穴を重要洞穴とし、季節を変えて複数回調査を行なうとともに、温度・湿度を継続的に測定するデータロガーを設置した。データロガーはオンセット社製ホボ H8 プロを用いて、計測間隔を1時間に設定し、最低1年間設置した。

なお、これらの調査は、自然公園法、鳥獣保護法、

文化財保護法に基づくとともに関係機関の許可を得て実施した。調査洞穴を表 2-2-1 および図 2-2-1 に、調査日を表 2-2-2 および表 2-2-3 に示した。調査は、2005～2007 年度の3年間（一部の洞穴では2008年度にデータロガーを回収した）に、63 洞穴でのべ117 回行ない（本栖風穴第1は第1洞口と第2洞口を別に数えている）、青木ヶ原樹海を中心とした範囲内で、既知の入洞可能な洞穴の大半で実施した。調査当初は、できるだけコウモリ類の繁殖期や越冬期を避けて実施し、グアノの堆積などから繁殖、越冬の利用が推測された洞穴については、2007 年度に直接、観察を行なった。

現地調査は、伊藤良作、萩原康夫、桑原ゆかり、本郷哲郎、篠田授樹、白石浩隆が行なった。

### 2-2-3 調査結果

#### (1) コウモリ類

溶岩洞穴におけるコウモリの確認種と個体数を表 2-2-4 に示した。本調査で確認されたコウモリは、キクガシラコウモリ科のキクガシラコウモリ *Rhinolophus ferrumequinum*、コキクガシラコウモリ *Rhinolophus cornutus*、ヒナコウモリ科のモモジロコウモリ *Myotis macrodactylus*、ヒメボオヒゲコウモリ *Myotis ikonnikovi*、ウサギコウモリ *Plecotus auritus*、テングコウモリ *Murina hilgendorfi* の2科4属6種であった。

調査を行なった63 洞穴のうち、28 洞穴（44.4%）でコウモリが確認されたが、多くは単独個体であった（図 2-2-2）。30 個体を超えるような集団は4 洞穴で確認されたのみで、いずれもキクガシラコウモリであった。確認された集団の最大個体数は、繁殖期には約150 個体（哺育中の幼獣を含まない）、越冬期には186 個体であった。

繁殖期に哺育コロニーが観察された洞穴は、神座風穴第1、雁ノ穴の2か所で、いずれもキクガシラコウモリであった。このほか、西湖コウモリ穴で、モモジロコウモリの繁殖が2006年と2007年に確認されている（中川雄三氏、私信）。また、宗教上の聖地として入洞制限されているため今回は調査を行なわなかった精進御穴日洞も、2001～2002年の調査でモモジロコウモリの繁殖洞穴である可能性が指摘されている（白石、2003）。

一方、越冬に利用している洞穴は、西湖コウモリ穴、軽水風穴、神座風穴第1、本栖風穴第1（第2洞口）、本栖風穴第2、大室風穴第1の6か所であった。種類別には、キクガシラコウモリが5洞穴、コキクガシラコウモリが1洞穴、モモジロコウモリが1洞穴、ウサギコウモリが3洞穴、テングコウモリが2洞穴であった。このほか、西湖コウモリ穴でもモモジロコウモリ

の越冬が確認されている（中川雄三氏、私信）。また、記念物重要資料 100 も、グアノの堆積量やデータロガーによる温・湿度の計測値から繁殖または越冬に利用されている可能性がある。本調査では、繁殖期、越冬期の直接的な観察は、事前の調査によりグアノの堆積が多いような洞穴を優先的に行なっているため、単独や少数で越冬する個体を利用している洞穴は、ほかにもあるかもしれない。各洞穴の詳細は 2-2-4 考察で述べる。

## (2) 無脊椎動物

溶岩洞穴における無脊椎動物の主要分類群別の確認状況を表 2-2-5 に示した。本調査で確認された無脊椎動物は、扁形動物、線形動物、軟体動物、環形動物、緩歩動物、節足動物の 6 門 25 分類群で、トビムシ類、ヤスデ類、ダニ類、ハエ類などの出現頻度が高かった。

調査を行なった 63 洞穴のうち、45 洞穴 (71.4%) で無脊椎動物が確認された。確認された無脊椎動物の分類群数（誘引トラップのみによる確認は含まない）を、コウモリ類が確認された洞穴と確認されなかった洞穴とで比較すると、コウモリ在の洞穴では平均 4.5 分類群（中央値 3.5）、コウモリ不在の洞穴では平均 1.5 分類群（中央値 2.0）で、両者には有意水準 0.1% で差が認められた（Mann-Whitney の U 検定:  $U=213.5$ 、 $z=3.90$ 、 $P<0.001$ ）（図 2-2-3）。コウモリ類が確認された洞穴の方が、確認されなかった洞穴より、無脊椎動物の分類群数が多い傾向がある。

また、重要洞穴（8 洞穴 10 か所）で実施した誘引トラップによる無脊椎動物の分類群別の採集個体数を表 2-2-6 に示した。これらの洞穴では、いずれもコウモリ類の利用が観察されている。しかし、コウモリ類の個体数と無脊椎動物の個体数には有意な相関は認められなかった（Pearson の単相関係数:  $r=0.13$ 、 $P>0.05$ ）。

さらに分類群組成を比較するために、Pianka (1973) の  $\alpha$  指数（重複度指数）を用いて類似度を求め、群平均法によりデンドログラムを作成した（図 2-2-4）。その結果、コウモリ類の大集団（100~186 個体）が認められた軽水風穴、雁ノ穴、神座風穴第 1 は、相互に類似度が高いものと判定された。これらの洞穴ではトビムシ目が優占的で、いずれも大量に堆積したグアノが観察されていることから、グアノと結びつきの強い種が採集されていることが考えられる。

一方、少数ながらコウモリ類の繁殖と越冬が確認された西湖コウモリ穴は、記念物重要資料 100 と類似度が高いと判定された。ダニ目が優占的であることに加え、他の洞穴に比べソコミジンコ目の個体数が突出しているのが共通した特徴である。さらに記念物重要資

料 99 も、個々の類似度では、西湖コウモリ穴 ( $\alpha=0.739$ )、記念物重要資料 100 ( $\alpha=0.834$ ) と高い結果が得られている（最短距離法でクラスタリングすると同じグループとなる）。これらの洞穴は、比較的近い範囲に位置していることや、地表から浅く平行に洞穴が延びているといった構造的な共通性もある。

太陽光の届かない洞穴内では光合成を行なう植物は生育せず、無脊椎動物の食物源は限られている。洞穴性の無脊椎動物種にとって、コウモリ類が排泄する糞（グアノ）や死体が貴重な食物となっていることは、実際にこうした場所から多くの無脊椎動物が採集されていることから明らかである。その一方で、キクガシラコウモリやコキクガシラコウモリが、洞穴内部の地表でカマドウマやグアノに集まる小昆虫を採食するという報告もある（沢田, 1976; Funakoshi・Uchida, 1978）。洞穴内のカマドウマ、蛾、ヤスデ類、クモ類などは、特に昆虫類の発生量が少ない晩秋や早春（越冬の初期と終期）に、コウモリ類にとって重要な食物となっていることも考えられる。

## (3) 洞穴内の温度・湿度

主要な洞穴に設置したデータロガーによる、洞穴内・外の温度・湿度の計測結果を表 2-2-7 に示した。洞穴外部は、最高気温 17.5~27.1℃、最低気温 -14.1~-4.3℃、平均気温 2.7~9.4℃、相対湿度 18.6~100% であった。これに対し洞穴内部は、最高気温 -0.2~19.0℃、最低気温 -6.8~5.4℃、平均気温 -0.3~10.6℃、相対湿度 66.0~100% であった。なお、データロガーは地表から 10~20 cm 程度の場所に設置しているため、洞穴内ではコウモリ類が利用する天井付近とはやや異なっている可能性がある。

各洞穴の詳細は 2-2-4 考察の項で述べるが、洞穴ごとの温度・湿度の変化（図 2-2-24~図 2-2-35 を参照）を比較すると、洞内は洞外に比べ明らかに変動の幅が小さく安定的である。ただし、湿度がほぼ 100% に保持されているのに対し、温度は外気温の影響を受けて変動している。

洞外気温と標高との関係を図 2-2-5 に示した（標高が飛び離れている小御岳氷穴第 2 と計測データが 1 年に満たなかった記念物重要資料 100 を除く）。平均気温と標高とに負の相関（Pearson の単相関係数:  $r=0.76$ 、 $P<0.05$ ）が認められた。最高気温と最低気温は洞穴によりややばらつきがみられるが、これは設置場所の地形などによる微気候の違いや、年次による変動などが理由として考えられる。調査期間中では 2005 年度と 2007 年度は相対的に気温が低く、2006 年度は高い傾向があった。

一方、洞内気温と標高との関係を図 2-2-6 に示した。

最高気温、最低気温、平均気温いずれも標高との相関は認められなかった（小御岳氷穴第2を含めても同様の結果であった）。また、洞穴ごとの洞内・洞外の最高気温、最低気温、平均気温の関係を図2-2-7に示したが、ここでも有意な相関は認められなかった。つまり、洞内気温は洞外気温の影響を受けて変動しているものの、必ずしも洞外気温が高（低）ければ、洞内気温も高（低）いわけではない。

次に、洞内気温と洞口からの距離との関係を図2-2-8に示した（洞内の中間地点の計測値も含む）。最低気温（Pearsonの単相関係数： $r=0.44$ 、 $P<0.05$ ）、平均気温の標準偏差（ $r=0.44$ 、 $P<0.05$ ）と、洞口からの距離との相関がそれぞれ認められた。つまり、洞口からの距離が長くなるほど洞内の最低気温は高くなり、平均気温の標準偏差（気温の変動幅）は小さくなる傾向がある。これは、「洞穴が長ければ洞外気温の影響が低減され洞内気候は安定的になる」という極めて当然の結論のように思われる。しかし、洞外気温が最高値・最低値を記録してから洞内気温が最高値・最低値を記録するまでの日数のずれは、洞口からの距離とは無相関である（図2-2-9）。例えば、軽水風穴（最奥地点、400m）では、洞外気温が最高値を記録してわずか6日後に最高気温を記録しているのに対し、西湖コウモリ穴（一般洞、50m）では66日後と約2か月のずれがある（表2-2-7参照）。同じ場所でも雁ノ穴（30m）では、最高気温は49日のずれがあるのに対し、最低気温は1日後で洞外気温とほぼ同調している。洞内気温は、洞穴の長さとの関係はあるものの、その変化の仕方は、洞穴の構造などの影響も受けると思われ一律ではない。

## 2-2-4 考察

### （1）コウモリ類の繁殖洞穴・越冬洞穴の環境条件

青木ヶ原樹海を中心とした富士山北麓地域において、コウモリ類の繁殖利用が確認された洞穴は、本調査以外の観察も含め、西湖コウモリ穴、神座風穴第1、精進御穴日洞、雁ノ穴の4洞穴である。また、越冬利用が確認された洞穴は、西湖コウモリ穴、本栖風穴第1（第2洞口）、本栖風穴第2、軽水風穴、神座風穴第1、大室風穴第1の6洞穴である。

洞穴性コウモリの冬眠については、国内外で多くの研究が行なわれている。Funakoshi・Uchida(1978)によると、熊本県の鍾乳洞における越冬場所の環境は、キクガシラコウモリが気温3～10℃、湿度60～100%、コキクガシラコウモリが気温9～15℃、湿度85～100%である。コウモリの会（2005）では、コキクガシラコウモリは、オスは気温11～13℃の場所で集団越冬するのに対し、多くのメス成獣は気温10℃以下の場所で単

独越冬すると記されている。

本調査で越冬が確認された洞穴のうち本栖風穴第2を除く5洞穴7地点（軽水風穴と西湖コウモリ穴は各2地点で計測）の最低気温は $3.1\pm1.3^{\circ}\text{C}$ 、越冬期の最高気温は10℃未満、湿度はほぼ100%で、上記のキクガシラコウモリの越冬条件に合致している（データロガーは地表近くに設置したため、コウモリ類が利用する天井付近の気温はこれより高い可能性がある）。これに対し越冬に利用していない洞穴10地点（富士風穴第1を除く）の最低気温は $-1.0\pm3.3^{\circ}\text{C}$ で、両者には有意水準1%で差が認められた（Mann-WhitneyのU検定： $U=8.5$ 、 $z=2.59$ 、 $P<0.01$ ）（図2-2-10）。また、洞口からの距離は越冬地点が $224\pm125\text{m}$ 、非越冬地点が $91\pm65\text{m}$ で、有意水準5%で差が認められた（ $U=11$ 、 $z=2.35$ 、 $P<0.05$ ）（図2-2-11）。図2-2-8で示したように、洞口からの距離が長いほど洞内の最低気温は高い傾向が認められることから、より深い洞穴が越冬に利用されているという見方ができるが、それは越冬場所の気温が高いということだけでなく、洞穴が深ければ洞内の微気候の多様性が高くなり、洞内の微妙な温度変化に応じて移動できるという点も、越冬条件として重要なのではないと思われる。また洞内湿度の高さは、体表から水分の蒸発を防ぎ、越冬中の水分不足から守るために重要である（Altringham, 1996）。

コウモリ類の冬眠は、変温動物とは異なり、自律的に体温を調節するトーパー（非活動状態）であることがよく知られている。キクガシラコウモリやコキクガシラコウモリは、越冬時には体温を外気温より $+1^{\circ}\text{C}$ 以内に下げること、代謝速度を落とし、エネルギー消費を抑制している（Funakoshi・Uchida, 1978）。トーパーは越冬期に限らず、春～秋期でも日中の休息時や悪天候で採餌できないような時に頻繁に行なわれるという。トーパーの最中に、極端な外気温の変化などの刺激があると覚醒する。春～秋期であれば、すぐに採餌できるため問題ないが、長期のトーパー中である越冬期にはエネルギーの補給が難しいため、不必要な外部刺激による頻繁な覚醒は好ましくない。従って、越冬場所の条件としては、適温であると同時に、温度変化が少ないことも重要であると考えられる。

コウモリ類が利用する洞穴の環境をもう少し詳しく検討するために、西湖コウモリ穴（繁殖・越冬洞）、神座風穴第1（繁殖・越冬洞）、軽水風穴（越冬洞）、雁ノ穴（繁殖洞）の気温変化を図2-2-12～図2-2-15に示した（図2-2-24～図2-2-35も参照）。

本調査で確認された最も大きな越冬集団は、軽水風穴のキクガシラコウモリで、2007年2月5日に164個体、2008年3月25日に186個体であった。軽水風穴は約400mの深い洞穴であるが、キクガシラコウモリ

が最も多く利用していた場所は「最奥部」ではなく、洞口より約 250mの地点（区別するために「奥部」と表記）であった。2007 年 2 月 5 日には奥部で 112 個体、最奥部で 29 個体、2008 年 3 月 25 日には奥部で 170 個体、最奥部で 7 個体が観察されている（これら以外の場所も利用している。詳細は図 2-2-21 参照）。2～3 月頃には最奥部は奥部より気温が総じて 2℃程低く、最低気温も奥部の 5.4℃に対し 3.3℃である（表 2-2-7 および図 2-2-14）。

また、軽水風穴に比較的近い場所に位置する神座風穴第 1 は、やはり洞長が約 400mの深い洞穴で、2007 年 7 月 18 日には、約 150 個体のキクガシラコウモリの哺育コロニーが確認されている。しかし、越冬期には 39 個体の確認にとどまった（図 2-2-22 参照）。神座風穴第 1 の越冬期の洞内最低気温は、2006 年度は 1.6℃、2007 年度は 3.3℃と軽水風穴より低く、気温変化もやや大きい（表 2-2-7 および図 2-2-13）。他の洞穴では、西湖コウモリ穴が 3.7℃（図 2-2-12）、本栖風穴第 1（第 2 洞口）が 2.5℃（図 2-2-28）、大室風穴第 1 が 1.6℃（図 2-2-29）で、雁ノ穴（図 2-2-15）や本栖風穴第 1（第 1 洞口）（図 2-2-28）のように最低気温が氷点下になる洞穴では越冬個体は確認されていない。

これらのことから、軽水風穴の「奥部」が、キクガシラコウモリの越冬にとって最も好ましい条件なのだと仮定すると、洞内気温は 6～7℃程度と推察される（繰り返しになるが、天井付近はこれより高温の可能性はある）。ところで、軽水風穴の洞口から約 100m地点（「中間」と表記）は、「奥部」よりも気温が 1～2℃程度高いにもかかわらず、少なくとも 2～3 月にはコウモリ類は観察されていない。奥部に比べると気温変化がやや大きいことや、気温が高過ぎても体温をより高温に維持する必要性が生じ、トーパーの効率が落ちるという理由があるのかもしれない。

以上は、キクガシラコウモリを想定した場合であるが、上述した文献によればコキクガシラコウモリの越冬条件はこれより高温である。逆にモモジロコウモリ、ウサギコウモリ、テングコウモリは、単独個体で越冬すること（キクガシラコウモリのような集団越冬の理由は体温や水分の維持にあると考えられている）、より北方まで分布すること、後 2 種は本来は樹洞性と考えられていること（洞穴内より樹洞内の方が気温は下がるであろう）、などから低温耐性はより優れているものと推察される。本調査では、本栖風穴第 2 だけキクガシラコウモリが確認されず、これら 3 種の越冬が確認された。残念ながらデータロガーの設置は行っていないが、2007 年 2 月 27 日の観察では、洞内は広く結氷しており、他の越冬洞穴に比べ低温であること

が窺われた（図 2-2-19 参照）。

冬期の洞内気温の高さと安定性は、コウモリ類だけでなく、洞穴性の無脊椎動物にも好適な棲み場所を提供していることと思われる。洞穴内のカマドウマ、蛾、ヤスデ類、クモ類などの大型無脊椎動物は、昆虫類の発生量が少ない越冬の初期（晩秋）と終期（早春）には、キクガシラコウモリやコキクガシラコウモリにとって、重要な食物となっている可能性があることは既に述べたとおりである。

ところで、コウモリ類を含む哺乳類の冬眠は、恒常的な環境下での実験から、生得的・内因的な概年リズムによってもたらされると考えられている。しかし、多くの種で、寒冷地（高緯度・高標高）の個体ほど冬眠期間が長い傾向がみられることは、冬眠の開始や終了時期の決定に、温度や日照時間、食物の状態といった外因条件が関わっていることを強く示唆している。コウモリ類の場合、生理的には日照時間の変化が冬眠前の脂肪蓄積を促し、生態的には気温が冬眠を開始させる刺激と考えられているが、詳しいことはわかっていない（Altringham, 1996）。

富士山北麓地域におけるコウモリ類の越冬期間は、餌となる昆虫類の発生量や夜間のコウモリ類の観察から、概ね 11 月～3 月頃であろうと思われる。冬眠開始が気温の刺激によるという仮定に立つなら、気温の低下が有力である。しかし、洞外気温は、日長が短日化するよりはるかに早い 7 月中旬～8 月中旬、洞内気温も 9 月中旬～10 月上旬には最高値を記録し低下に転じている。冬眠に備えて脂肪を蓄えようとする時期に、冬眠開始の合図があることは考えにくいし、実際の冬眠開始まで 1 か月以上も時差があるのも合理性に欠ける。気温を刺激とするメリットは、地域や年による気候の変動（暖冬・厳冬）に臨機応変に対応できることにあるはずで、その必要がなければ、予め内因リズムにプログラムしておくか、十分な脂肪蓄積が完了した時に冬眠を開始すればよい。そもそも、最高気温（最低気温）というのは後になってわかるものであって、一兩日の気温変化からとらえることは不可能である。洞外に比べれば安定しているとはいえ、洞内気温も細かく変動しており、一旦低下して再び上昇することもある。むしろ洞内気温は変化が緩やか過ぎて、最高気温やその後の低下を、冬眠開始の刺激としてとらえるのは難しいと言えるかもしれない。気温が一定の温度（閾値）まで低下した時や、植物の成長のように積算温度（何℃以下の日が何日）に達した時に冬眠のスイッチが入ると考えることもできるが、後述するとおり、冬眠開始時に比べさらに低温下で冬眠が終了することの仕組みを説明する必要がある。

そこで、各洞穴の気温変化（図 2-2-12～図 2-2-15）

をみると、コウモリ類が越冬していると思われる 11 月～3 月頃は、洞内気温が洞外気温を上回っている期間とほぼ一致していることに注目したい。つまり、単純に、昼間のねぐらである洞内の気温を洞外の気温が下回ると、夜間の洞外での採餌活動が抑制されるとは考えられないだろうか。その後も洞外気温は徐々に低下していくため、次第にトーパーの時間が長くなり、冬眠に向かわせるとするのが無理のない説明のように思われる。

一方、冬眠が終了すると思われる時期には、洞外気温が洞内気温を上回り始める。ただし、開始時と異なり、冬眠場所では洞外の気温は知り得ない。実は富士北麓地域の洞穴では、この頃に洞内気温が最も低下している。しかし、最低気温は西湖コウモリ穴で 3.7℃、神座風穴第 1 で 2006 年に 1.6℃、2007 年に 3.3℃、軽水風穴で 5.4℃と洞穴や年によって異なっており、ある一定の気温（閾値）まで下がると覚醒のスイッチが入ることは考えにくい。確かに、動物は冬眠期に閾値を設定し、これ以下に気温が低下すると、熱生産の増加を引きおこし冬眠から覚醒するという（近藤，2000）。しかし、この機能は、生命維持のためのエマージェンシー・コールであって、毎春の冬眠の終わりを知らせる目覚まし時計ではないはずである。洞穴や年によって異なる気温変化を予知することはあり得ないし、設定した閾値がちょうど覚醒に適した時期に訪れるというのも出来すぎた話である。毎年、生命の危険を感じながら目覚めるという極めて危険な橋を渡るような生物は、すでに淘汰されているだろう。最低気温ではなく、その後、冬眠場所の気温が上昇に転じることが目覚めの合図になっている可能性も考えられるが、冬眠開始で議論したように、洞内気温も細かく変動していることや、逆にその変化が緩やか過ぎて適切な刺激としてとらえられるのかといった疑問もある。例えば、西湖コウモリ穴（一般洞）は、2006 年 3 月 17 日に最低気温 3.7℃を記録しているが、その前後の 2 月 3 日～4 月 28 日は概ね 4.6～5.0℃で推移している。

コウモリ類は冬眠中にもしばしば覚醒し、時には洞外で採餌する例も知られている（船越，2000 など）。冬眠中の中途覚醒も生得的・内因的なリズムによるものと考えられているが、それと同時に摂水や排尿などの生理的要求との関係も示唆されている。このような中途覚醒の際に、洞内の、より気温の高い場所（時には洞口や洞外）を求めて移動し、外気温の上昇にともない徐々に冬眠の終了が促されていくのかもしれない。

繁殖洞穴については、3 洞穴（精進御穴日洞を含む）と 4 洞穴）しか確認されていないこともあり、温度・湿度など物理的条件の共通性を求めるのは難しい。哺

育コロニーが形成される 6～7 月頃の洞内気温は、西湖コウモリ穴と雁ノ穴は 5～10℃、神座風穴第 1 は 8～12℃程度であるが、他の非繁殖洞穴でも同様の条件の場所は多い。生まれたての仔は自ら体温調整できないために、暖かい場所が好ましいという（Altringham, 1996）。比較的、洞口から浅い地点（西湖コウモリ穴は 50m、神座風穴第 1 は 100m、雁ノ穴は 30m）が繁殖場所となっているのは、こうした理由があるのかもしれない。

また、子育てのために行動が制約される母親にとっては、洞穴の近くに、安定的に食物がとれる場所があることも重要とされる。強いて言えば、西湖コウモリ穴は湖沼（西湖）、雁ノ穴と神座風穴第 1 は草原（梨ヶ原と野尻草原）といった開放的な採餌場所が近くにあることを挙げられるが、実際にこれらの場所を積極的に採餌場所として利用しているのかは確かめられていない。

雁ノ穴では、古くからコウモリ類に関する記録が残されている。大正末期には、夏に多くのキクガシラコウモリがいるといった繁殖を示唆する記述（山梨縣，1925）があり、具体的な記録としては 1970 年 7 月 25 日に約 20 個体の繁殖集団が報告（吉行，1971）されている。また、西湖コウモリ穴でも大正末期に多数のコウモリの生息が記録（石原，1924）されており、昭和 4 年（1929 年）には「西湖蝙蝠穴およびコウモリ」として国指定天然記念物に指定されている。ただし、記録は主に冬眠集団で、夏期については、白昼休息をしているが割合に少ないとある。

西湖コウモリ穴は、一時期コウモリ類が姿を消したが（山梨県教育委員会，1996）、観光洞穴として再整備ののち、最近になり徐々に回復しつつあるようである。2006 年に初めて確認されたモモジロコウモリの哺育コロニーは、保護洞ではなく観光者が立ち入る一般洞であったという（中川雄三氏，私信）。雁ノ穴も、事実上立ち入りは自由であり、繁殖期にエコツアーで入洞している事例もある。洞口が狭く天井も低いいため、コウモリ類は手に取れる距離にいる。このように、比較的人の立ち入りが多い洞穴にもかかわらず繁殖場所として選択するのは、何らかの強い動機が働いていることが推察できる。この動機の解明は、今後の重要な課題である。

## （2）各洞穴の生物学的な特性

本調査の結果や既存資料などから、各洞穴の生物学的な特性をまとめる。図 2-2-16～図 2-2-23 には、繁殖洞や越冬洞におけるコウモリ類の観察状況を示した。図 2-2-24～図 2-2-35 には、重要洞穴とした 13 洞穴のデータロガーによる温度・湿度の記録を掲載した。



## 西湖コウモリ穴

コウモリ類の繁殖洞、越冬洞として利用されている。繁殖期にはモモジロコウモリが約 20 個体（幼獣を除く）（中川雄三氏、私信）、越冬期にはキクガシラコウモリが 15 個体のほか、少数のコキクガシラコウモリ、モモジロコウモリ、ウサギコウモリも観察されている。既に大正末期には多数のコウモリ類の生息が知られており、石原（1924）は「その名の示すが如く蝙蝠の棲息すること恐くは萬を以て数うべく、冬期は天井にぶら下りて冬眠を営む」（一部を新仮名遣いに修正、以下同じ。）と記している。「萬を以て」というのは多少誇張した表現の可能性もあるが、山梨縣（1925）には約 100 個体のキクガシラコウモリ越冬集団の写真が掲載されていることや、後述の「黒焼屋」の存在などから、数百から数千の桁で生息していたのかもしれない。当時、キクガシラコウモリ、コキクガシラコウモリ、ウサギコウモリ、アブラコウモリ（アブラムシ、サトコウモリとも記載）の 4 種の生息が記録されているが、アブラコウモリはモモジロコウモリなどとの誤認と思われる。1929 年（昭和 4 年）には、「西湖蝙蝠穴およびコウモリ」として国指定天然記念物となった。コウモリ類が国の天然記念物に指定されているのは、種指定のオオコウモリ類を除けば、本洞穴と岩泉湧窟（岩手県）、大吼谷蝙蝠洞（山口県）の 3 か所だけである。越冬個体の多くは、支洞（現在の保護洞）でみられたと記述されている（石原，1929）。

一方、石原（1929）には「夏期活動期に於て日中休眠の場所として久しくその安宅たりしが、近来探検者漸く増加し、しばしばそのねぐらを脅かす故にや著しくその数を減じたるものの如し」とあり、また、岸田（1928）も場所は特定していないものの富士山麓の洞穴で、「東京その他の地方から、これを黒焼材料に取りに出かけるものが多く、近来大にその数を減じたとの事であるが、希くはその様な無闇な捕獲を禁じてほしいものである」と、入洞や乱獲によりコウモリ類が減少していることを記している。山梨県教育委員会（1996）では、「コウモリは 30 年昔に僅かに冬眠しているキクガシラコウモリを見たが、現在はいない」と記され、1970 年代にはコウモリ類は姿を消したことが窺われる。この頃に、富士山においてコウモリ類の調査を行なった吉行（1971）にも、本洞穴からは 1964 年 5 月にモモジロコウモリが 1 個体採集されているのみで、繁殖や越冬に関する記述はない（ただし、繁殖期、越冬期の調査は行なっていないようである）。今日ではその原因を確かめる術はないが、先の記述などから、入洞者による洞内環境の荒廃や乱獲などが疑われる。

本洞穴は現在、観光洞穴として一般公開され、年間

の入洞者数は約 10 万人（2007 年度）である。立ち入りを制限したバット・ゲートや保護洞の設置、コウモリ類が越冬する 12 月 1 日～3 月 19 日の閉鎖、モニタリング調査といった保護対策もとられている。越冬個体だけではなく、2006 年にはモモジロコウモリの繁殖が初確認されるなど、徐々に回復傾向にあるようである。しかし、往時の記録にある個体数には程遠く、慎重な保護対策の継続が望まれる。

本洞穴は西湖に近く、増水時には浸水することもあったという。コウモリ類のグアノのほか、富士山北麓の洞穴では珍しく洞床に水分や泥が多く、このため無脊椎動物も豊富である（上野，1987；伊藤，2003）。カワサワホラトゲトビムシ *Plutomurus kawasawai*、スズカホラトゲトビムシ *Plutomurus suzukaensis*（伊藤，2003）、カニムシの一種（本調査）といった洞穴性の種も確認されており、これらの生物の生息地としても重要な洞穴の一つである。

## 西湖風穴第 12・第 13・第 14

西湖コウモリ穴と車道を隔てた北側に位置する洞穴群である。いずれも地表から浅くて狭く、入洞できる範囲は限られる。本調査では 11 月末とやや遅い時期であったためか、コウモリ類は確認されなかったが、2001 年 8 月には西湖風穴第 14 でコキクガシラコウモリが 2 個体確認されている（白石，2003）。経験的に、コウモリ類は崩落の激しい洞壁は好まない傾向があるように思われるが、その点で西湖風穴第 14 は、洞内の天井が比較的きれいである。無脊椎動物は、クモ類、ヤスデ類、アリ類など、好暗性の種や土壌性の種に限られた。

## 西湖風穴第 2・第 4・第 6・第 7

この付近は溶岩洞穴が集中している。しかし、西湖風穴第 2、第 4、第 6 はいずれも地表から浅くて狭く、入洞できる範囲は限られる。本調査ではコウモリ類は確認されなかったが、2001 年 8 月には西湖風穴第 6 でキクガシラコウモリが 1 個体確認されている（白石，2003）。西湖風穴第 2 には小さな水溜りがあるものの、無脊椎動物は総じて低調であった。

これらに比べると、西湖風穴第 7 は洞口が大きく、深くまで入洞することできる。キクガシラコウモリが 2005 年 10 月 28 日に 1 個体、2006 年 6 月 19 日に 4 個体確認された。2005 年の個体からは、外部寄生虫であるクモバエ科の種も採集した。洞床には少ないがグアノの堆積が認められ、夏期のねぐらとして利用されている可能性がある。また、小さな水溜りもある。2000 年頃には年間 1700 人程の入洞者があったが（富士山北麓生態系調査会，2003）、その後のエコツアーの規制

により、現在はほとんど人の利用はないものと思われる。

### 記念物重要資料 99

洞内は比較的広く、100m程入洞することができる。2005年10月28日にキクガシラコウモリが1個体、2006年6月19日にウサギコウモリが1個体確認された。また、2001年8月にはテングコウモリ1個体も確認されている（白石，2003）。グアノの堆積は認められないが、活動期のねぐらとして利用されている可能性はある。本洞穴は重要洞穴として無脊椎動物の誘引トラップを設置したが、記念物重要資料100と比べると、採集個体数は少なかった。

### 記念物重要資料 100

記念物重要資料99の近くにある。周囲に4つの洞口があり、このうち3洞穴は奥で連続している可能性もある。主洞は狭いものの100m程入洞することができる。2007年7月19日にはキクガシラコウモリが主洞と支洞で各1個体確認された。また、2001年8月にはキクガシラコウモリ2個体のほか、ウサギコウモリが2個体確認されている（白石，2003）。本洞穴は重要洞穴としてデータロガーを設置し、温度・湿度の計測を行なった。その結果、洞内の最高気温は18.7℃と高めであったが、最低気温は2.5℃にとどまっていた。主洞には比較的豊富なグアノの堆積が認められ、狭隘なため入洞できないもののさらに奥部が深いと思われることから、繁殖や越冬に利用されている可能性もある。洞内は水分が多く、本調査では唯一ウズムシ類（プラナリア類）が採集されている。無脊椎動物も豊富で、生物学的に注目すべき洞穴の一つである。

### 富岳風穴

国指定天然記念物で鳴沢氷穴と並ぶ観光洞穴となっている。通年営業しており、年間の入洞者数は約23万人（2007年度）である。かつて、蚕種（蚕の卵）や樹木の種子の保存場として利用されており、現在は観光用に復元展示されている。洞床は、コンクリートで舗装されている。途中には比較的深い支洞があるが、崩落が激しく、立ち入り制限がされている。本洞穴は重要洞穴としてデータロガーを設置し、温度・湿度の計測を行なった。その結果、中間地点（観光洞穴の終点付近）では最高気温8.6℃、最低気温-2.4℃、奥部の狭い洞内では最高気温6.2℃、最低気温-0.6℃であった。2006年10月30日には奥部で休息するキクガシラコウモリ1個体と種不明の死体1個体、洞口付近でも種不明の死体1個体を確認した。また、支洞ではわずかだがコウモリ類の糞が認められた。気候条件から

繁殖や越冬には適していないものの、活動期のねぐらとして少数個体が利用しているものと思われる。無脊椎動物は、洞床の条件が悪いこともあり低調であった。

### 鳴沢氷穴

国指定天然記念物で、富士山北麓地域では最も入洞者の多い観光洞穴である。通年営業しており、年間の入洞者数は約30万人（2007年度）である。地下に深い構造で、洞内には石段や梯子が設置されている。天然氷が産出し、かつては採氷場として利用されていた。温度・湿度の計測は行なっていないが、おそらく年間を通して0℃前後と思われ、コウモリ類の利用には適さない。富岳風穴と同様に洞床は観光用に整備されており、無脊椎動物はヤスデ類のみにとどまった。

### 鳴沢コウモリ穴第1・第2・第3・第4・無名穴（第5？）

石原（1924）は「鳴澤の蝙蝠穴」を、「蝙蝠が無数に棲息する点に於いて西湖の蝙蝠穴に次ぐ。夏日突如として洞口に臨まんか仰天して洞内を翔け廻る羽音凄まじく、洞底には其の糞堆積して厚い層をなして居る。この蝙蝠はキクガシラと称するもので、里のより少しく大形で、胴は鼠若しくは褐色を帯び顔面の鼻の部分に菊形をなす膜がある」と記しており、大正末期頃にはキクガシラコウモリの繁殖洞であったことが示唆される。この周辺には第1～第4の4洞穴と無名の1洞穴があるが、「入口は蒲鉾形にして幅二十九尺（約9m）、高さ九尺（約3m）、底面平坦、奥行百二十三尺（約37m）、洞の方向は西南―東北」（石原，1929、括弧内は筆者換算、以下同じ。）の記述からすると、鳴沢コウモリ穴第1を指すものと思われる。

現在は、コウモリの姿もグアノもほとんど確認されず、本調査では、2006年10月30日に鳴沢コウモリ穴第3と第4でウサギコウモリが各1個体、鳴沢コウモリ穴第4で少量のグアノが観察されただけであった。依田（1988）は、本洞穴を含め鳴沢村内の洞穴や風穴をつぶさに調査して回ったが、コウモリ類は神座風穴でしか確認されず、「（かつてはたくさん生息していたにもかかわらず）このようにコウモリ類が減った理由は、観光開発や、別荘地、ゴルフ場の造成などにより、多くの人が生育場所に立ち入るようになったからである」としている。

確かに、西湖コウモリ穴、神座風穴第1、精進御穴日洞、雁ノ穴など他の繁殖洞穴に比べると、周辺の環境変化の程度は大きい。しかし、現在でも周囲は高木に覆われており、洞穴内も酷く荒廃はしていないことから、保全対策を施すことにより西湖コウモリ穴のように回復する可能性もある。

## 精進御穴日洞・月洞

天保3年(1832年)に開山された霊場で、現在も乾徳道場によって保護・管理されている。洞穴は聖地として立ち入りが規制されており、今のところエコツアーなどで利用される可能性はないことから、今回は調査を実施していない。2002年6月に管理者の同意を得て行なわれた調査では、両洞穴でそれぞれ22個体のモモジロコウモリが確認されている(白石, 2003)。特に日洞は、グアノの堆積量が多く、繁殖洞として利用していることが示唆された。洞壁は崩落も少なく、きれいである。吉行(1971)は、1969年に月洞からキクガシラコウモリとノレンコウモリ *Myotis nattereri* を各1個体記録している。

無脊椎動物では、真洞穴性と考えられるヒトツメマルトビムシの一種 *Arrhoparites* sp. のほか、フジツヤムネハネカクシ *Quedius sugai*、カマクラオノヒゲアリツカムシの一種 *Bythoxenites* sp. など固有性の高い種が確認されており、種類数も豊富である(伊藤, 2003)。上述の理由から事実上一般人の入洞は困難で、今のところ洞内環境が攪乱される心配はないが、生物学的に価値が高い洞穴であることを述べておく。

## 精進風穴第1・第4・第5・記念物重要資料29(第2)・上人穴・無名穴(上人穴第2?)

この付近は溶岩洞穴が集中している。しかし、いずれも浅く、入洞できる範囲は限られる。2006年9月25日に、精進風穴第1、第5、記念物重要資料29でウサギコウモリが各1個体、無名穴で種不明の飛翔する1個体が確認された。ただし、調査者に驚いて飛び出した個体を、重複して計数していることも考えられる。精進風穴第4には少量のグアノの堆積が認められ、活動期のねぐらとして利用している可能性もある。精進風穴第5、記念物重要資料29、上人穴でも洞床に泥質が認められたが、グアノなのか外部から流入した土壌なのか判然としなかった。精進風穴第1、第4には小さな水溜りがあるものの、無脊椎動物は総じて低調であった。

なお、山梨県教育委員会(1996)に掲載されている図面と比較すると、記念物重要資料29は精進風穴第2、無名穴は上人穴第2の可能性がある。

## 富士風穴第1

国指定天然記念物で、観光洞穴として管理されていないものの、エコツアーや一般観光者の入洞が多い洞穴である。年間の入洞者数は把握できているだけで約1万人である(山梨県観光資源課, 2009)。洞内が広く氷で覆われているのが特徴で、蚕種の保存場として利用されていたこともある。山梨県(1925)は、「夏日

氷を埋蔵すること頗る多量で、此の点に於ては現在知られたる富士の三十洞穴中他に比肩し得るものはない。洞底はもとより、側壁も、天井も悉く氷で張り詰め、殊に洞尻の氷柱は玲瓏として人目を驚かす」と記している。1927年(昭和2年)9月には、氷柱の最長は1丈2寸(約306cm)で人物の背丈をはるかに超える写真が掲載されており(石原, 1929)、現在見られるものより大きいことから、より寒かったことも窺われるが、洞内気温は中央部で華氏35°F(1.7°C)、最奥部で34°F(1.1°C)と記録されていて計測誤差を考えると今日と変化はない。本調査のデータロガーの計測では、洞口から約50m地点で最高気温1.6°C、最低気温-2.4°C、最奥部(230m)では-0.2°Cで一定していた。他の洞穴では多少なりとも洞外気温の影響を受けているのに対し、本洞穴はきわめて特異的である。

山梨県(2003)では、1999年8月にコキクガシラコウモリの記録があるが、洞内の気候条件からするとコウモリ類の通常の利用は期待できず、本調査でも確認できなかった。無脊椎動物もほとんど採集されていないが、最奥部の水溜りからナガコムシ類が得られているのは注目できる。

洞内気温は、データロガーからデータを回収する際(2006年12月25日、2007年5月23日)に若干上昇している。同じ様な気温の上昇が時々見られるが、人が近づいたりしたことによる影響なのかは不明である。いずれにしても、人の立ち入りによる洞内気温への著しい影響は認められない。

## 本栖風穴第1 第1洞口・第2洞口

国指定天然記念物で、2か所のガス噴出孔が堅穴を形成している。入洞するには、この噴出孔を降下する必要があり、一般人の入洞は不可能である(入洞も禁止されている)。しかし、洞穴探検としてしばしば入洞者もあるようである。洞内には、1960年代の日付が記された大学探検部の落書きも残されている。洞穴は噴出孔を中心に南北に延び、本調査では南側を第1洞口、北側を第2洞口と呼ぶ。

第1洞口、第2洞口ともキクガシラコウモリとモモジロコウモリ(死体)が確認され、さらに第2洞口ではヒメホオヒゲコウモリとテングコウモリの死体が得られている。第2洞口は越冬に利用されており、2007年2月27日にキクガシラコウモリが3個体確認された。これに対し、第1洞口では越冬個体は確認されていない。第2洞口は洞口から近い部分は天井の崩落が激しく、コウモリ類は主に最奥部のホール状の部分にいます。両洞口とも200m以上の洞長を有し、構造的にも似ているものと思われるが、最低気温は第2洞口が2.5°C、第1洞口は-0.2°Cとなり、キクガシラコウモ

りの越冬条件を比較する上で興味深い。繁殖期の調査は2002年7月19日に行なわれているが、コウモリ類は確認されていない（白石，2003）。糞は散在しているもののグアノの堆積は認められず、繁殖洞としては利用されていないものと考えられる。

無脊椎動物はあまり採集されていないが、コムシ類やガロアムシが得られていることが注目される。

## 本栖風穴第2

モモジロコウモリ、ウサギコウモリ、テングコウモリの越冬洞として利用されている。先に述べたとおり、これら単独越冬性の種はキクガシラコウモリに比べ低温耐性に優れると思われる。2007年2月27日には、洞内は広く結氷しており、他の越冬洞穴に比べ低温であることが窺われた。ただし、越冬個体が利用していた支洞内（支洞A）は氷が少なく、主洞部に比べて暖かい場所を選んでいるようである。本洞穴の主洞部は、単独の空間の大きさでは日本最大であるという（山梨県教育委員会，1996）。また、洞口付近から狭い空間に入る支洞内（支洞B）は、冷気がこもるためか多数の氷筈や氷柱が発達している。現在は入洞者数は少ないものと思われるが、エコツアーなどの利用が増える可能性もある。

## 本栖氷穴

崩落により入洞できる範囲は限られている。コウモリ類も無脊椎動物も確認されなかった。

## 大室風穴第1

少数ながらキクガシラコウモリの越冬洞穴として利用されている。ただし洞口から近い部分は天井の崩落が激しく、コウモリ類が利用しているのは奥部に限られる。特に越冬場所は、天井が2層になった上段で、暖かい空気が溜まるような構造になった部分であった。本洞穴は、重要洞穴としてデータロガーを設置し、温度・湿度の計測を行なった。その結果、最高気温7.8℃、最低気温1.6℃と、キクガシラコウモリの越冬条件を満たしていると考えられた。しかし、最低気温は計測した越冬洞の中では神座風穴第1と並んで最も低く、変動もやや大きい。洞内で確認した死体ものべ6個体と、神座風穴（のべ8個体）に次いで多く、他の洞穴と比べると越冬条件は厳しいものと思われる。

洞奥には小さな水溜まりがあり、無脊椎動物は多数採集されている。カワサワホラトゲトビムシ、カマクラオノヒゲアリツカムシの一種、ツチカニムシの一種 *Allochthonius* (*Spelaeochthonius*) sp. など洞穴性の種の記録もある（伊藤，2003）。これらの生物の生息地としても重要な洞穴の一つである。

ところで、「大室洞穴」は国指定天然記念物である。「天然記念物大室洞穴」と刻まれた標柱が現地に建てられているが、そこには大きな陥没があるだけで洞口は認められない。西宮（1988）はこれを、「現在は入口が埋没していて、本洞には入洞することができない。ただ、本洞の右側に第二洞の入り口が存在するが、規模は極めて小さく、四メートル前後で天井の墜落岩塊で洞穴はうまっており、この第二洞穴は天然記念物に指定されていないのである」と記している。これに対し山梨県教育委員会（1996）は、この標柱は過ちであるとしている。同書の「大室風穴第1」と、石原（1929）が「大室洞穴」として示している図や記述はほぼ一致するため、後者の見解が正しいものと思われる。ただし、鳴沢村の関係者（私信）によると、この陥没こそが「大室洞穴」であるという了解となっているとの説もあり、真相は定かではない。本調査（表2-2-1および図2-2-1）では、「大室洞穴」の標柱のある場所は錯誤との立場をとり「大室陥没」と示した。

## 背負子風穴第1・第2・第3・第4・無名穴（第5?）・記念物重要資料95

この付近は溶岩洞穴が集中している。しかし、いずれも浅く、入洞できる範囲は限られる。本調査では、2005年9月29日に背負子風穴第3と無名穴で、ウサギコウモリが各1個体確認されただけであったが、2001年8月には、背負子風穴第1でキクガシラコウモリ2個体、背負子風穴第2でテングコウモリ1個体も確認されている（白石，2003）。無名穴は、背負子風穴第5の可能性もある。背負子風穴第3は、重要洞穴としてデータロガーを設置し、温度・湿度の計測を行なった。その結果、洞内の最高気温16.0℃、最低気温は-2.9℃で、少なくとも越冬には適さないものと思われた。また、いずれの洞穴にもグアノの堆積は認められず、繁殖洞として利用されている可能性も低い。少数個体が活動期のねぐらとして利用しているものと思われる。

無脊椎動物は総じて低調だが、背負子風穴第3に設置した誘引トラップ中からクマムシが得られているのは注目される。

## 神座風穴第9・第10・第11・川越風穴・佐藤風穴・東海風穴・ローリー風穴・無名穴

この付近は溶岩洞穴が集中している。コウモリ類の確認は、神座風穴第10でウサギコウモリ1個体と不明種1個体、神座川越風穴でキクガシラコウモリの死体とウサギコウモリ2個体、神座佐藤風穴で不明種1個体（神座風穴第10の個体と同じ可能性あり）、神座東海風穴でキクガシラコウモリ1個体と少数に限られ

た。神座風穴第 10 と無名穴にはグアノの堆積があり、神座東海風穴でも、少量ながら糞が認められたことから、活動期のねぐらとして利用しているものと思われる。神座ローリー風穴は、洞内に小さな水溜りがある。

無脊椎動物は、神座風穴第 10 で多く採集され、ウエノヒラタゴミムシ *Colpodes uenoi* のような固有性の高い洞穴性種も得られている。無名穴でカニムシが得られたことも注目される。

### 軽水風穴

富士山北麓地域において、現在知られている最も大きなキクガシラコウモリの越冬洞穴である。2007 年 2 月 5 日には 164 個体、2008 年 3 月 25 日には 186 個体が確認された。このほか、越冬期にはテングコウモリ、それ以外の時期にはモモジロコウモリ、ウサギコウモリも確認されている。洞内の最低気温は 5.4℃と、他の越冬洞穴と比べても高く、条件の良い場所であると考えられる。越冬個体は、洞穴の最奥部（400m）ではなく、洞口から 250m の地点を多く利用していた。ここは、最奥部より冬期の気温が高いだけでなく、天井の崩落も少なく、やや広い空間となっている。

本洞穴は、富士山北麓の溶岩洞穴でも最大級の洞長をもつが、発見が 1959 年（昭和 34 年）と新しいこともあり、国指定ではなく山梨県指定天然記念物となっている。洞内の様子やコウモリ類に関する古い記録もあまり残されていないが、山梨県教育委員会（1996）には「途中の支洞分岐部では左側支洞でコキクガシラコウモリのコロニーを昭和 37～38 年の冬期に見られたが、現在は殆ど見掛けられない」とある。「左側支洞」とは、本調査において最も越冬個体の多かった場所と一致する。また、吉行（1971）は 1964 年 4 月にキクガシラコウモリを 1 個体記録し、依田（1988）は、「（本洞穴を含め鳴沢村内の）洞穴や風穴をつぶさに調査して回ったが、コウモリの生息が確認されたのは神座風穴だけで、他の洞穴では 1 頭も発見できなかった」としている。

2007 年 7 月 12 日の調査では、キクガシラコウモリ 1 個体、ウサギコウモリ 2 個体が確認されただけで、哺育コロニーは認められなかった。繁殖洞ではなく、越冬と活動期のねぐらとして利用されているものと思われる。

洞床にはグアノの堆積もみられるが、本調査では大型無脊椎動物はあまり採集されていない。伊藤（2003）は、カワサワホラトゲトビムシ、スズカホラトゲトビムシ、ウエノヒラタゴミムシなどの洞穴性種を報告している。

### 神座風穴第 1・蒲鉾穴・眼鏡穴

神座風穴第 1 は、コウモリ類の繁殖洞・越冬洞として利用されている。2007 年 7 月 18 日にはキクガシラコウモリの約 150 個体以上（成獣のみ）の哺育コロニー、2007 年 1 月 15 日にはキクガシラコウモリ 39 個体、ウサギコウモリ 3 個体の越冬がそれぞれ確認された。活動期にはウサギコウモリも確認されている。キクガシラコウモリは、越冬期には最奥部（400m）に最も多く 21 個体が認められたが、洞口から 100～400m の間にも少数個体が散らばっていた。繁殖期にはこれら奥部では確認されず、約 100m 地点を利用していたことは興味深い。

石原（1929）は、本洞穴の特徴として、洞内気温は外気温と大差がなく風通しもよい、「風穴」の名称はこの洞穴で初めて妥当であることを知ったと記し、1927 年 9 月 23 日の実測値として、外気 59° F (15.0℃)、洞口より 50 間奥（約 91m）55° F (12.8℃)、最奥 49° F (9.4℃) を示している（当時の「最奥」は現在と異なり約 300m 地点である）。これに対し、本調査のデータロガーの計測では、2006 年 9 月 22 日 9:00 に洞外気温 15.2℃、洞内（100m）13.3℃、洞奥（400m）8.6℃で、計測誤差を考慮すると、それほど違いはないように思われる。石原（1929）は、たまたま洞外気温と洞内気温が近くなる時期に計測したために誤ったが、本洞穴も他の洞穴と同じように洞内気温は安定的である。しかし、約 300m 地点から先の狭隘部で通風を感じることは、石原の観察どおりである。

本洞穴のコウモリ類については、山梨県（1925）、石原（1929）、山梨県教育委員会（1996）では触れられておらず、依田（1988）が、ウサギコウモリとキクガシラコウモリを併せて 3 個体確認したと記録している程度である。最近では白石（2003）が、2001 年 8 月にキクガシラコウモリ約 50 個体を確認し、繁殖洞であることを報告している。

洞内にはグアノの堆積が多く、無脊椎動物も豊富である。キクガシラコウモリの死体からは、チビシデムシ科の一種が採集されている（洞穴性かどうかは不明）。

蒲鉾穴は、神座風穴第 1 の支洞とされるが、現在は中間部が崩落し、末端部が約 30m 程開口するのみである。本調査でキクガシラコウモリが 1 個体確認されたほか、2001 年 8 月にもキクガシラコウモリが 1 個体確認（白石，2003）されており、活動期のねぐらとして利用されているものと思われる。眼鏡穴は、神座風穴第 1 の末端近くに位置することから、関係があるものと考えられ、「神座風穴附蒲鉾穴および眼鏡穴」と一体のものとして国指定天然記念物となっている。

## 和人穴第1・第2・第3・第4・第5・記念物重要資料91

この付近は溶岩洞穴が集中している。しかし、いずれも浅くて狭く、入洞できる範囲は限られる。コウモリ類は、和人穴第1でキクガシラコウモリが1個体確認されただけであった。本洞穴では少ないながらグアノの堆積が認められた。また、小さな水溜りもある。このほか、和人穴第4では、2001年9月にキクガシラコウモリとウサギコウモリが各1個体確認されている（白石，2003）。無脊椎動物は総じて低調であるが、伊藤（2003）は、洞穴性のスズカホラトゲトビムシを記録している。

### 片蓋穴

比較的浅い洞穴だが、複雑な構造をしており、洞壁もきれいだ。2006年6月19日には、キクガシラコウモリ、ウサギコウモリ、テングコウモリの3種が確認された。グアノの堆積も認められたことから繁殖や越冬に利用している可能性が考えられ、重要洞穴としてデータロガーを設置した。その結果、洞内の最高気温19.0℃、最低気温1.2℃で、気温変動もやや大きいため、キクガシラコウモリの越冬には条件が厳しいように思われる。2005年11月18日にコウモリ類は確認されなかったものの、より低温耐性に優れると考えられるウサギコウモリやテングコウモリは、越冬洞穴として利用することがあるかもしれない。哺育コロニーは確認されなかった。

無脊椎動物ではカニムシが得られていることが注目される。洞内には小さな水溜りもある。

### 行者穴

単純な構造の洞穴で、崩落も激しい。洞口近くでウサギコウモリを確認したが、調査者に驚いて片蓋穴から飛び出した個体を、重複して計数していることも考えられる。無脊椎動物も低調であった。

## 小御岳氷穴第1・第2・第3

他の溶岩洞穴とは飛び離れ、精進口登山道四合目（標高2,050m）付近にある。富士山の割目噴火口とされ（山梨県教育委員会，1996）、洞内の赤色のスコリアは印象的である。本調査ではコウモリ類は確認されなかったが、2001年9月に小御岳氷穴第2でウサギコウモリが2個体確認されている（白石，2003）。小御岳氷穴第2は重要洞穴としてデータロガーを設置し、温度・湿度の計測を行なった。その結果、洞内の最高気温は10.6℃、最低気温は-5.3℃と、他の洞穴に比べれば低めであったが、洞外気温が17.5℃～14.1℃であることを考えると、やはり安定的である。活動期のねぐらとしては、利用されている可能性がある。

無脊椎動物は、総じて低調であった。

## 吉田胎内・複合溶岩樹型第5・第23・第24

国指定天然記念物である。青木ヶ原樹海ではないが、エコツアーで利用されていることから調査を行なった。溶岩樹型は、溶岩流の流れやガスの噴出によって形成された溶岩洞穴とは異なり、溶岩流に取り込まれた樹木の痕である。個々は小規模だが、数が多い。本樹型群も主洞である吉田胎内の周囲に、大小60余りの樹型が点在している（山梨県教育委員会，1996）。また、複数の樹木が重なりあって空洞を形成した複合樹型はやや大型で構造も複雑である。

吉田胎内は、洞口に鍵付ゲートが設置され、許可なく入洞することはできない。その他の樹型は事実上自由に立ち入ることができる。本調査では11月末とやや遅い時期であったためか、コウモリ類は確認されなかった。しかし、吉田胎内では2000年12月にモモジロコウモリ（山梨県，2003）、2005年7月にキクガシラコウモリ、ウサギコウモリ、テングコウモリの少数個体が確認されている。また、ウサギコウモリは複合溶岩樹型第24でも確認されている（中川雄三氏，私信）。

無脊椎動物は、吉田胎内からトビムシ類が採集されただけであった。

### 雁ノ穴（崩れ穴）

主洞（崩れ穴と流れ穴）は溶岩洞穴であるが、周囲には16本の溶岩樹型もある。青木ヶ原樹海ではないが、国指定天然記念物で、エコツアーで利用もされていることから調査を行なった。キクガシラコウモリの繁殖洞で、2007年7月12日には100個体以上（成獣のみ）の哺育コロニーが確認された（洞内が狭くコウモリへの影響が憂慮されたため正確な計数はしていない）。また、2006年8月30日にはコキクガシラコウモリとウサギコウモリが各1個体確認された。白石（2003）は、2001年8月と2002年5月にテングコウモリを各1個体確認している。

本洞穴（崩れ穴）のキクガシラコウモリは、大正末期には知られており、山梨縣（1925）には「夏日突如として此の横穴に這入らんか蝙蝠がけただましく南北の横穴を飛び廻ることがある。この蝙蝠は菊頭という種類で人里に棲むものより大形で翼を張ると八寸位に達するものさえある」とある。また、「近來漸く人の訪うもの多く中には狼藉の振舞をなす輩もあるので、山梨県では岩石の採集蝙蝠の捕獲を厳禁の制札を立てられた」とも記している。吉行（1971）は1970年7月25日に「子供を胸につけた雌の集団約20頭ほどが棲息していた。明らかに繁殖集団で、出産時期に

のみ、この溶岩洞を利用するものと思われる」としている。現地の案内板（1977 年）にも「貴重な「子持ちキクガシラ」（コウモリ的一种）がすんでいる」の一文がある。

データロガーによる計測によると、洞内の最高気温は 2006 年に 12.9℃、2007 年に 14.5℃であったが、最低気温は 2006 年に -6.8℃、2007 年に -4.3℃と小御岳氷穴第 2 に匹敵する低温であった。コウモリ類の越冬には適しておらず、吉行（1971）の指摘するとおり、繁殖洞や活動期のねぐらとしてののみ利用されているものと考えられる。

洞内は狭く短い。富士山北麓の洞穴では最も多くのグアノの堆積が集中して認められ、入洞時には鼻をつくほどである。無脊椎動物も豊富で、誘引トラップによる採集個体数も調査洞穴の中では最多であった。真洞穴性のホラヒメトビムシ *Acherontides vivax*（伊藤，2003）や、固有性の高いフジツヤムネハネカクシ *Quedius sugai*（本調査）など注目される種も採集されている。ホラヒメトビムシは、富士山の新时期溶岩洞から得られた初めての真洞穴性動物である（本洞穴の母体となっている雁穴丸尾溶岩の噴出年代については、津屋（1968）、町田（1977）、上杉（1998）などが新时期溶岩としているのに対し、宮地（1988）は中期（2200 年前）以前とし国土地理院（2003）もこれに基づき図化している。しかし、最近では 1400～1600 年前頃と考えられ（高田ほか，2007）、宮地（2007）も新时期溶岩としている）。

本洞穴は、富士山北麓地域の中でも生物学的な価値が高い洞穴の一つである。富士吉田市外二ヶ村恩賜県有財産保護組合の管理下にあるものの、事実上入洞は自由で、エコツアーに利用されることもある。先に述べたとおり、洞内は狭く、コウモリ類は手に取れる距離にいる。繁殖期は当然のことながら、その他の時期も、浅くて脆い洞壁を崩落させ洞内環境が変化してしまうおそれが強いため、入洞規制をすることが望ましい。

### （3）エコツアー利用と洞穴の保全

富士山北麓地域では、これまでに 3 科 14 種（フジホオヒゲコウモリを亜種区分すると 16 種）のコウモリ類が記録されている。このうち、アブラコウモリを除く 13 種が山梨県レッドリスト（山梨県，2005）で何らかのランクで掲載されている。種の希少性にとどまらず、コウモリ類は青木ヶ原樹海を中心とした富士山の環境を象徴する生物であり、洞穴性種の場合には無脊椎動物に餌を供給する洞穴生態系のキーストン種としても重要である。富士山の溶岩洞穴からは、固有性の高い洞穴性無脊椎動物も発見されており、コウ

モリ類の保護はそれらの生物種の保護にもつながるものと考えられる。

洞穴性無脊椎動物の本来の生息場所は、土壌層と母岩との間の地下浅層だと考えられている（上野，1991）。地下浅層と同じような安定的な環境を溶岩洞穴が持ち得るのは、形成から長い年月を経て風化が進んでからである。従って、富士山の溶岩洞穴で特殊化の進んだ真洞穴性動物が見られるのは、約 1 万年の歴史をもつ旧期溶岩洞に限られるとされてきた。しかし、最近になり、雁ノ穴や精進御穴日洞などの新时期溶岩洞で、真洞穴性種やその可能性が高い生物が発見された（伊藤，2003）。富士山の洞穴性動物は比較的古い時代から調べられているが、主要な成果は駒門風穴や不動穴といった静岡県側の旧期溶岩洞からのものであった。山梨県側の新时期溶岩洞では、今後、新たな知見が得られる可能性が期待され、そのためにも洞穴内の環境を保持する必要性は高い。

洞穴生物の保全には、人の立ち入りを規制することが最も効果的である。特にコウモリ類が繁殖、越冬に利用している西湖コウモリ穴、精進御穴日洞、本栖風穴第 1、本栖風穴第 2、大室風穴第 1、神座風穴、軽水風穴、雁ノ穴は、優先的に保護されなければならない。さらに、コウモリ類の利用や無脊椎動物の確認状況から、記念物重要資料 100、精進御穴月洞、片蓋穴も、これらに準ずる生物学的価値を有していると考えられる。また、鳴沢コウモリ穴もかつて大きな繁殖洞であったと考えられ、回復のための取り組みが期待される。

コウモリ類を脅かさないため、繁殖期、越冬期の入洞が厳禁であることは自明であるが、それ以外の時期にも入洞は控えるべきである。富士山の自然環境を象徴するコウモリ類の観察は、エコツアーのプログラムとして魅力的であるという意見があるかもしれないが、エコツアーだからこそ環境への影響にはより一層の配慮が要求される。コウモリの会では「コウモリ観察会実施ガイドライン」で、洞穴に入らなくてもコウモリ類の理解は可能であるなどの理由から、洞穴内での観察会は後援しないとしている。観光洞穴として公開されている西湖コウモリ穴、富岳風穴でも、運が良ければコウモリ類を観察することは可能である。

エコツアーガイドラインでは、「コウモリ類が利用している洞穴は原則的に利用不可とし、特に、大室風穴第 1、神座風穴については、生態系保全の必要性が高いことから入洞不可とする。」（規定 2-1-4）としている。上述した洞穴のうち、西湖コウモリ穴は観光洞穴として一般公開しているが、立ち入りを制限したバット・ゲートや保護洞の設置、コウモリ類の越冬期の閉鎖、モニタリング調査といった保護対策もとられて



いる。最近では、コウモリ類も徐々に回復傾向にあるようである。しかし往時の記録には程遠く、繁殖期を含めた慎重な保護対策の継続が望まれる。また、西湖コウモリ穴に限らず観光洞穴では、洞内照明の周辺に本来ないはずの緑色植物が生育したり、気温が上昇したりする現象が認められる。例えば、西湖コウモリ穴では、洞内気温が約 10℃の際、照明の前では 12.8℃（2005 年 11 月 24 日）であった。洞内気候に影響を与えるほどではないと考えられるが、発光ダイオード（LED）照明への転換など、より洞内環境を攪乱しないような工夫が求められる。

精進御穴日洞と月洞は、宗教上の聖地として管理されており、入洞することはできない。本栖風穴第 1 は、エコツアーガイドラインで「安全面から入洞不可」としており、技術的にも通常のエコツアーでは入洞することは難しい。記念物重要資料 100 も、エコツアー利用ルートから外れることや、洞穴の構造から人の利用はほとんどないものと思われる。しかし、これら以外の洞穴に対しては、何らかの入洞規制が必要である。エコツアーに関しては、エコツアーガイドラインの規定（2-1-4）を改訂し、大室風穴第 1 と神座風穴のほかに、軽水風穴、本栖風穴第 2、片蓋穴も入洞不可として加えることを提案したい（「神座風穴」も「神座風穴第 1」と名称を明確にしたほうがよい）。ただし、本栖風穴第 2 は、主洞部が単独の空間の大きさでは日本最大（山梨県教育委員会、1996）であったり、洞口付近から狭い空間に入る支洞 B は多数の氷筈やつららが発達したりするなど興味深い観察も可能なため、コウモリ類が越冬に利用している支洞 A のみの規制でもよいかもしれない。

また、青木ヶ原樹海に位置しないためエコツアーガイドラインの対象外であるものの、雁ノ穴（崩れ穴）もキクガシラコウモリの繁殖洞穴として極めて重要である。現在は、事実上自由に入洞できるが、繁殖期だけでなく年間を通して入洞を禁ずるべきである。

先に述べたとおり鳴沢コウモリ穴は、保全措置を講ずることによって、古い記録にあるような繁殖洞穴として回復することも期待できる。

一方、現在、観光洞穴以外では最も利用者が多いと考えられる富士風穴第 1 は、特異的に洞内気温が常に 0℃前後で洞穴生物も貧弱であった。現時点では、人の利用による洞穴生物への影響はないものと考えられる。

古くから一部の愛好者で行なわれてきた洞穴探検については、エコツアーのように実態把握が行なわれていない。本栖風穴第 1、神座風穴、軽水風穴のような長大な洞穴は、洞穴探検の対象としても好まれる傾向がある。これらの洞穴では本調査期間中に、タバコ

の吸殻や割れたウイスキー瓶といった新しいゴミの増加が認められた。早急に利用実態の把握を進めるとともに、コウモリ類などへの影響を排除するための方法を検討する必要がある。例えば、事前の届出と報告を義務づけ、特定の洞穴や短い期間に入洞者が集中することがないようにする方法も効果的であろう。

これら以外の洞穴については、現時点ではその価値を評価できるだけの資料が不足している。限られた調査努力は、どうしても規模の大きな洞穴やコウモリ類が高頻度で利用しているような洞穴に優先的に振り向けざるを得ない。それでも、本調査によって富士山北麓地域の洞穴が網羅的に調べられ、生物学的な知見が追加されたことは意義がある。

データロガーによる計測で、詳細な気候データが得られたことも大きい。例外的な富士風穴第 1 を除き、洞内気温は程度の差はあっても洞外気温の影響を受けている。同じ洞穴でも暖冬の年は洞内気温も高く、厳冬の年は低い傾向がある。最近 40 年間の平均気温は、河口湖気象観測所で約 1.4℃、富士山頂で約 1.1℃上昇しており（気象庁HP、気象統計情報）、こうした長期的な気候変動が洞穴内の環境へ影響を及ぼす可能性も否定できない。冬期の気温が低過ぎるために現在は越冬に利用されていないような洞穴が、将来的には越冬洞穴となる可能性もある。もちろん逆に、利用されている洞穴が、条件にあわなくなることもあるかもしれない。

無脊椎動物については、誘引トラップ調査によって多数の試料が得られたことは二つの意義がある。一つは、従来、専ら肉眼レベルで見つけ採りによって行なわれてきたために少数の個体しか得られなかった洞穴性無脊椎動物が、非肉眼的なスケールを含めてはるかに多くの個体を得る方法が確立されたことである。本調査で得られた多数の試料の中には、真洞穴性の種や固有性の高い種が含まれていることが期待される。

もう一つは、十分な個体数の生物種が採集できることで、洞穴環境の生態学的評価や人の利用による影響について定量的に把握できる可能性があるということである。真洞穴性種のように洞穴環境への依存度が高い種と、洞外から迷入したり人の靴底について持ち込まれたりしたような種を識別できれば、それらの種組成などから洞内環境の状態を段階的に評価できるようになるかもしれない。ただし、それにはさらなる労力と時間が必要である。

洞穴生物のモニタリング調査は、入洞が必要であることや、種の識別や採集に熟練が必要であることなどから基本的には専門家レベルによる調査ということになる。しかし、富士山北麓地域の多くの洞穴を網羅的、継続的に調査するには限界がある。このため、エ



エコツアーの際に、種の判別を伴わなくてもコウモリ類が「いた・いない」といった記録を集めておくことも、十分に意味のある資料となる。さらに将来的には、専門知識や技術を有したエコツアーガイドによって、モニタリングを兼ねたエコツアーを実施することも考えてよいのではないだろうか。

#### 謝辞

笹川修氏には、洞穴調査に際して技術的なサポートをしていただきました。中川雄三氏には、西湖コウモリ穴をはじめ、コウモリ類の記録についてご提供いただきました。深く感謝申し上げます。

#### 引用文献

- Altringham JD (1996) *Bats—Biology and Behaviour*. Oxford University Press. [松村澄子監修, コウモリの会翻訳グループ訳 (1998) コウモリ—進化・生態・行動. 八坂書房. 402pp.]
- 富士北麓生態系調査会 (2003) 富士北麓地域の生態系の特徴と保全のための課題. 生態系多様性地域調査 (富士北麓地域報告書), 山梨県環境科学研究所, pp. 251-272.
- 船越公威 (2000) コウモリ. 冬眠する哺乳類, 東京大学出版会, pp. 103-142.
- 船越公威, 内田照章 (1975) 温帯に生息する食虫性コウモリの生理・生態的適応に関する研究 I. ユビナガコウモリの採食活動について. 日本生態学会誌, 25(4), 217-234.
- Funakoshi K and Uchida T (1978) Studies on the physiological and ecological adaptation of temperate insectivorous bats II. Hibernation and winter activity in some cave-dwelling bats. 日本生態学会誌, 28(3), 237-261.
- 石原初太郎 (1924) 富士岳麓七湖巡り. 霊峰富士, 科学知識普及會, 4(7), 141-164.
- 石原初太郎 (1929) 史蹟名勝天然記念物調査報告第四輯. 山梨県, 135pp.
- 伊藤良作 (2003) 溶岩洞の無脊椎動物. 平成 14 年度生態系多様性地域調査 (富士北麓地域) 報告書, 山梨県, pp. 261-267.
- 川道武男 (2000) 冬眠の生態学. 冬眠する哺乳類, 東京大学出版会, pp. 31-99.
- 岸田久吉 (1924) 富士の哺乳動物界. 霊峰富士, 科学知識普及會, 4(7), 53-62.
- 岸田久吉 (1928) 富士の動物. 富士の研究VI, 古今書院, pp. 1-514.

- 国土地理院 (2003) 1:5000 火山土地条件図 富士山.
- 近藤宣昭 (2000) 冬眠制御. 冬眠する哺乳類, 東京大学出版会, pp. 261-294.
- コウモリの会編 (2005) コウモリ識別ハンドブック. 文一総合出版, 68pp.
- 町田洋 (1977) 火山灰は語る—火山と平野の自然史—. 蒼木書房. 249pp.
- 宮地直道 (1988) 新富士火山の活動史. 地質学雑誌, 94(6), 433-452.
- 宮地直道 (2007) 過去 1 万 1000 年間の富士火山の噴火史と噴出率, 噴火規模の推移. 富士火山, 山梨県環境科学研究所, pp. 79-95.
- 森田哲夫 (2000) 冬眠現象. 冬眠する哺乳類, 東京大学出版会, pp. 3-23.
- 西宮克彦 (1985) 地形と地質. 上九一色村誌, 上九一色村, pp. 41-105.
- 西宮克彦 (1988) 地形と地質. 鳴沢村誌 (第 1 巻), 鳴沢村, pp. 21-104.
- 沢田勇 (1976) 条虫相からみた日本産キクガシラコウモリ科コウモリの分布に関する 2, 3 の知見. 動物学雑誌, 85(2), 140-155.
- 白石浩隆 (2003) 富士北麓・青木ヶ原樹海のコウモリ類. 平成 14 年度生態系多様性地域調査 (富士北麓地域) 報告書, 山梨県, pp. 255-259.
- 高田享, 石塚吉浩, 中野俊, 山元孝広, 小林淳, 鈴木雄介 (2007) 噴火割れ目が語る富士火山の特徴と進化. 富士火山, 山梨県環境科学研究所, pp. 183-202.
- 津屋弘達 (1968) 富士火山地質図. 富士山 富士山総合学術調査報告書別冊, 富士急行.
- Ueno S (1971a) The fauna of lava caves around Mt. Fuji-san I. Introductory and historical notes. 国立科学博物館研究報告, 14(2), 201-218.
- 上野俊一 (1971b) 富士溶岩洞の動物相. 富士山 富士山総合学術調査報告書, 富士急行, pp. 752-759.
- 上野俊一 (1987) 富士山の洞窟動物. 日本の生物, 1(5), 26-30.
- 上野俊一 (1991) 富士山の洞窟動物相とその成立—とくに旧期溶岩洞の生物学的重要性—. 裾野市文化財調査報告第 5 集, pp. 45-55.
- 上杉陽 (1998) 地史. 富士吉田市史史料編第 1 巻 自然・考古, 富士吉田市, pp. 139-399.
- 山梨県 (1925) 富士山の自然界. 東京寶文館, 216pp.
- 山梨県観光資源課 (2009) H20 青木ヶ原樹海エリアポイント別利用者数. 富士山青木ヶ原樹海等エコツアーガイドライン推進協議会資料.
- 山梨県教育委員会 (1996) 山梨県天然記念物緊急調査報告書—地質・鉱物—. 345pp.
- 山梨県森林環境部 (2003) 山梨県環境資源調査報告

書. (CD-R).

山梨県森林環境部みどり自然課 (2005) 2005 山梨県レッドデータブックー山梨県の絶滅のおそれのある野生生物ー. 243pp.

依田正直 (1988) 鳴沢村の動物. 鳴沢村誌 (第 1 巻), 鳴沢村, pp. 184-231.

依田正直, 瀬田実 (1985) 動物. 上九一色村誌, 上九一色村, pp. 257-316.

吉行瑞子 (1971) 富士山の翼手類. 富士山 富士山総合学術調査報告書, 富士急行, pp. 829-833.

ホームページ

文化庁 国指定文化財等データベース

<http://www.bunka.go.jp/bsys/>

気象庁 気象統計情報

<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>

表 2-2-1 調査洞穴(1)

No.	区分	洞穴名称	緯度				経度				標高 m	延長 m	計測
			°	度	'	分	″	秒	°	度			
西湖コウモリ穴群													
1	●	西湖コウモリ穴	35	29	34.69	138	40	23.14	942	386.3	*		
2	○	西湖風穴第12	35	29	37.50	138	40	23.47	920	107.8	*		
3	○	西湖風穴第13	35	29	38.40	138	40	23.30	917	110.6	*		
4	○	西湖風穴第14	35	29	38.31	138	40	23.85	925		*		
西湖風穴群													
A	×	竜宮洞穴	35	29	04.98	138	40	05.82	949	95.9	**		
5	○	西湖風穴第2	35	29	11.21	138	39	58.84	951	298.0	*		
6	○	西湖風穴第4	35	29	10.64	138	39	53.44	957	111.3	*		
7	○	西湖風穴第6	35	29	11.54	138	39	56.78	967	50.7	*		
8	○	西湖風穴第7	35	29	09.30	138	39	50.02	959	439.9	*		
9	○	記念物重要資料99	35	29	06.21	138	39	48.56	961		*		
10	●	記念物重要資料100	35	29	06.06	138	39	47.52	961		*		
富岳風穴群													
11	●	富岳風穴	35	28	39.53	138	39	27.16	1008	258.7	*		
12	○	鳴沢氷穴	35	28	29.62	138	39	59.46	1051	155.7	*		
13	○	鳴沢コウモリ穴第1	35	28	29.97	138	41	00.38	1021	69.2	*		
14	○	鳴沢コウモリ穴第2	35	28	28.39	138	41	03.12	1014	70.2	*		
15	○	鳴沢コウモリ穴第3	35	28	28.08	138	41	03.93	1014	40.0	*		
16	○	鳴沢コウモリ穴第4	35	28	28.75	138	41	04.36	1019	48.0	*		
17	○	鳴沢コウモリ穴(第5北)	35	28	30.88	138	40	59.93	1020		*		
18	○	鳴沢コウモリ穴(第5南)	35	28	29.74	138	40	59.57	1024		*		
精進風穴群													
B	×	精進御穴日洞	35	28	15.20	138	38	18.90	999	160.6	*		
C	×	精進御穴月洞	35	28	13.52	138	38	18.10	996	247.3	*		
19	○	精進風穴第1	35	28	22.78	138	38	22.71	1000	47.1	*		
20	○	精進風穴第4	35	28	24.38	138	38	23.75	979	51.0	**		
21	○	精進風穴第5	35	28	24.00	138	38	23.62	979	20.0	**		
22	○	記念物重要資料29	35	28	24.82	138	38	23.19	978		**		
23	○	上人穴	35	28	25.22	138	38	20.81	998	46.5	**		
24	○	上人穴(2)	35	28	23.42	138	38	23.13	980	68.5	**		
本栖風穴群													
25	●	富士風穴第1	35	27	03.73	138	39	09.02	1112	582.0	*		
26	●	本栖風穴第1[第1洞口]	35	26	48.11	138	38	59.06	1141	494.3	*		
27	●	本栖風穴第1[第2洞口]											
28	○	本栖風穴第2	35	26	47.39	138	38	51.85	1164	235.7	*		
29	○	本栖氷穴	35	26	51.29	138	38	55.96	1160	68.1	**		
富士風穴群													
D	×	富士風穴第2	35	27	10.65	138	39	26.41	1119	57.0	**		
D	×	富士風穴第3	35	27	09.72	138	39	27.28	1165	52.0	*		
D	×	富士風穴第4	35	27	11.90	138	39	26.33	1118	118.0	**		
D	×	富士風穴第5	35	27	11.99	138	39	27.46	1120	143.0	**		
D	×	富士風穴第6	35	27	12.81	138	39	27.32	1119	60.0	**		
D	×	富士風穴第7	35	27	13.54	138	39	26.81	1118	130.0	**		
大室風穴群													
E	×	眼鏡穴	35	26	43.74	138	39	45.66	1215	154.5	**		
30	●	大室風穴第1	35	26	47.68	138	39	45.05	1206	170.3	*		
F	×	大室陥没[誤・大室洞穴]	35	26	52.28	138	39	41.44	1191		*		
31	○	背負子風穴第1	35	26	56.56	138	39	40.79	1189	230.0	*		
32	○	背負子風穴第2	35	26	58.70	138	39	36.04	1158	55.3	*		
33	●	背負子風穴第3	35	26	59.88	138	39	35.09	1154	35.0	*		
34	○	背負子風穴第4	35	27	03.42	138	39	33.91	1135	46.5	*		
35	○	背負子風穴(第5)	35	27	02.67	138	39	34.87	1135		**		
36	○	記念物重要資料95	35	27	02.81	138	39	32.93	1144		*		
神座風穴群													
37	○	神座風穴第9	35	27	00.64	138	39	53.89	1158		*		
38	○	神座風穴第10	35	27	04.52	138	39	54.15	1178		*		
39	○	神座風穴第11	35	27	01.18	138	39	57.34	1202	237.4	*		
40	○	神座川越風穴	35	27	03.05	138	39	54.12	1157	230.0	*		
41	○	神座佐藤風穴	35	27	04.38	138	39	53.79	1202	237.0	*		
42	○	神座東海風穴	35	27	00.86	138	39	58.94	1184	46.6	*		
43	○	神座ローリー風穴	35	27	00.39	138	39	57.60	1172	61.8	*		
44	○	無名穴	35	27	04.15	138	40	02.15	1174		*		

表 2-2-1 調査洞穴(2)

No. 区分	洞穴名称	緯度				経度				標高 m	延長 m	計測
		° 度	' 分	" 秒		° 度	' 分	" 秒				
軽水風穴群												
45	● 軽水風穴	35	26	32.58	138	40	04.00	1273	432.8	*		
46	● 神座風穴第1	35	26	36.50	138	39	41.49	1242	443.1	*		
47	○ 蒲鉾穴	35	26	37.61	138	39	42.66	1265	28.0	*		
和人穴群												
48	○ 和人穴第1	35	26	02.31	138	38	47.45	1158	253.6	*		
49	○ 和人穴第2	35	26	01.86	138	38	44.97	1162	44.2	*		
50	○ 和人穴第3	35	25	59.80	138	38	45.05	1174	31.9	*		
51	○ 和人穴第4	35	25	59.21	138	38	44.90	1171	101.5	*		
52	○ 和人穴第5	35	26	03.64	138	38	47.23	1158		*		
53	● 片蓋穴	35	26	00.12	138	38	55.04	1185	94.0	*		
54	○ 行者穴	35	25	59.99	138	38	56.39	1202	30.0	*		
55	○ 記念物重要資料91	35	26	04.12	138	38	46.12	1150		*		
弓射塚氷穴												
G	× 弓射塚氷穴	35	25	44.22	138	41	05.67	1457	30.0	* *		
小御岳氷穴群												
56	○ 小御岳氷穴第1	35	23	53.69	138	43	26.08	2063		*		
57	● 小御岳氷穴第2	35	23	55.53	138	43	25.89	2039	36.0	*		
58	○ 小御岳氷穴第3	35	23	56.44	138	43	25.19	2047	38.0	*		
吉田胎内樹型群												
59	○ 吉田胎内	35	26	56.74	138	45	37.01	1063		*		
60	○ 吉田胎内複合溶岩樹型第5	35	26	58.20	138	45	37.58	1074		*		
61	○ 吉田胎内複合溶岩樹型第23	35	26	56.85	138	45	35.30	996		*		
62	○ 吉田胎内複合溶岩樹型第24	35	26	56.44	138	45	34.47	997		*		
雁ノ穴群												
63	● 雁ノ穴〔崩れ穴〕	35	26	48.65	138	47	30.27	1022	61.6	*		

●重要洞穴 ○調査洞穴 ×未調査の主要洞穴

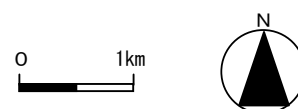
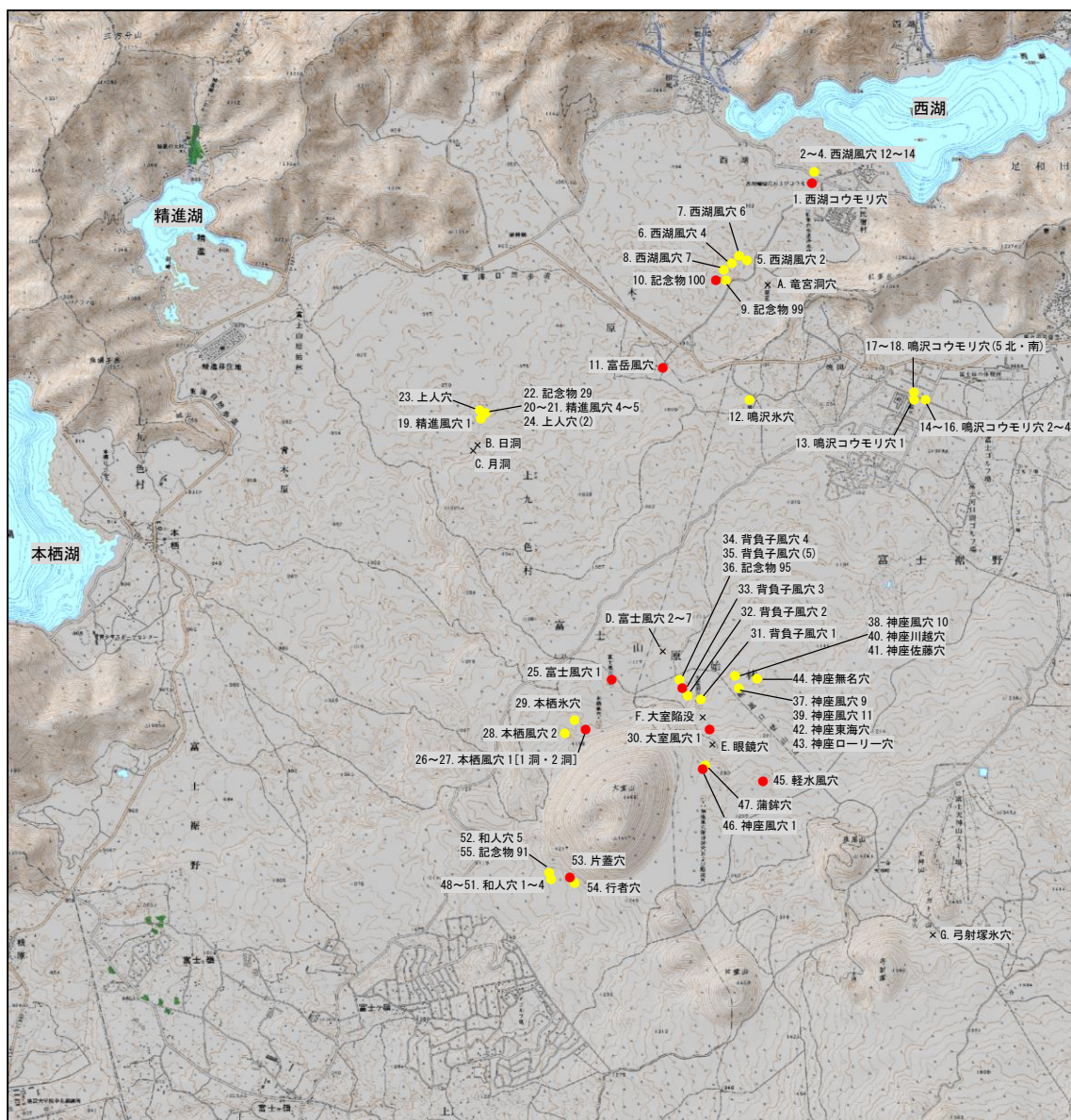
洞穴名称の( )は不確定な名称、[ ]は別称

緯度・経度・標高の計測

\* :GARMIN社製ハンディGPS(etrex Legend)で計測

\* \* :国土地理院数値地図25000をカシミール3Dで判読

延長は本洞・支洞をあわせた総距離(本栖風穴第1は第1・第2洞口の合計)。出典：山梨県教育委員会(1996)山梨県天然記念物緊急調査報告書―地質・鉱物―。



原図 国土地理院数値地図 25,000

- 重要洞穴
- 調査洞穴
- × 未調査の主要洞穴

洞穴の番号、英字は表 2-2-1 と対応している。

洞穴が集中している場所は併せて表示し、名称は簡略化しているものもある。

小御岳氷穴 1～3、吉田胎内、雁ノ穴は地図の範囲外のため表示していない。

図 2-2-1 調査洞穴

表 2-2-2 調査日と調査洞穴内訳

調査日		調査洞穴
2005年	9月16日	神座風穴第1、蒲鉾穴
	9月29日	大室風穴第1、背負子風穴1、背負子風穴2、背負子風穴3、背負子風穴4、背負子風穴(5)、記念物重要資料95
	10月14日	軽水風穴、雁ノ穴[崩れ穴]
	10月28日	西湖風穴2、西湖風穴4、西湖風穴6、西湖風穴7、記念物重要資料99、記念物重要資料100
	10月31日	本栖風穴1[第1洞口、第2洞口]、本栖氷穴
	11月18日	和人穴1、和人穴2、和人穴3、和人穴4、和人穴5、片蓋穴、行者穴、記念物重要資料91
	11月24日	西湖コウモリ穴、吉田胎内、吉田胎内溶岩樹型5、吉田胎内溶岩樹形23、吉田胎内溶岩樹形24、西湖風穴12、西湖風穴13、西湖風穴14
	12月19日	雁ノ穴[崩れ穴]、記念物重要資料99、記念物重要資料100
2006年	2月10日	西湖コウモリ穴
	5月22日	神座風穴1、蒲鉾穴、大室風穴1、鳴沢コウモリ穴1
	6月 5日	富士風穴1、背負子風穴1、背負子風穴3
	6月19日	片蓋穴、行者穴、和人穴1、和人穴3、西湖風穴7、記念物重要資料99、記念物重要資料100
	8月30日	小御岳氷穴1、小御岳氷穴2、小御岳氷穴3、雁ノ穴[崩れ穴]
	9月 8日	神座ローリー風穴、神座佐藤風穴、神座川越風穴、神座東海風穴、神座風穴9、神座風穴10、神座風穴11、神座無名穴
	9月25日	精進風穴1、精進風穴4、精進風穴5、上人穴、上人穴(2)、記念物重要資料29
	10月16日	本栖風穴1[第1洞口、第2洞口]、本栖風穴2
	10月30日	富岳風穴、鳴沢氷穴、鳴沢コウモリ穴1、鳴沢コウモリ穴2、鳴沢コウモリ穴3、鳴沢コウモリ穴4、鳴沢コウモリ穴(5北、5南)
	12月25日	富士風穴1
2007年	1月15日	神座風穴1、蒲鉾穴
	2月 5日	軽水風穴
	2月13日	記念物重要資料99、記念物重要資料100、雁ノ穴[崩れ穴]
	2月16日	大室風穴1、背負子風穴3、軽水風穴
	2月27日	本栖風穴1[第1洞口、第2洞口]、本栖風穴2
	5月23日	富士風穴1
	7月12日	雁ノ穴[崩れ穴]、軽水風穴
	7月18日	神座風穴1、大室風穴1、背負子風穴3、富士風穴1
	7月19日	西湖コウモリ穴、記念物重要資料99、記念物重要資料100、片蓋穴
	7月25日	富岳風穴
	10月22日	小御岳氷穴1、小御岳氷穴2、小御岳氷穴3、雁ノ穴[崩れ穴]
	10月29日	本栖風穴1[第1洞口、第2洞口]
2008年	3月25日	軽水風穴
	6月13日	軽水風穴
	9月10日	富岳風穴

表 2-2-3 データロガー設置洞穴および誘引トラップ設置洞穴一覧

洞穴名	設置日	データロガー			誘引トラップ				
		設置個数		回収日	設置個数			中間回収	完全回収
		洞内	洞外		ヘチマ	スポンジ	段ボール		
神座風穴第1	2005年9月16日	3	1	2007年7月18日	18	20	20	2006年5月22日	2007年7月18日
大室風穴第1	2005年9月29日	1	1	2007年2月16日	10	10	10	2006年5月22日	2007年7月18日
背負子風穴第3	2005年9月29日	1	1	2007年2月16日	10	10	10	2006年6月5日	2007年7月18日
軽水風穴*	2005年10月14日	3	1	2008年3月25日	10	10	10	2007年2月16日	2007年7月12日
雁ノ穴(崩れ穴)	2005年10月14日	1	1	2007年10月22日	5	5	5		2007年10月22日
記念物重要資料99	2005年10月28日	未調査			10	10	10	2006年6月19日	2007年7月19日
記念物重要資料100	2005年10月28日	1	1	2007年2月13日	10	10	10	2005年12月19日	2007年7月19日
西湖コウモリ穴	2005年11月24日	2	1	2007年7月19日	10	10	10		2007年7月19日
富士風穴第1	2006年6月5日	4	1	2007年7月18日	未調査				
片蓋穴	2006年6月19日	1	1	2007年7月19日					
小御岳氷穴第2	2006年8月30日	1	1	2007年10月22日					
本栖風穴第1(第1洞口)	2006年10月16日	1	1	2007年10月29日					
本栖風穴第1(第2洞口)	2006年10月16日	1		2007年10月29日					
富岳風穴	2006年10月30日	2	1	2008年9月10日					

\* 軽水風穴のデータロガーは2007年2月16日に設置

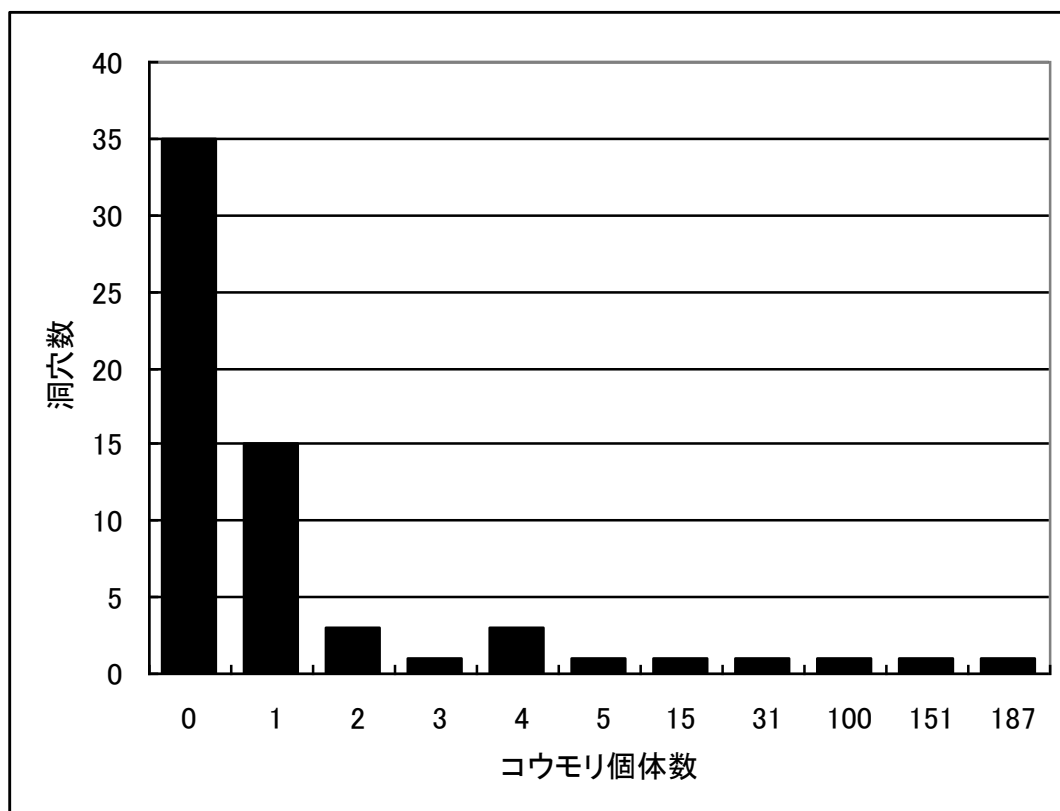


図 2-2-2 溶岩洞穴におけるコウモリ類の確認個体数

(複数回調査した洞穴では最大個体数。

西湖コウモリ穴は一般洞と保護洞の合計。)

表 2-2-4 溶岩洞穴におけるコウモリ類の確認種と個体数(1)

No.	洞穴	調査日	キクガシラ コウモリ <i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	コキクガシラ コウモリ <i>Rhinolophus cornutus</i>	モモジロ コウモリ <i>Myotis macrodictus</i>	ヒメホオヒゲ コウモリ <i>Myotis ikonnikovi</i>	ウサギ コウモリ <i>Plecotus auritus</i>	テング コウモリ <i>Murina hilgendorfi</i>	不明種	合計
1-1	西湖コウモリ穴〔一般洞〕	2005年11月24日 2006年2月10日 2007年7月19日	5	1 1	(1)		1			2(1) 6
1-2	西湖コウモリ穴〔保護洞〕	2005年11月24日 2006年2月10日 2007年7月19日	6 8				1			6 9
2	西湖風穴第12	2005年11月24日								
3	西湖風穴第13	2005年11月24日								
4	西湖風穴第14	2005年11月24日								
5	西湖風穴第2	2005年10月28日								
6	西湖風穴第4	2005年10月28日								
7	西湖風穴第6	2005年10月28日								
8	西湖風穴第7	2005年10月28日 2006年6月19日	1 4							1 4
9	記念物重要資料99	2005年10月28日 2005年12月19日 2006年6月19日 2007年2月13日 2007年7月19日	1				1			1 1
10	記念物重要資料100	2005年10月28日 2005年12月19日 2006年6月19日 2007年2月13日 2007年7月19日	2							2
11	富岳風穴	2006年10月30日 2007年7月25日 2008年9月10日	1						(2)	1(2)
12	鳴沢氷穴	2006年10月30日								
13	鳴沢コウモリ穴第1	2006年5月22日 2006年10月30日								
14	鳴沢コウモリ穴第2	2006年10月30日								
15	鳴沢コウモリ穴第3	2006年10月30日					1			1
16	鳴沢コウモリ穴第4	2006年10月30日					1			1
17	鳴沢コウモリ穴(第5北)	2006年10月30日								
18	鳴沢コウモリ穴(第5南)	2006年10月30日								
19	精進風穴第1	2006年9月25日					1			1
20	精進風穴第4	2006年9月25日								
21	精進風穴第5	2006年9月25日					1			1
22	記念物重要資料29	2006年9月25日					1			1
23	上人穴	2006年9月25日								
24	上人穴(第2)	2006年9月25日							1	1
25	富士風穴第1	2006年6月5日 2006年12月25日 2007年7月18日								
26	本栖風穴第1〔第1洞口〕	2005年10月31日 2006年10月16日 2007年2月27日 2007年10月29日	2  1		(1)				2(2) (1)	4(2) (2) 1
27	本栖風穴第1〔第2洞口〕	2005年10月31日 2006年10月16日 2007年2月27日 2007年10月29日	31  3 6		(2)	(1)		(1)	1 1	31(1) 1(3) 3 7
28	本栖風穴第2	2006年10月16日 2007年2月27日			1		1	(1) 1		(1) 3
29	本栖氷穴	2005年10月31日								
30	大室風穴第1	2005年9月29日 2006年5月22日 2007年2月16日 2007年7月18日	1 ? (1) 2 5						1(4) (1)	2(5) 2(1) 5
31	背負子風穴第1	2005年9月29日 2006年6月5日								
32	背負子風穴第2	2005年9月29日								
33	背負子風穴第3	2005年9月29日 2006年6月5日 2007年2月16日 2007年7月18日					1			1
34	背負子風穴第4	2005年9月29日								
35	背負子風穴(第5)	2005年9月29日					1			1
36	記念物重要資料95	2005年9月29日								
37	神座風穴第9	2006年9月8日								
38	神座風穴第10	2006年9月8日					1		1	2
39	神座風穴第11	2006年9月8日								
40	神座川越風穴	2006年9月8日	(1)				2			2(1)
41	神座佐藤風穴	2006年9月8日							1	1
42	神座東海風穴	2006年9月8日	1							1
43	神座ローリー風穴	2006年9月8日								
44	神座無名穴	2006年9月8日								



表 2-2-4 溶岩洞穴におけるコウモリ類の確認種と個体数(2)

No.	洞穴	調査日	キクガシラ コウモリ <i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	コキクガシラ コウモリ <i>Rhinolophus cornutus</i>	モモジロ コウモリ <i>Myotis macrocladus</i>	ヒメホオヒゲ コウモリ <i>Myotis ikonnikovi</i>	ウサギ コウモリ <i>Plecotus auritus</i>	テング コウモリ <i>Murina hilgendorfi</i>	不明種	合計
45	軽水風穴	2005年10月14日 2007年2月5日 2007年2月16日 2007年7月12日 2008年3月25日	9 164 138 1 186		1 1?		1  2	(1)  1	1	11 (1) 166 138 3 187
46	神座風穴第1	2005年9月16日 2006年5月22日 2007年1月15日 2007年7月18日	9  39 (2) 150+ (3)	1?	1		1  3 1		(3)	11 1 (3) 42 (2) 151 (3)
47	蒲鉾穴	2005年9月16日 2006年5月22日 2007年1月15日	1							1
48	和人穴第1	2005年11月18日 2006年6月19日	1							1
49	和人穴第2	2005年11月18日								
50	和人穴第3	2005年11月18日 2006年6月19日								
51	和人穴第4	2005年11月18日								
52	和人穴第5	2005年11月18日								
53	片蓋穴	2005年11月18日 2006年6月19日 2007年7月19日	2 2?				1	1		4 2
54	行者穴	2005年11月18日 2006年6月19日					1			1
55	記念物重要資料91	2005年11月18日								
56	小御岳氷穴第1	2006年8月30日 2007年10月22日								
57	小御岳氷穴第2	2006年8月30日 2007年10月22日								
58	小御岳氷穴第3	2006年8月30日 2007年10月22日								
59	吉田胎内	2005年11月24日								
60	吉田胎内複合第5	2005年11月24日								
61	吉田胎内複合第23	2005年11月24日								
62	吉田胎内複合第24	2005年11月24日								
63	雁ノ穴[崩れ穴]	2005年10月14日 2005年12月19日 2006年8月30日 2007年2月13日 2007年7月12日 2007年10月22日	100+	1			1			2 100

西湖コウモリ穴は、一般洞の奥に保護洞がある。洞穴全体の確認は、両洞を足したものとなる  
?は種の断定に疑問があるもの、( )内は死体での確認



表 2-2-6 重要洞穴における誘引トラップによる無脊椎動物の主要分類群別の採集個体数

洞穴名		西湖コウモリ穴	重要資料99	重要資料100	大室第1	背負子第3	軽水風穴				神座第1				雁ノ穴
設置日		2005年9月16日	2005年10月28日	2005年10月28日	2005年9月29日	2005年9月29日	2007年2月16日				2005年9月16日				2005年10月14日
中間回収日			2005年6月19日	2005年12月19日	2006年5月22日	2006年6月5日					2006年5月22日				
最終回収日		2007年7月19日	2007年7月19日	2007年7月19日	2007年7月18日	2007年7月18日	2007年7月12日				2007年7月18日				2007年7月12日
設置日数		671日	629日	629日	657日	657日	146日				670日				636日
設置場所															
昆虫綱	トビムシ目	合計	35	33	61	13	58	25	17	42	57	32	89	414	
		フントビムシ亜目	23	25	44	3	45	7	6	13	37	5	42		
		マルトビムシ亜目	9	8	15	9	10	16	7	23	17	17	34		
		マルトビムシ科	3		2	1	3	2	4	6	3	10	13		
	コウチュウ目 (ハネカクシ幼虫)				1									1	
倍脚綱	ハエ目 (幼虫)	4	5	2	4	22	22				2		2	39	
	ソコミジンコ目	184	33	181	1	15	5	3		8	21	21	42	1	
	カニムシ目			1										3	
	ダニ目	248	43	197	26	25			1	1	23	7	30	151	
	クモ目										2		2	3	
綱歩動物門	クマムシ類	37				31						1	1		
	ヒメミミズ類	17	50	52		37	1			1	9	10	19	7	
	陸産貝類													3	
	巻貝綱														
	線虫綱	1	4	59	67				1	1	24	1	25	1	
Total		526	168	554	111	189	31	22	53	138	74	212	623		

\* 雁ノ穴のトビムシについては個体数のみのカウントで、亜目レベルでの分類はしていない。

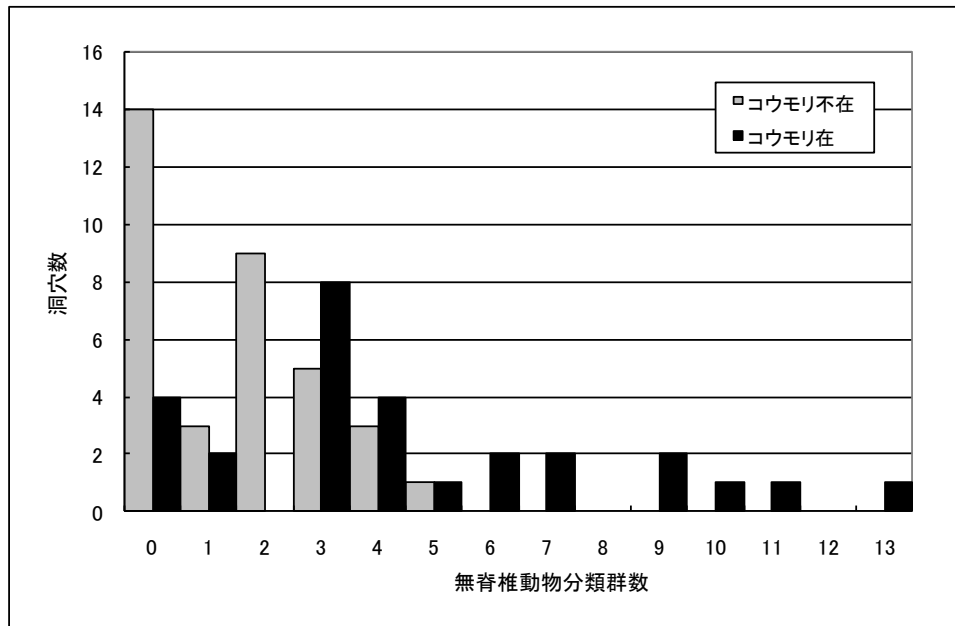


図 2-2-3 溶岩洞穴における無脊椎動物の確認分類群数

(誘引トラップによる採集は除く。複数回調査した洞穴では総計。)

西湖コウモリ穴は一般洞と保護洞の合計。)

コウモリ在の洞穴の平均 4.5 分類群、コウモリ不在の洞穴の平均 1.5 分類群

(Mann-Whitney の  $U$  検定:  $U=213.5$ 、 $z=3.90$ 、 $P<0.001$ )

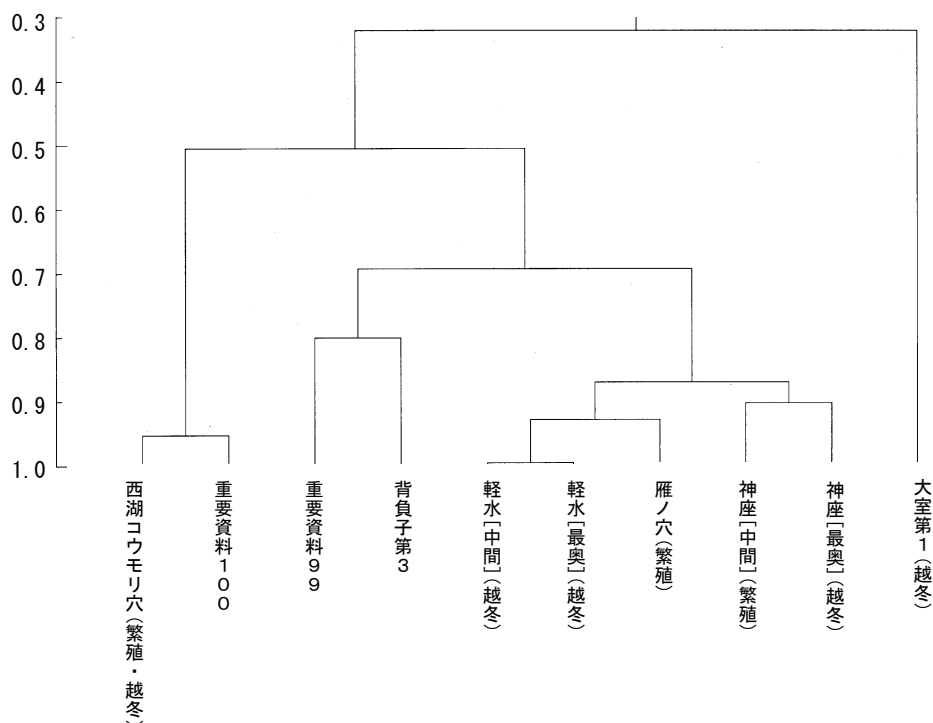


図 2-2-4 溶岩洞穴における無脊椎動物群集の類似度デンドログラム

(Pianka の  $\alpha$  指数、群平均法)

(トビムシは目レベルで集計。(繁殖・越冬)はコウモリ類の利用状況。)

表 2-2-7 洞穴内・外の温度・湿度

№. 洞穴	場所	距離	コウモリ利用 繁殖 越冬	気温		湿度		計測期間		平均値の算出期間		
				最高	最低	平均	最高	最低	平均	開始日	終了日	日数
1-1 1-2	洞外	50m	◎	25.2℃(2006年7月15日12:00)	-10.6℃(2006年1月8日7:00)	9.4±8.10℃	100%	28.5%	92.3±12.37%	2005年12月1日	2007年3月2日	456
	洞内(一般洞)	140m		13.7℃(2006年9月19日13:00)	66日 3.7℃(2006年3月17日8:00)	8.5±3.24℃	100%	66.0%	99.9±0.51%	2005年12月1日	2007年7月1日	577
	洞内(保樹洞)	140m		12.9℃(2006年10月7日16:00)	84日 3.7℃(2006年2月12日18:00)	7.7±3.24℃	100%	100%	100.0±0.00%	2005年12月1日	2007年5月1日	516
10	記念物重要資料100	洞外										
	洞外	100m		18.7℃(2006年8月23日9:00)	39日 2.5℃(2006年1月8日4:00)	8.9±5.43℃	100%	40.4%	100.0±0.00%	2005年11月1日	2006年6月19日	230
	洞外			27.1℃(2007年8月16日14:00)	0日 8.7±8.46℃	8.7±8.46℃	100%	100%	96.8±7.82%	2006年11月1日	2008年9月1日	457
11	富士風穴	120m		8.6℃(2007年8月13日16:00)	0日 -2.4℃(2008年2月17日7:00)	23日 2.8±2.72℃	100%	82.8%	99.3±2.27%	2007年7月25日	2008年9月1日	404
	洞内(中洞)	140m		6.2℃(2007年9月17日22:00)	32日 -0.6℃(2008年2月19日5:00)	25日 3.2±2.41℃	100%	98.4%	100.0±0.00%	2006年11月1日	2008年9月1日	670
25	富士風穴第1	洞外		21.7℃(2006年7月25日15:00)	-4.3℃(2007年1月9日5:00)	8.1±6.93℃	100%	68.6%	99.3±2.45%	2006年6月15日	2007年7月16日	396
	洞内(手前)	50m		1.6℃(2006年11月9日16:00)	107日 -2.4℃(2007年2月3日3:00)	25日 0.2±0.69℃	100%	99.9%	100.0±0.001%	2006年6月15日	2007年7月16日	396
	洞内(中洞)	150m		0.3℃(2006年10月12日12:00)*1	79日 -2.4℃(2007年2月3日1:00)	25日 -0.3±0.30℃	100%	90.2%	97.8±3.28%	2006年6月15日	2007年7月16日	396
	洞内(奥)	160m		0.3℃(2006年6月29日11:00)*1	— -0.2℃(2007年2月3日3:00)	25日 -0.3±0.29℃	100%	98.1%	100.0±0.12%	2006年6月15日	2007年7月16日	396
	洞内(最奥)	230m		-0.2℃(2006年6月15日1:00)*1	— -0.2℃(2006年6月15日1:00)	— -0.2±0.01℃	100%	99.9%	100.0±0.08%	2006年6月15日	2007年7月16日	396
	洞外			25.2℃(2007年8月16日14:00)	-7.9℃(2007年2月3日4:00)	8.5±7.75℃	100%	25.7%	90.5±13.38%	2006年10月30日	2007年10月16日	351
26	第1洞内	240m		6.6℃(2007年9月26日24:00)	41日 -0.2℃(2007年2月26日1:00)	23日 3.4±2.23℃	100%	91.2%	99.8±0.57%	2006年10月16日	2007年10月16日	365
27	第2洞内	200m	○	5.8℃(2007年10月10日7:00)	55日 2.5℃(2007年3月24日23:00)	49日 3.2±0.95℃	100%	93.7%	99.9±0.28%	2005年10月1日	2007年10月16日	365
30	大室風穴第1	洞外		26.3℃(2006年7月15日13:00)	-10.6℃(2006年2月4日7:00)	8.8±7.81℃	100%	33.1%	96.0±9.70%	2005年10月1日	2007年2月1日	488
33	背負子風穴第3	130m	○	7.8℃(2006年9月8日11:00)*2	55日 1.6℃(2006年5月1日1:00)	8.8±2.08℃	100%	99.3%	100.0±0.00%	2005年10月1日	2007年2月1日	488
	洞内			25.2℃(2006年7月15日15:00)	-11.7℃(2006年1月8日6:00)	8.2±8.14℃	100%	18.6%	96.2±8.47%	2005年10月1日	2007年2月1日	488
	洞内	20m		16.0℃(2006年8月20日17:00)	36日 -2.6℃(2006年1月9日7:00)	1日 3.2±6.02℃	100%	95.0%	99.97±0.27%	2005年10月1日	2007年2月1日	488
45	軽水風穴	洞外		25.2℃(2007年8月16日14:00)	-7.3℃(2006年1月19日4:00)	8.2±7.95℃	100%	67.8%	99.6±2.16%	2007年2月16日	2008年3月18日	396
	洞内(中洞)	100m		14.9℃(2007年9月7日4:00)	22日 5.0℃(2008年3月12日5:00)	53日 10.6±2.38℃	100%	100%	100.0±0.00%	2007年2月16日	2008年3月18日	396
	洞内(奥)	250m	◎	10.6℃(2007年9月20日16:00)	35日 5.4℃(2007年4月29日10:00)	90日 7.8±1.45℃	100%	66.6%	99.8±1.89%	2007年2月16日	2008年2月15日	364
	洞内(最奥)	400m	○	11.4℃(2007年8月22日14:00)	6日 3.3℃(2007年3月20日14:00)*3	55日 7.4±2.64℃	100%	100%	100.0±0.00%	2007年2月16日	2008年3月18日	396
46	神座風穴第1	洞外		22.1℃(2006年7月15日11:00)	-11.7℃(2006年1月8日7:00)	7.8±8.09℃	100%	34.0%	97.5±8.61%	2005年10月1日	2007年7月1日	638
	洞内(入口)	0m		14.1℃(2006年8月12日13:00)	28日 -6.8℃(2006年1月9日5:00)	1日 5.2±5.18℃	100%	57.4%	99.95±1.21%	2005年10月1日	2007年7月1日	638
	洞内(中洞)	100m	◎	16.4℃(2006年9月10日17:00)	57日 -0.6℃(2006年2月14日0:00)	37日 7.5±4.68℃	100%	100%	100.0±0.00%	2005年10月1日	2007年1月15日	471
	洞内(奥)	400m	◎	9.4℃(2006年8月6日11:00)*4	22日 1.6℃(2006年2月14日7:00)	37日 5.9±2.32℃	100%	100%	100.0±0.00%	2005年10月1日	2007年7月1日	638
53	片蓋穴	洞外		21.7℃(2006年7月25日14:00)	-8.4℃(2007年2月3日6:00)	8.3±7.37℃	100%	49.5%	98.7±4.34%	2006年7月1日	2007年7月1日	365
	洞内	50m		19.0℃(2006年7月25日15:00)	0日 1.2℃(2007年2月3日15:00)	8.2±5.58℃	100%	100%	100.0±0.00%	2006年7月1日	2007年7月1日	365
57	小御岳氷穴第2	洞外		17.5℃(2007年8月16日15:00)	-14.1℃(2007年2月23:00)	2.7±7.11℃	100%	49.4%	96.9±6.15%	2006年9月1日	2007年10月1日	395
	洞内	10m		10.6℃(2007年9月6日17:00)	21日 -5.3℃(2007年2月2日19:00)	0日 1.4±3.35℃	100%	93.1%	99.7±0.77%	2006年9月1日	2007年10月1日	395
63	雁ノ穴(崩れ穴)	洞外		25.2℃(2006年8月1日15:00)*5	-12.3℃(2006年1月8日6:00)	8.9±8.34℃	100%	20.9%	93.6±12.84%	2005年10月15日	2007年6月21日	614
	洞内	30m	◎	12.9℃(2006年9月19日22:00)*6	49日 -6.8℃(2006年1月9日7:00)	1日 4.1±5.11℃	100%	71.6%	97.8±4.86%	2005年10月15日	2007年10月15日	730

距離は洞口から計測場所までの距離(地図等から推算)。  
コウモリ利用は○は哺育コロニーまたは集団越冬、◎は少数個体の越冬。西湖コウモリ穴の繁殖記録は中川雄三氏の観察(私推)による。  
気温の欄の日数は、洞外気温が最高値・最低値を記録してから洞内で最高値・最低値を記録されるまでの日数。富士風穴第1はほとんど洞外気温の影響を受けず一定。軽水風穴の洞内奥の最低気温は、計測期間の関係から2007年度の記録から推定した(洞内(最奥)から35日後)。  
\* 1: 2007年5月23日には最高気温9.0℃を記録している。  
\* 2: 2005年10月2日には最高気温9.8℃を記録している。  
\* 3: 2008年3月4日には最高気温9.0℃を記録している。  
\* 4: 2005年10月2日には最高気温9.8℃を記録している。  
\* 5: 2006年5月1日14:00に最高気温28.3℃(特異値)を記録している。  
\* 6: 2007年9月6日には最高気温14.5℃を記録している。

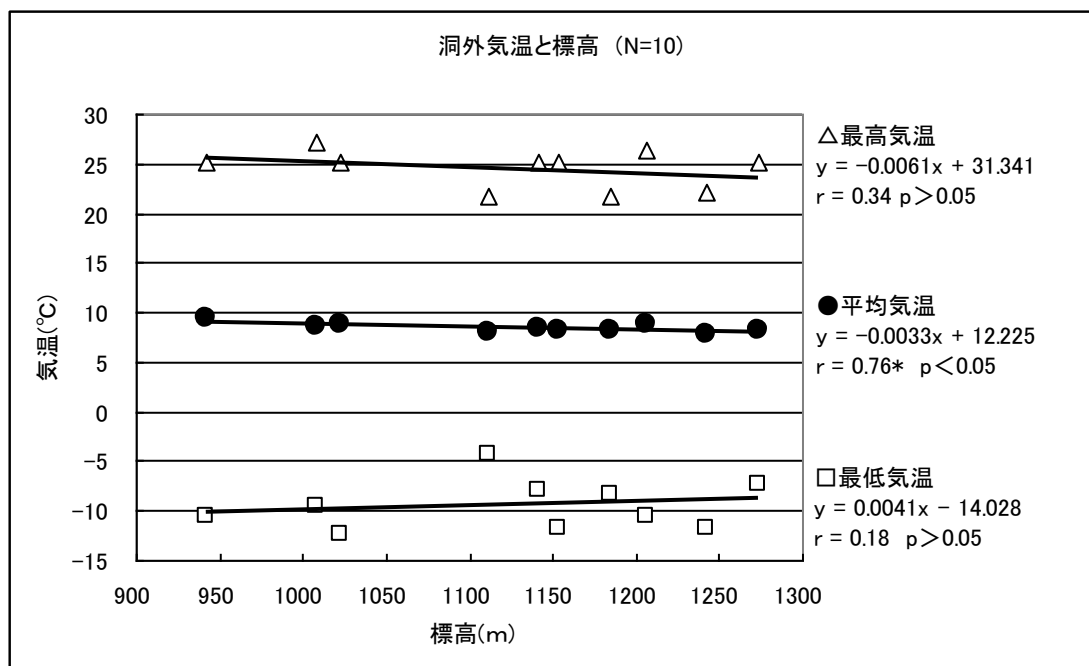


図 2-2-5 洞穴外部の気温と標高の関係  
 記念物重要資料 100、小御岳氷穴第 2 を除く

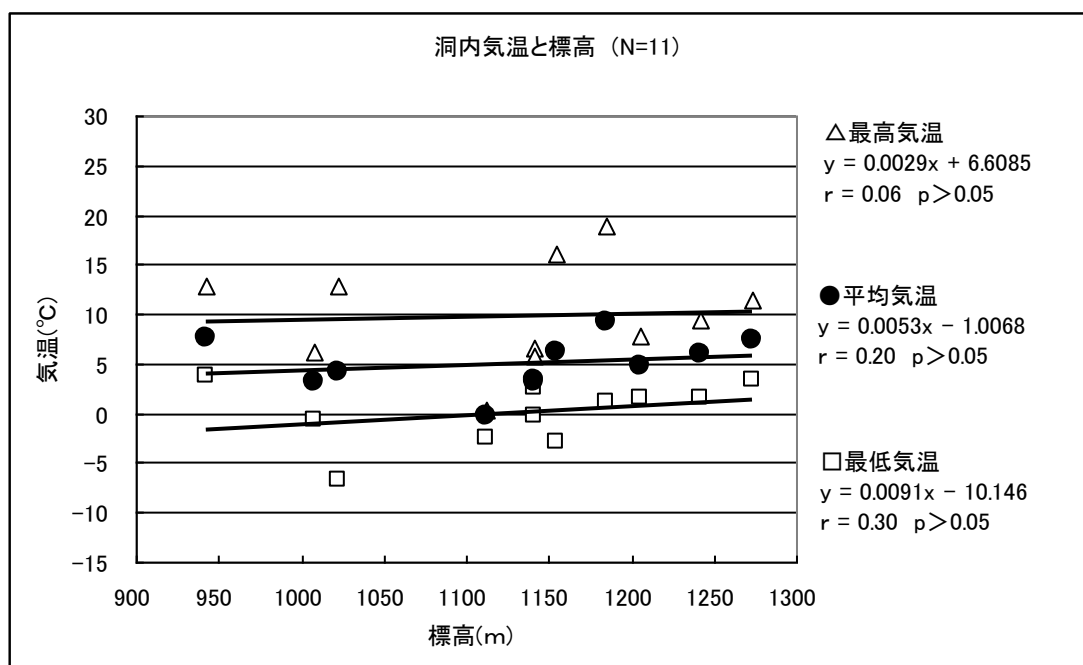


図 2-2-6 洞穴内部の気温と標高の関係  
 小御岳氷穴第 2 を除く

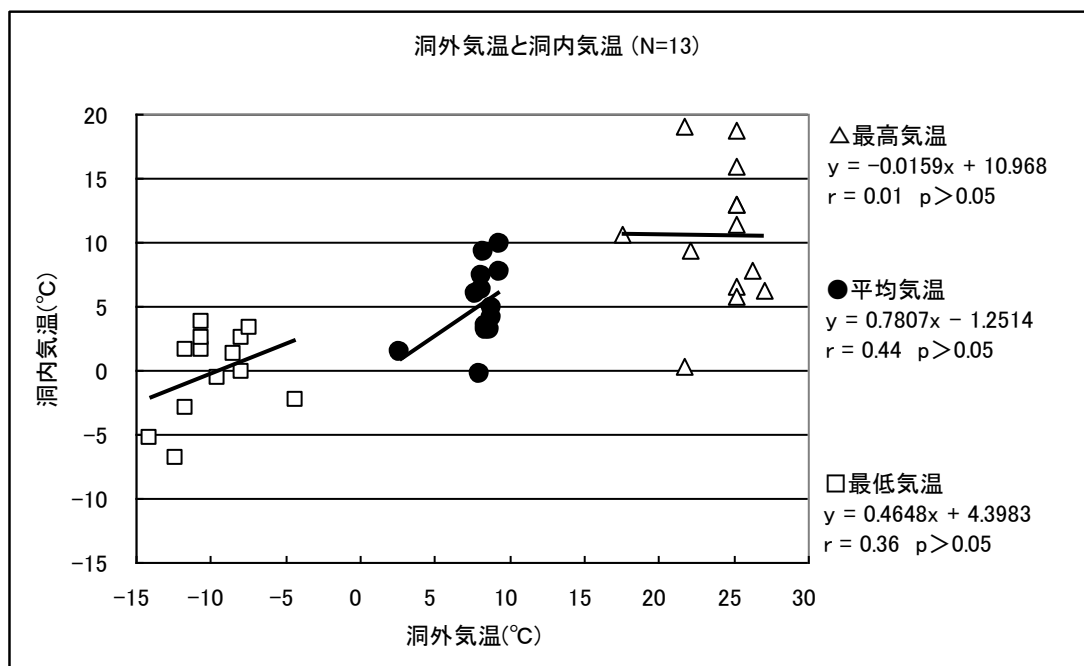


図 2-2-7 洞穴外部と内部との気温の関係

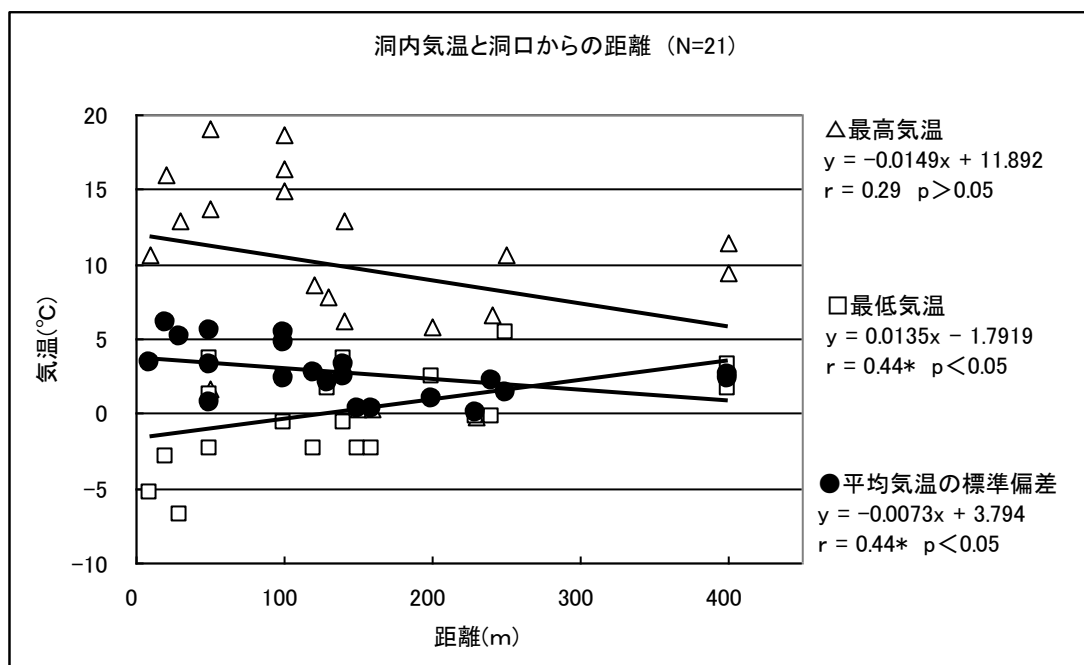


図 2-2-8 洞穴内部の気温と洞口からの距離の関係  
 中間地点のデータも含む

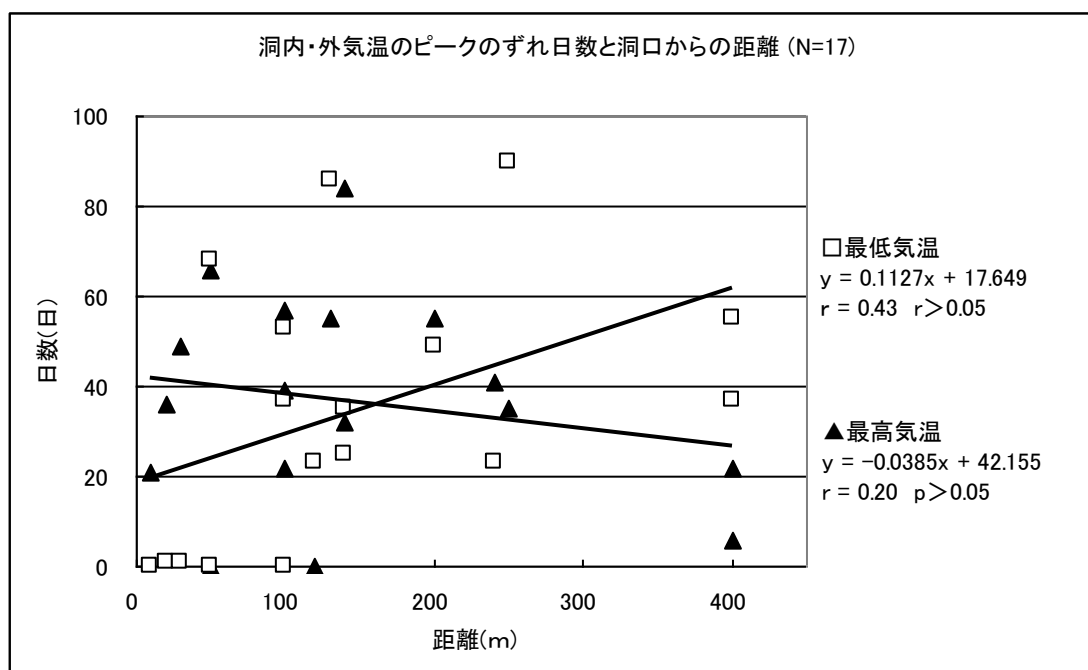


図 2-2-9 洞穴内部・外部の最高気温・最低気温のずれ日数と洞口からの距離の関係  
 富士風穴第 1 を除く

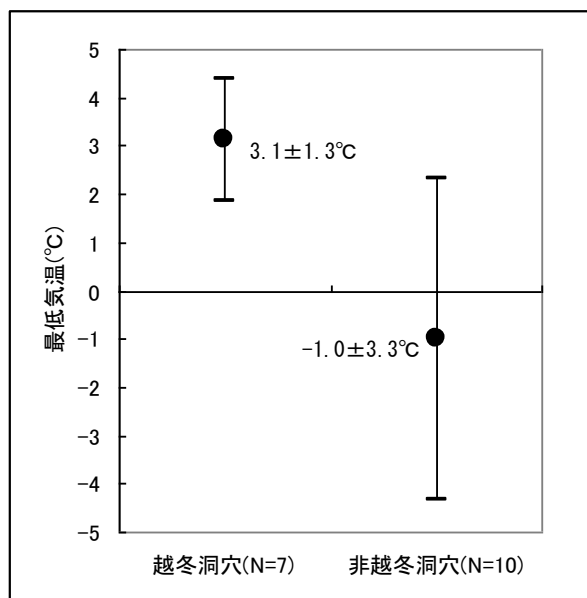


図 2-2-10 越冬洞穴(越冬場所)と非越冬洞穴の  
 最低気温(富士風穴第 1 は除く)  
 数字は平均値±標準偏差(Mann-Whitney の  
 $U$ 検定:  $U=8.5$ ,  $z=2.59$ ,  $P<0.01$ )

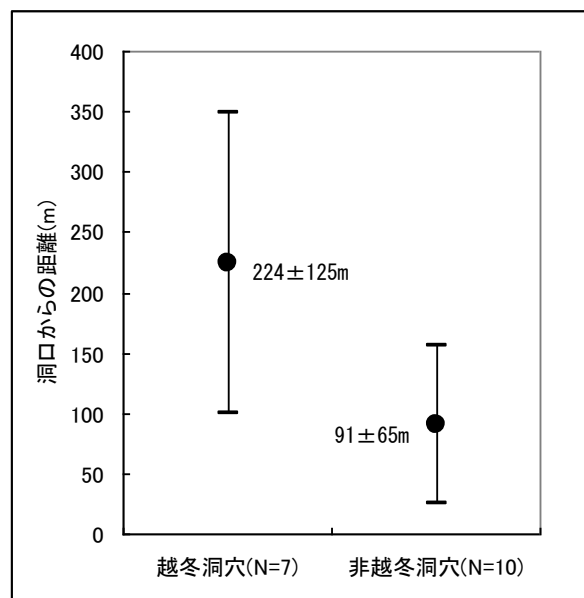


図 2-2-11 越冬洞穴(越冬場所)と非越冬洞穴の  
 洞口からの距離(富士風穴第 1 は除く)  
 数字は平均値±標準偏差(Mann-Whitney の  
 $U$ 検定:  $U=11$ ,  $z=2.35$ ,  $P<0.05$ )



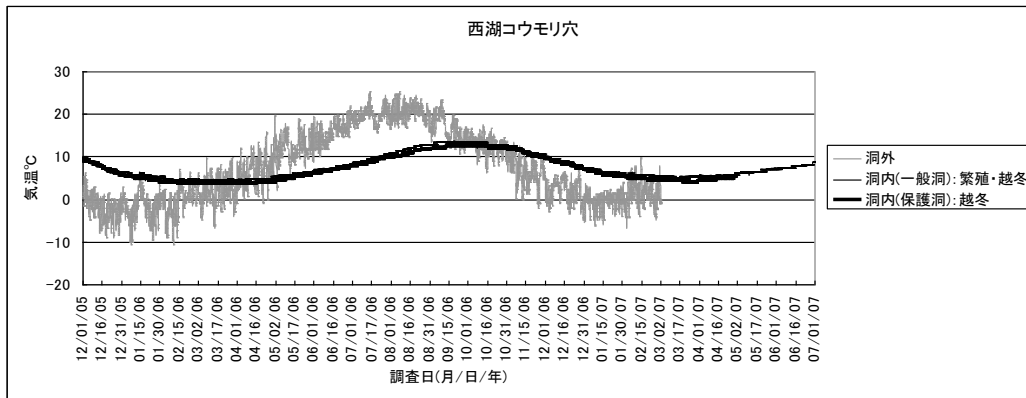


図 2-2-12 繁殖・越冬洞の気温変化(西湖コウモリ穴)

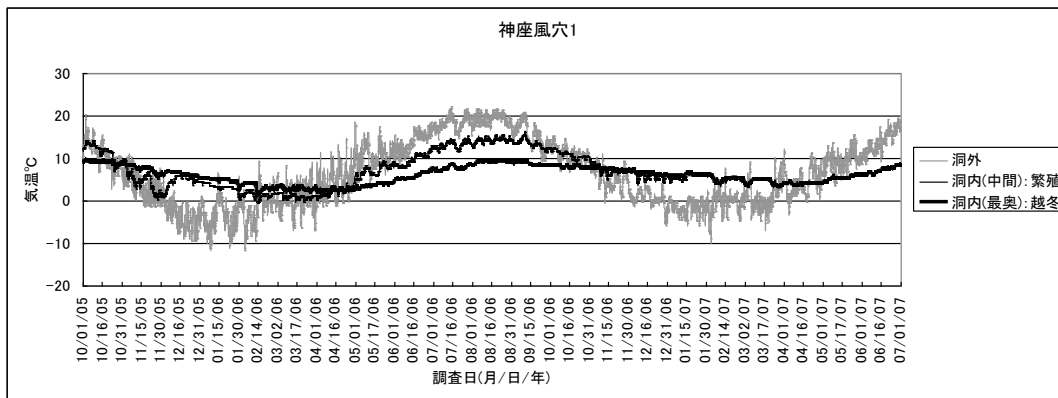


図 2-2-13 繁殖・越冬洞の気温変化(神座風穴第 1)

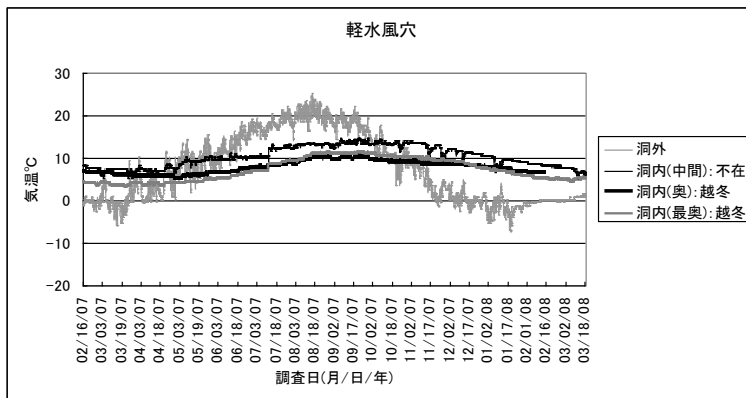


図 2-2-14 越冬洞の気温変化(軽水風穴)

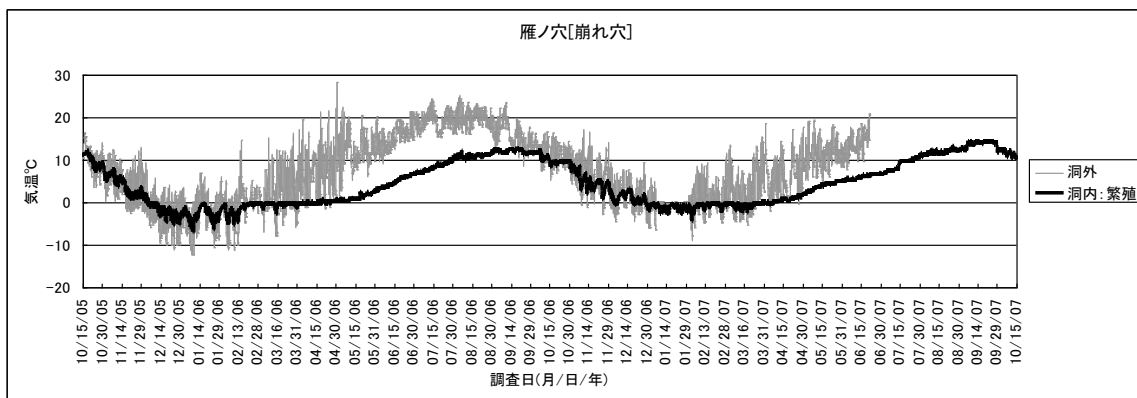


図 2-2-15 繁殖洞の気温変化(雁ノ穴)

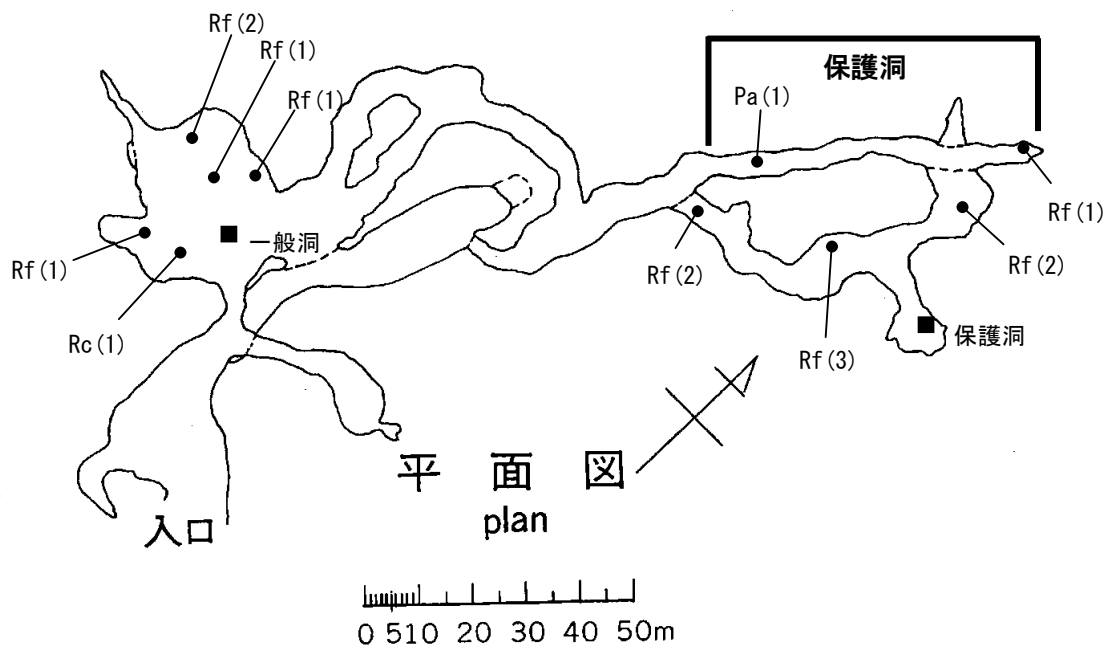


図 2-2-16 西湖コウモリ穴におけるコウモリ利用状況  
 2006 年 2 月 10 日 Rf: キクガシラコウモリ(13)、Rc: コキクガシラコウモリ(1)、Pa: ウサギコウモリ(1)、  
 ( ) 内の数字は個体数、■: データロガー。  
 原図: 富士急行(1971) 富士山 富士山総合学術調査報告書別冊 富士山溶岩洞穴実測図。

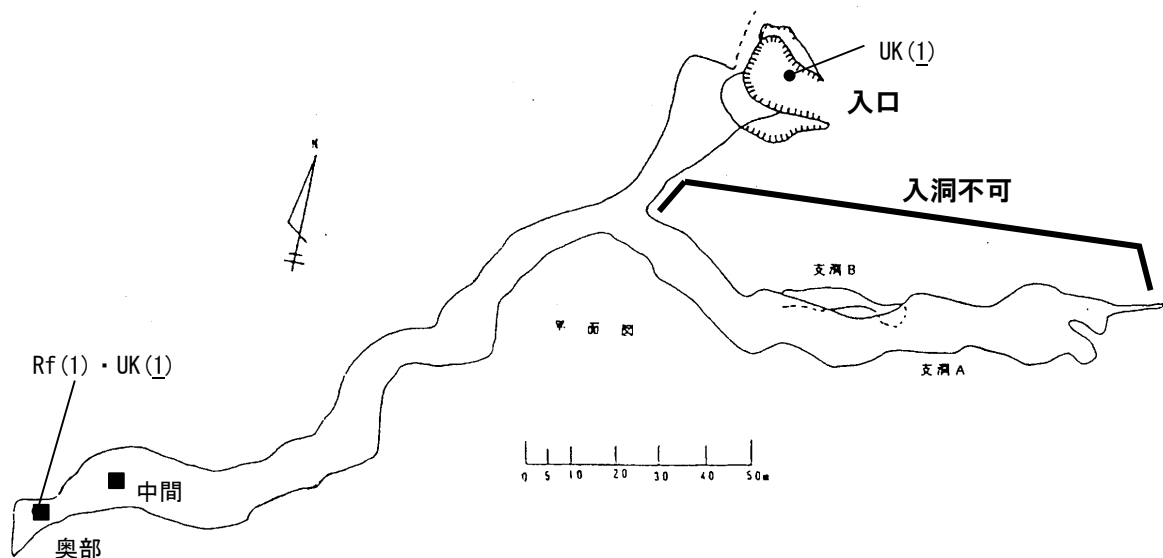


図 2-2-17 富岳風穴におけるコウモリ利用状況  
 2006 年 10 月 30 日 Rf: キクガシラコウモリ(1)、UK: 不明種(2)、( ) 内の数字は個体数、下線は死体の確認、■: データロガー。  
 原図: 山梨県教育委員会(1996) 山梨県天然記念物緊急調査報告書—地質・鉱物—。

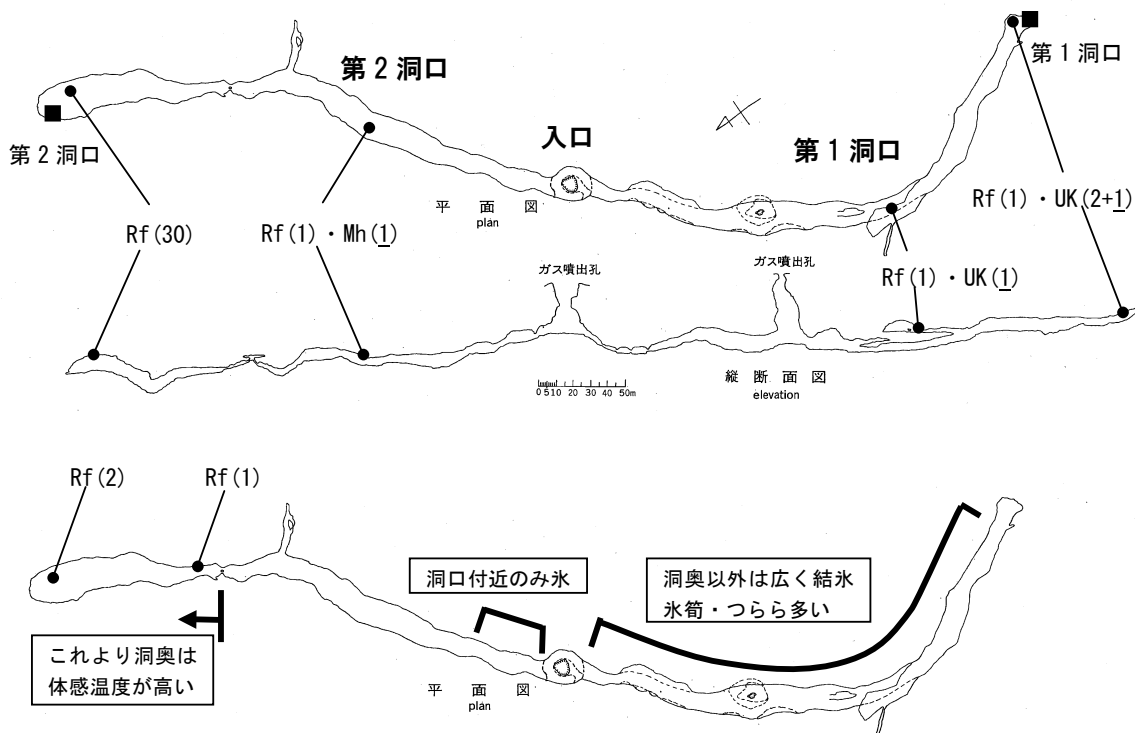


図 2-2-18 本栖風穴第 1 におけるコウモリ利用状況

上: 2005 年 10 月 31 日 Rf: キクガシラコウモリ(33)、Mh: テングコウモリ(1)、UK: 不明種(2+2)、  
( )内の数字は個体数、下線は死体の確認、■: データロガー。

下: 2007 年 2 月 27 日 Rf: キクガシラコウモリ(3)、( )内の数字は個体数。

原図: 富士急行(1971)富士山 富士山総合学術調査報告書別冊 富士山溶岩洞穴実測図。

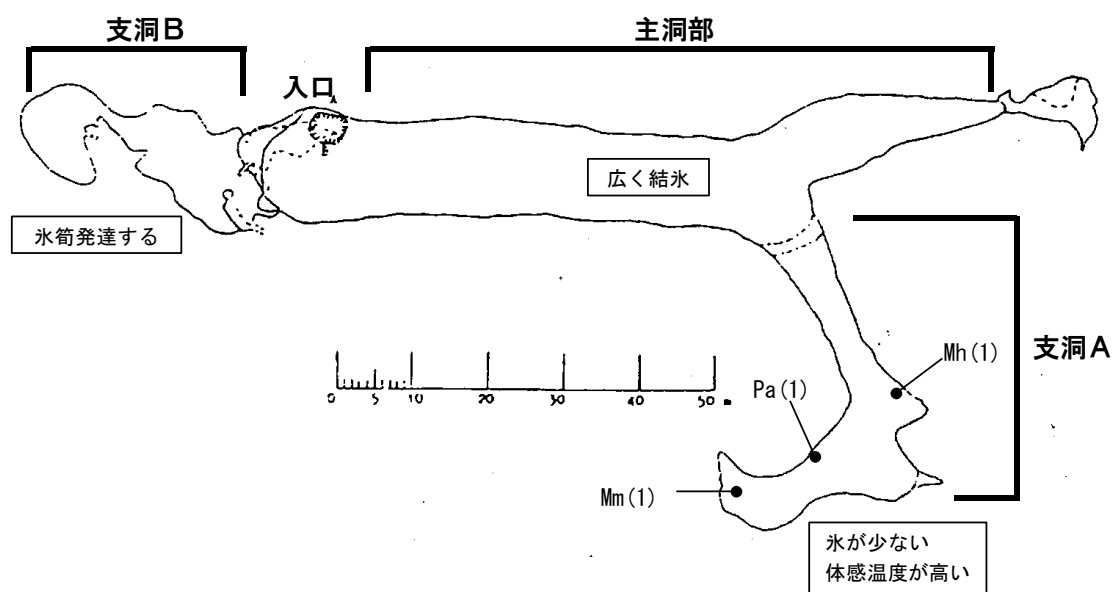


図 2-2-19 本栖風穴第 2 におけるコウモリ利用状況

2007 年 2 月 27 日 (支洞Bの観察は 2006 年 10 月 16 日) Mm: モモジロコウモリ(1)、Pa: ウサギ  
コウモリ(1)、Mh: テングコウモリ(1)、( )内の数字は個体数。

原図: 山梨県教育委員会(1996)山梨県天然記念物緊急調査報告書—地質・鉱物—。

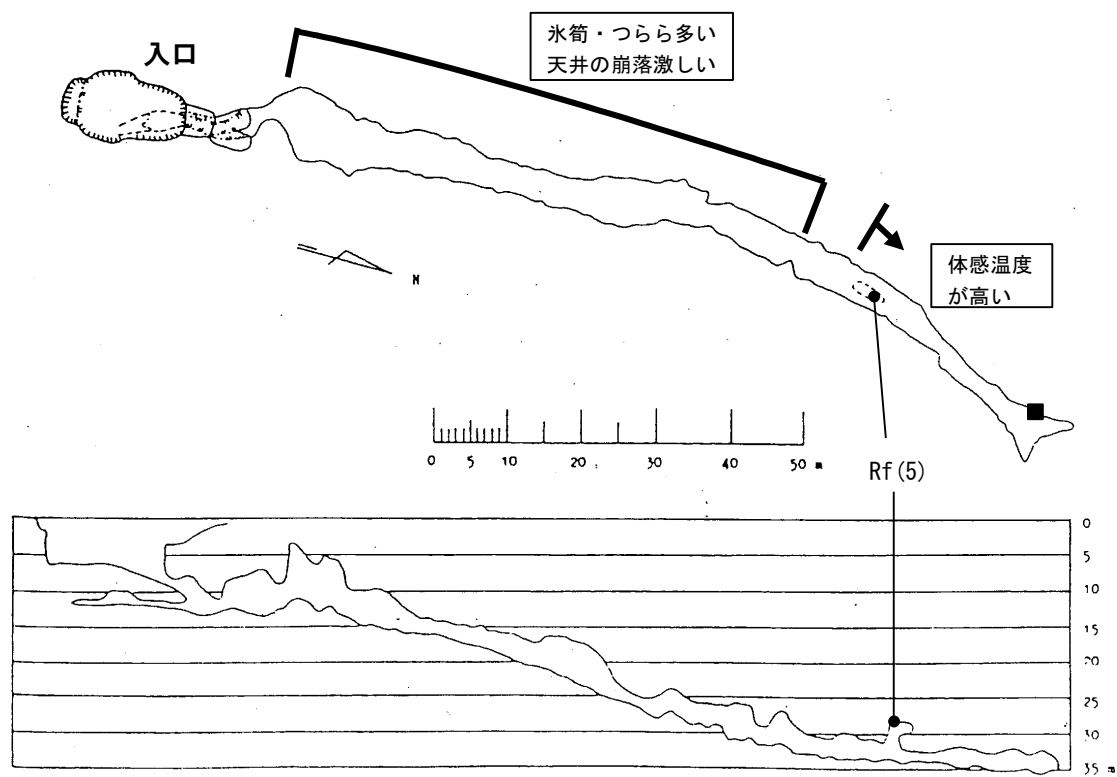


図 2-2-20 大室風穴第 1 におけるコウモリ利用状況

2007 年 2 月 16 日 Rf: キクガシラコウモリ(5)、( )内の数字は個体数.

原図: 山梨県教育委員会(1996)山梨県天然記念物緊急調査報告書—地質・鉱物—.

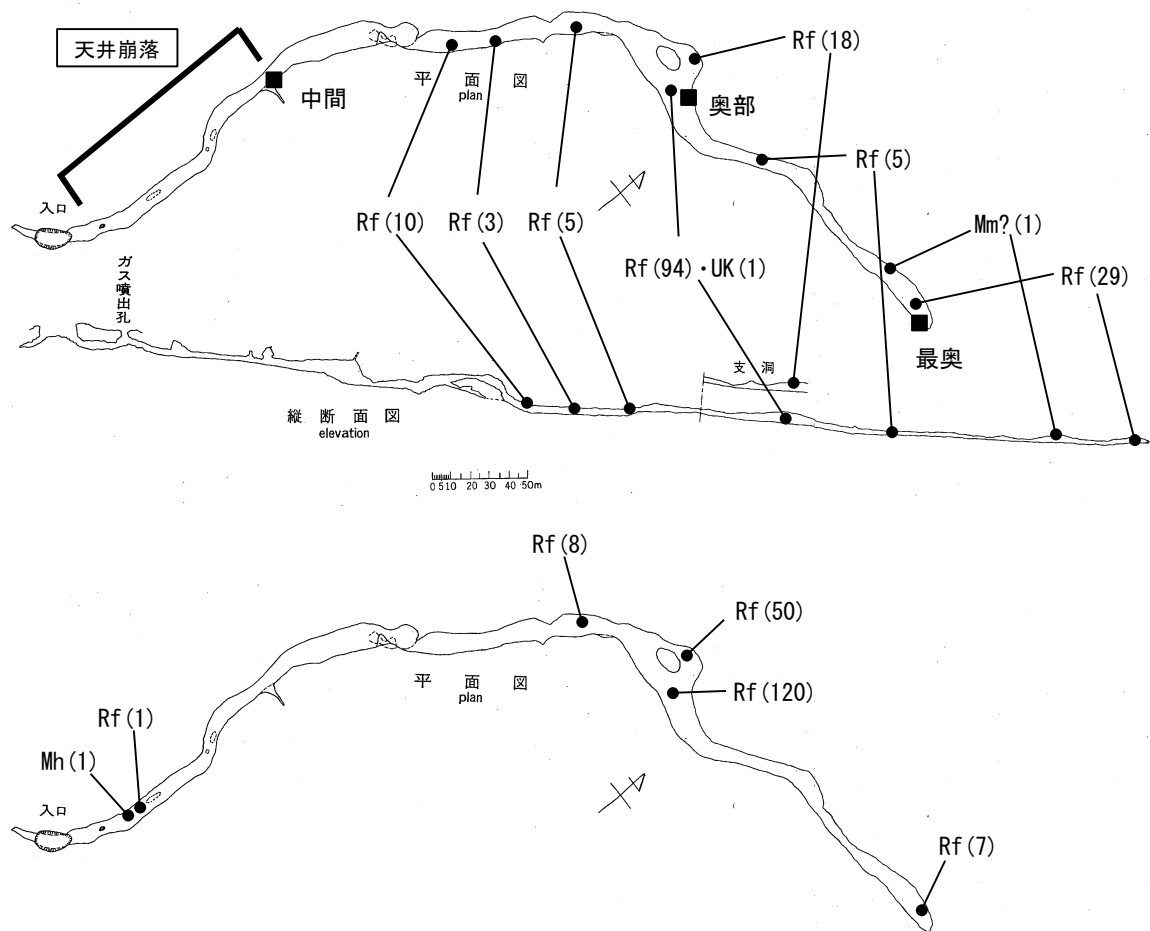


図 2-2-21 軽水風穴におけるコウモリ利用状況

上: 2007 年 2 月 5 日 Rf: キクガシラコウモリ(164)、Mm: モモジロコウモリ(1)、UK: 不明種(1)、( )内の数字は個体数、■: データロガー。

下: 2008 年 3 月 25 日 Rf: キクガシラコウモリ(186)、Mh: テングコウモリ(1)、( )内の数字は個体数。

原図: 富士急行(1971)富士山 富士山総合学術調査報告書別冊 富士山溶岩洞穴実測図。

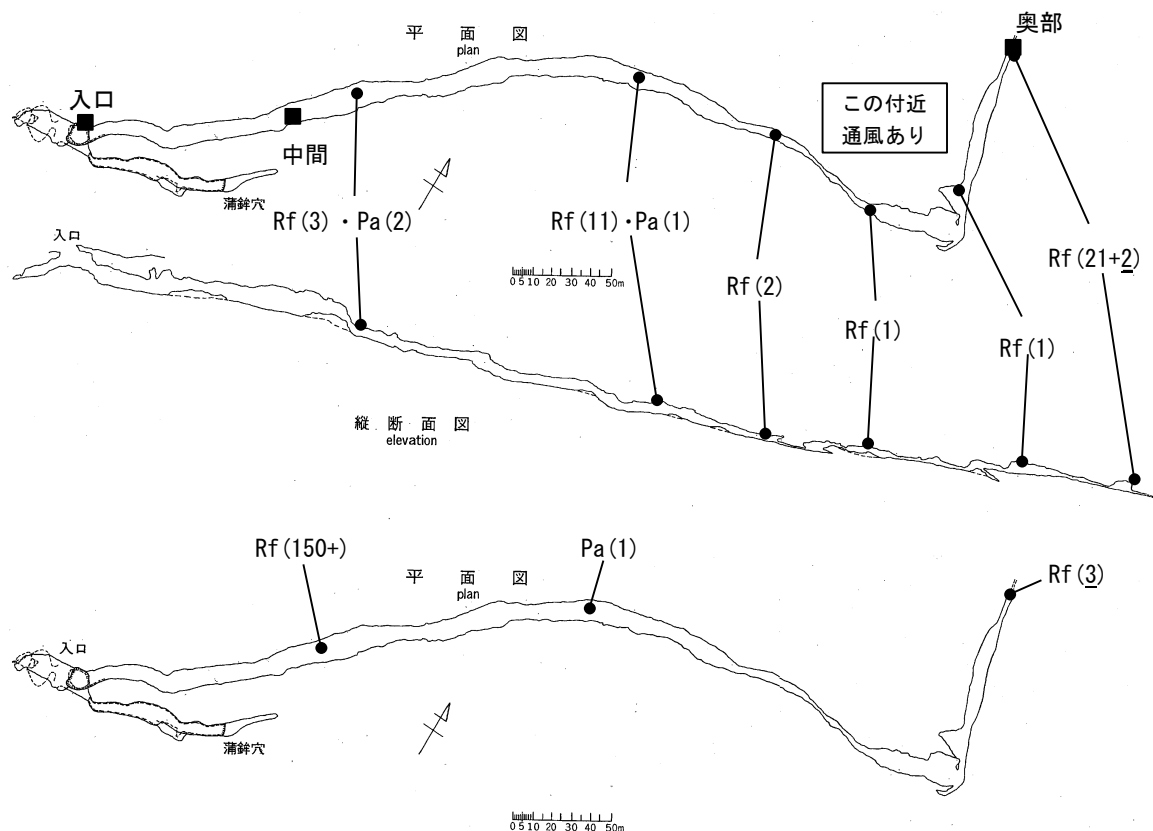


図 2-2-22 神座風穴第 1 におけるコウモリ利用状況

上: 2007 年 1 月 15 日 Rf: キクガシラコウモリ(39+2)、Pa: ウサギコウモリ(3)、( )内の数字は個体数、  
下線は死体の確認数、■: データロガー。

下: 2007 年 7 月 18 日 Rf: キクガシラコウモリ(150+3)、Pa: ウサギコウモリ(1)、( )内の数字は個体数。

原図: 富士急行(1971)富士山 富士山総合学術調査報告書別冊 富士山溶岩洞穴実測図。

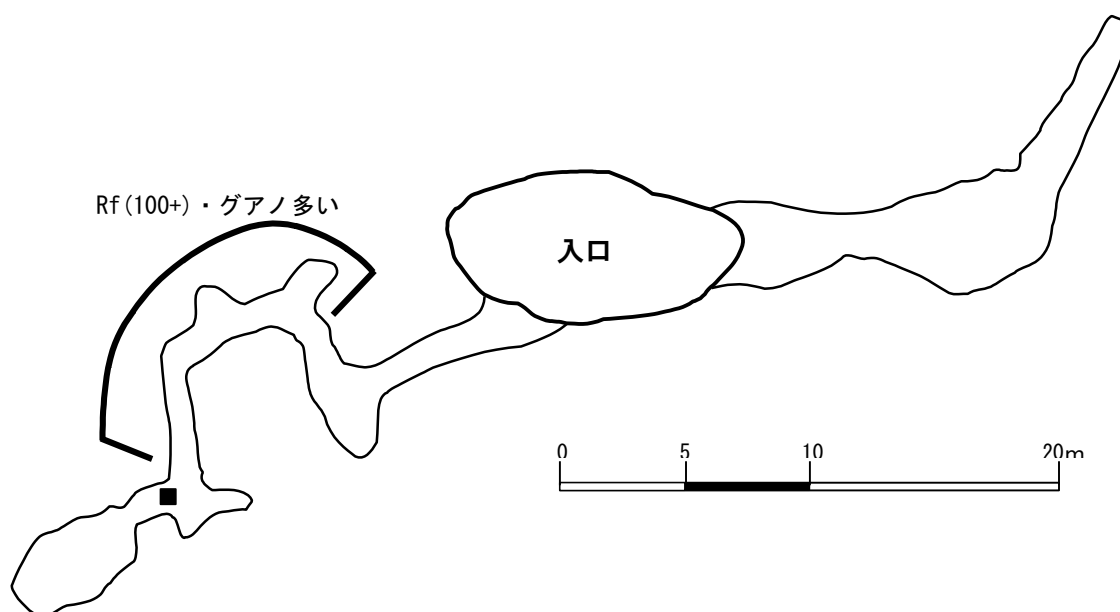


図 2-2-23 雁ノ穴(崩れ穴)におけるコウモリ利用状況

2007 年 7 月 12 日 Rf: キクガシラコウモリ(100+)、( )内の数字は個体数、■: データロガー。

原図: 山梨県教育委員会(1996)山梨県天然記念物緊急調査報告書ー地質・鉱物ー よりトレース

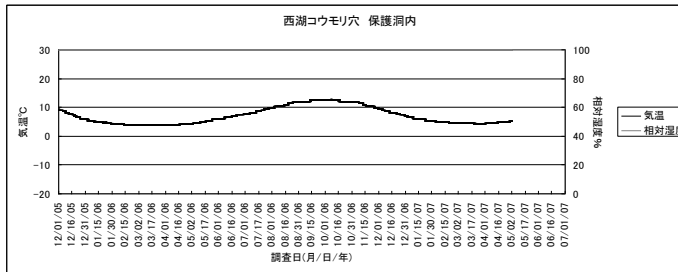
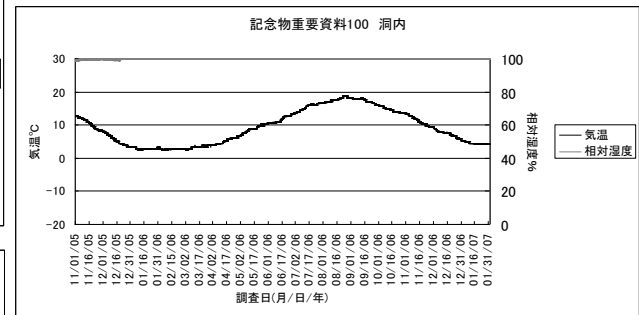
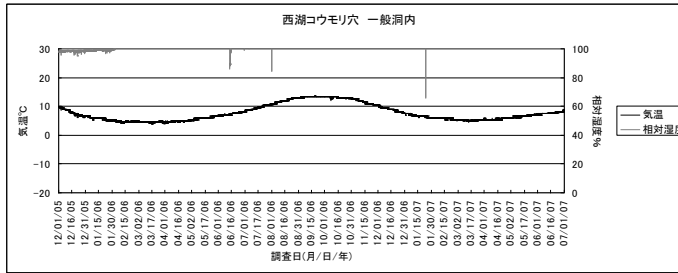
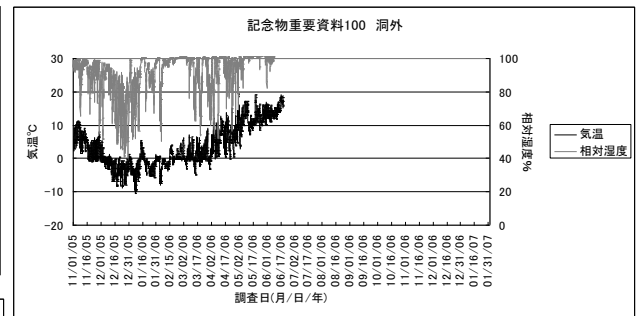
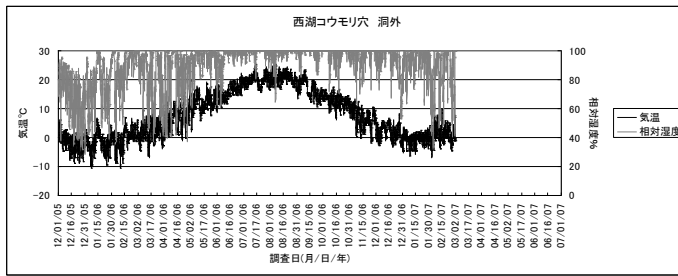


図 2-2-25 記念物重要資料 100 の温度・湿度

図 2-2-24 西湖コウモリ穴の温度・湿度

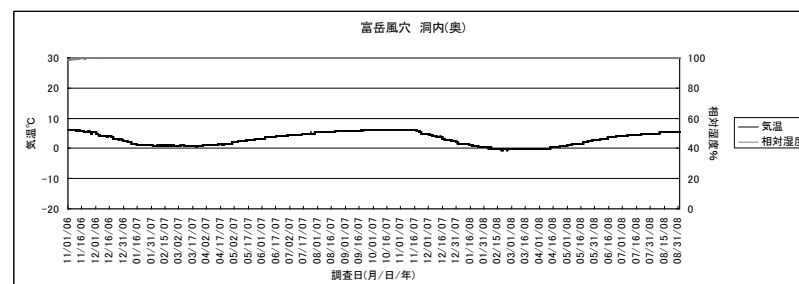
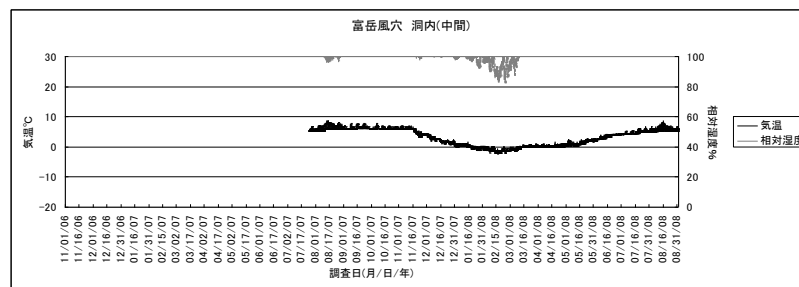
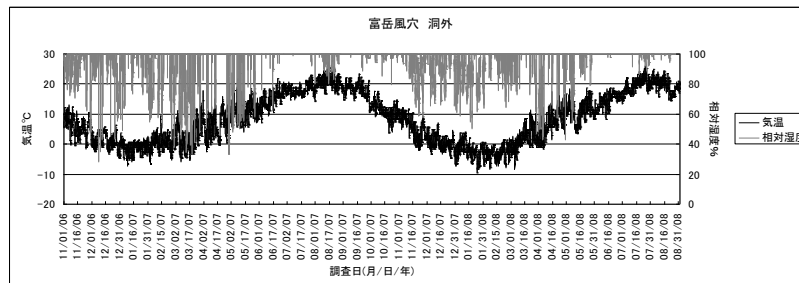


図 2-2-26 富岳風穴の温度・湿度

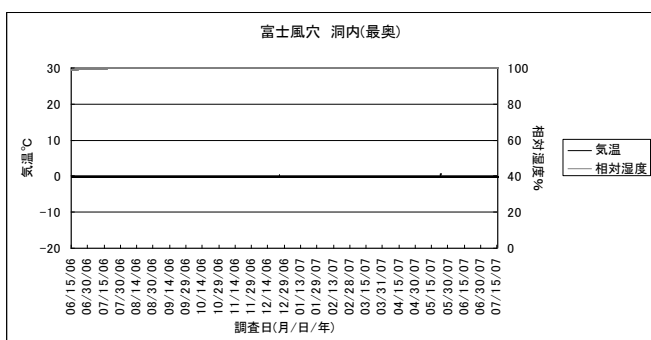
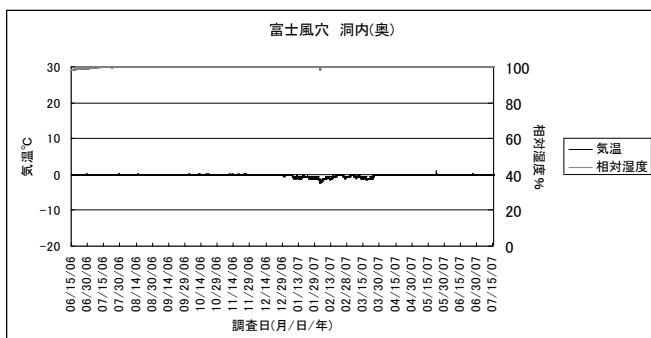
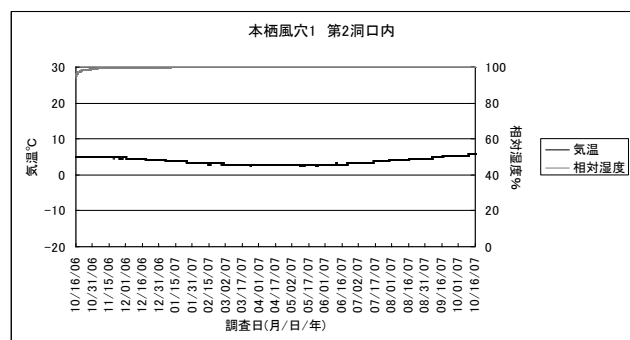
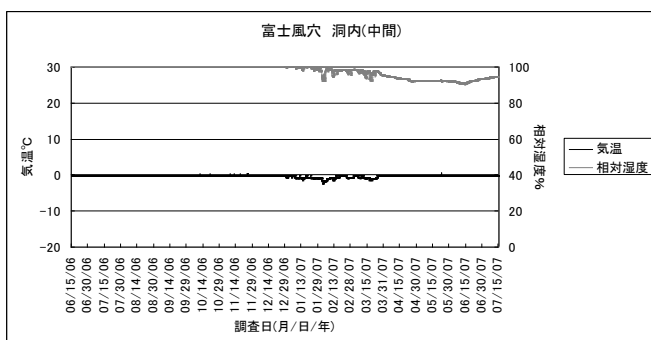
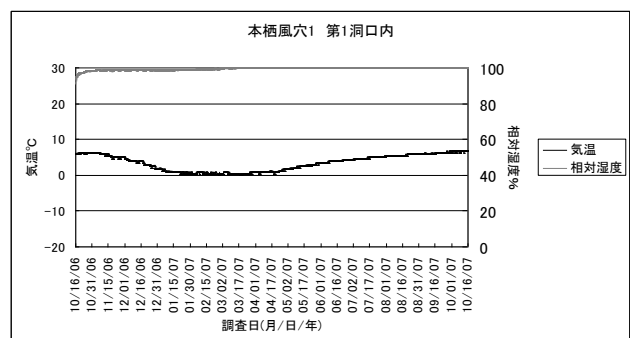
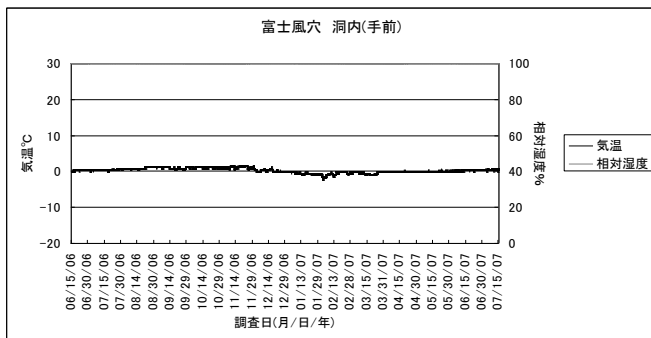
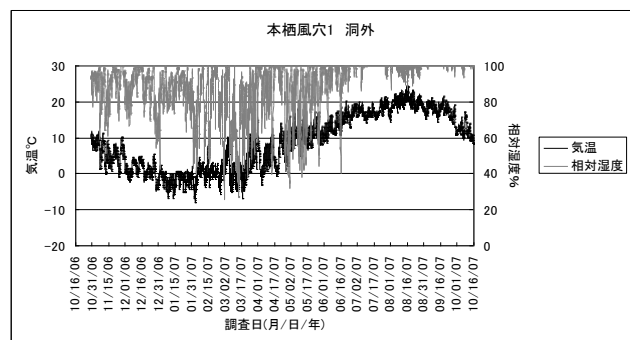
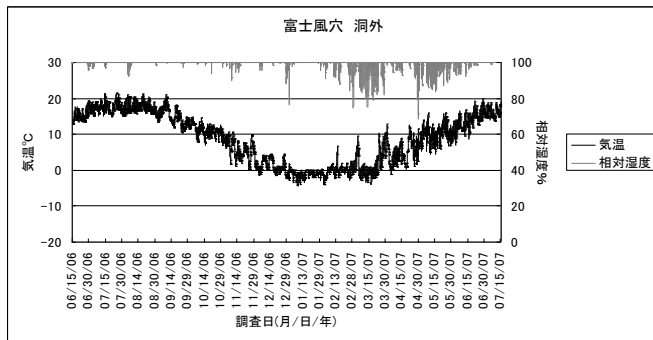


図 2-2-28 本栖風穴第 1 の温度・湿度

図 2-2-27 富士風穴第 1 の温度・湿度



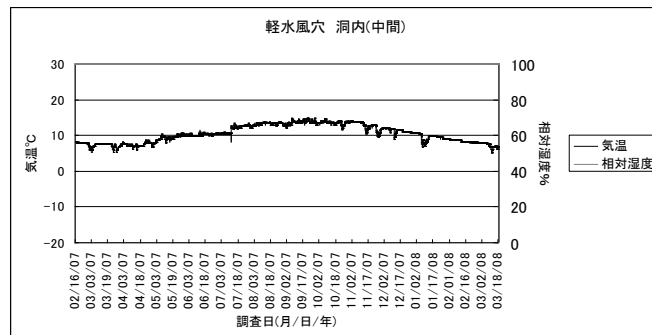
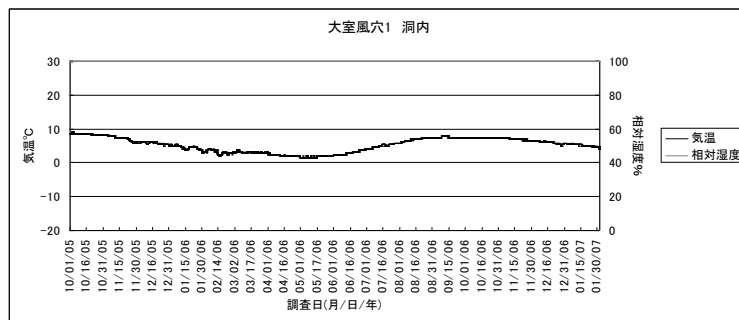
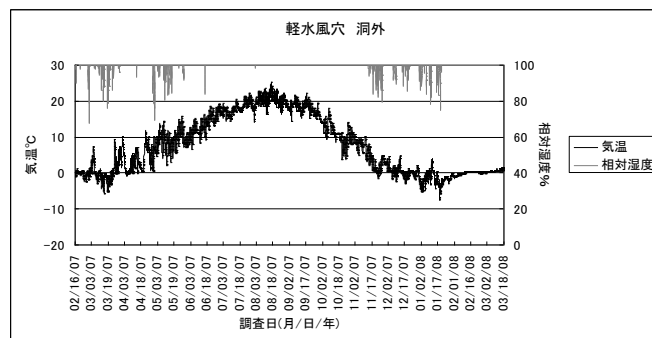
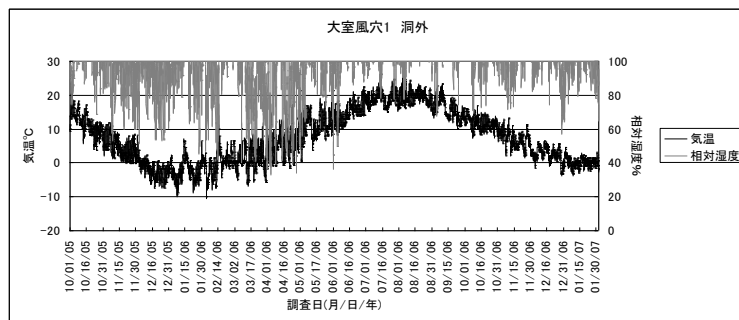


図 2-2-29 大室風穴第 1 の温度・湿度

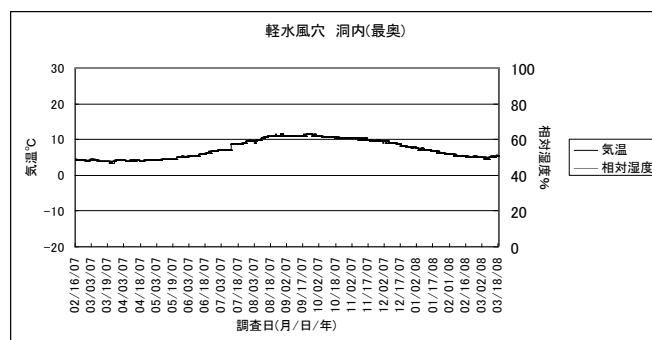
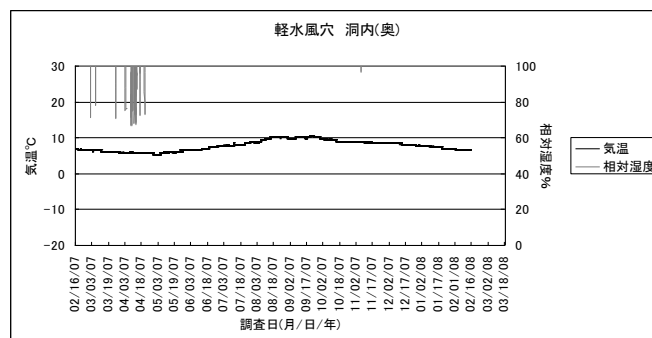


図 2-2-31 軽水風穴の温度・湿度

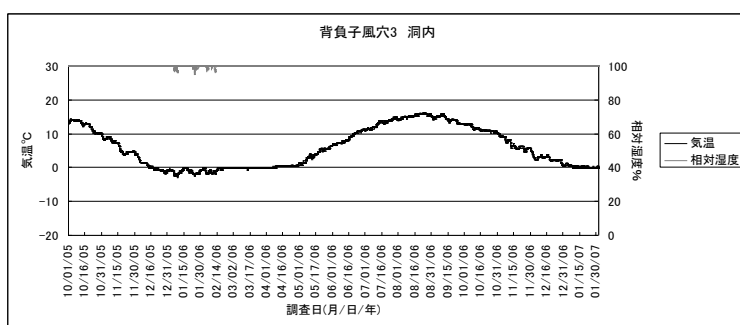
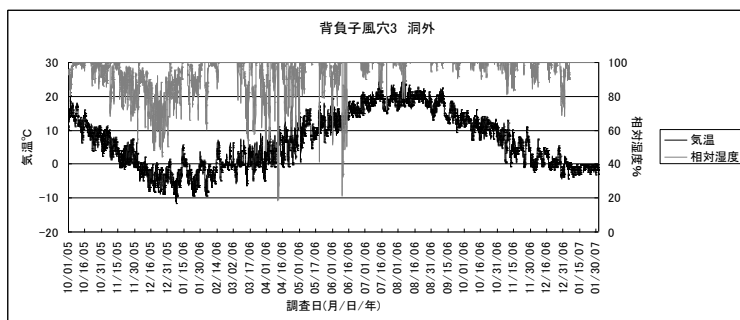


図 2-2-30 背負子風穴第 3 の温度・湿度

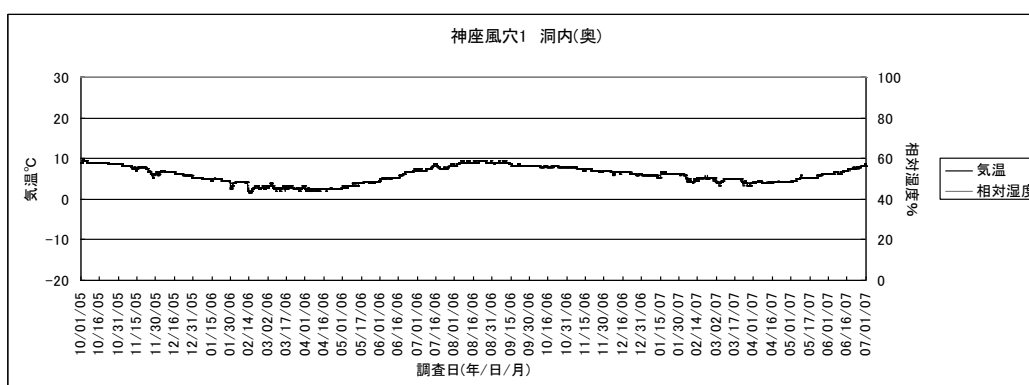
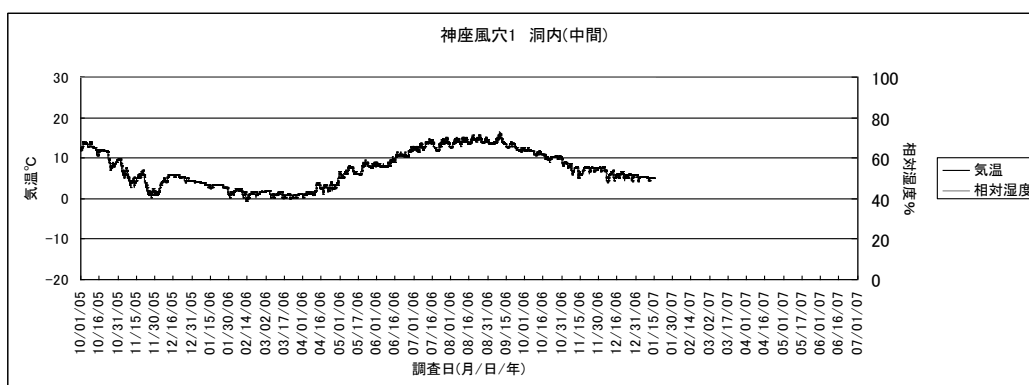
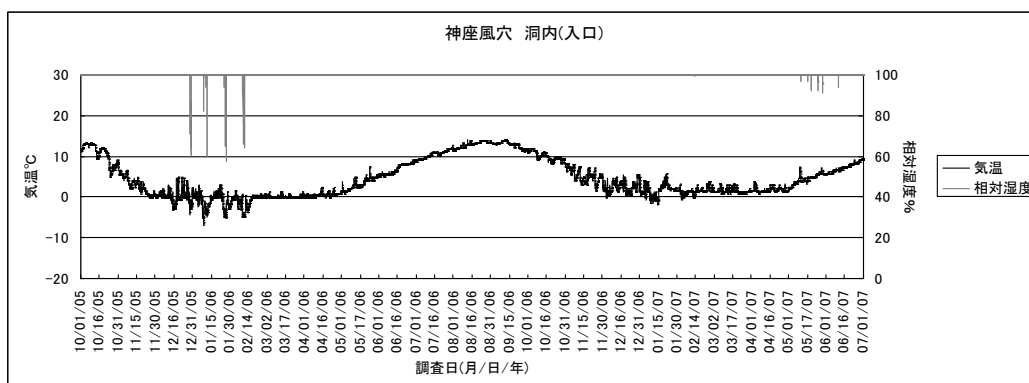
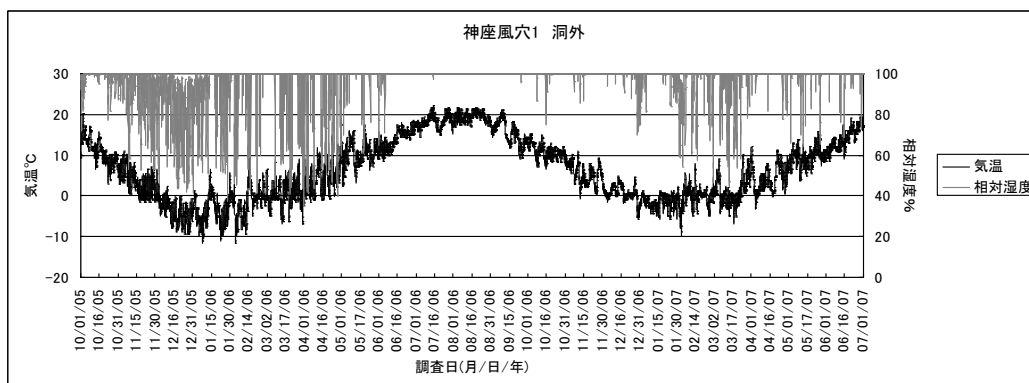


図 2-2-32 神座風穴第 1 の温度・湿度

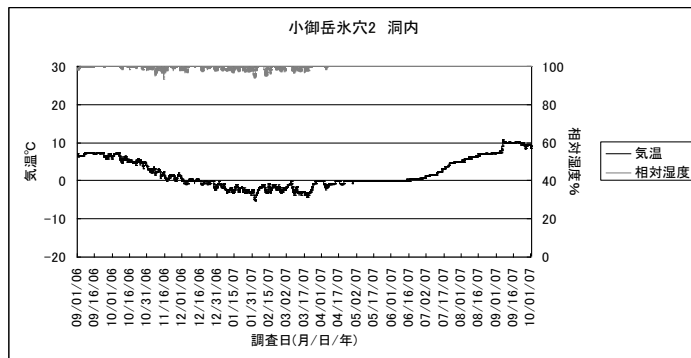
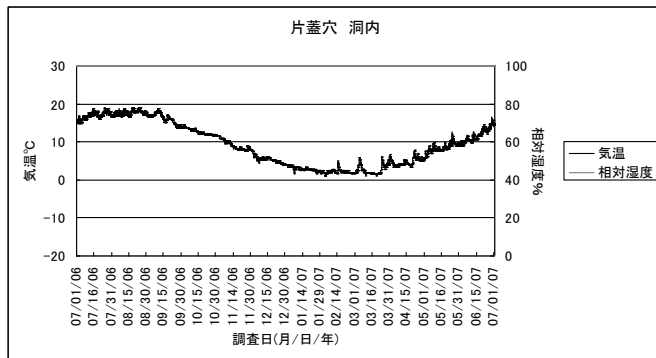
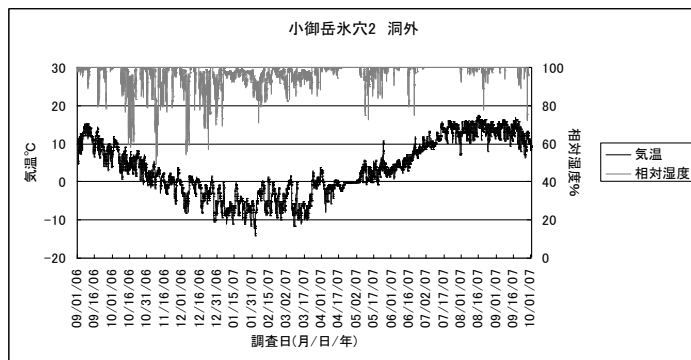
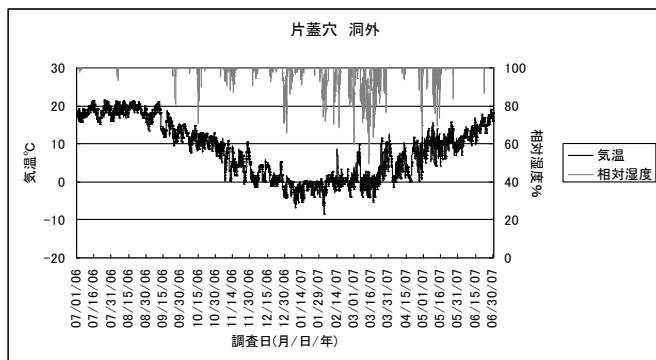


図 2-2-33 片蓋穴の温度・湿度

図 2-2-34 小御岳氷穴第 2 の温度・湿度

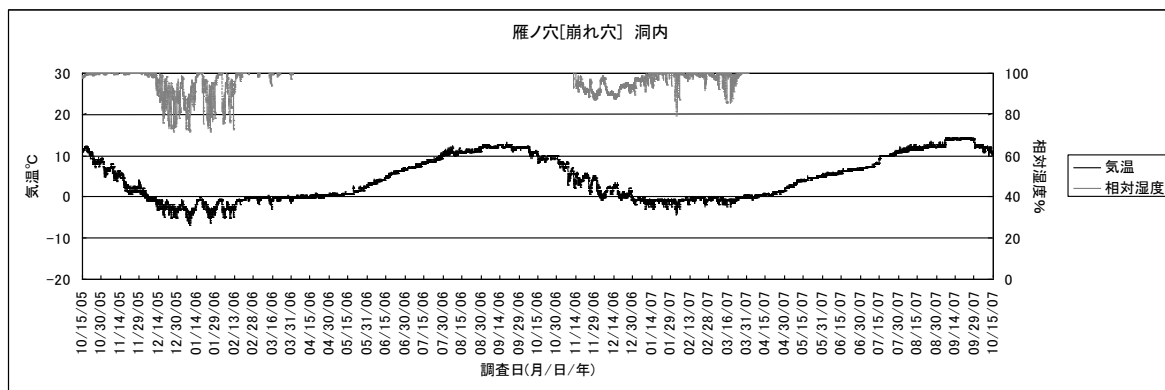
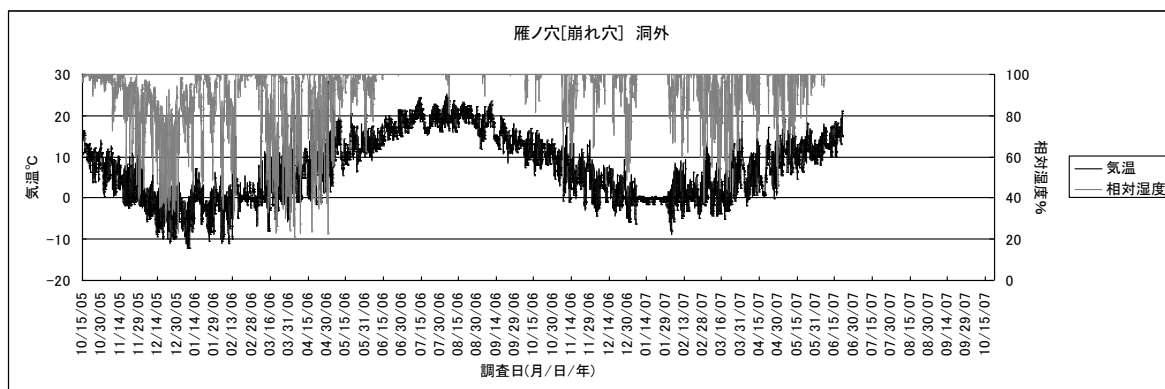


図 2-2-35 雁ノ穴(崩れ穴)の温度・湿度



写真 1 洞穴内での調査:天井のコウモリ類を目視で探す。(2005 年 9 月 16 日 神座風穴第 1) 篠田撮影



写真 2 洞穴内での調査:グアノの堆積状況など洞内環境を記録する。(2005 年 10 月 28 日 記念物重要資料 100) 篠田撮影



写真 3 吸虫管により無脊椎動物を採集する。(2005 年 11 月 18 日 片蓋穴) 篠田撮影



写真 4 グアノの採集:グアノからは多数の無脊椎動物が採集される。(2006 年 9 月 8 日 神座無名穴) 萩原撮影



写真 5 無脊椎動物の誘引トラップ設置:多数の無脊椎動物が採集された。(2005 年 9 月 16 日 神座風穴第 1) 篠田撮影



写真 6 無脊椎動物の誘引トラップ設置:右からヘチマ、セルロース、段ボール。(2005 年 9 月 16 日 神座風穴第 1) 萩原撮影





写真 7 データロガーの設置状況：洞床付近に設置したため、コウモリ類が利用する天井付近とはやや異なる可能性がある。(2006 年 6 月 5 日 富士風穴第 1) 篠田撮影



写真 8 データロガーからシャトルでデータを回収する。(2006 年 12 月 25 日 富士風穴第 1) 篠田撮影



写真 9 キクガシラコウモリ冬眠個体群：覚醒個体も多く、洞口では 1 個体が飛翔していた。富士山北麓では最大の越冬洞。(2008 年 3 月 25 日 軽水風穴) 篠田撮影



写真 10 ウサギコウモリ冬眠個体：キクガシラコウモリと異なり単独で冬眠する。(2006 年 2 月 10 日 西湖コウモリ穴) 篠田撮影



写真 11 テングコウモリ冬眠個体：主洞よりも暖かい支洞で冬眠していた。(2007 年 2 月 27 日 本栖風穴第 2) 萩原撮影



写真 12 モモジロコウモリ冬眠個体：主洞よりも暖かい支洞で冬眠していた。(2007 年 2 月 27 日 本栖風穴第 2) 萩原撮影





写真 13 コウモリ類の死体:越冬に失敗した  
個体かもしれない。(2006 年 5 月 22 日 神座  
風穴第 1) 篠田撮影



写真 14 コウモリ類の死体:双翅目と思われ  
る幼虫が多数ついている。(2006 年 5 月 22  
日 大室風穴第 1) 篠田撮影



写真 15 プラナリア類:プラナリア類は本洞  
穴のみで採集された。(2005 年 10 月 28 日  
記念物重要資料 100 で採集) 萩原撮影



写真 16 カニムシ類:無眼で触肢が細長い  
など洞穴性種の特徴をもっている。(2005 年  
11 月 24 日 西湖コウモリ穴) 篠田撮影



写真 17 ヤスデ類:比較的多くの洞穴で確  
認された。好洞穴性種と考えられる。(2006  
年 9 月 8 日 神座東海穴) 萩原撮影



写真 18 ガロアムシ:好洞穴性種である。  
(2006 年 10 月 16 日 本栖風穴第 1 第 1 洞  
口) 篠田撮影





写真 19 洞穴内の落書き:1960 年代のペンキの落書きが現在も残る。(2007 年 10 月 29 日 本栖風穴第 1 第 2 洞口) 篠田撮影



写真 20 洞穴内に散乱するウイスキー瓶:それ以前には見られなかった新しいゴミである。(2006 年 10 月 16 日 本栖風穴第 1 第 2 洞口) 篠田撮影



写真 21 観光洞内の照明の周囲では、本来ないはずの緑色植物が生育している。(2005 年 11 月 24 日 西湖コウモリ穴) 篠田撮影



写真 22 観光洞内の照明前の気温:洞内気温より約 3℃高い。(2005 年 11 月 24 日 西湖コウモリ穴) 篠田撮影



写真 23 誤った場所に設置されている国天然記念物「大室洞穴」の看板。正しくは、大室風穴第 1 のことである。(2005 年 9 月 29 日 大室陥没) 篠田撮影

## 2-3 溶岩上ルートの環境特性：踏みつけによる表面植生および土壌への影響に関する調査

### 2-3-1 調査目的

人の利用による最も直接的な影響としては、踏みつけによる遊歩道等の土壌や表面植生に与える影響があげられる。特に、草本植物にとっては、直接植物体へのダメージとなるため影響は大きく、踏みつけに強い植物だけが残り踏み跡群落が形成されたり、さらにその強度が増せば植物体の枯死による裸地化が進行する。また、踏みつけは、雨水が土壌にしみ込むことを妨げることによる水分濃度の低下や、土壌内の空隙がなくなることによる酸素濃度の低下等を引きおこし、木本植物の物質生産量に影響を及ぼすことも知られている。さらに、土壌環境の変化は、そこに生息する無脊椎動物類（土壌動物類）にも影響を与える。

青木ヶ原樹海内の溶岩を基盤とした遊歩道上には、木本植物の根が露出している場所も多くみられ、コケ類が表面を覆う特有の景観を形成している。地表面に生育するコケ類は、踏みつけの影響を最も大きく受けると考えられることから、本調査では、まず、踏みつけの影響指標としてのコケ類の被度の把握手法について検討することとした。さらに、踏みつけが土壌の物理的性状や土壌中の無脊椎動物類の生息にどのような影響を与えるかについて検討することを目的とした。

### 2-3-2 調査ルートの選定

調査地点は、エコツアーでの利用頻度や一般観光客の利用形態が異なると考えられる3ルート上に設定した（表2-3-1および図2-3-1）。

#### ルート1：富士風穴第1

入洞が比較的容易な富士風穴第1につながるルートで、車道からのアクセスも比較的容易なことから、エコツアーによる団体での利用のほか、一般観光客自らが散策するなど高頻度利用されている（高頻度利用ルート）。

#### ルート2：富士風穴第3

過去にはエコツアーとして、多人数の団体による利用がみられたが、現在はエコツアーガイドラインにより利用が自主的に規制されたことに加え、精進口登山道から離れて位置することから一般観光客の利用も限られている（利用規制ルート）。

#### ルート3：野鳥の森公園

並行する車道利用が推奨され、エコツアーガイドラインでは利用を規制しているルートであるが、野鳥の森公園の芝生広場を起点に一般観光客に林内散策道として利用されている（一般利用ルート）。

それぞれのルートにおいて、溶岩上、木の根上、土壌上の調査地点を選定し、それぞれにロープで立ち入りを禁止した調査区（立ち入り禁止区）と、禁止しない調査区（立ち入り非禁止区）とを隣接して設置した（富士風穴第1および第3は2005年9月14日、野鳥の森公園は2005年9月15日に設置）。

## 2-3-3 踏圧と表面植生との関連に関する調査：コケ類の被度把握のための手法検討

### (1) 調査方法の比較検討

コケ類の被度（コケ被度）は、単位面積あたりに占めるコケ面積と定義し、0～100%の値で表すこととした。一般に被度の測定には多数の方法が提案されており、コケ被度の測定に適用可能な3つの方法、①目視による測定、②点格子板などによる測定、③デジタルカメラ撮影とコンピュータ（以下、PC）処理による測定についての特徴は以下のとおりである。

#### ①目視による測定

測定する場所に方形枠を設置し、測定者が目視によりコケの被度を判定する方法である。この方法は3つの方法の中で最も短時間で測定が行なえるため、多くの場所を測定する場合には適した方法といえる。一方で、測定者間でのバイアスがあるため、比較が難しいこと、また、高精度の判定が望めないこと（例えば、10%と11%を目視で判定するのは困難）など方法上の問題点がある。

#### ②点格子板などによる測定

方形枠内に多数の点を配置し、コケ被度を“コケにヒットした点数”/“総点数”×100として算出する方法である。点が一定間隔で、格子上に並んだ点格子板（葉の面積を測定する用具）などの利用が考えられる。また、類似した方法では、ラインを引き、“ライン上でコケが占める線長”/“総線長”×100としても求めることができる。これらの方法では、測定者間のバイアスがかかりにくく、比較的高精度で測定が行なえる。一方で、点を用いた方法では求める精度にもよるが、少なくとも100点以上の測定が必要であり、多少なりとも測定時間を必要とする。

#### ③デジタルカメラ撮影とPC処理による測定

方形枠を設置した後、直上から方形枠全体が含まれるようにデジタルカメラで撮影し、PCで幾何補正や色調補正を行なった後、コケ被度を“コケの画素数”/“総画素数”×100として算出する方法である。この方法は上記2つの方法の利点を含んでいる。すなわち、目視による測定の場合のように野外での必要な時間は短く、また、点格子板を利用した方法と同程度あるいはそれ以上の精度が得られ、測定者間のバイアスは少ない。一方で、PC上での幾何補正や色調補正にはあ



る程度の知識や技術を必要とする。

このように、これら 3 つの方法にはそれぞれ長所、短所があり、目的や測定にかけられる時間、必要とする精度、測定者の熟練度により最適な方法は異なってくる。本研究の目的はモニタリングシステム構築のなかでの調査手法の確立であり、測定者は一般の方から自然観察を行なう解説員や研究者など様々にわたり、調査者間でのバイアスを小さくし比較的高精度の調査方法が求められている。これらの条件を加味すると、③デジタルカメラ撮影と PC 処理による測定が、最も適した方法であると考えられた。

## (2) 調査方法

上記の検討を踏まえ、ルート上（溶岩上、木の根上）に設置したそれぞれの調査区（立ち入り禁止区、立ち入り非禁止区）に 30cm×30cm の方形枠を 4 つ設置（60cm×60cm、もしくは 30cm×120cm）し、方形枠ごとに、デジタルカメラ撮影と PC 処理による被度測定を以下の手順で実施した。

- 1) 継続調査を行なうため、方形枠の 4 隅に釘で固定点を設置した。
- 2) 撮影のたびに、方形枠の周囲に水糸もしくは針金を設置した。地面に対して、垂直になるようにおおそ直上からデジタルカメラにて撮影した。
- 3) 撮影画像を画像ソフト Photoshop CS2 (adobe 社)に取り込み、幾何補正を行ない、300pixel×300pixel の画像へと変換した。ここで 1pixel×1pixel は 1mm<sup>2</sup>に相当する。
- 4) 上記のソフトを用いて、色情報を RGB カラーから Lab カラーへと変換し、色補正をすることでコケ類の部分を抽出した。これは RGB カラーではコケ類とリターの区別が難しかったためである。
- 5) 抽出されたコケ類の画像を再度 RGB カラーへと変換し、Tiff 形式のファイルとした。
- 6) コケ被度を測定するため、統計解析ソフト R を用いて、コケ類の画像を読み込み、コケ類の部分の pixel 数をカウントし、コケ被度を測定した（実際にはプログラムを作成し、コケ類の pixel 数をカウントしている）。

これらの手順でコケ被度測定を行なった実行例を図 2-3-2 に示す。

この手順で得られるコケ類の画像は 1mm×1mm メッシュである。デジタルカメラ撮影による方法ではこのように非常に細かい解像度で抽出が行なえるが、わずかにリターが撮影範囲に含まれている場合や幾何補正や色補正のわずかな違いが算出結果に影響する。このような影響を軽減させるため、抽出の単位を 1mm×1mm メッシュから 5mm×5mm メッシュへ変更し、コケ類

が出現したメッシュ数/総メッシュ数×100 としてコケ被度を算出した。

## (3) 調査結果

溶岩上について、2005 年から 2 年間のコケ被度の算出値をルートごとに表 2-3-2 に示すとともに、2005 年の調査開始時を 1 とした場合のコケ被度の変化を、立ち入り禁止区、立ち入り非禁止区でマークをかえて図 2-3-3 に示す。

2 年間の調査結果であり、同一条件の 4 つの方形枠でもその増減パターンに違いがある等、断定的な結論には至っていないが、富士風穴第 1 および野鳥の森公園では、立ち入り禁止区においてコケ被度は増加する傾向がみられた。一方、富士風穴第 3 では、むしろ立ち入り非禁止区の 2 つの方形枠での増加傾向が顕著であった。

木の根上のコケ被度については、図には示さないが、どのルートにおいても立ち入り禁止区、非禁止区にかかわらず変化はほとんど認められず、木の根上のコケの回復には非常に長い時間がかかるものと考えられた。

## (4) 考察

### 1) コケ被度の算出方法について

多数の測定者が関わるようなモニタリング調査では、特に調査者間でのバイアスを小さくし、長期間の変化について比較可能な精度の高いデータを収集することが求められることから、本研究ではデジタルカメラ撮影と PC 処理による方法の提案を行なった。

この方法では、点格子板あるいはラインを用いた方法と比べ、方形枠内すべてを測定対象とできることや後処理としてメッシュサイズを変更できるという利点をもつ。これらの利点があることにより、単に被度の算出値が増加あるいは減少したという変化だけでなく、方形枠内の新たな場所へコケが移入する速度（たとえば前年コケがなかった場所に新たにコケが出現していた場合）やその逆の死亡する速度を求めるといった空間的な側面の解析も可能となる。今回は、被度の年次変化を検出するための手法の検討が主目的であり、これらの解析は行なっていないが、コケ画像を見ると、局所的な移入と死亡が盛んにおこっていることが明らかであった。目視による方法ではこのような解析は当然不可能であるし、また、点格子板などを用いた方法では測定位置を固定していれば可能かもしれないが、わずかな位置の違いが結果に影響するため注意が必要となる。

その一方で、解析を進めていくなかで、撮影後の幾何補正や色補正といった技術的な部分について、いく

つか注意しなければならない点やより改善すべき点が認められた。

方形枠の 4 隅に固定点を置いて、調査を進めたが、幾何補正の際にはもっと多くの点があることが望ましかった。今回は溶岩の上で行なっており、微細な凹凸があったため幾何補正が行なえたが、やはりもっと多くの固定点がある方が幾何補正を行ないやすい。たとえば、少なくとも 4 隅と各辺の中心 (4 点)、方形枠の中心に 1 点あると補正が行ないやすいと思われた。

幾何補正について、当初はデジタルカメラのレンズのゆがみは無視できると想定していたが、やはりわずかであるが、レンズのものと思われるゆがみがあった。ここでは幾何補正でこのゆがみを取り除いたが、現場での撮影時の工夫により軽減できるかもしれない。一般の方や利用者も参加するモニタリングとするならば、今後検討する必要があるだろう。

また、画像からコケを抽出する際には RGB カラーではなく、Lab カラーへと変換して行なった。Lab カラーでは色の表現域が広いので、コケの抽出が行ないやすかったためである。しかし、Lab カラーを扱える画像処理ソフトは多くない。筆者の知る限りでは Photoshop だけである。現在では無料の画像処理ソフトが利用できるため、RGB カラーを用いた抽出方法の検討が必要と思われた。

また、色補正によるコケの抽出には慣れ、もしくはトレーニングが必要だろうとも思われた。Lab カラーにただけではもちろんコケを識別できるわけではなく、色の各成分を調整しながら、コケを識別する。そのため、多少なりとも画像処理とコケ抽出のトレーニングが必要であろう。

## 2) コケ被度の変化について

溶岩上については、立ち入り禁止区において、表面を覆うコケが外見上は 2 年という短い間でも大きく回復しているようにみえた。新しく形成されたコロニーは見られず、立ち入りを禁止したことにより、溶岩上のくぼみ部分に留まっていた以前から存在するコケが、踏みつけがなくなったことで成長したためではないかと考えられた。

デジタルカメラ撮影と PC 処理による方法で算出したコケ被度の変化についての結果をみると、富士風穴第 1 (高頻度利用) ルートおよび野鳥の森公園 (一般利用) ルートでは立ち入り禁止区において、立ち入り非禁止区に比べ値が増加しているように見える。一方、富士風穴第 3 (利用規制) ルートでは、両地区の違いが顕著ではなく、このルートの場合、エコツアーによる利用が規制されているとともに、一般観光客の利用も限られていることによるのではないかと考えられ

た。しかし、このルートでは禁止区の 2 枠でのみ顕著な増加傾向がみられたように同一条件の 4 つの方形枠でもその増減パターンに違いがあること、また、野鳥の森公園ルートでは立ち入り非禁止区でも 1 年目の増加傾向が目立つこと等、2 年間の調査結果だけからではコケ被度変化について解釈が難しい結果となっている。調査開始時点でのコケ被度の絶対値 (大小) の違いや、コケの消長が年により大きく変動することが要因として考えられた。

溶岩上でのコケの回復は比較的早いものと思われるが、踏圧とコケ被度との関連について判断していくためには、今後、分布場所の変動 (新しくコケが生じた場所と消えた場所) に関する分析を含め、より長期的に調査をしていく必要がある。さらに、回復した群落、本来踏圧のない場所で生育する種であるかを含めコケ群落の種構成についての検討も重要と考えられた。

一方、同一の手法を用いて測定した木の根上のコケ被度の変化では、どのルートにおいても立ち入り禁止区、非禁止区にかかわらず、コケの回復はほとんど見られなかった。回復の元となるコケが地面近くに存在していたが、木の根の上部までは達しておらず、これは、地面近くの湿度が高い環境はコケの生育に有利である一方で、比較的乾燥した木の上までコケが回復するには時間がかかるためと考えられた。踏みつけがなくなり、より長い時間が経過すれば回復するのかより長期間の調査が必要となる。また、木の根の踏みつけは、その通導組織を破壊し植物に水不足を強いることになり、その結果、生産量の減少から樹盛を衰えさせる要因になる可能性もあると考えられる。

今回の調査からは、回復したコケがどの程度の踏圧で再び剥離するのかは明らかではないが (道義的理由からも踏圧による剥離実験は行なわなかった)、モニタリングによって早期にコケの剥離場所を発見することが重要となる。また、コケに覆われた樹海独特の景観を保つためには、利用可能なルートの設定や不要な道幅の拡大を避けるための規制等が必要と考えられた。特に、木の根については極力踏まないようにエコツアー実施時には注意を喚起するとともに、一般利用者が多いような場所では、歩道をつくるなどの対策も必要となってくると考えられた。さらに、立ち入り禁止区の設置は、コケの回復を促すだけでなく、エコツアーの参加者に限らず一般の観光客に対しても、回復していく状況を非禁止区と比較して見せることができ、非常にわかりやすく人の踏みつけの影響を示すうえでも効果的であると考えられた。

## 2-3-4 踏圧と土壌の物理的特性および土壌動物群との関連に関する調査

### (1) 調査方法

各調査ルートにおいて、土壌上に設置した立ち入り禁止区の近傍に調査地点を設定し、土壌試料の採取を行なった。調査時期は、土壌動物の種数および個体数が豊富になるとされる秋期および初夏期（青木・小作，1984）に設定し、2005年10月20日（秋期調査）、2006年6月12日（初夏期調査）、10月10日（秋期調査）、2007年11月2日（秋期調査）に実施した。（調査者：伊藤良作、萩原康夫、桑原ゆかり、長谷川真紀子、松永雅美）

2005年10月20日および2006年6月12日の調査においては、各調査地点で、踏み跡が多く林床植生が剥離され裸地化した環境（強踏圧区）、踏み跡がみられるが林床植生が少なからず残されている環境（弱踏圧区）、踏み跡がほとんどみられず林床植生が発達した環境（非踏圧区）の3調査区を設定した。なお、立ち入り禁止区は強踏圧区に相当する場所をロープで囲って設置しており、強踏圧区の土壌試料はロープ外側の隣接する場所から採取した。一方、2006年10月10日および2007年11月2日の調査においては、立ち入り禁止区内を回復区と位置づけ、強踏圧区（ロープの外側）および非踏圧区と合わせ3調査区を設定し試料採取を行なった。土壌試料は、それぞれの調査区において5試料ずつを5 X 5 X 5 cmのステンレス製コアサンプラーを用いて採取した。また同時に、土壌硬度を山中式硬度計で測定した（ただし、2005年および2006年の調査時のみ）。

採取した土壌試料は現地で湿重量を測定するとともに、土壌断面写真を撮影記録した。その後、実験室内でツルグレン装置を用いて7日間処理し、土壌動物を抽出した。抽出した土壌動物は実体顕微鏡下において分類群ごとに拾い出しを行ない、同定作業と個体数の集計を行なった。土壌動物を抽出した後の土壌試料は乾燥機に入れて約60℃で72時間以上乾燥させ、乾燥重量を測定し、採集時の湿重量から各土壌の含水量、含水率を算出した。

土壌動物のうち、トビムシ類については、調査地点間での多様性を比較するために、Simpson の多様度指数（Simpson's index of diversity; SID）を用いた。SIDは以下の式で表される。

なお、 $n_i$  を種  $i$  の個体数、 $N$  を総個体数（種類を問わない）とする。

$$SID = \sum_i \left( \frac{1}{P_i} \right)^2, \quad P_i = \frac{n_i}{N}$$

また、各調査地点におけるトビムシ群集組成の類似

性を比較するために、有無データを基に類似度指数として Driver-Kroeber-Ochiai index（OI 指数）を算出し、ともに群平均法でデンドログラム化した。OI 指数は以下の式で表される。

$$OI = \frac{c}{\sqrt{a}\sqrt{b}}$$

ただし、OI 指数について、 $a$  および  $b$  は各群集の種数を、 $c$  は両群集の共通種数を示す。

### (2) 調査結果

#### (1) 土壌環境

##### 1) 土壌断面構造

ルート1：富士風穴第1

強踏圧区：全調査時期を通して、Ao 層（有機物層）は薄く厚さは僅か数 mm で、そのほとんどが L 層（落葉層）で、F 層（植物組織を認める有機物層）はほとんど認められない。根も乏しくほとんどが土壌であり、土壌孔隙は認められず、サンプラーからとりだしても崩れにくいほど密に詰まっている。

弱踏圧区：全調査時期を通して、Ao 層は 10～20mm 程度の厚さで、そのうち F 層は 10mm 程度で土壌中には根が認められる。団粒構造と土壌孔隙が認められる。

回復区：2006 年の調査では、サンプルによって変異もあるが、Ao 層は 10mm 未満の厚さで、そのほとんどが L 層で、F 層は僅かに認められる程度である。根は乏しくほとんどが土壌である。2007 年の調査では Ao 層は 15mm 程度の厚さで、そのうち F 層は 10mm 未満程度の厚さが認められる。団粒構造は認めにくいですが、強踏圧区に比べると詰まり方は密ではない。

非踏圧区：全調査時期を通して、Ao 層は厚く 30mm を超えることもあり、そのなかの F 層も発達し、根も多い。団粒構造で孔隙が多く認められ、崩れやすい。

ルート2：富士風穴第3

強踏圧区：全調査時期を通して、Ao 層は薄く厚さは僅か数 mm で、そのほとんどが L 層で、F 層はほとんど認められない。根は認められずほとんどが土壌である。密に詰まっている状態で土壌孔隙も認められない。

弱踏圧区：全調査時期を通して、サンプルによって変異が大きいですが、Ao 層は 10～25mm 程度の厚さで、そのうち F 層は 15mm 程度で土壌中には根が認められる。団粒構造と土壌孔隙が認められる。

回復区：2006 年の調査では、サンプルによって変異もあるが、Ao 層も 10mm 前後の厚さで、そのほとんどが L 層で、F 層は僅かにあるだけである。根は乏しくほとんどが土壌である。2007 年の調査では、Ao 層

は15～20mm程度の厚さで、その多くはL層であるが、F層も10mm未満程度の厚さが認められる。団粒構造は認めにくい、強踏圧区に比べると詰まり方は密ではない。

非踏圧区：全調査時期を通して、ほとんどがAo層で、根も多い。団粒構造で孔隙が多く認められ、崩れやすい。

#### ルート3：野鳥の森公園

強踏圧区：全調査時期を通して、Ao層は薄く厚さは僅か数mmで、そのほとんどがL層で、F層はほとんど認められない。根も乏しくほとんどが土壌であり、土壌孔隙は認められず、サンプラーからとりだしても崩れにくいほど密に詰まっている。

弱踏圧区：全調査時期を通して、サンプルによって変異が大きい、Ao層は20～30mm程度の厚さで、そのうちF層は10～15mm程度で土壌中には根が僅かながら認められる。団粒構造と土壌孔隙が認められる。

回復区：2006年の調査では、Ao層も10mm程度の厚さで、そのほとんどがL層で、F層は僅かに認められる。根は乏しくほとんどが土壌である。2007年の調査では、Ao層は15mm程度の厚さで、そのうちF層は10mm程度の厚さが認められる。また、僅かながら団粒構造も認められる。

非踏圧区：全調査時期を通して、Ao層は20～40mmと厚く、多くがF層で、根も多くみられる。団粒構造で孔隙が多く認められ、崩れやすい。

以上の結果より、3ルートとも、各調査区の特徴は以下のとおりまとめられる。

強踏圧区：全調査時期を通してAo層（有機物層）は数mmと薄く、また、植物根や土壌孔隙が認めにくい状態であった。

弱踏圧区：強踏圧区よりAo層は厚く、植物根および団粒構造と土壌孔隙は認められる状態であった。

回復区：2006年の調査では、Ao層の厚さは弱踏圧区と同じ程度であったが、団粒構造や土壌孔隙は認めにくい状態で強踏圧区とほぼ同様の特徴を示した。

2007年には、全体的に弱踏圧区に近い状態であった。

非踏圧区：全調査時期を通してAo層が厚く植物根や団粒構造による孔隙が多く、崩れやすい状態であった。

#### 2) Ao層（有機物層）

調査日ごとに各調査地点におけるAo層の厚さの平均値を図2-3-4に示す。いずれの調査地点においても、非踏圧区は強踏圧区よりAo層が有意に厚かった（ただし、2006年10月の富士風穴3のみを除く）。弱踏圧

区のAo層の厚さの平均値は非踏圧区と強踏圧区の間値的な値を示したが、どの調査地点も非踏圧区と比較し有意な差はなかった（2005年10月、2006年6月）。利用者による踏みつけの規制を行なった1年後（2006年10月）および2年後（2007年11月）の調査では、回復区のAo層の厚さの平均値は弱踏圧区に近い値を示したものの、非踏圧区との比較では有意に低い値を示す地点が多かった。

#### 3) 土壌密度

各調査地点における湿重量より算出した土壌密度（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ）の平均値を図2-3-5に示す。いずれの調査地点においても強踏圧区の土壌密度は非踏圧区よりも高い傾向が認められ（一部については有意差なし）、弱踏圧区では強踏圧区と非踏圧区の間値的な値を示した。また、回復区の値も非踏圧区と強踏圧区の間値的な値を示した。2006年10月の時点では、回復区の値は強踏圧区と比較し、調査地点3地点中1地点（野鳥の森公園）のみで有意に小さかったが、2007年11月の時点では3地点すべてで有意に小さい値を示し、このうち2地点では非踏圧区と有意な差が認められなかった。

#### 4) 土壌硬度

図2-3-6に土壌硬度を示す。いずれの調査地点においても強踏圧区の土壌硬度は、弱踏圧区および非踏圧区の土壌硬度に比べ有意に大きい値を示した。弱踏圧区を非踏圧区と比較すると、富士風穴第1では、2005年10月、2006年6月いずれの時点でも有意差が認められ、その違いが特に顕著であった。また、富士風穴第3では2005年10月でのみ有意な差を示した。利用者による踏みつけが規制された1年後の2006年10月調査時点における回復区の土壌硬度は、ロープ外側の強踏圧区よりは有意に小さい値を示したが、非踏圧区と比べるといずれも有意に高かった。また、3調査地点間の比較では、非踏圧区以外の強踏圧区、弱踏圧区、回復区とも、富士風穴第3は他の2地点より小さい値が示された。

#### 5) 土壌の水分環境

##### 含水量

図2-3-7に各調査地点における含水量（1コアサンプラーあたりの土壌に含まれる水分量）を示す。いずれの調査地点においても、強踏圧区は非踏圧区より大きい値を示す傾向が認められ、弱踏圧区は非踏圧区とほぼ同じ値（富士風穴第1および野鳥の森公園）か、やや多い値（富士風穴第3）を示した。また、回復区も弱踏圧区と同様の傾向が認められ、非踏圧区とほぼ

同じ値か、やや大きな値を示した。

#### 含水率

図 2-3-8 に含水率（単位湿重量あたりの水分量）を示す。富士風穴第 3 では、いずれの調査時期においても調査区間での差がみられなかった（2006 年 10 月の回復区と非踏圧区間を除く）。富士風穴第 1 および野鳥の森公園では、強踏圧区の値は非踏圧区より有意に低かったが（野鳥の森公園 2007 年 11 月を除く）、強踏圧区と弱踏圧区、あるいは弱踏圧区と非踏圧区との間では顕著な差は認められなかった。また、回復区の値は強踏圧区とはいずれの場合も差がみられず、非踏圧区より有意に小さい値を示した（富士風穴第 1 の 2007 年 11 月を除く）。

### (2) 土壌動物群

#### 1) 出現動物群数

各調査時にそれぞれの調査地点で確認された動物群のリストを表 2-3-3 に示す。全調査によって確認された動物群は 19 群で、一部の場合を除き、非踏圧区で最も多く、弱踏圧区、強踏圧区の順に減少する傾向がみられた。利用者による踏みつけ規制がなされた回復区は、弱踏圧区と同様に強踏圧区と非踏圧区の間値を示した。また、調査地間の比較では、強踏圧区、弱踏圧区、非踏圧区、回復区いずれも出現動物群数に大きな違いはなかった。

今回採集された全 19 群の内、全調査区から得られた動物群はダニ類、トビムシ類、アブ・ハエ類、アリ類、多足類の 5 群であった。全調査を通して、非踏圧区で出現個体数が多く、逆に強踏圧区では出現個体数が少ない傾向を示した動物群は、コムシ類、エダヒゲムシ類、コムカデ類、多足類、カニムシ類、クモ類、ザトウムシ類の 7 群であった。また、回復区での出現個体数が多い動物群としてミミズ類があげられる。

なお、アブ・ハエ類ではユスリカ類が最も多く、次にタマバエ類が多かった。チャタテムシ類ではすべてコナチャタテ科に属するものであった。カメムシ類は非踏圧区でヨコバイが得られたものの他はすべてワタムシ科に属するものであった。ミミズ類の大部分は小型のヒメミミズ科に属するものであった。アリ類はヒメナガアリとアメイロアリがほとんどで、若干のヒメキロケアリとアズマオオズアリが認められた。

一方、回復区（ロープ内）と強踏圧区（ロープ外）の比較では、表 2-3-4 に示す通り、それぞれ 6~9 群、12~13 群と回復区で多くの動物群が得られた。回復区では採集されたが強踏圧区では採集されなかった動物群は、コムカデ類、エダヒゲムシ類、クモ類、コムシ類であった。また、ロープ設置後 1 年目の 2006 年

10 月と 2 年目の 2007 年 11 月における回復区での出現動物群数は、それぞれ、9~10 群、9~11 群で大きな差は認められなかった。

#### 2) 相対出現頻度

今回得られた動物群のうち、個体数はダニ類とトビムシ類が最も多く、多くの調査区でこれら 2 群の相対出現頻度の合計が 90%以上に達していた。他の動物群の合計が 10%以上を示した調査区は、2005 年 10 月の野鳥の森公園の強踏圧区（10.6%）および 2006 年 10 月の富士風穴第 3 の強踏圧区（12.1%）の 2 区のみであった（図 2-3-9、図 2-3-10）。

図 2-3-11 は各動物群の出現順位と相対出現頻度との関係を示したものである。いずれの調査区においても第 3 位までの傾きに大きな差は認められず、それ以後、強踏圧区、弱踏圧区および回復区、非踏圧区の順に傾きが小さくなる傾向が認められた。

#### 3) Ao 層の厚さと生物の関係

各調査区における Ao 層の厚さと出現動物総個体数、出現動物群数、ダニ類個体数、トビムシ類の個体数と種数、および多様度指数との関係を図 2-3-12 に示した。

Ao 層の厚さと生物個体数（出現動物総個体数、ダニ類個体数、トビムシ類個体数）との間には高い正の相関はみられないが、動物群数およびトビムシ類種数との間には高い正の相関がみられた。またトビムシ類の多様度指数についても高い正の相関がみられ、Ao 層が厚くなるほど多様度指数の値は増大することが認められた。

#### 4) 土壌の物理的環境の変化と生物の関係

##### 土壌密度

各調査区における土壌密度と出現動物総個体数、出現動物群数、ダニ類個体数、トビムシ類の個体数と種数、および多様度指数との関係を図 2-3-13 に示した。

出現動物個体数および動物群数については、土壌密度と強い負の相関がみられた。出現個体数が多いダニ類とトビムシ類についても、それぞれ有意な負の相関がみられた。また、トビムシ類については種数、多様度指数ともに有意な強い負の相関がみられた。

##### 土壌硬度

各調査区における土壌硬度と出現動物総個体数、出現動物群数、ダニ類個体数、トビムシ類の個体数と種数、および多様度指数との関係を図 2-3-14 に示した。いずれの指標についても、土壌硬度との間に有意な負の相関がみられ、そのなかでも特に、出現動物群数お

よびトビムシ類種数で強い負の相関が認められた。

#### 含水量

各調査区における土壌含水量と出現動物総個体数、出現動物群数、ダニ類個体数、トビムシ類の個体数と種数、および多様度指数との関係を図 2-3-15 に示した。

出現動物個体数および動物群数については、土壌含水量と強い負の相関がみられた。出現個体数が多いダニ類とトビムシ類のうち、ダニ類個体数でのみ含水量との間に有意な負の相関がみられた。一方、トビムシ類については、種数および多様度指数について含水量との間に有意な強い負の相関がみられた。

#### 含水率

各調査区における土壌含水率と出現動物総個体数、出現動物群数、ダニ類個体数、トビムシ類の個体数と種数、および多様度指数との関係を図 2-3-16 に示した。

出現動物個体数および動物群数については、土壌含水率と緩やかな正の相関がみられた。ダニ類とトビムシ類の個体数についても、土壌含水率との間で同様に緩やかな相関がみられた。しかし、トビムシ類の種数および多様度指数については、有意な相関はみられなかった。

### (3) トビムシ類

#### 1) 種リスト

2005 年から 2007 年の秋の調査(2005 年 10 月、2006 年 10 月、2007 年 11 月)で確認されたトビムシ類のリストを表 2-3-5～表 2-3-7 に示す。同定はYosii (1977) の分類体系に準拠し、和名はトビムシ研究会 (2000) に従った。

3 年間の秋季調査を通じて 10 科 44 属 69 種のトビムシ (内訳は、富士風穴第 1 で 56 種、富士風穴第 3 で 51 種、野鳥の森公園で 50 種) が確認された。どの調査地点も非踏圧区が多様度指数は強踏圧区のそれより大きい値を示したが、弱踏圧区および回復区が多様度指数は場所により、または調査年により大きく変動した。

次に、踏みつけ環境ごとに見られた特徴的なトビムシについて述べていくと、非踏圧区のみで確認された種は、シロヒメトビムシ属の一種、ケナガヤマトビムシ、ヤマトビムシ属の一種、アオイボトビムシ属の一種、ミヤマツチトビムシ、メナシドウナガトビムシ、トゲナシトビムシ属の一種、カギキヌトビムシ、カギヅメハゴロモトビムシ、ツツグロアヤトビムシ、ヒメマルトビムシ属の一種、ハイイロヒツメマルトビム

シ、オドリコトビムシ属の一種、ヒメヒツメマルトビムシなどがあげられた。強踏圧区のみで確認された種はいなかった。また、非踏圧区、弱踏圧区および回復区では確認頻度が高いが、強踏圧区では確認頻度が減少する種として、ボクシヒメトビムシ、ベソッカキトビムシ、メナシツチトビムシ、マドツチトビムシ、アオジロツチトビムシ、ヒメトゲトビムシ、ケシトビムシの 9 種があげられた。また、非踏圧区、弱踏圧区、回復区でも確認され、強踏圧区でも確認頻度が高い種としてヨシイホソシロトビムシ、ツツガタツチトビムシがあげられた。

次に、調査ルートごとにみられた特徴的なトビムシについて述べていく。富士風穴第 1 のみで確認されたトビムシは、オニムラサキトビムシ、カギキヌトビムシ、ミズマルトビムシ、オドリコトビムシ属の 1 種およびモンツキマルトビムシで、富士風穴第 3 のみで確認されたトビムシは、アカイボトビムシの 1 種、シロアヤトビムシ、トゲナシツチトビムシの 1 種、カギヅメハゴロモトビムシで、野鳥の森公園のみで確認されたトビムシは、シホンムラサキトビムシ、イエティフクロイボトビムシ、メナシドウナガトビムシ、オウギマルトビムシであった。

#### 2) クラスター分析

トビムシ類の有無データをもとにクラスター分析を行ない、デンドログラム化した (図 2-3-17)。調査年度や調査地点でまとまる傾向は認められず、踏圧環境の違いによるグループ化がなされた。すなわち、強踏圧区のグループ、非踏圧区のグループ、回復区と弱踏圧区を含めたグループの 3 群に大きくまとめられた。

#### (3) 考察

樹海内利用者による踏みつけが林床の土壌にどのような影響を及ぼすのか、そしてその結果、土壌に生息する土壌動物群集にはどのような変化がみられるのかを主軸にしながら、モニタリング調査への提言も含めつつ考察を行なう。

#### (1) 樹海内利用者による踏みつけが林床土壌に及ぼす影響

本調査では利用者による踏み跡が多くみられ、かつ林床植生が剥離され裸地化した環境を強踏圧区とした。これは、樹海内利用者がエコツアー時に利用する林道、目的場所である風穴周囲や、途中での休憩場所などに多くみられた環境である。また、ヒトによる踏み跡がみられるが林床植生が少なからず残されている環境は弱踏圧区とした。このような環境は前述の強踏圧区の周囲にみられる環境である。そして、踏み跡

がほとんどみられず、林床植生の剥離が無い環境を非踏圧区とした。

強踏圧区は非踏圧区に比べて Ao 層の厚さが有意に薄いことや、回復区（元は強踏圧区ではあるがロープ柵を作成し利用者による踏みつけを規制した）では Ao 層の回復が速やかにおこり、弱踏圧区とほぼ同レベル程度の厚さになったことから、ヒトによる踏みつけが Ao 層を剥離する一要因であることが判明した。しかし、規制後に回復傾向がみられるものの規制後 2 年の回復区は非踏圧区に比べて Ao 層の厚さが有意に薄かったことは、腐食物堆積にはより長い期間が必要であることが示唆された。小峰他（2003）は、栃木県奥日光にみられる森林内の土壤裸出化した環境での野外実験から、林床植生の存在が林床へのリター定着すなわち腐食層の発達を増進させる重要な要因の一つであることを報告している。今回の調査では、立ち入り禁止区内に、一時的にツガの実生などがみられたもののすぐに枯死し、一度踏みつけによるダメージを大きく被った場合、冷温帯である青木ヶ原樹海では土壤の形成速度が非常に遅いこともあわせ、表面植生の回復には時間がかかるものと考えられた。また、青木ヶ原樹海内の踏みつけによる林床植生の剥離は樹海全体の面積からするとまだ些少な程度であるため、今回の調査の結果のように僅か 1～2 年で Ao 層の回復傾向が伺えたが、今後このような林床植生の剥離環境が拡大すると Ao 層の回復が進まなくなってしまう可能性がある。

土壤には孔隙が大部分を占め、複雑な構造を持っており、この孔隙が水分の保持などに関与していることがわかっている（金子，2007）。ヒトによる踏みつけが高い環境ほど団粒構造が確認されなくなり土壤密度や土壤硬度の値が大きくなることは、踏みつけによる圧力（踏圧）により、土中の団粒構造が破壊され、土壤孔隙が減少したことに起因するものと考えられる。このヒトによる踏みつけを規制したことにより、回復区の土壤密度は 1 年目では調査地点 3 地点中 2 地点（富士風穴第 1 および第 3）が強踏圧区と有意差がなく、非踏圧区とは 3 地点中 2 地点（富士風穴第 3 および野鳥の森公園）で有意に大きい値を示し、2 年目では全地点で強踏圧区より有意に小さく、3 地点中 2 地点（富士風穴第 3 および野鳥の森公園）で非踏圧区と有意差がなくなった。また、土壤硬度は規制後 1 年後のデータしか得られなかったが、全地点で土壤硬度は強踏圧区の土壤硬度より有意に小さくなった。このように、ヒトによる踏みつけを規制することは土壤の物理的性状の回復に有効であるが、回復にはより長い期間が必要である事が示唆される。

## (2) 踏みつけによる林床土壤の構造変化が土壤動物に及ぼす影響

今回の結果から、Ao 層の厚さも、また土壤の物理的環境（土壤密度、土壤硬度、含水量、含水率）も踏みつけによる影響を受けることが判明した。そして、いずれの項目の変化も確認土壤動物群の種類数や個体数に影響を及ぼすこと、特に、種類数のような質的側面は、個体数などの量的側面よりも高い相関を示す傾向にあることが判明した。前原・岩本（2004）は関東平野部の大学演習林で、土壤硬度と種類数の間には今回の結果と同様の相関がみられることを報告している。また、このことはトビムシ類というグループについても同様の傾向を示し、個体数より、種数や多様度指数などの質的側面についての方が高い相関を示した。トビムシについてその種組成をもとにクラスター分析を行った結果、調査年度や調査地点よりも踏圧環境（強踏圧区、非踏圧区、回復区と弱踏圧区を含めたグループ）でまとまる傾向がみられたことから、踏みつけが及ぼす林床土壤の構造変化は、そこに生息する土壤動物の組成に強く影響を及ぼす事が判明した。また、弱踏圧区と回復区が同じような種組成を示したことで、土壤構造変化に対して敏感な種が消失しても、踏みつけが規制されることで土壤構造が回復するにつれて周囲から再侵入して、土壤動物の組成が回復することが示唆された。

## (3) モニタリングへの提言

土壤動物を環境の指標生物として取りあげたものには、青木（1988、1989）による「自然の豊かさの評価」がある。この指数は本州低地の暖温帯域において用いられるものとして提唱されたものであり、青木ヶ原樹海のような高標高地で冷涼な環境には想定していない。しかし、今回採集された 19 の動物群のうち、全調査区で確認された 5 群には、「自然の豊かさの評価」で環境の破壊や人為的干渉に最も鈍感な動物としてグルーピングされた動物群であるダニ類、トビムシ類、アブ・ハエ類、アリ類の 4 群が含まれていた。また、全調査を通し非踏圧区では確認個体数が多く逆に強踏圧区などでは確認個体数が少ない傾向を示した 7 群の動物群には、自然環境の破壊や人為的干渉に最も敏感な動物とまとめられたコムカデ類、ザトウムシ類が含まれており、さらにやや敏感な動物としてグルーピングされていたコムシ類、多足類、カニムシ類が含まれていた。

これらの動物群は肉眼でも区別が容易であることから、「自然の豊かさの評価」の自然度判定に用いた指標生物を、樹海内の簡易的なモニタリング調査の指標生物として利用することは有効であると思われる。

本調査結果をもとにトビムシの指標性を推測すると、ケナガヤマトビムシやミヤマツチトビムシなど非踏圧区のみでの確認された種は「環境の変化に対して非常に敏感な種」と考えた方が妥当であろう。また、非踏圧区、弱踏圧区および回復区では確認頻度が高いが、強踏圧区では確認頻度が減少する傾向を示したボクシヒメトビムシ、ベソッカキトビムシ、メナシツチトビムシ、マドツチトビムシ、アオジロツチトビムシ、ヒメトゲトビムシ、ケシトビムシは「環境の変化にやや敏感な種」として、逆に非踏圧区を含めどの踏圧環境でも確認頻度が高いヨシイホソシロトビムシ、ツツガタツチトビムシについては「環境の変化に耐性を示す種」と考えられる。しかし、トビムシは種までの同定が困難なグループであることや顕微鏡下でないと種までの同定が困難であることから、簡易的なモニタリング調査の指標生物として利用することは難しく、専門家レベルでのモニタリング調査の指標生物として考えるべきである。

#### 引用文献

- 青木淳一（1988）大型土壤動物を指標とした自然の豊かさの評価．都市化・工業化が湾岸生態系に存ぼす影響調査Ⅱ．千葉県．pp. 3-10.
- 青木淳一（1989）土壤動物を指標とした自然の豊かさの評価．都市化・工業化の動植物影響調査法マニュアル．千葉県．pp. 127-143.
- 青木淳一，小作明則（1984）動物調査Ⅳ．土壤動物調査．旧芝離宮恩賜庭園環境調査生物調査（Ⅱ）報告書．pp. 193-217.
- 金子信博（2007）土壤生態学入門 ―土壤動物の多様性と機能―．東海大学出版会，神奈川県．p. 199.
- 小峰史子，石井清，角屋堯英（2003）日光小田代原におけるササ群落と土壤動物の関係．日本土壤動物学会第26回大会講演要旨集，p. 7
- 前原忠，岩本則長（2004）樹林地の見学利用が大型土壤動物の生息に与える影響．日本土壤動物学会第7回大会講演要旨集，p. 20
- トビムシ研究会編（2000）日本産トビムシ和名目録．*Edaphologia*, 66, 75-88.
- Yosii R (1977) Critical check list of the Japanese species of Collembola. *Contr. Bil. Lab. Kyoto Univ.*, 25(2), 141-170



表 2-3-1 溶岩上ルート調査地点

地点名	緯 度	経 度	標 高
ルート1: 富士風穴第1	35° 27' 03.30"	138° 39' 08.23"	1120m
ルート2: 富士風穴第3	35° 27' 09.72"	138° 39' 27.28"	1165m
ルート3: 野鳥の森公園	35° 29' 48.03"	138° 39' 10.68"	940m

緯度・経度・標高は GARMIN 社製ハンディ GPS(etrex Legend)で計測した値

緯度・経度の表示測地系は WGS84

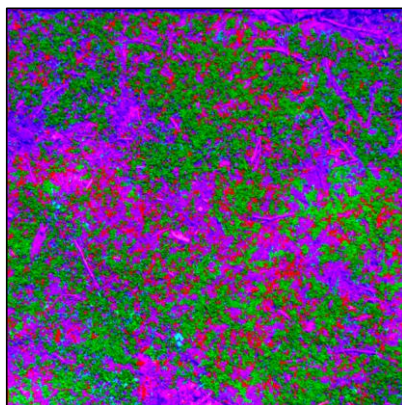


図 2-3-1 調査地点位置図  
カシミール3D ver 8.7.2 で作成

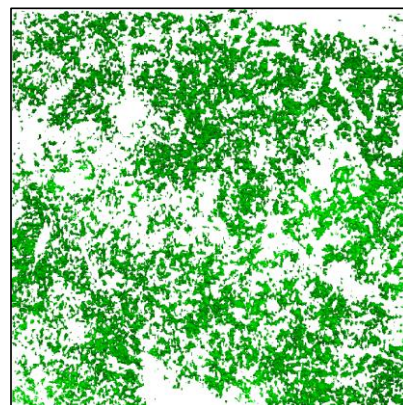
幾何補正後の写真



色補正後の画像



コケのみの画像



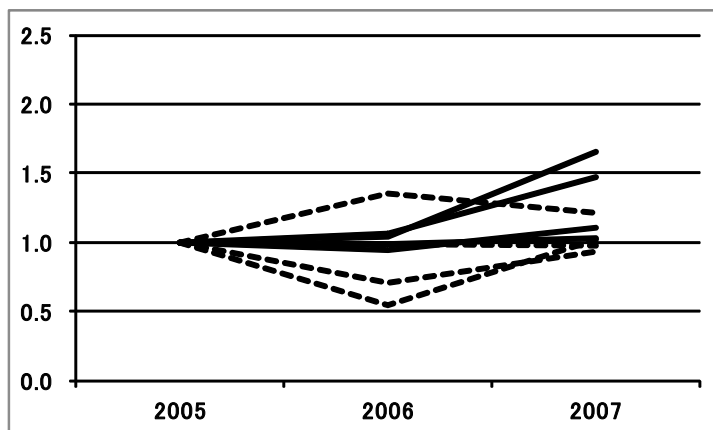
注：30cm × 30cmの方形枠4つ（60cm × 60cm）の写真及びその処理後の画像

図 2-3-2 コケ被度測定の実行例

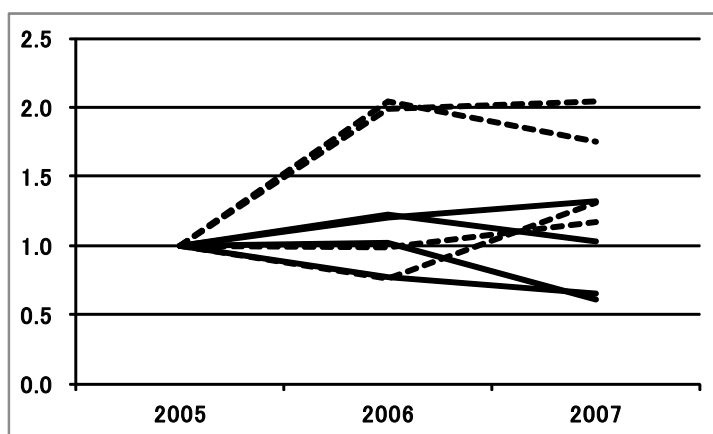
表 2-3-2 コケ被度の算出値

調査地点			2005	2006	2007
富士風穴第1	立ち入り禁止区	1	42.7	42.1	44.0
		2	37.5	35.4	41.4
		3	29.3	30.6	48.4
		4	32.0	34.0	47.2
	立ち入り非禁止区	1	26.1	35.4	31.6
		2	29.0	20.6	27.1
		3	20.3	11.2	20.7
		4	22.8	22.6	22.2
富士風穴第3	立ち入り禁止区	1	23.0	27.8	30.5
		2	28.5	34.9	29.4
		3	25.7	26.4	15.7
		4	40.4	31.3	26.7
	立ち入り非禁止区	1	35.2	26.9	46.1
		2	12.0	24.5	21.2
		3	32.9	32.5	38.7
		4	19.9	39.7	40.7
野鳥の森公園	立ち入り禁止区	1	13.4	17.5	14.6
		2	11.0	16.0	16.8
		3	20.0	33.9	32.8
		4	17.3	29.1	36.1
	立ち入り非禁止区	1	9.1	14.5	5.4
		2	7.4	12.2	3.6
		3	4.4	5.7	2.0
		4	8.4	5.0	6.5

富士風穴第1



富士風穴第3



野鳥の森公園

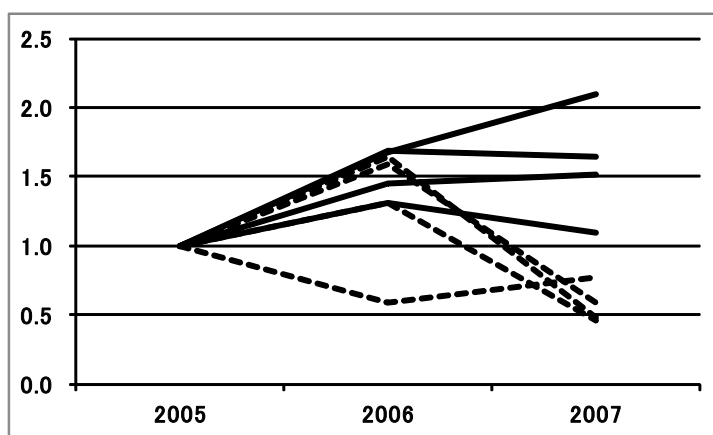


図 2-3-3 調査開始時(2005 年)を 1 とした場合のコケ被度の変化  
実線:立ち入り禁止区、破線:立ち入り非禁止区

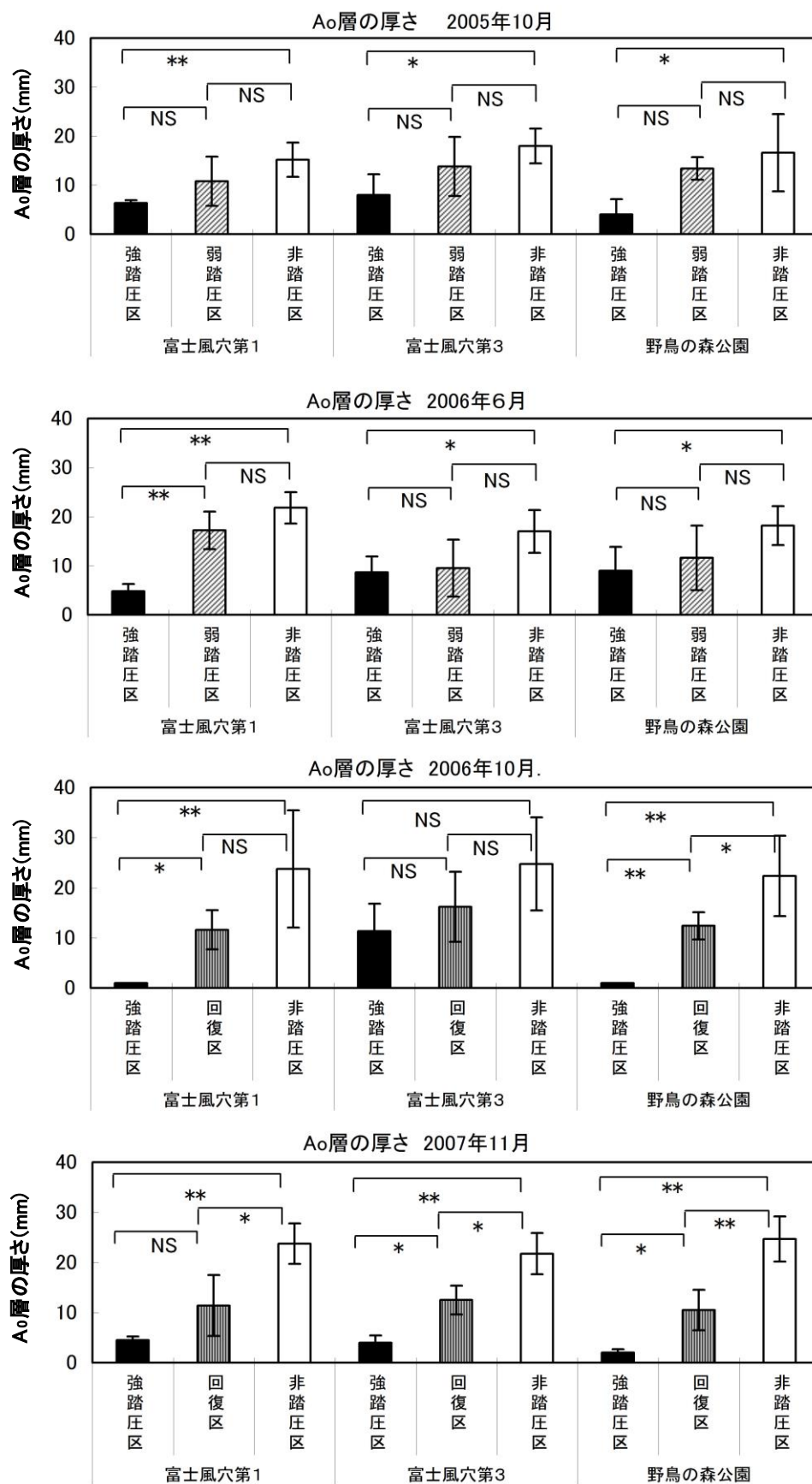


図 2-3-4 各調査地点における A<sub>0</sub> 層の厚さ  
 (縦線は標準偏差を示す。\*\*は有意水準 0.01 以下で、\*は有意水準 0.05 以下で有意差があることを、NS は有意差がないことを示す。)



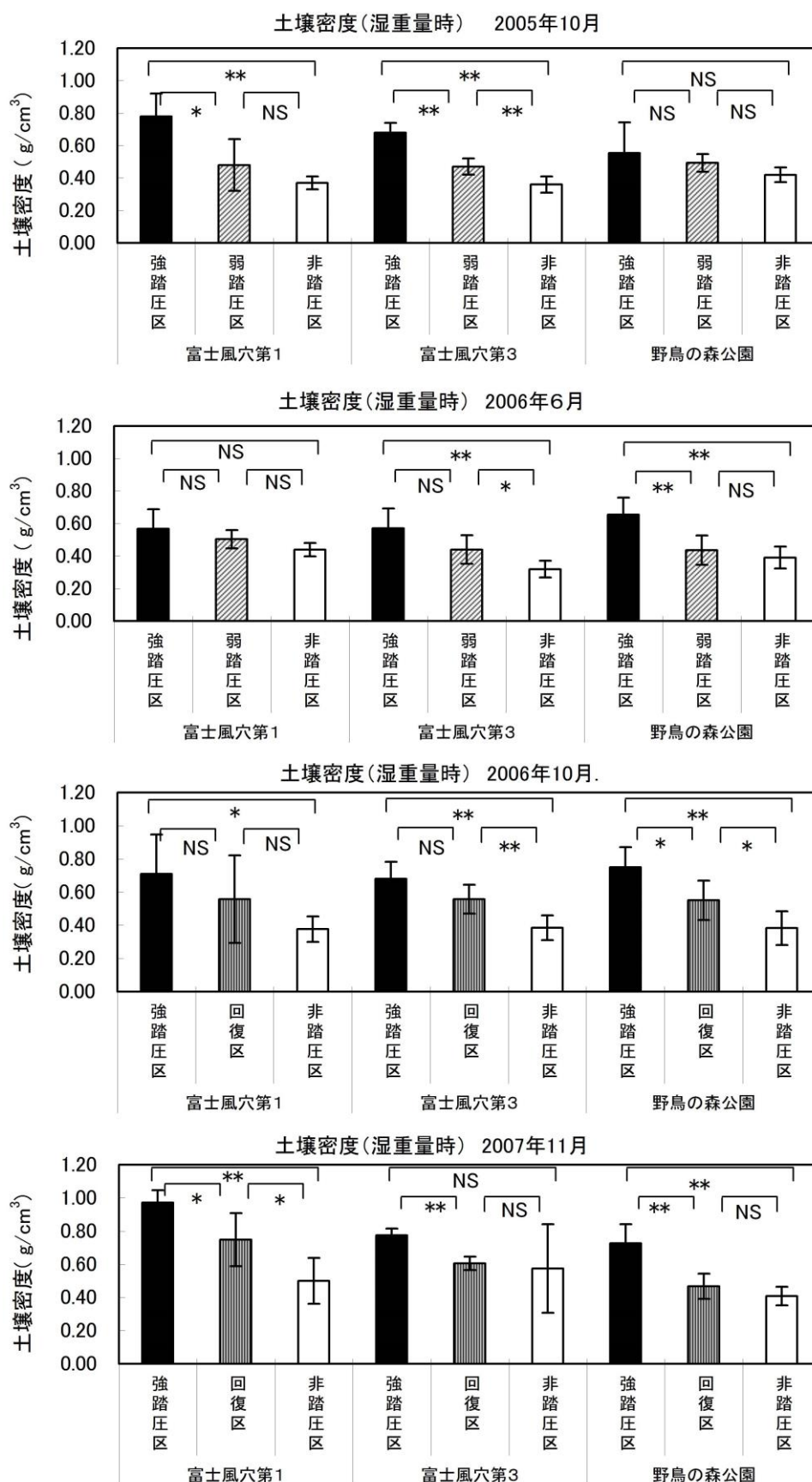


図 2-3-5 各調査地点における湿重量時の土壌密度  
(縦線は標準偏差を示す。\*\*は有意水準 0.01 以下で、\*は有意水準 0.05 以下で有意差があることを、NS は有意差がないことを示す。)

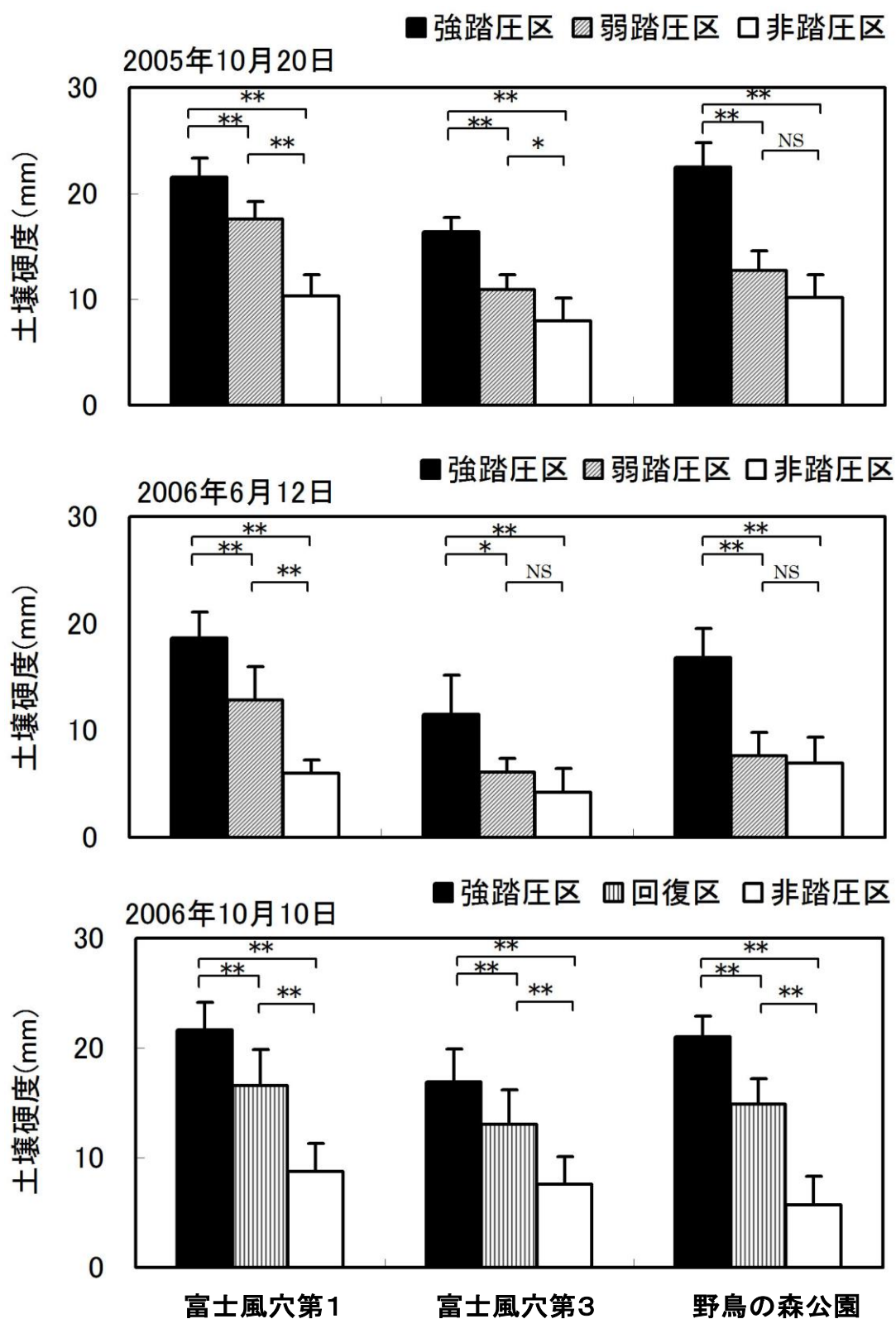


図 2-3-6 各調査地点における土壌硬度  
 (縦線は標準偏差を示す。\*\*は有意水準 0.01 以下で、\*は有意水準 0.05 以下で有意差があることを、NS は有意差がないことを示す。)

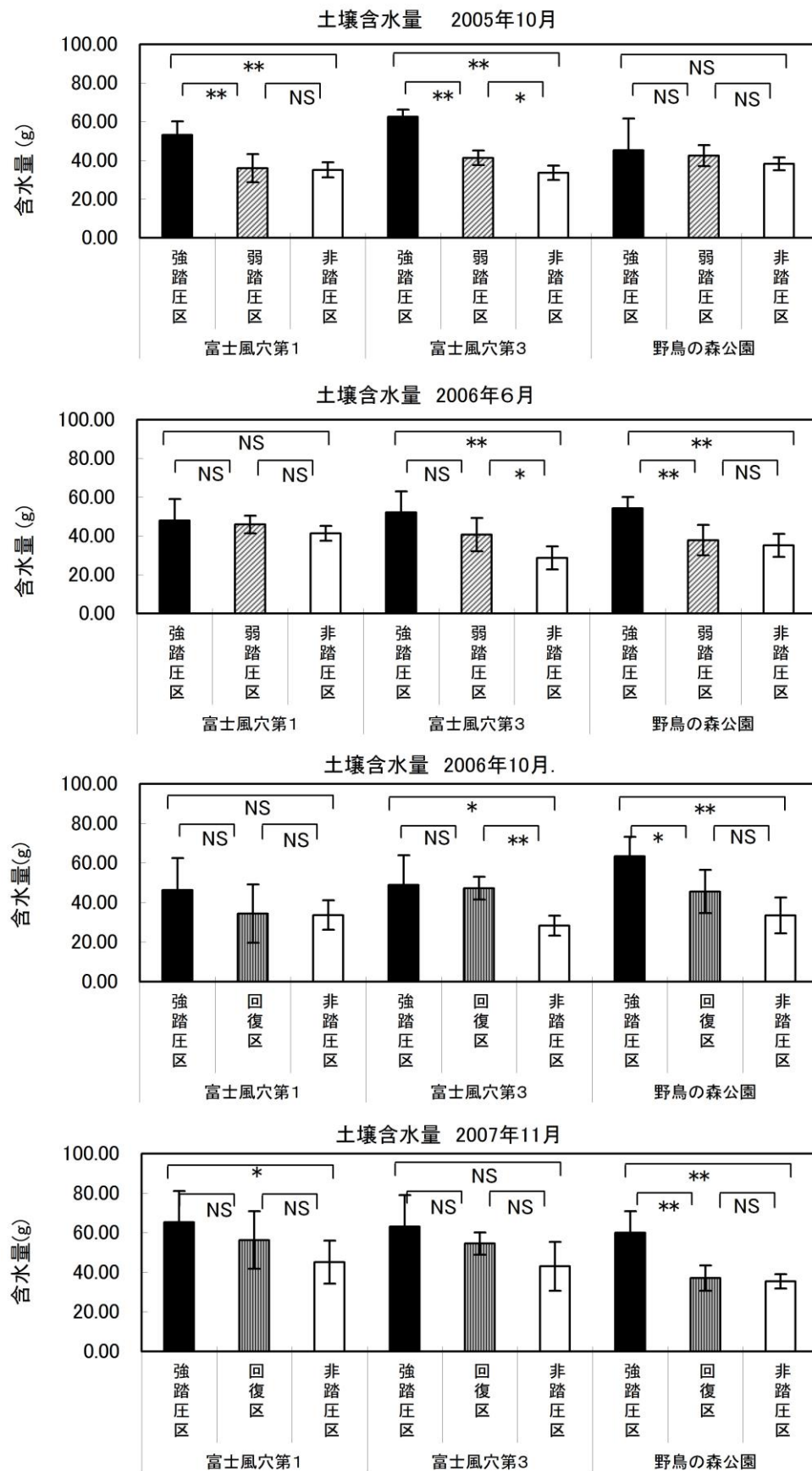


図 2-3-7 各調査地点における土壌含水量

(縦線は標準偏差を示す。\*\*は有意水準 0.01 以下で、\*は有意水準 0.05 以下で有意差があることを、NS は有意差がないことを示す。)

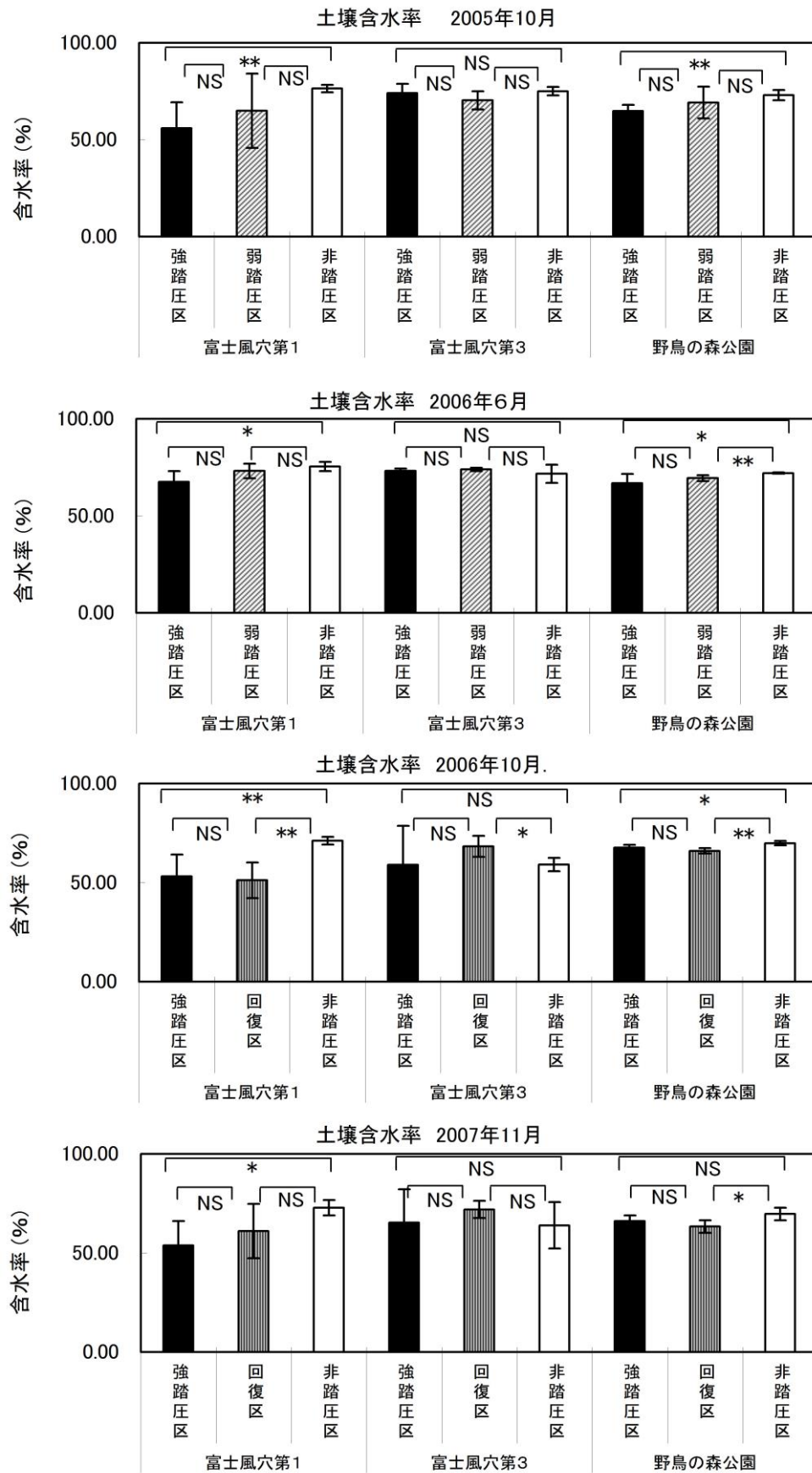


図 2-3-8 各調査地点における土壌含水率

(縦線は標準偏差を示す。\*\*は有意水準 0.01 以下で、\*は有意水準 0.05 以下で有意差があることを、NS は有意差がないことを示す。)



表 2-3-3 確認された土壌動物群と個体数(1)

採集日 2005/10/20	富士風穴第1			富士風穴第3			野鳥の森公園		
	強踏圧区	弱踏圧区	非踏圧区	強踏圧区	弱踏圧区	非踏圧区	強踏圧区	弱踏圧区	非踏圧区
ダニ類	613	3133	2557	718	1521	2062	342	2376	2931
トビムシ類	285	621	791	526	857	516	200	618	699
アブ・ハエ類	17	21	65	13	47	30	13	24	50
カメムシ類	1	3	56	0	0	3	3	2	15
チャタテムシ類	12	2	8	8	1	1	46	0	1
アリ類	0	3	2	0	1	0	2	7	12
アザミウマ類	0	0	1	0	1	2	0	0	1
コウチュウ類(幼虫)	0	1	0	2	4	3	0	4	8
ガ類(幼虫)	0	2	1	0	0	1	1	1	4
カマアシムシ類	0	2	1	0	0	0	0	0	1
コムシ類	0	4	2	0	1	0	0	0	0
エダヒゲムシ類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
コムカデ類	0	1	3	0	1	2	0	1	4
多足類	0	6	5	0	1	5	0	2	4
カニムシ類	0	6	20	0	10	4	0	0	15
クモ類	0	0	3	0	3	4	0	0	3
ザトウムシ類	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ミミズ類	0	0	1	1	0	1	0	0	2
ソコミジンコ類	0	0	0	0	1	0	0	0	0
総個体数	928	3805	3516	1268	2449	2635	607	3035	3750
出現動物群数	5	13	15	6	13	14	7	9	15

採集日 2006/6/12	富士風穴第1			富士風穴第3			野鳥の森公園		
	強踏圧区	弱踏圧区	非踏圧区	強踏圧区	弱踏圧区	非踏圧区	強踏圧区	弱踏圧区	非踏圧区
ダニ類	673	1666	2794	742	837	1411	701	1111	1671
トビムシ類	151	974	741	147	512	436	652	488	558
アブ・ハエ類	13	26	32	39	35	26	14	23	34
カメムシ類	2	2	7	1	0	0	2	0	4
チャタテムシ類	0	1	0	0	0	1	4	0	1
アリ類	0	4	19	0	4	5	2	70	73
アザミウマ類	0	0	0	0	0	0	0	1	0
コウチュウ類(幼虫)	1	6	3	12	2	10	0	3	5
ガ類(幼虫)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
カマアシムシ類	0	0	0	0	0	0	1	3	0
コムシ類	0	0	0	0	0	2	0	0	0
エダヒゲムシ類	0	4	0	0	0	0	0	0	0
コムカデ類	0	5	2	2	0	1	1	2	1
多足類	0	0	1	4	0	5	1	3	5
カニムシ類	0	1	8	0	1	2	0	2	0
クモ類	0	0	0	0	0	1	0	1	2
ザトウムシ類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ミミズ類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ソコミジンコ類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
総個体数	840	2689	3607	947	1391	1900	1378	1707	2354
出現動物群数	5	10	9	7	6	11	9	11	10

表 2-3-3 確認された土壌動物群と個体数(2)

採集日 2006/10/10	富士風穴第1			富士風穴第3			野鳥の森公園		
	強踏圧区	回復区	非踏圧区	強踏圧区	回復区	非踏圧区	強踏圧区	回復区	非踏圧区
ダニ類	872	1039	987	531	1058	1520	139	618	2082
トビムシ類	352	544	328	219	333	406	71	350	372
アブ・ハエ類	29	44	28	61	58	43	22	37	36
カメムシ類	1	2	3	8	3	13	0	14	14
チャタテムシ類	2	5	1	2	6	2	0	3	1
アリ類	1	3	4	0	0	1	0	1	10
アザミウマ類	0	3	0	0	0	1	0	0	1
コウチュウ類(幼虫)	0	0	4	3	3	3	0	1	10
ガ類(幼虫)	0	1	3	0	0	2	0	1	0
カマアシムシ類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
コムシ類	0	0	3	0	0	0	0	0	2
エダヒゲムシ類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
コムカデ類	0	0	0	0	1	4	0	0	2
多足類	1	0	3	5	1	5	0	0	4
カニムシ類	0	0	22	0	0	12	0	0	14
クモ類	0	0	10	0	0	4	0	1	1
ザトウムシ類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ミミズ類	9	6	0	25	27	0	0	1	0
ソコミジンコ類	0	0	0	0	0	1	0	0	0
総個体数	1267	1647	1396	854	1490	2017	232	1027	2549
出現動物群数	8	9	12	8	9	14	3	10	13

採集日 2007/11/2	富士風穴第1			富士風穴第3			野鳥の森公園		
	強踏圧区	回復区	非踏圧区	強踏圧区	回復区	非踏圧区	強踏圧区	回復区	非踏圧区
ダニ類	47	1732	764	696	1210	911	271	640	1892
トビムシ類	141	588	318	399	1058	308	176	716	550
アブ・ハエ類	2	39	18	17	51	97	3	17	49
カメムシ類	0	0	2	1	19	0	0	65	28
チャタテムシ類	2	1	1	10	0	0	8	0	0
アリ類	0	0	0	0	3	0	0	3	2
アザミウマ類	0	0	1	1	4	1	0	0	1
コウチュウ類(幼虫)	0	4	9	3	3	3	0	4	4
ガ類(幼虫)	0	0	0	0	1	0	1	0	0
カマアシムシ類	1	0	0	0	0	0	0	0	5
コムシ類	0	0	1	0	0	0	0	1	0
エダヒゲムシ類	0	4	0	0	0	0	0	0	1
コムカデ類	0	1	0	0	1	1	0	1	6
多足類	0	1	0	0	1	5	0	1	2
カニムシ類	0	0	13	0	0	7	0	0	17
クモ類	0	0	5	0	0	3	0	0	4
ザトウムシ類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ミミズ類	0	24	0	9	59	7	1	0	0
ソコミジンコ類	1	0	0	0	0	2	0	0	0
総個体数	194	2394	1132	1136	2410	1345	460	1448	2561
出現動物群数	6	9	10	8	11	11	6	9	13

表 2-3-4 回復区(ロープ内)と強踏圧区(ロープ外)から得られた動物群数の比較

		強踏圧区(ロープ外)		回復区(ロープ内)		ロープ内外の差	
		2006/10	2007/11	2006/10	2007/11	2006/10	2007/11
富士風穴第1	動物群数	8	6	9	9	1	3
	総動物群数	9		13		4	
富士風穴第3	動物群数	8	8	9	11	1	3
	総動物群数	9		12		3	
野鳥の森公園	動物群数	3	6	10	9	7	3
	総動物群数	6		13		7	

総動物群数は2回の調査時をあわせて確認された群数を示す。

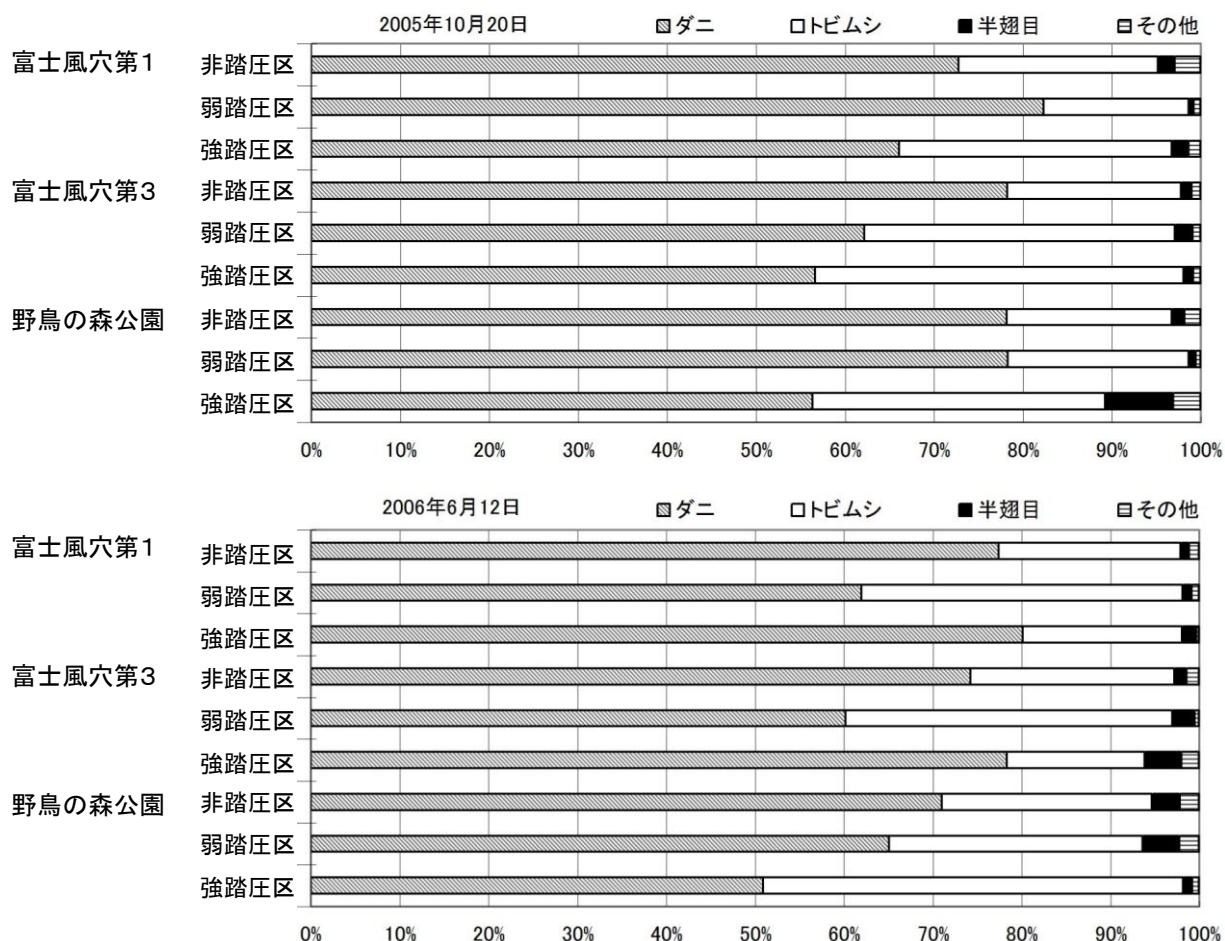


図 2-3-9 確認された土壌動物群個体数の相対出現頻度  
2005 年 10 月、2006 年 6 月(非踏圧区、弱踏圧区、強踏圧区)

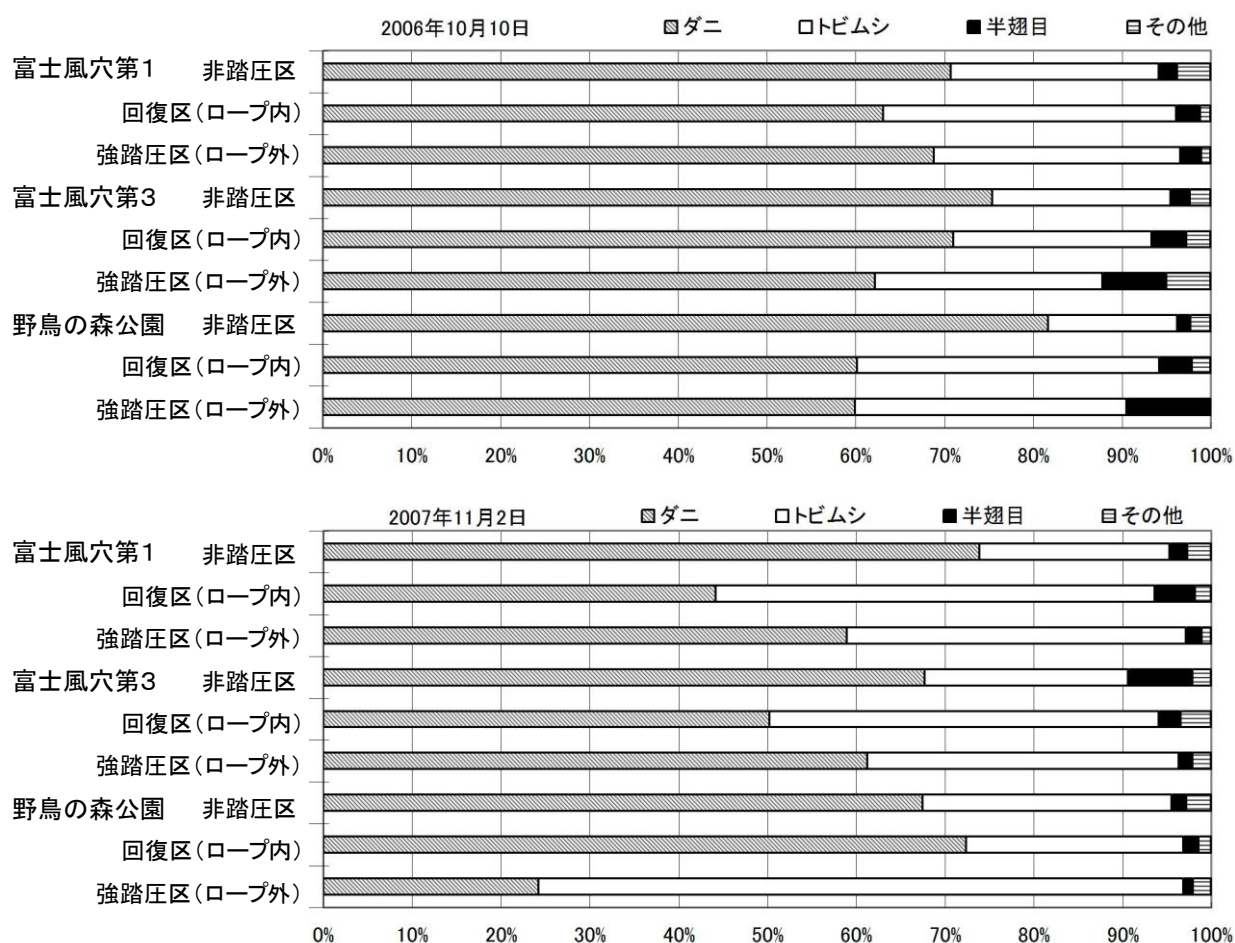


図 2-3-10 確認された土壌動物群個体数の相対出現頻度  
2006 年 10 月、2007 年 11 月(非踏圧区、回復区、強踏圧区)

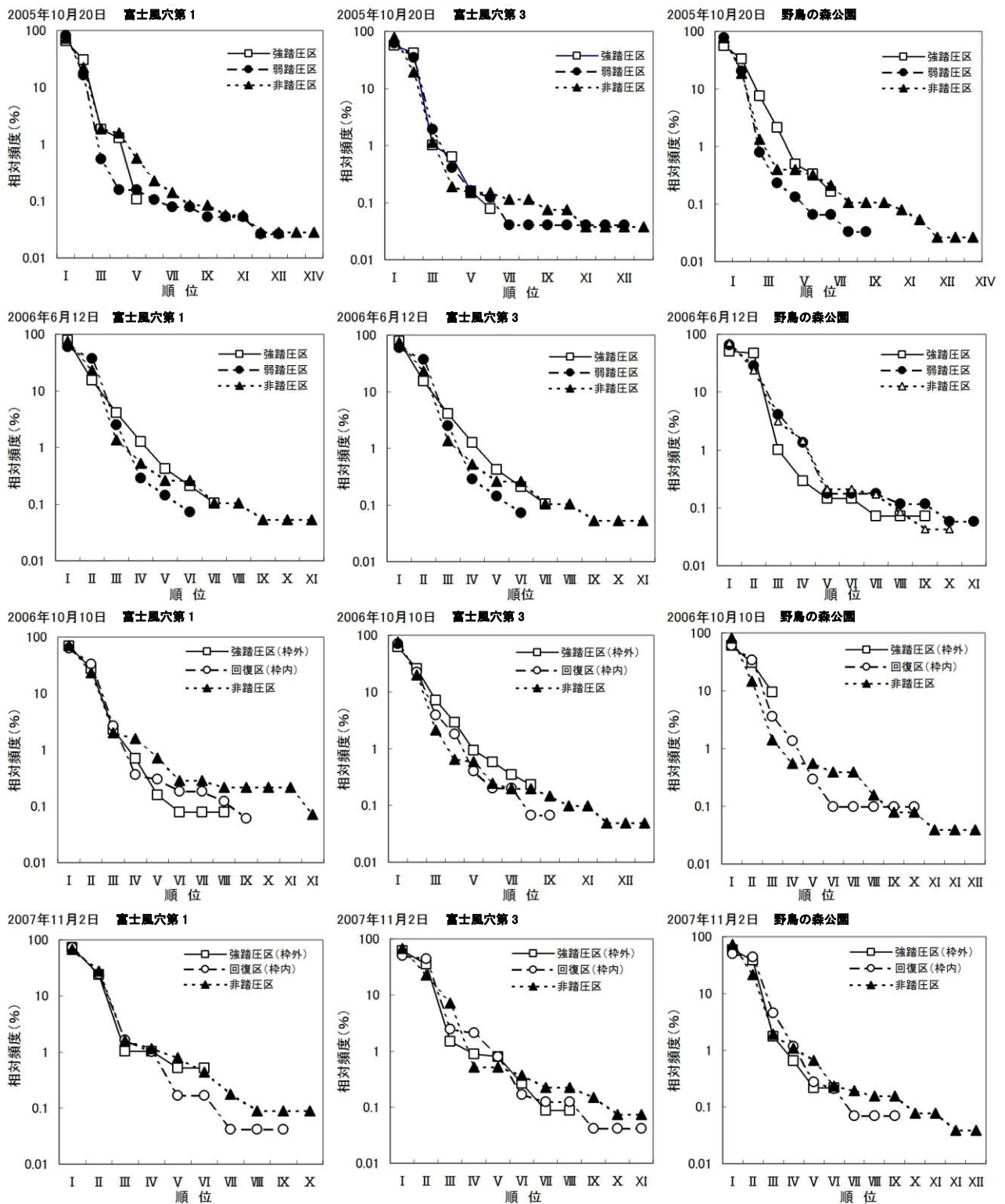


図 2-3-11 各動物群の出現順位と相対出現頻度

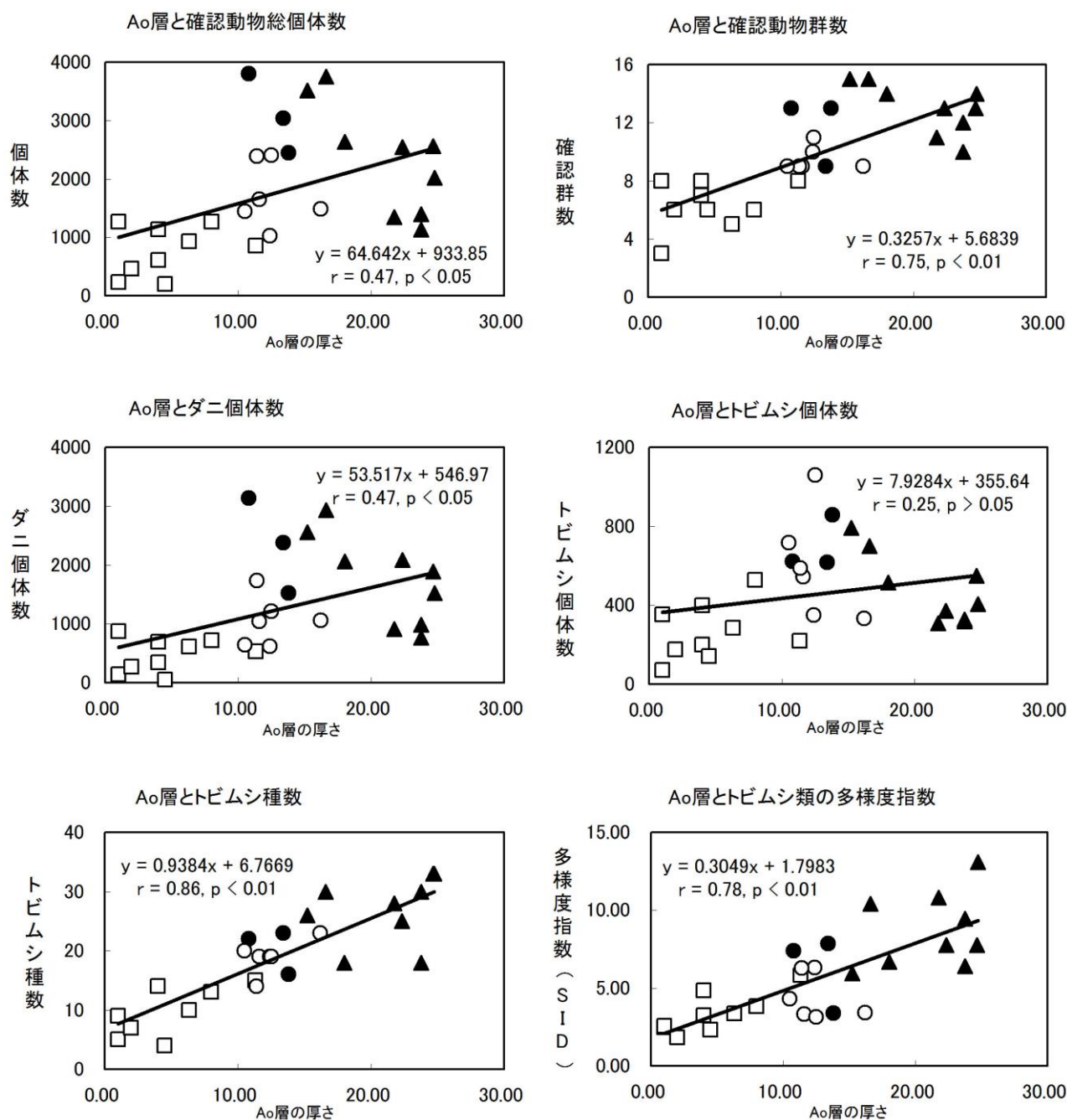


図 2-3-12 各調査区における A<sub>0</sub> 層の厚さと土壌動物との関係

□: 強踏圧区、●: 弱踏圧区、○: 回復区、▲: 非踏圧区



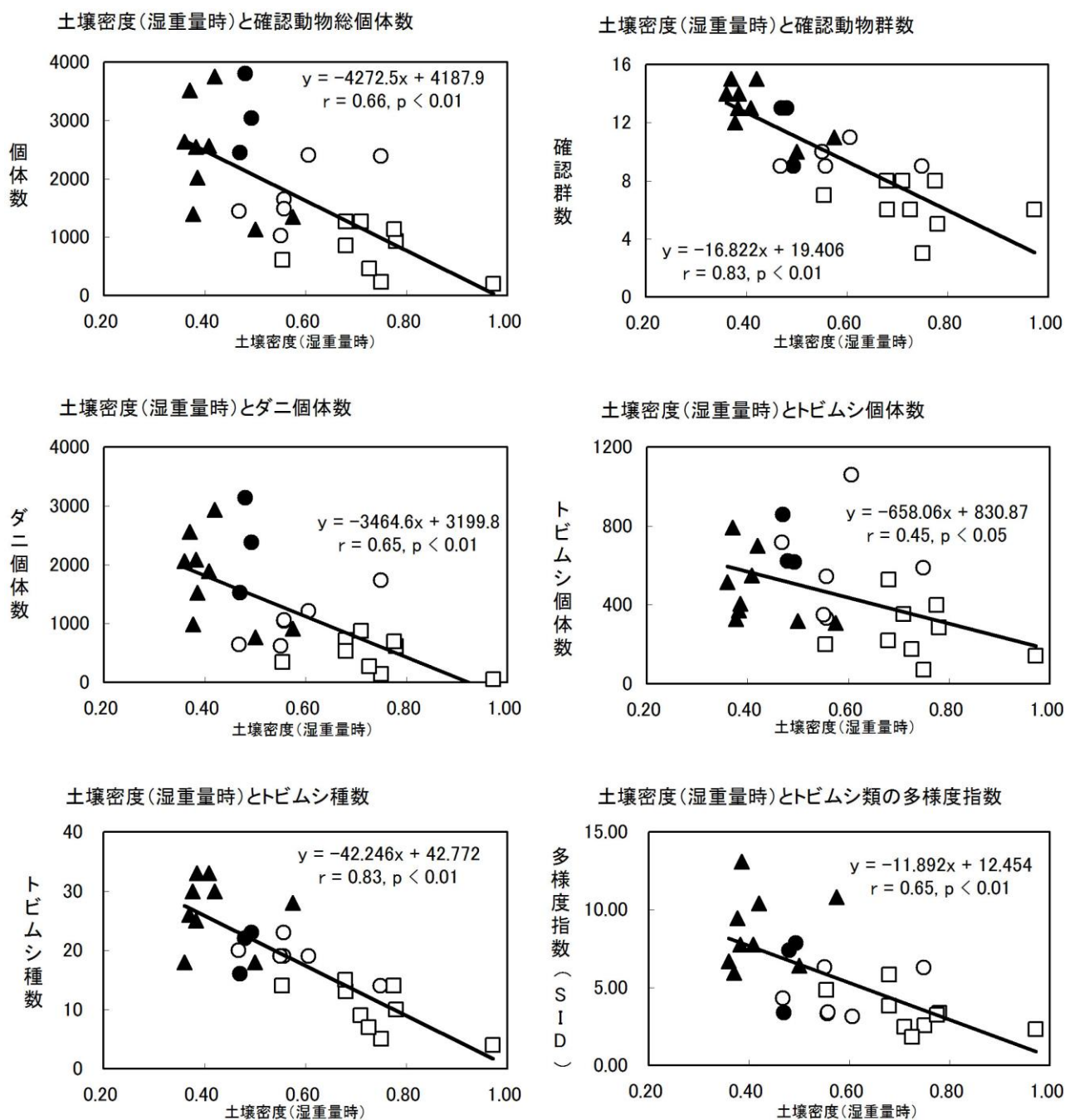


図 2-3-13 各調査区における土壌密度と土壌動物との関係  
□: 強踏圧区、●: 弱踏圧区、○: 回復区、▲: 非踏圧区

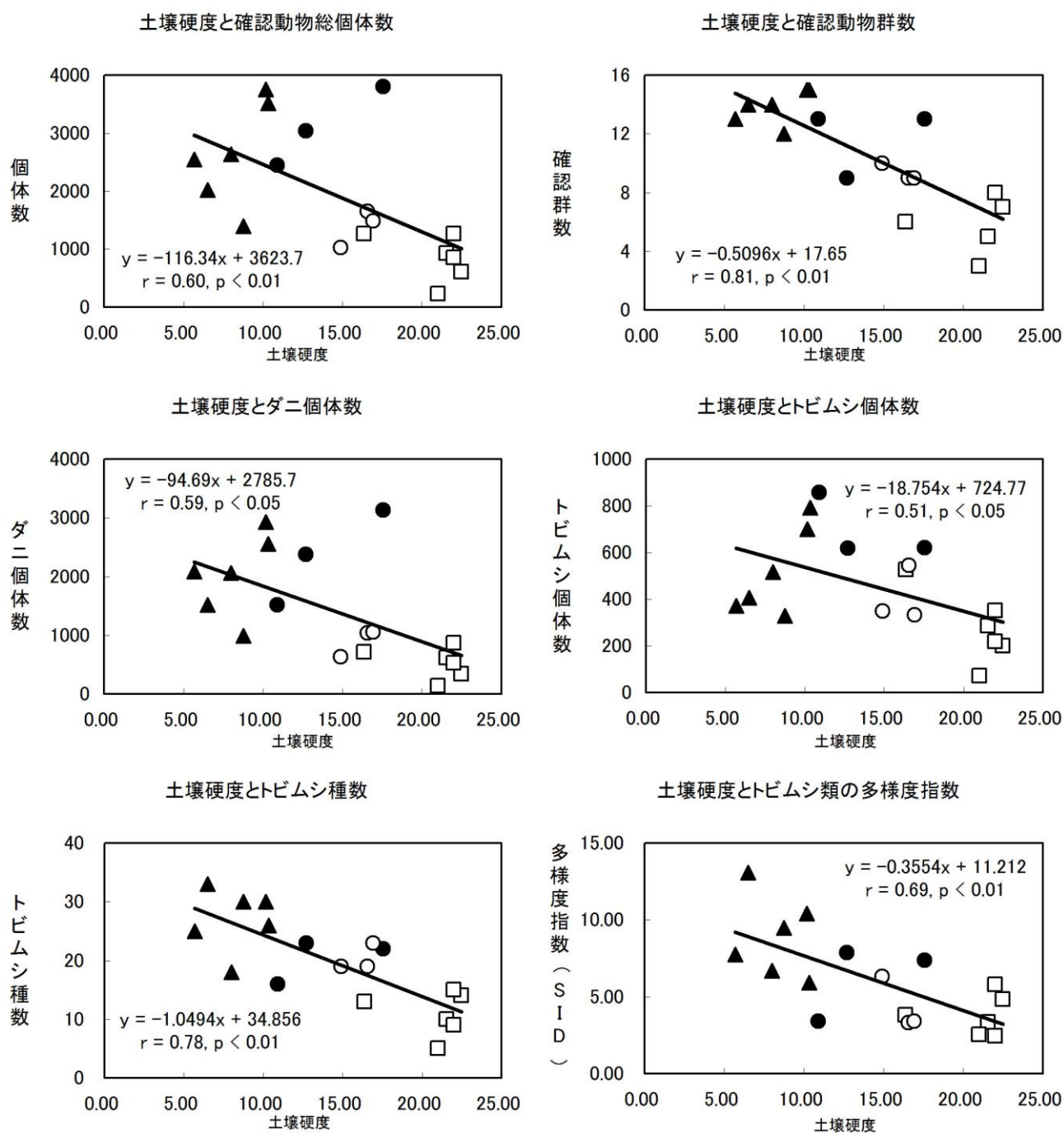


図 2-3-14 各調査区における土壌硬度と土壌動物との関係

□: 強踏圧区、●: 弱踏圧区、○: 回復区、▲: 非踏圧区



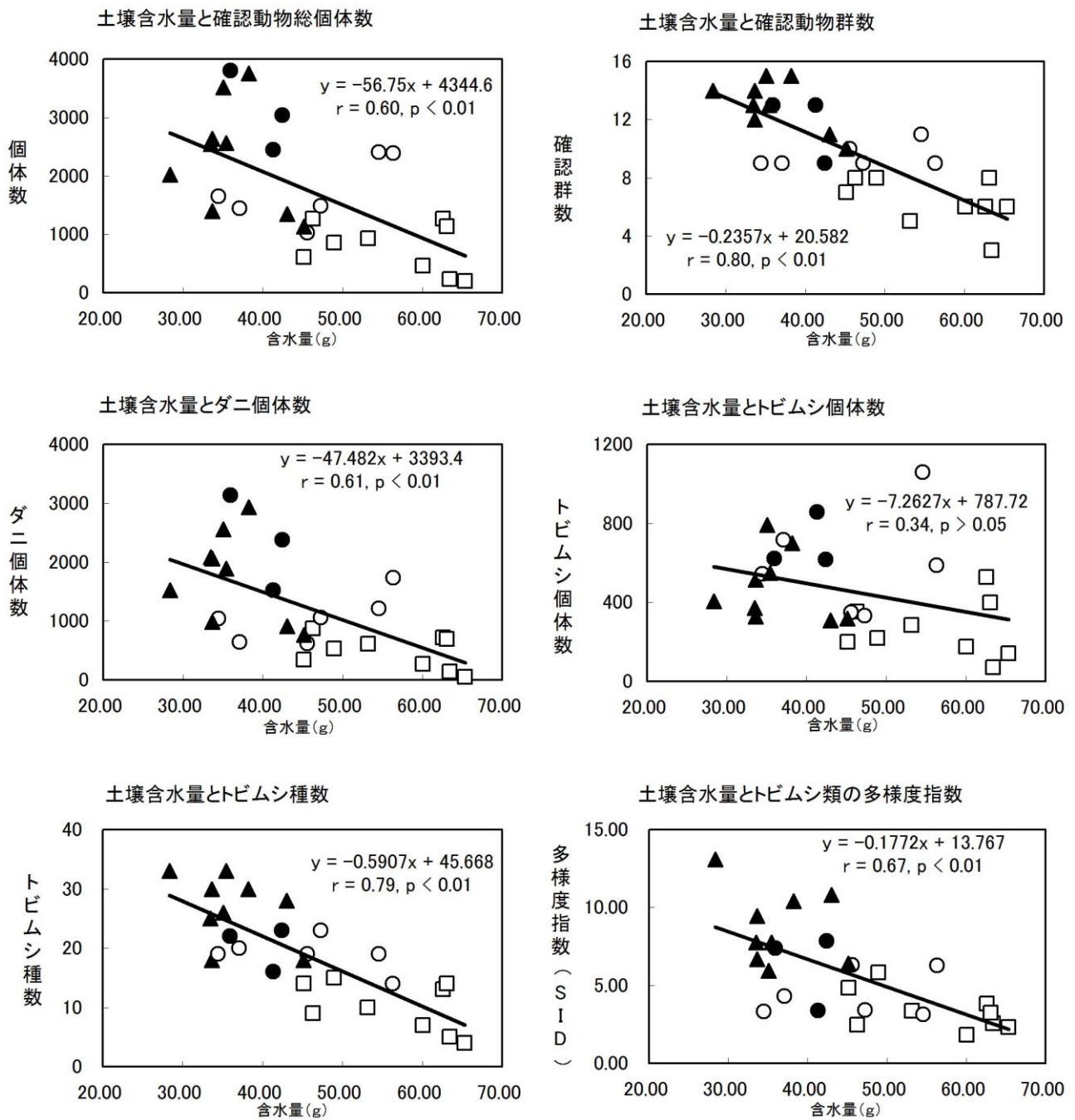


図 2-3-15 各調査区における土壌含水量と土壌動物との関係

□: 強踏圧区、●: 弱踏圧区、○: 回復区、▲: 非踏圧区

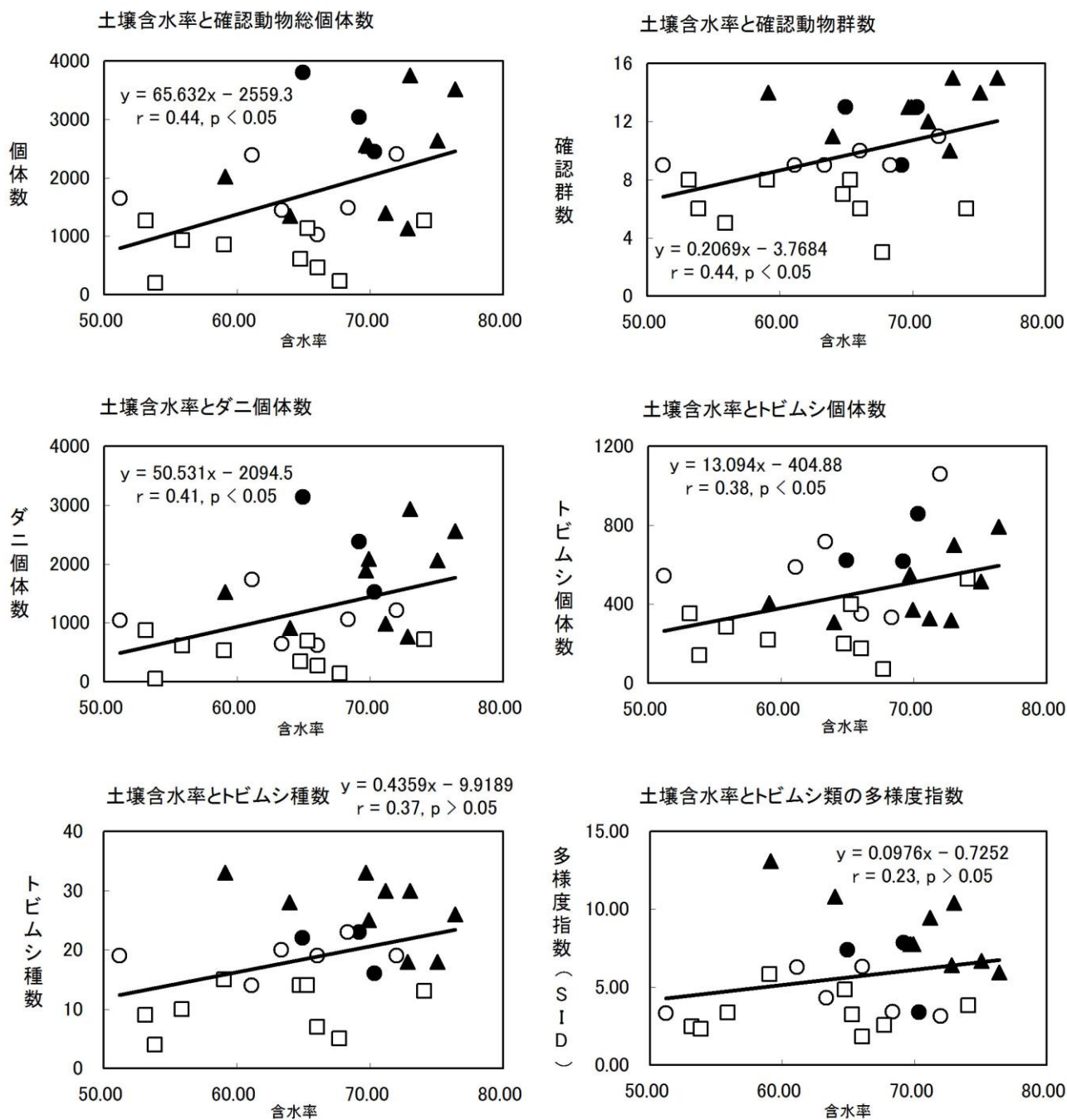


図 2-3-16 各調査区における土壌含水率と土壌動物との関係

□: 強踏圧区、●: 弱踏圧区、○: 回復区、▲: 非踏圧区

表 2-3-5 2005 年 10 月の調査で確認されたトビムシ類

調査年月日 2005年10月20日		富士風穴第1			富士風穴第3			野鳥の森公園		
		強踏圧区	弱踏圧区	非踏圧区	強踏圧区	弱踏圧区	非踏圧区	強踏圧区	弱踏圧区	非踏圧区
<b>Hypogastruridae</b>	<b>ムラサキトビムシ科</b>									
<i>Hypogastrura communis</i>	ムラサキトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Hypogastrura denisana</i>	カッショクヒメトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypogastrura bokusi</i>	ボクシヒメトビムシ	0	6	17	1	0	3	0	62	15
<i>Hypogastrura horrida</i>	オニムラサキトビムシ	0	3	7	0	0	0	0	0	0
<i>Hypogastrura itaya</i>	イタヤムラサキトビムシ	0	0	0	0	43	46	10	97	107
<b>Onychiuridae</b>	<b>シロトビムシ科</b>									
<i>Tullbergia yosii</i>	ヨシイホソシロトビムシ	31	59	25	179	13	51	70	31	43
<i>Onychiurus yodai</i>	ヨダシロトビムシ	7	99	35	135	50	104	4	34	53
<b>Pseudachorutidae</b>	<b>ヤマトビムシ科</b>									
<i>Friesea japonica</i>	ヤマシロトビムシ	14	7	39	14	0	12	3	0	0
<i>Granaturida tuberculata</i>	ツブツブトビムシ	0	2	0	1	0	0	0	0	2
<i>Micranurida pygmaea</i>	チビヤマトビムシ	0	2	5	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudachorutes longisetis</i>	ケナガヤマトビムシ	0	0	2	0	0	0	0	0	2
<i>Pseudachorutes</i> sp.	ヤマトビムシ属の1種	0	6	1	0	0	0	0	1	3
<i>Paranura</i> sp.	フクロヤマトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<b>Neanuridae</b>	<b>イボトビムシ科</b>									
<i>Vitronura mandarina</i>	オレンジイボトビムシ	0	0	3	0	0	0	0	0	2
<i>Lobella</i> sp.	アカイボトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Neanura fodinarum</i>	キリハイボトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>Isotomidae</b>	<b>ツチトビムシ科</b>									
<i>Pseudanurophorus binoculatus</i>	ミヤマツチトビムシ	0	0	7	0	0	0	0	0	0
<i>Folsomia onychiurina</i>	ヒメフォルソムトビムシ	11	8	0	0	0	0	1	3	0
<i>Folsomia octoculata</i>	ベソツカトビムシ	0	129	78	2	365	15	45	146	58
<i>Folsomia candida</i>	オオフォルソムトビムシ	7	0	0	7	0	0	6	0	0
<i>Folsomia quadrioculata</i>	フタツメフォルソムトビムシ	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Folsomia inoculata</i>	メナシフォルソムトビムシ	0	2	0	0	0	0	4	10	47
<i>Dagamea tenuis</i>	ツツガツチトビムシ	127	17	0	0	0	0	3	0	0
<i>Isotomiella minor</i>	メナシツチトビムシ	0	2	7	0	2	10	0	4	9
<i>Micrisotoma achromata</i>	マドツチトビムシ	0	101	275	146	273	137	11	58	99
<i>Isotomodes fiscus</i>	メナシドウナガトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Proisotoma minuta</i>	ヒメツチトビムシ	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Ballistura tuberculata</i>	ミズギワトビムシ属の1種	82	0	0	0	0	0	8	84	30
<i>Pteronichella spatiosa</i>	コサヤツメトビムシ	0	17	52	14	58	22	0	15	11
<i>Pteronichella</i> sp.	サヤツメトビムシ属の1種	0	4	0	2	2	0	3	3	2
<i>Tetracanthella sylvatica</i>	ヨツトゲツチトビムシ	1	46	113	21	0	0	31	51	114
<i>Isotoma viridis</i>	ミドリトビムシ	0	0	2	1	2	0	0	0	5
<i>Isotoma carpenteri</i>	シロツチトビムシ	0	0	2	0	5	3	0	0	5
<i>Isotoma</i> sp.	ツチトビムシ属の1種	0	6	0	0	0	0	0	5	0
<i>Desoria notabilis</i>	アオジロツチトビムシ	0	95	28	0	0	7	0	4	8
<i>Desoria sensibilis</i>	マキゲトビムシ	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Cryptopygus thermophilus</i>	シリキレツチトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<b>Tomoceridae</b>	<b>トゲトビムシ科</b>									
<i>Tomocerus varius</i>	ヒメトゲトビムシ	0	0	10	0	18	41	0	5	18
<i>Tomocerus kinoshitai</i>	キノシタトゲトビムシ	0	0	1	0	3	2	0	0	0
<b>Oncopoduridae</b>	<b>キヌトビムシ科</b>									
<i>Harlomillisia oculata</i>	カギキヌトビムシ	0	0	13	0	0	0	0	0	0
<b>Entomobryidae</b>	<b>アヤトビムシ科</b>									
<i>Sinella umesaoi</i>	ウメサオカギツメトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	3	9
<i>Coecobrya subquadrioculata</i>	ヨリメシロアヤトビムシ	0	1	0	0	0	0	1	4	0
<i>Entomobrya</i> sp.	アヤトビムシ属の1種	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	アイイロハゴロモトビムシ	0	0	5	0	6	0	0	0	23
<b>Neelidae</b>	<b>ミジントビムシ科</b>									
<i>Megalothorax minimus</i>	ケシトビムシ	0	8	56	0	16	53	0	5	8
<i>Neelides minutus</i>	ミジントビムシ	0	0	0	0	2	3	0	1	2
<b>Sminthuridae</b>	<b>マルトビムシ科</b>									
<i>Sphaeridia pumilis</i>	ヒメオドリコトビムシ属の1種	3	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sminthurinus</i> sp.	ヒメマルトビムシ属の1種	0	0	1	0	0	3	0	0	0
<i>Arrhopalites alticolus</i>	ハイロヒトツメマルトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Arrhopalites</i> sp.	ヒトツメマルトビムシ属の1種	0	0	0	0	2	2	0	0	5
Population density (n × 10 <sup>5</sup> /m <sup>2</sup> )		1.14	2.48	3.16	2.10	3.43	2.06	0.80	2.51	2.80
Number of species		10	22	26	13	16	18	14	23	30
Simpson's index of diversity (SID)		3.35	7.39	5.93	3.82	3.40	6.69	4.84	7.86	10.41

表 2-3-6 2006 年 10 月の調査で確認されたトビムシ類

調査年月日 2006年10月10日		富士風穴第1			富士風穴第3			野鳥の森公園		
		強踏圧区	回復区	非踏圧区	強踏圧区	回復区	非踏圧区	強踏圧区	回復区	非踏圧区
<b>Hypogastruridae</b>	<b>ムラサキトビムシ科</b>									
<i>Hypogastrura communis</i>	ムラサキトビムシ	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Hypogastrura denisana</i>	カッショクヒメトビムシ	0	1	3	2	0	0	0	0	0
<i>Hypogastrura bokusi</i>	ボクシヒメトビムシ	0	0	0	0	0	1	0	0	80
<i>Hypogastrura itaya</i>	イタヤムラサキトビムシ	0	1	4	0	0	22	0	8	10
<i>Willemia</i> sp.	シロヒメトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<b>Onychiuridae</b>	<b>シロトビムシ科</b>									
<i>Tulbergia yosii</i>	ヨシイホシシロトビムシ	3	50	0	2	1	42	32	10	10
<i>Onychiurus yodai</i>	ヨダシロトビムシ	6	8	24	46	23	36	1	42	21
<b>Pseudoscorpionidae</b>	<b>ヤマトビムシ科</b>									
<i>Friesia japonica</i>	ヤマトシリトゲトビムシ	19	39	5	36	10	40	0	16	0
<i>Granaturida tuberculata</i>	ツブツブトビムシ	0	0	0	0	1	7	0	0	1
<i>Micranurida pygmaea</i>	チビヤマトビムシ	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Pseudoscorpion longisetis</i>	ケナガヤマトビムシ	0	0	0	0	0	1	0	0	2
<i>Pseudoscorpion sp.</i>	ヤマトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Paranura</i> sp.	フクロヤマトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	0	0	2	1
<b>Neanuridae</b>	<b>イボトビムシ科</b>									
<i>Vitronura mandarina</i>	オレンジイボトビムシ	0	0	4	0	0	6	0	1	2
<i>Neanura fodinarum</i>	キリハイボトビムシ	0	0	5	0	0	0	0	2	0
<i>Morulina</i> sp.	アオイボトビムシ属の1種	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<b>Isotomidae</b>	<b>ツツトビムシ科</b>									
<i>Pseudanurophorus binoculatus</i>	ミヤマツツトビムシ	0	0	1	0	0	10	0	0	8
<i>Folsomia onychiurina</i>	ヒメフォルソムトビムシ	3	0	1	0	1	0	0	20	0
<i>Folsomia octoculata</i>	ベソツカキトビムシ	1	4	29	45	20	14	0	41	87
<i>Folsomia candida</i>	オオフォルソムトビムシ	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Folsomia quadrioculata</i>	フタツメフォルソムトビムシ	0	4	0	0	0	1	0	0	0
<i>Folsomia inoculara</i>	メナシフォルソムトビムシ	0	2	0	0	0	0	5	18	1
<i>Dagamea tenuis</i>	ツツガタツツトビムシ	152	269	0	0	0	6	31	7	0
<i>Isotomiella minor</i>	メナシツツトビムシ	1	15	5	2	1	3	0	11	9
<i>Micrisotoma achromata</i>	マドツツトビムシ	0	0	20	4	13	0	0	109	38
<i>Isotomodes fuscus</i>	メナンドウナトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Proisotoma minuta</i>	ヒメツツトビムシ	0	0	0	0	21	0	0	0	0
<i>Ballistura tuberculata</i>	ミズギワトビムシ属の1種	0	9	0	0	1	0	2	7	0
<i>Pteronichella spatiosa</i>	コサヤツツトビムシ	0	3	9	0	1	63	0	1	10
<i>Pteronichella</i> sp.	サヤツツトビムシ属の1種	0	0	0	14	9	12	0	0	0
<i>Tetracanthella sylvatica</i>	ツツゲツツトビムシ	164	111	7	51	173	1	0	52	0
<i>Isotoma viridis</i>	ミドリトビムシ	0	0	1	0	2	0	0	0	2
<i>Isotoma carpenteri</i>	シロツツトビムシ	0	0	5	0	0	1	0	0	10
<i>Isotoma</i> sp.	ツツトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Desoria notabilis</i>	アオジロツツトビムシ	0	0	22	7	24	15	0	0	1
<i>Desoria sensibilis</i>	マキゲトビムシ	0	4	0	0	0	1	0	0	0
<i>Desoria gracillisetia</i>	ホソゲツツトビムシ	1	11	1	0	2	0	0	0	0
<i>Desoria trispinata</i>	ミツハツツトビムシ	0	0	0	0	5	0	0	0	0
<i>Desoria</i> sp.1	トゲナシツツトビムシ属の1種	0	0	3	4	0	0	0	0	31
<i>Desoria</i> sp.2	トゲナシツツトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	31	0	0	0
<i>Cryptopygus thermophilus</i>	シリキレツツトビムシ	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<b>Tomoceridae</b>	<b>トゲトビムシ科</b>									
<i>Tomocerus varius</i>	ヒメトゲトビムシ	0	0	73	0	0	33	0	1	9
<i>Tomocerus kinoshitai</i>	キノシタトゲトビムシ	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<b>Oncopoduridae</b>	<b>キヌトビムシ科</b>									
<i>Harlomillia oculata</i>	カギキヌトビムシ	0	0	57	0	0	0	0	0	0
<b>Entomobryidae</b>	<b>アヤトビムシ科</b>									
<i>Coecobrya dubiosa</i>	シロアヤトビムシ	0	0	0	1	3	1	0	0	0
<i>Coecobrya subquadrioculata</i>	ヨリメシロアヤトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sinella umesaoi</i>	ウメサオカギツメトビムシ	0	0	11	0	0	0	0	0	13
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	アイヒロハゴロモトビムシ	0	0	5	0	0	20	0	0	3
<i>Lepidocyrtus</i> sp.	ハゴロモトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	2	0	1	0
<i>Homidia sauteri</i>	ザウテルアヤトビムシ	0	3	1	1	1	2	0	0	0
<i>Pseudosinella octopunctata</i>	カギツメハゴロモトビムシ	0	0	0	0	0	6	0	0	0
<i>Entomobrya aino</i>	ツツグロアヤトビムシ	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<b>Neelidae</b>	<b>ミジントビムシ科</b>									
<i>Megalothorax minimus</i>	ケントビムシ	0	0	17	2	10	17	0	0	12
<i>Neelides minutus</i>	ミジントビムシ	0	0	0	0	0	6	0	0	0
<b>Sminthuridae</b>	<b>マルトビムシ科</b>									
<i>Sphaerida pumilis</i>	ヒメオドリコトビムシ属の1種	0	4	3	0	0	0	0	1	0
<i>Sminthurides aquaticus</i>	ミズマルトビムシ	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sminthurides</i> sp.	オドリコトビムシ属の1種	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Arrhopalites alticolus</i>	ハイロヒトツメマルトビムシ	0	0	7	0	0	0	0	0	3
<i>Arrhopalites minutus</i>	ヒメヒトツメマルトビムシ	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Sminthurinus trinotatus</i>	モンツキヒメマルトビムシ	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Population density (n × 10 <sup>5</sup> /m <sup>2</sup> )		1.41	2.18	1.31	0.88	1.33	1.62	0.28	1.4	1.49
Number of species		9	19	30	15	23	33	5	19	25
Simpson's index of diversity (SID)		2.45	3.32	9.47	5.81	3.42	13.08	2.55	6.31	7.75

表 2-3-7 2007 年 11 月の調査で確認されたトビムシ類

調査年月日 2007年11月2日		富士風穴第1			富士風穴第3			野鳥の森公園		
		強踏圧区	回復区	非踏圧区	強踏圧区	回復区	非踏圧区	強踏圧区	回復区	非踏圧区
<b>Hyogastruridae</b>	<b>ムラサキトビムシ科</b>									
<i>Hypogastrura communis</i>	ムラサキトビムシ	0	0	0	0	0	2	0	0	12
<i>Hypogastrura denisana</i>	カッショクヒメトビムシ	0	0	7	0	0	0	0	1	20
<i>Hypogastrura duplicispinosa</i>	シホンムラサキトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Hypogastrura bokusi</i>	ボクシヒメトビムシ	0	0	0	0	0	2	0	4	1
<i>Hypogastrura itaya</i>	イタヤムラサキトビムシ	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Hypogastrura</i> sp.	ムラサキトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Willemia</i> sp.	シロヒメトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	14	0	0	11
<b>Onychiuridae</b>	<b>シロトビムシ科</b>									
<i>Tullbergia yosii</i>	ヨシイホソシロトビムシ	34	172	2	30	34	26	124	24	23
<i>Onychiurus yodai</i>	ヨダシロトビムシ	6	63	3	7	104	51	1	38	28
<b>Pseudachorutidae</b>	<b>ヤマトビムシ科</b>									
<i>Friezea japonica</i>	ヤマトシリトゲトビムシ	0	64	67	29	35	0	2	72	0
<i>Granaturida tuberculata</i>	ツブツブトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Micranurida pygmaea</i>	チビヤマトビムシ	0	5	0	0	9	5	0	0	0
<i>Pseudachorutes</i> sp. 1	ヤマトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pseudachorutes</i> sp. 2	ヤマトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	2	0	0	1
<i>Paranura</i> sp.	フクロヤマトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Neanuridae</b>	<b>イボトビムシ科</b>									
<i>Vitronura mandarina</i>	オレンジイボトビムシ	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Propeanura ieti</i>	イエティフクロイボトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	1	2
<i>Lobella</i> sp.	アカイボトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Neanura fodinarum</i>	キリハイボトビムシ	0	0	0	1	0	2	0	0	2
<b>Isotomidae</b>	<b>ツチトビムシ科</b>									
<i>Pseudanurophorus binocularis</i>	ミヤマツチトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Folsomia onychiurina</i>	ヒメフォルソムトビムシ	0	25	2	4	4	2	0	48	5
<i>Folsomia octoculata</i>	ベソッカキトビムシ	0	0	62	21	140	54	0	158	158
<i>Folsomia candida</i>	オオフォルソムトビムシ	0	0	0	4	0	0	6	1	0
<i>Folsomia quadrioculata</i>	フタツメフォルソムトビムシ	0	5	0	0	0	0	0	0	0
<i>Folsomia inoculata</i>	メナシフォルソムトビムシ	0	0	1	7	3	0	0	0	0
<i>Dagamea tenuis</i>	ツツガタツチトビムシ	17	47	0	0	8	12	38	3	1
<i>Isotomiella minor</i>	メナシツチトビムシ	0	13	3	18	8	3	0	9	2
<i>Micrisotoma achromata</i>	マドツチトビムシ	0	0	40	36	1	8	0	55	83
<i>Ballistura tuberculata</i>	ミズギワトビムシ属の1種	85	103	8	0	0	0	1	7	3
<i>Pteronchella spatiosa</i>	コサヤツメトビムシ	0	1	0	4	26	30	0	2	14
<i>Pteronchella</i> sp.	サヤツメトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	20	0	0	10
<i>Tetracanthella sylvatica</i>	ヨツゲツチトビムシ	0	26	66	213	558	3	2	284	0
<i>Isotoma viridis</i>	ミドリトビムシ	0	5	0	0	1	0	0	1	8
<i>Isotoma carpenteri</i>	シロツチトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Desoria notabilis</i>	アオジロツチトビムシ	0	56	38	12	104	15	0	0	2
<i>Desoria sensibilis</i>	マキゲトビムシ	0	0	0	14	16	0	0	0	0
<i>Desoria gracilliset</i>	ホソゲツチトビムシ	0	3	0	0	0	0	0	3	0
<i>Desoria trispinata</i>	ミツハツチトビムシ	0	0	4	0	0	12	0	0	0
<i>Cryptopygus thermophilus</i>	シリキレツチトビムシ	0	0	0	0	1	2	0	0	2
<b>Tomoceridae</b>	<b>トゲトビムシ科</b>									
<i>Tomocerus varius</i>	ヒメトゲトビムシ	0	0	4	0	0	0	0	1	46
<b>Entomobryidae</b>	<b>アヤトビムシ科</b>									
<i>Sinella dubiosa</i>	シロアヤトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sinella umesaoi</i>	ウメサオカギツメトビムシ	0	0	0	0	0	9	0	0	0
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	アイイロハゴロモトビムシ	0	0	4	0	0	2	0	0	30
<i>Lepidocyrtus</i> sp.	ハゴロモトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Homidia sauteri</i>	ザウテルアヤトビムシ	0	0	0	0	0	5	0	0	0
<b>Neelidae</b>	<b>ミジントビムシ科</b>									
<i>Megalothorax minimus</i>	ケシトビムシ	0	0	3	0	3	18	0	0	6
<i>Neelides minutus</i>	ミジントビムシ	0	0	0	0	0	6	0	0	4
<b>Sminthuridae</b>	<b>マルトビムシ科</b>									
<i>Sphaeridia pumilis</i>	ヒメオドリコトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	2	0	0	3
<i>Arrhopalites alticolus</i>	ハイイロヒトツメマルトビムシ	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Arrhopalites</i> sp.	ヒトツメマルトビムシ属の1種	0	0	1	0	0	0	0	0	11
<i>Sminthurinus</i> sp.	ヒメマルトビムシ属の1種	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Neosminthurus mirabilis</i>	オウギマルトビムシ	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Population density (n×10 <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )		0.56	2.35	1.27	1.60	4.23	1.23	0.70	2.86	2.20
Number of species		4	14	18	14	19	28	7	20	33
Simpson's index of diversity (SID)		2.31	6.27	6.42	3.22	3.14	10.80	1.82	4.33	7.75

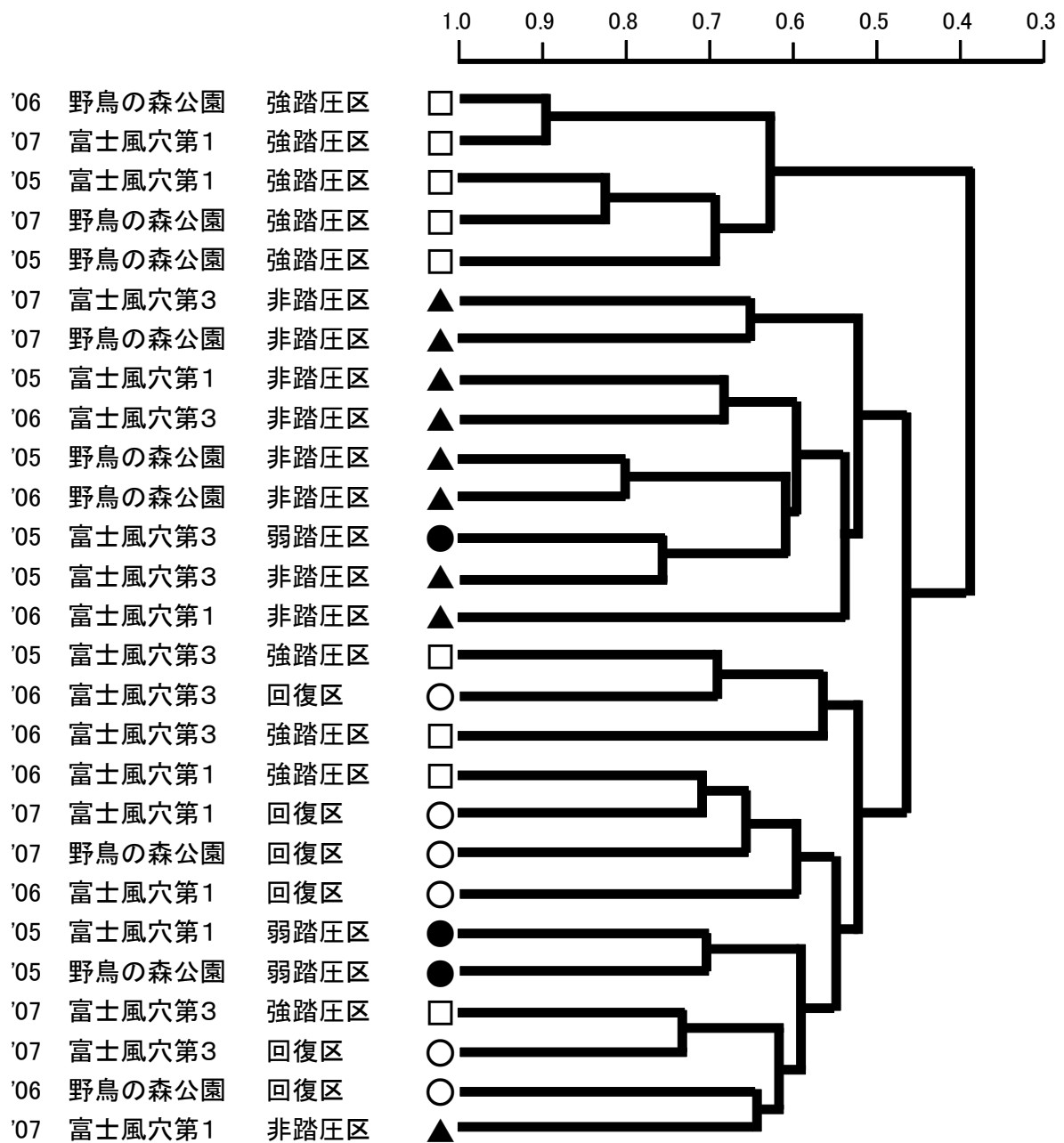


図 2-3-17 トビムシ類の有無データをもとに算出した類似度指数(OI指数)から作成したデンドログラム(群平均法)

□: 強踏圧区、●: 弱踏圧区、○: 回復区、▲: 非踏圧区

## II-3 指標生物モニタリング

### 3-1 指標生物モニタリングの目的

自然環境の特性に応じた地区区分を行なうため、また、今後の環境変化を追跡、評価する上での基礎情報を得るために、自然環境の特徴についての現状を明らかにすることを目的とした。合わせて、今後、研究者とエコツアー実施者等地域住民が協働でモニタリング調査を実施していくことを視野に入れ、モニタリング手法や指標となる生物の選定について検討することとした。

### 3-2 リモートセンシングデータを用いた自然環境特性の把握

#### 3-2-1 研究方法

青木ヶ原樹海とその周辺の約 10km 四方を調査対象地域とし（図 3-2-1）、総務省統計局の基準地域メッシュを緯度・経度方向で 2 等分した 2 分の 1 地域メッシュに区切った。この区画は緯度方向、経度方向を等間隔に区切った区画を基準として作られたため、厳密には縦横 500m の正方形区画ではないことを注記するとともに、今後はこの区画を単に「500mメッシュ」と表記する。500mメッシュの区画のそれぞれには固有のメッシュ ID を付番し、また基本情報として区画の面積を属性として与えた。調査対象地域における 500mメッシュの総数は 440 であった。

衛星画像や GIS データを用いて、地形条件や植生等の自然環境特性を表わす指標を算出し、それらの地域内での特徴について検討した。指標の算出においては、10mメッシュ（一部は 1mメッシュ）を基本単位として計算し、基準地域メッシュを基に決定した 500mメッシュ相当の区画内で集計を行なった。

#### 3-2-2 研究結果

以下では、本研究で採用した地形と植生に関する指標のそれぞれについて、その定義と計算方法を中心に述べる。

##### (1) 地形に関する指標

地形条件を表す指標の算出には、北海道地図株式会社 GISMAP Terrain データを用いた。これは、国土地理院発行の 2 万 5 千分の 1 地形図の 10m 間隔等高線から作成された 10mメッシュ相当の細密なデジタル標高格子データであり、ここでは以降「10mDEM」と表記する。地形条件を表す指標として、500mメッシュ内の平均標高、最大標高、最小標高、起伏量、平均傾斜角、最大傾斜角、最小傾斜角、平均地上開度、最大

地上開度、平均地下開度、最大地下開度、尾根谷度、凸型地形率、凹型地形率の各指標を算出した（表 3-2-1）。以下、各指標について詳述する。

##### ① 平均標高、最大標高、最小標高

10mDEM は、東西、南北の各方向で 10m 間隔の格子点に対して、標高が最小単位 0.1m のメートル単位で格納されるデータである（図 3-2-2）。500mメッシュの 1 区画内には約 2,500 地点の標高値が含まれ、その相加平均値、最大値、最小値をそれぞれ計算し、平均標高、最大標高、最小標高とした。単位はいずれも「メートル」である。

##### ② 起伏量

起伏の大小は地形の開析状態を示しており、地形の険しさを示す指標となる。起伏量は一般に隣り合う尾根（もしくは山頂）と谷底との高度差と定義されているが、実用的には一定の区域内の最高点と最低点の高度差を用いて計算される。ここでは、上記の最大標高から最小標高を差し引いた値を 500mメッシュ内における起伏量（単位：「メートル」）とした（図 3-2-3）。なお、本研究でメッシュ集計の基本として用いている 500mメッシュは、すべてのメッシュの面積が等しいわけではないため、ここで計算された起伏量は厳密には単位面積内の高度差とは言えず、メッシュ間での値の比較には若干注意を要する。

##### ③ 平均傾斜角、最大傾斜角、最小傾斜角

10mDEM を基に計算した 10mメッシュ単位での局所的な傾斜角を図 3-2-4 に示す。DEM から傾斜角を計算する手法には多数あるが、ここでは、DEM 上のある地点（10mメッシュ）における傾斜角として、着目地点における水平面と、着目地点および近傍 8 点の計 9 地点からなる近似平面とがなす角として計算する方法を採用した。傾斜角の計算には ArcGIS 8.3 Spatial Analyst (McCoy・Johnston, 2000) を用いた。10mメッシュ単位で計算された傾斜角から、500mメッシュ内での相加平均値、最大値、最小値をそれぞれ計算することにより、平均傾斜角、最大傾斜角、最小傾斜角をもとめた。単位はいずれも「度」である。

##### ④ 平均地上開度、最大地上開度、平均地下開度、最大地下開度

地上開度とは、周囲に比べて地上に突き出ている程度を数値化した概念で、山頂や尾根線では大きな地上開度値を示す。地上開度は空の見通しの度合いを表し、尾根地形の分布や密度を表現するのに適した指標である。また、地下開度は空が地表に遮られる度合いを

表す指標で、他に地形の発達状況や河川の分布・密度などを表現するのに適した指標である（横山ら，1999；Yokoyama et al.，2002）。

ここでは 10mDEM を基に、着目地点の周囲半径 500 m の範囲（検索範囲）で地上開度（図 3-2-5）および地下開度（図 3-2-6）を 10m メッシュ単位で計算し、500m メッシュ内で相加平均値、最大値をそれぞれ求めた。単位は「度」である。

#### ⑤尾根谷度

尾根谷度は上記の地上開度および地下開度を用いて、これらの差の 1/2 として次式のように定義される（千葉・鈴木，2004）。

$$\text{尾根谷度} = (\text{地上開度} - \text{地下開度}) / 2$$

ここでは上記の 10m メッシュ単位で計算された地上開度および地下開度を用いて、上の式により尾根谷度を 10m メッシュ単位で算出し（図 3-2-7）、500m メッシュ区画内の相加平均値を求めて尾根谷度（単位：「度」）指標とした。上記の開度計算において検索範囲を半径 500m としているため、着目地点の周囲半径 500m を見渡したとき、尾根谷度が正の値を示す地点は尾根地形をなし、尾根谷度が負の値を示す地点は谷地形をなしていると大まかに判断することができる。

#### ⑥凸型地形率、凹型地形率

上記の尾根谷度の性質を利用し、尾根谷度がプラス 5 度を上回る地点を凸型地形、マイナス 5 度を下回る地点を凹型地形と定義して 10m メッシュ単位で分布を求めた（図 3-2-8）。500m メッシュ単位でそれぞれの地形の存在面積比率を計算し、凸型地形率および凹型地形率とした。単位は「パーセント」ある。

### (2)植生に関する指標

植生に関する指標の算出のため、衛星画像データおよび航空機 LIDAR によって計測された 1m メッシュの詳細な標高データを用いた。植生の指標として、自然度比率、森林面積比、樹種ごとの面積比（4 指標）、植生指数（3 時期）、平均樹冠高、最大樹冠高、最小樹冠高、樹冠高標準偏差、樹冠高クラスごとの面積比（5 階級）、樹冠高 15m 以上の面積比、立木密度（2 指標）、森林域立木密度（2 指標）の各指標を算出した（表 3-2-2）。以下、各指標について詳述する。

#### ①森林面積比（2007 年）

衛星観測データをもとに算出した指標として、衛星「だいち」の観測データから森林域を抽出して面積比率（単位：「パーセント」）を計算し、「森林面積比（2007 年）」とした。使用した衛星データは、衛星「だいち」

（ALOS）に搭載の AVNIR-2 センサが 2007 年 8 月 20 日に観測したデータであり、地上分解能は 10m である。なお、500m メッシュによる集計範囲のうち一部は衛星データに含まれる雲の影響で森林域を抽出できなかったため、1995 年 5 月 18 日観測のランドサット 5 号 TM データ（地上分解能 30m）による森林域抽出結果で補完した。

#### ②カラマツ林面積比（2007 年）、常緑針葉樹面積比（2007 年）、針葉樹面積比（2007 年）、広葉樹面積比（2007 年）

上記で決定した森林域の範囲において複数観測時期の衛星データをより詳細に解析し、針葉樹と広葉樹の区分を行い、さらに針葉樹については落葉針葉樹（カラマツ林）とそれ以外（常緑針葉樹）に区分した。使用した衛星データは森林域抽出に用いた 2007 年 8 月 20 日観測の「だいち」データに加え、同じく衛星「だいち」により 2007 年 5 月 20 日および同年 11 月 20 日に観測されたデータである。互いに季節の異なる 3 時期の「だいち」データは、あらかじめ地図との位置合わせ処理が行われたオルソプロダクトを入手して使用し、カラマツ林、常緑針葉樹、広葉樹の区分には最尤法分類を採用した（図 3-2-9）。なお、衛星「だいち」データの利用だけでは調査エリアの一部において雲の影響で針葉樹、広葉樹区分ができなかったため、過去のランドサット（LANDSAT）5 号衛星搭載の TM データ（1995 年 5 月 18 日観測および 2000 年 4 月 29 日観測、地上分解能 30m）を用いた樹種区分結果で補完した。樹種区分結果から 500m メッシュ単位で各分類項目の面積比率を計算し、カラマツ林面積比（2007 年）、常緑針葉樹面積比（2007 年）、これら 2 つの和である針葉樹面積比（2007 年）、および広葉樹面積比（2007 年）とした。これら面積比の単位は、いずれも「パーセント」である。

#### ③植生指数（2007 年 5 月 20 日、同 8 月 20 日、同 11 月 20 日）

上記の樹種区分に用いたのと同じ 3 時期の「だいち」衛星データから植生指数 NDVI を計算し指標とした。植生指数 NDVI は次式を使って計算される。

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

ここで、RED および NIR は可視赤色域および近赤外域の観測バンドにおける観測値を表し、「だいち」搭載の AVNIR-2 センサではそれぞれ観測バンド 3 およびバンド 4 が対応する。NDVI の計算は AVNIR-2 の地上分解能に相当する 10m メッシュ単位で行なった。また NDVI は理論上、-1～+1 の範囲の値をとりうるが、植生で覆われた場所ではおおむね正の値を示し、植生



量の大小の評価においては NDVI が負の地点を無視する効果を期待して、NDVI の値が負となった地点は 0 (ゼロ) で置き換えた (図 3-2-10)。10m メッシュ単位で NDVI を計算した後、500m メッシュの範囲で NDVI の相加平均を求め、3 時期ある各観測日ごとの植生指数 (無単位) とした。

以降の樹冠高情報の取り出しのために航空機搭載 LIDAR 計測データ (国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所、平成 13 年度富士山青木ヶ原地区火山地形調査業務附属資料) を用いた。ここで、LIDAR とは、レーザ距離計測の一種であり、森林域では樹冠部分および地盤の位置をレーザパルスの反射時間に基づき測定することができる。その計測範囲は、調査エリア全域を包含していないため、500m メッシュのうち LIDAR 計測域が一部でも含まれるメッシュには「1」、含まれないメッシュには「0」をメッシュ属性値として割り当てた。また、500m メッシュ内に含まれる LIDAR 計測域の面積 (単位:「平方メートル」) をもとめ、LIDAR 計測域面積としてメッシュ属性値に加えた。

#### ④ 平均樹冠高、最大樹冠高、最小樹冠高、樹冠高標準偏差

ここで用いた航空機搭載 LIDAR 計測データから、1m メッシュ単位で作成された地盤標高 (1mDEM) および地上物最高点標高 (1mDSM) のデータを使用した。1mDSM から 1mDEM を差し引くことで、地上物の高さ分布 (1mDHM) を算出した (図 3-2-11)。ここで、LIDAR の計測原理に反して 1mDHM が負の値となった地点は、その値を 0 (ゼロ) で置き換えた。1mDHM は森林域では樹冠の高さを表す量に相当する。1mDHM に対して 500m メッシュを単位として基本統計処理を行った。基本統計量のうち相加平均値、最大値、最小値、標準偏差を指標として採用し、それぞれ平均樹冠高、最大樹冠高、最小樹冠高、樹冠高標準偏差とした。単位はいずれも「メートル」である。

#### ⑤ 樹冠高クラス C1～C5

上記の 1mDHM を樹冠高ととらえ、その樹冠高クラスを高さ 5m 間隔に 5 段階、すなわち C1: 0～5m、C2: 5～10m、C3: 10～15m、C4: 15～20m、C5: 20m 超の 5 段階に区分し、各段階で面積比率 (単位:「パーセント」) を計算し、「樹冠高 C1」～「樹冠高 C5」の名称で指標化した (図 3-2-12)。

#### ⑥ 樹冠高 15m 以上面積

1mDHM が 15m 以上の範囲の面積を 500m メッシュごとに計算し、樹冠高 15m 以上面積 (単位:「平方メー

トル」) とした。

#### ⑦ 立木密度、森林域立木密度

下記に述べる 2 つの方法で樹冠高分布 (1mDHM) から樹高 15m 以上の樹頂位置を推定し、その単位面積あたりの個数 (本数) を「立木密度」として推定した。このとき「立木密度」では LIDAR 計測域面積を、「森林域立木密度」では樹冠高 15m 以上面積を、それぞれ除数として用いた。単位は、「本/ヘクタール」である。

##### 局所最大値法

1m メッシュの樹冠高分布 (1mDHM) に対し、着目地点の周囲 3m 四方における局所最大値画像を原画像から差し引いた値が 0 となる画素を、3m 四方の範囲における極大値と考え、樹頂位置と判定した。この方法で求めた立木密度を「立木密度 (局所最大値法)」および「森林域立木密度 (局所最大値法)」と呼称した。

##### モデルフィッティング法

森林を構成する樹冠の形状を一般化回転楕円体の部分曲面と仮定し、3 つのパラメータを用いて数学的にモデル化した上で樹冠高分布をシミュレートし、入力された樹冠高分布 (1mDHM) との相関をテンプレートマッチングの手法で評価することにより、樹頂位置を推定し検出した。この方法で求めた立木密度を「立木密度 (モデルフィッティング)」および「森林域立木密度 (モデルフィッティング)」と呼称した。モデルフィッティング法により求めた森林域立木密度を図 3-2-13 に示す。

### 3-2-3 モニタリングシステムにおける指標の活用手法の検討

#### (1) 広域にわたる地区特性の面的把握

これらの指標を用いて、地区区分の基礎となる地形や植生の地区ごとの特徴を広域にわたって面的に把握することが可能となる。その検討例として、広葉樹面積比についての一例を図 3-2-14 に示す。ここでは、各メッシュに対して計算された広葉樹面積比をメッシュ中心の点データとして与え、2 次元スプライン補間手法を用いて空間平滑化された広葉樹分布を求めることにより、広葉樹の集中分布域を図示している。これにより、青木ヶ原樹海のなかで、広葉樹あるいは逆に針葉樹の占有率が高い地区 (あるいはルート) を広域にわたってとらえることができる。

また、後述するフクロウ類を指標としたモニタリング手法の検討で示すように、動物種についてのモニタリング調査においても、その在・不在データを、種々の指標と重ね合わせることで、その生息環境の特

徴を把握することができる。さらに、その結果をもとに、実際に調査を実施できないような場所も含め、地域全体でのその種の分布可能性を推定することによって地区区分を行なうことが可能となる。

## (2)長期間にわたる環境変化の検出

衛星画像から算出した指標をモニタリングシステムのなかで用いることのもう一つの特徴としては、地域の自然環境を巨視的にとらえ、継続してその変化を長期にわたって追跡していくことが可能となることとがあげられる。今回、同じ季節の衛星画像を用いて過去のデータとの比較について検討した。使用した衛星データは以下の通りであり、いずれも3月に観測されたシーンである。地形による陰影の多少に係る観測時の太陽高度は、37度から51度の範囲であった。

	観測日	衛星／センサ	太陽高度[度]
S1	1988年3月11日	ランドサット／TM	40.8
S2	1997年3月4日	ランドサット／TM	37.4
S3	2002年3月10日	ランドサット7号/ETM+	42.8
S4	2006年3月21日	テラ／ASTER	50.7

はじめに、衛星データの精密幾何補正によるオルソ化処理を行い、位置情報の登録を行なった。次に、衛星データ観測値であるDN（デジタルナンバー）は、放射輝度値への変換を経て、反射率に変換した。反射率に変換しただけでは4時期の衛星観測時の大気状態等が同一ではなく、同じ3月の観測データであったとしても反射率の直接比較が困難であるため、2002年観測の衛星データS3を基準とした反射率値の線形近似解析による相対的な補正処理を行い、1988年から2006年の間に変化の少ない対象物（建物用地、水域など）の反射率が観測年によらずほぼ一定値となるような変換を行なった。

図3-2-15に使用した4時期の衛星画像を示す。この図ではフォールスカラー合成を用いており、森林など植生の多い場所が赤く表現されている。反射率の相対補正処理を行った後のデータから画像を作成しているため、相互に比較が容易な発色になっている。

次に、4時期の衛星画像それぞれから植生指数NDVIを計算した結果（計算方法は前述参照）、図3-2-16に示すような植生指数分布図の変遷が得られた。1988年NDVIを赤、1997年NDVIを緑、2006年NDVIを青に割り当てて疑似カラー合成することによって、伐採や建造物による植生の減少が赤色で、植林などによる植生の増加が水色で表現され（図3-2-17）、18年の間の植生増減を簡易に目視判読できることがわかる。

3月は落葉樹がまだ葉を着けていない時期に相当し、

今回用いた衛星画像から落葉樹の分布抽出は困難である。しかし常緑樹については今回用いた3月の衛星画像からでも容易に抽出可能である。ここでは、植生指数と中間赤外波長帯の衛星データ観測値をしきい値処理することにより常緑針葉樹の分布を決定した。このとき、前述のとおり4時期の衛星データには相互に相対補正処理を施しているため、すべての衛星画像で同じしきい値を用いた。こうして4時期の衛星画像それぞれから常緑針葉樹分布を決定した結果、図3-2-18に示すような常緑針葉樹分布の変遷が得られ、その変化を把握することが可能となる（図3-2-18）。

図3-2-16および図3-2-18からわかるように、落葉樹が葉をつける前である3月期の衛星画像からは、植生指数分布や常緑針葉樹分布の比較が可能であった。このように、植物季節の観点から同一時期とみなすことができる衛星画像を時系列で入手することにより、数十年の時間間隔での自然環境の変化の追跡が可能であることが確認された。

## 引用文献

- 千葉達郎，鈴木雄介（2004）赤色立体地図－新しい地形表現方法－．応用測量論文集，15，81-89.
- McCoy J and Johnston K（2000）Using ArcGIS Spatial Analyst. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA. 230pp.
- 横山隆三，白澤道生，菊池祐（1999）開度による地形特徴の抽出．写真測量とリモートセンシング，38(4)，26-34.
- Yokoyama R, Sirasawa M and Pike R（2002）Visualizing topography by openness: A new application of image processing to digital elevation models. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 68(3), 257-265.



図 3-2-1 調査対象地域

表 3-2-1 地形に関する指標

指標名	単位	説明
平均標高	メートル	10mメッシュ標高データの500mメッシュ区画内の相加平均値
最大標高	メートル	同じく最大値
最小標高	メートル	同じく最小値
起伏量	メートル	最大標高と最小標高の差
平均傾斜角	度	10mメッシュ標高データから10mメッシュ単位で計算した傾斜角の500mメッシュ区画内での相加平均値
最大傾斜角	度	同じく最大値
最小傾斜角	度	同じく最小値
平均地上開度	度	10mメッシュ標高データから半径500mを検索範囲として計算した地上開度の500mメッシュ区画内での相加平均値
最大地上開度	度	同じく最大値
平均地下開度	度	10mメッシュ標高データから半径500mを検索範囲として計算した地下開度の500mメッシュ区画内での相加平均値
最大地下開度	度	同じく最大値
尾根谷度	度	10mメッシュ単位で(地上開度－地下開度)／2を計算し、その500mメッシュ区画内での相加平均値
凸型地形率	パーセント	尾根谷度が＋5度以上の範囲が500mメッシュに占める割合
凹型地形率	パーセント	尾根谷度が－5度以下の範囲が500mメッシュに占める割合

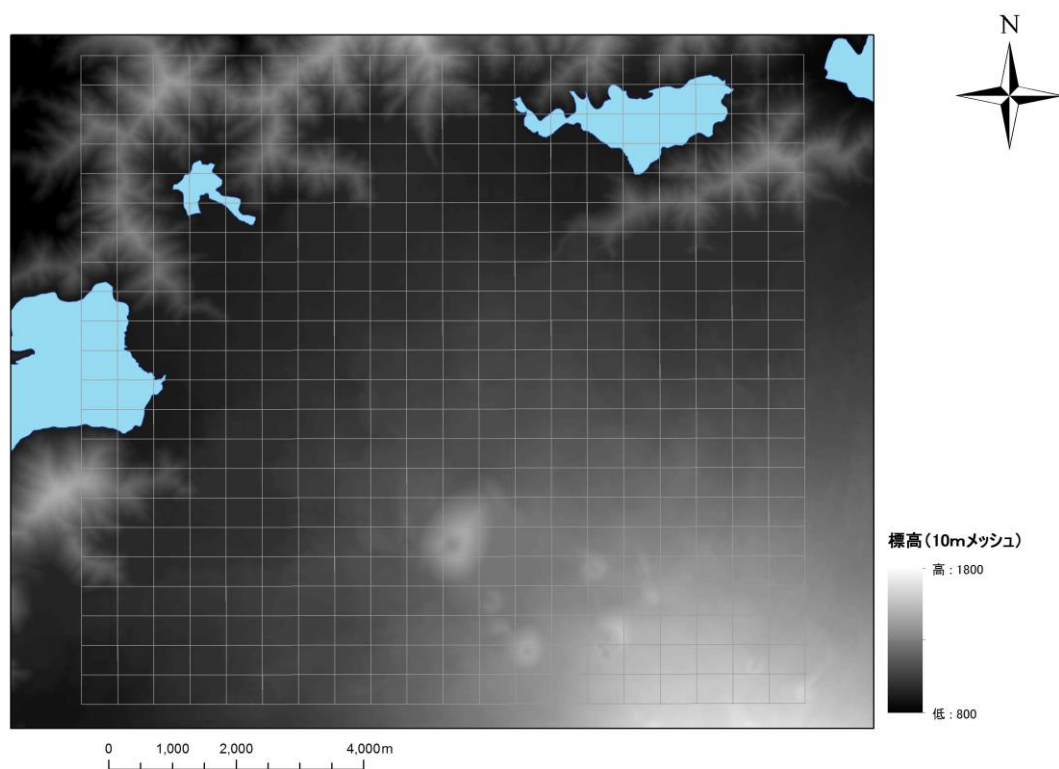


図 3-2-2 標高(10mメッシュ)

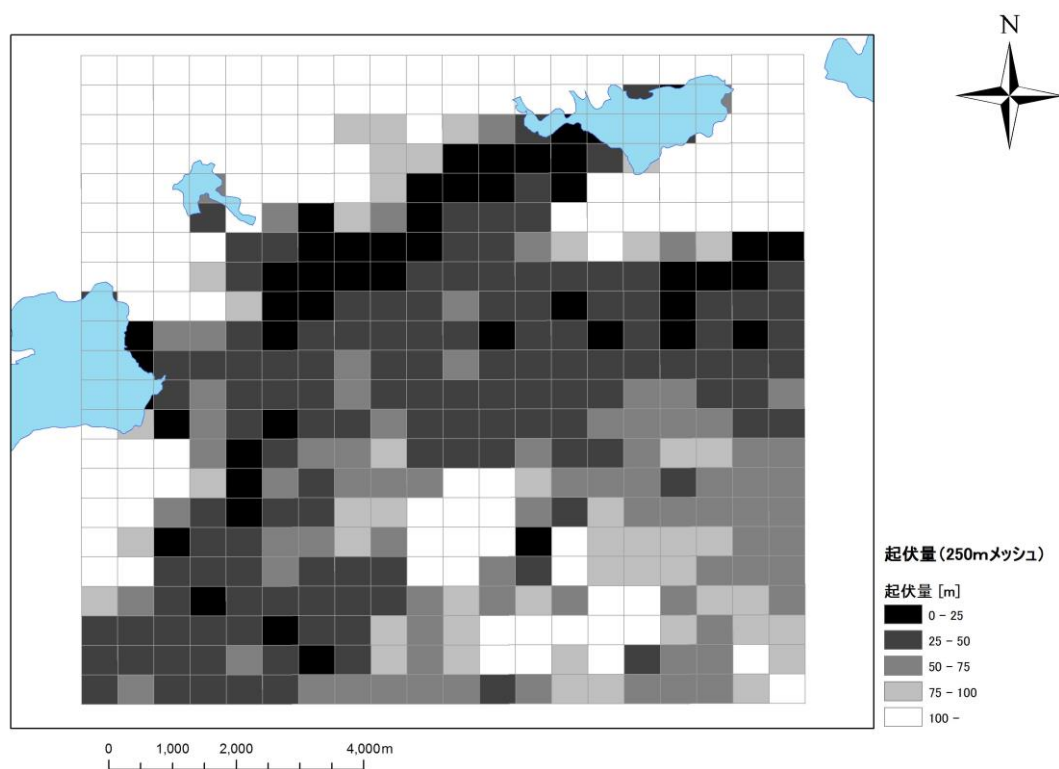


図 3-2-3 起伏量(250mメッシュ)



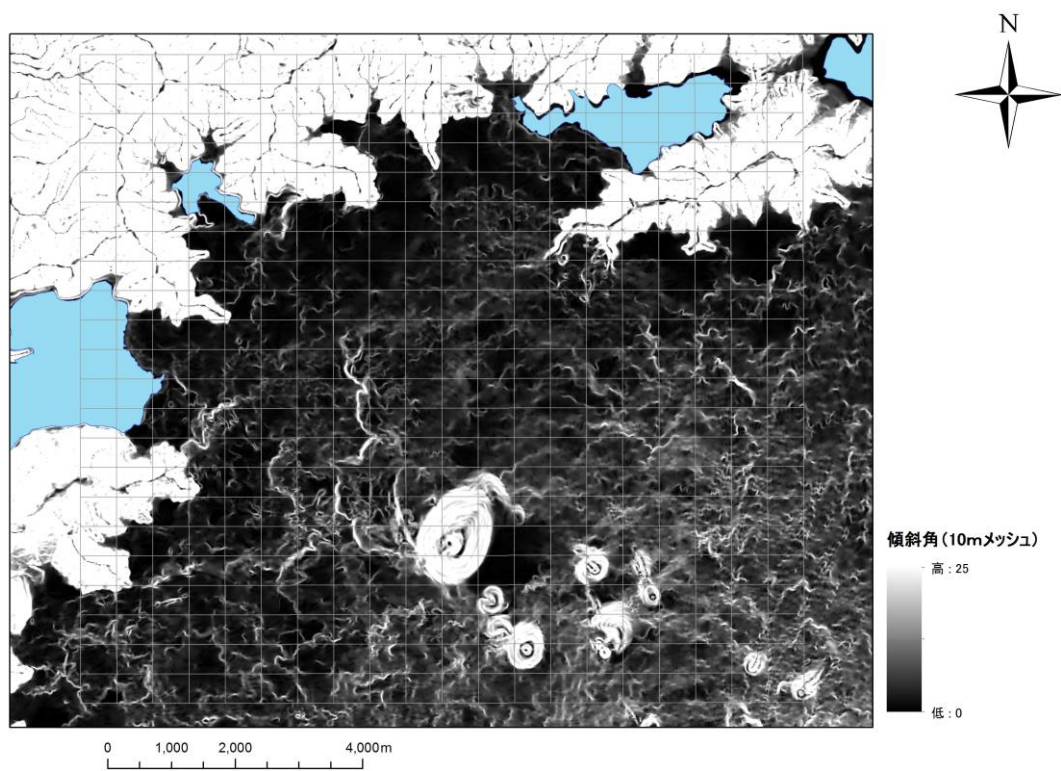


図 3-2-4 傾斜角(10mメッシュ)

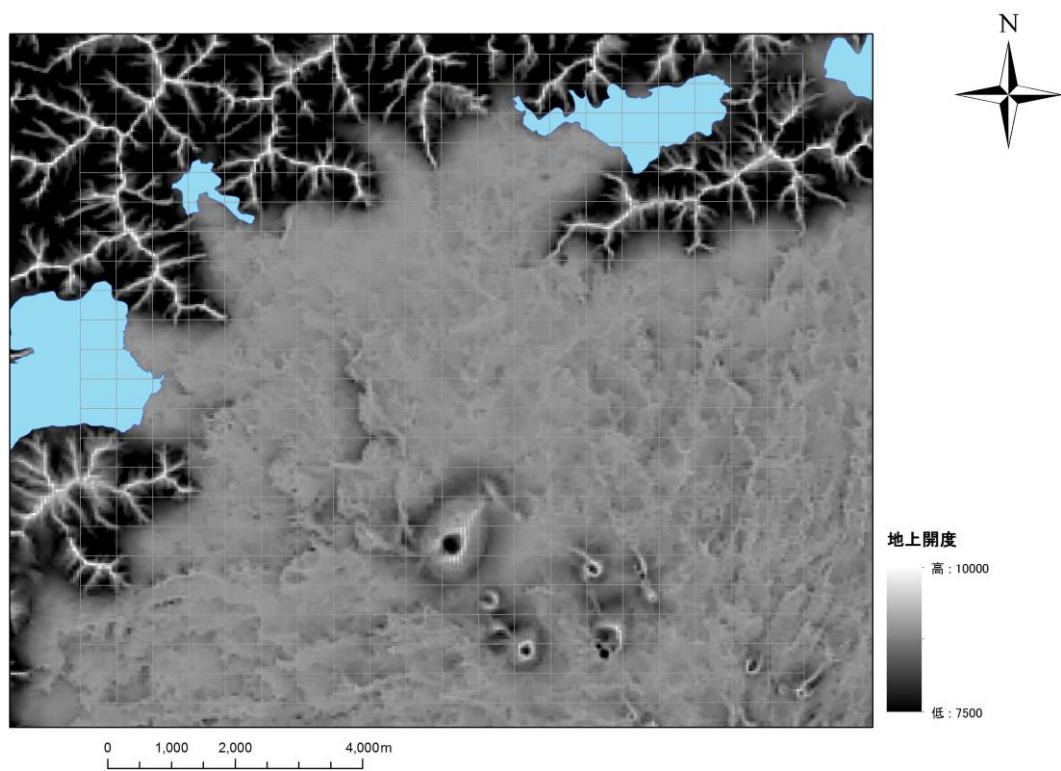


図 3-2-5 地上開度

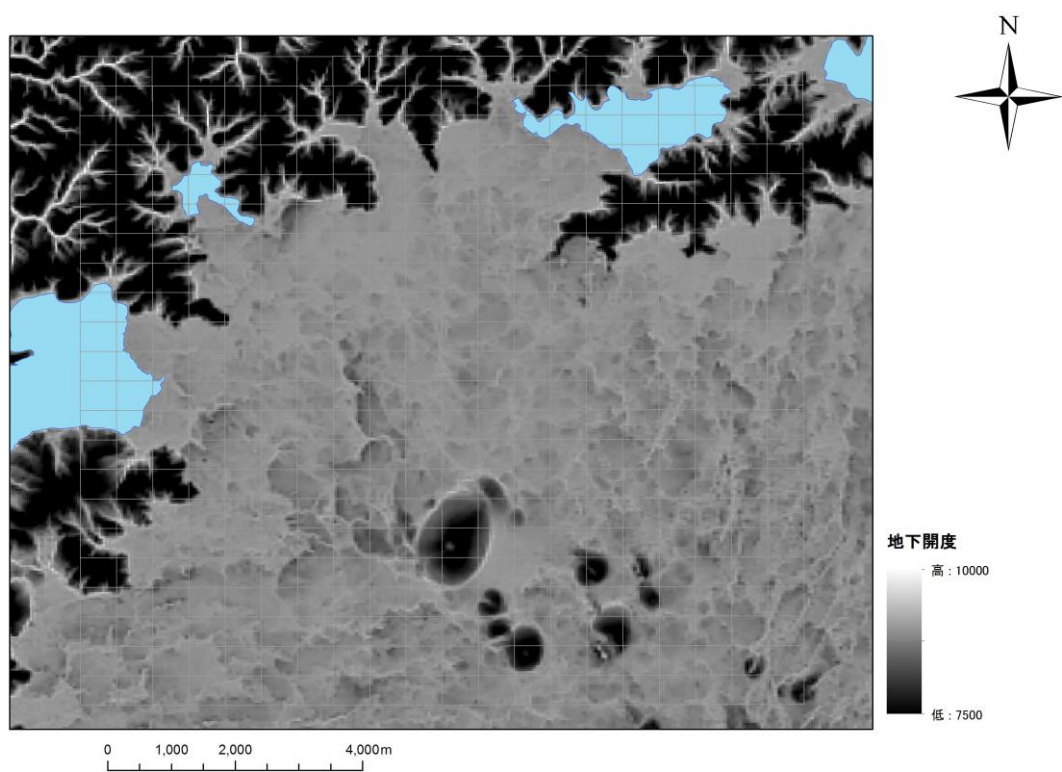


図 3-2-6 地下開度

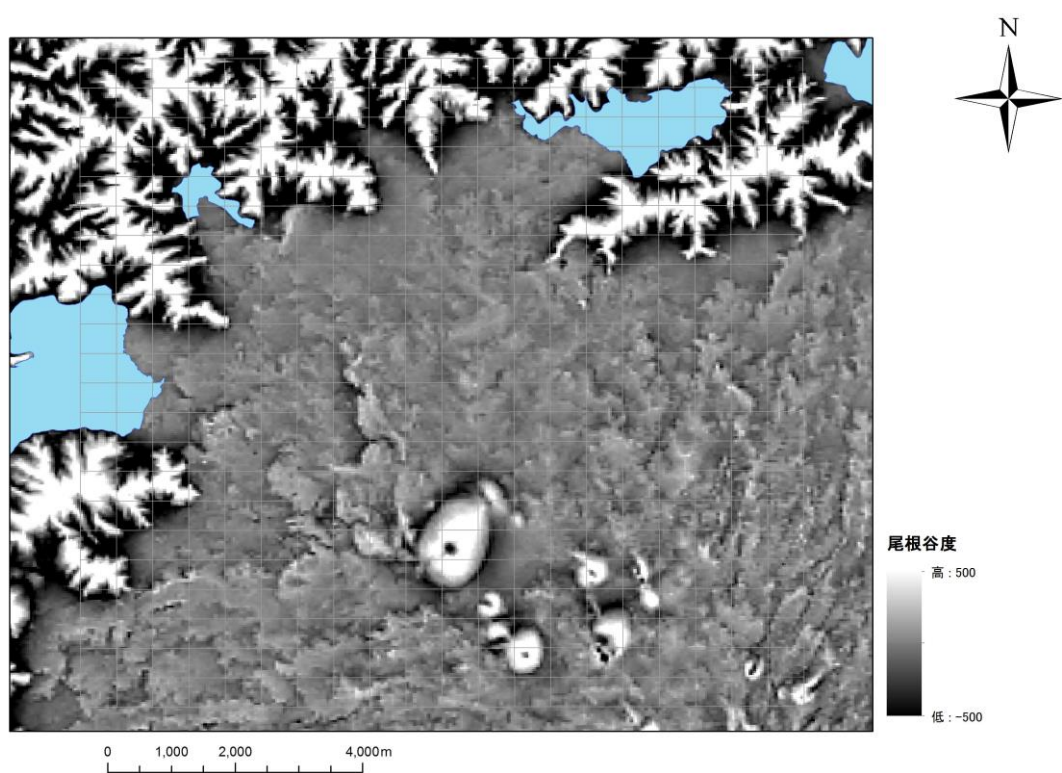


図 3-2-7 尾根谷度



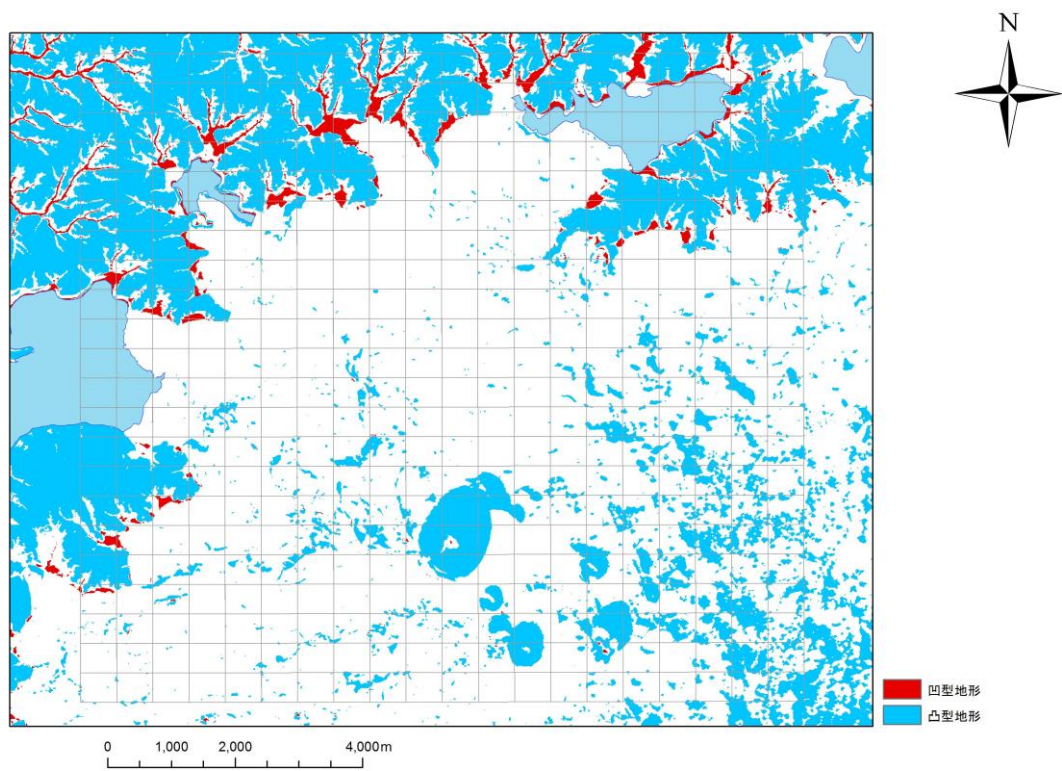


图 3-2-8 凹凸型地形

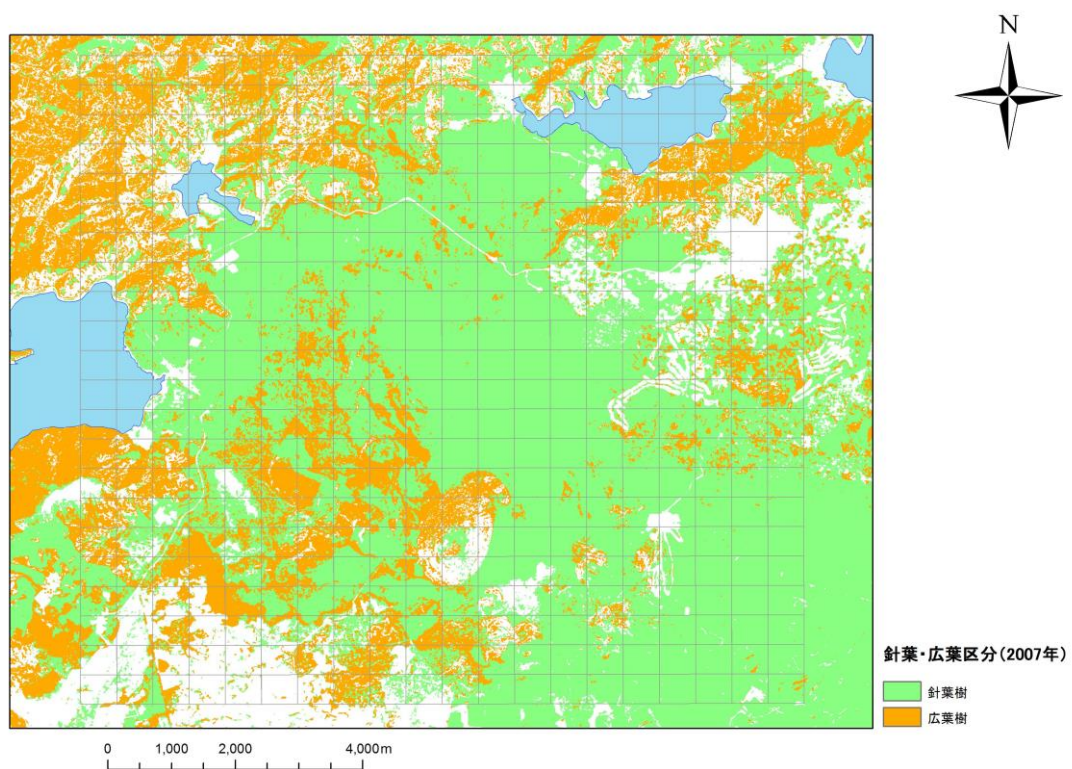


图 3-2-9 針葉・広葉区分(2007 年)



表 3-2-2 植生に関する指標

指標名	単位	説明
森林面積比(2007年)	パーセント	2007年観測の衛星画像から求めた森林範囲が500mメッシュに占める面積割合
針葉樹面積比(2007年)	パーセント	同じく針葉樹林の範囲が500mメッシュに占める面積割合。カラマツ林面積比(2007年)と常緑針葉樹面積比(2007年)の和と等しい。
広葉樹面積比(2007年)	パーセント	同じく広葉樹林の範囲が500mメッシュに占める面積割合
カラマツ林面積比(2007年)	パーセント	同じくカラマツ林の範囲が500mメッシュに占める面積割合
常緑針葉樹面積比(2007年)	パーセント	同じく常緑針葉樹林の範囲が500mメッシュに占める面積割合
植生指数(2007年5月20日)		2007年5月20日に衛星「だいち」が観測したデータによる植生指数の500mメッシュ区画内での相加平均値
植生指数(2007年8月20日)		2007年8月20日に衛星「だいち」が観測したデータによる植生指数の500mメッシュ区画内での相加平均値
植生指数(2007年11月20日)		2007年11月20日に衛星「だいち」が観測したデータによる植生指数の500mメッシュ区画内での相加平均値
平均樹冠高	メートル	航空機LIADR計測による標高データ(1mメッシュ)から求めた樹冠高の500mメッシュ区画内での相加平均値
最大樹冠高	メートル	同じく最大値
最小樹冠高	メートル	同じく最小値
樹冠高標準偏差	メートル	同じく標準偏差
樹冠高C1	パーセント	樹冠高0～5mの森林範囲が500mメッシュに占める面積割合
樹冠高C2	パーセント	樹冠高5～10mの森林範囲が500mメッシュに占める面積割合
樹冠高C3	パーセント	樹冠高10～15mの森林範囲が500mメッシュに占める面積割合
樹冠高C4	パーセント	樹冠高15～20mの森林範囲が500mメッシュに占める面積割合
樹冠高C5	パーセント	樹冠高20m超の森林範囲が500mメッシュに占める面積割合
樹冠高15m以上面積	平方メートル	樹冠高15～20mの森林面積
立木密度(局所最大値法)	本/ヘクタール	局所最大値法で推定した樹頂数を航空機LIDAR計測域面積で割った密度
立木密度(モデルフィッティング法)	本/ヘクタール	モデルフィッティング法で推定した樹頂数を航空機LIDAR計測域面積で割った密度
森林域立木密度(局所最大値法)	本/ヘクタール	局所最大値法で推定した樹頂数を森林面積で割った密度
森林域立木密度(モデルフィッティング法)	本/ヘクタール	モデルフィッティング法で推定した樹頂数を森林面積で割った密度

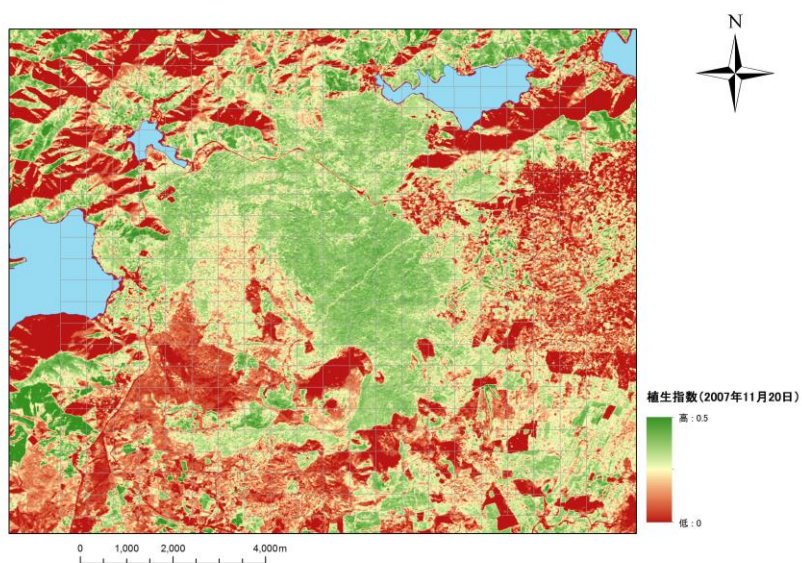
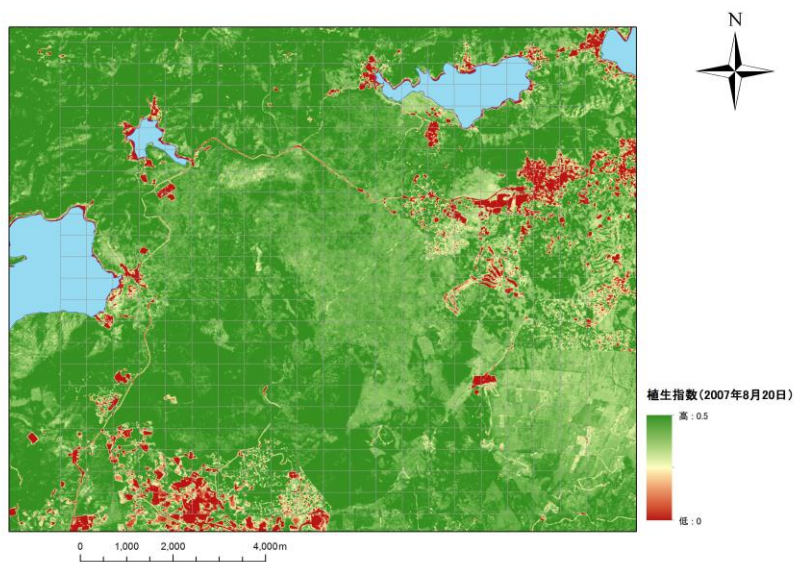
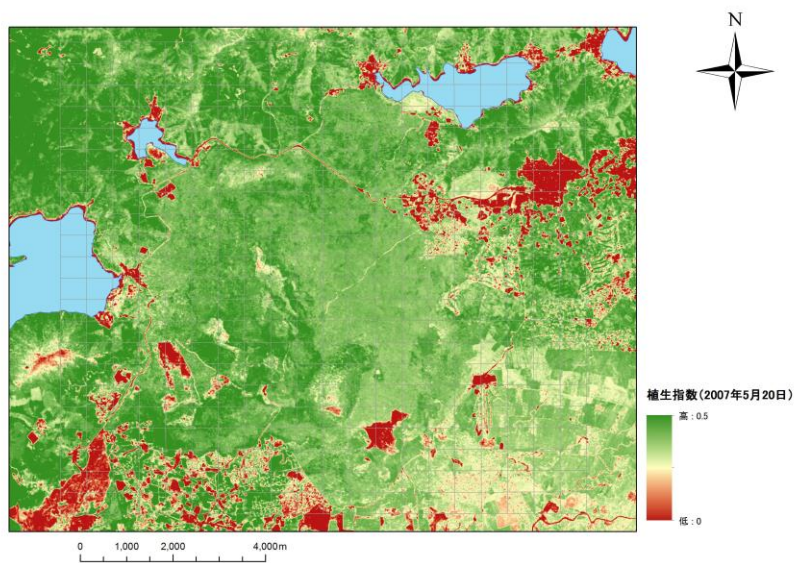


图 3-2-10 植被指数(2007 年 5 月 20 日、2007 年 8 月 20 日、2007 年 11 月 20 日)

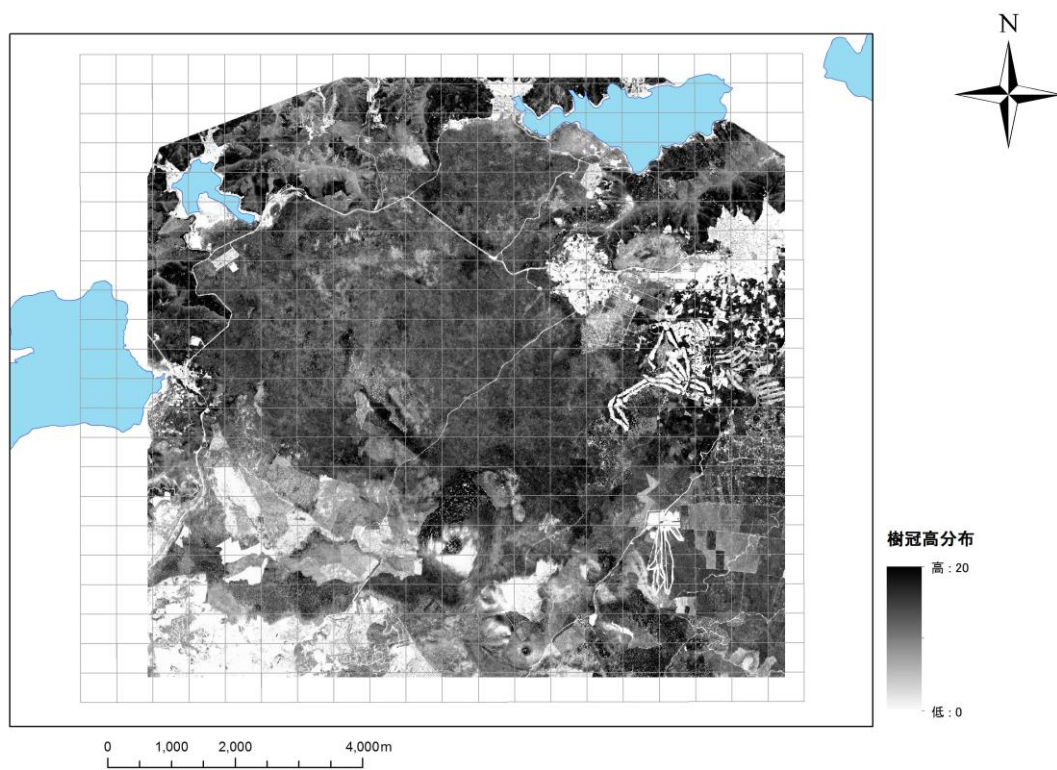


図 3-2-11 樹冠高分布

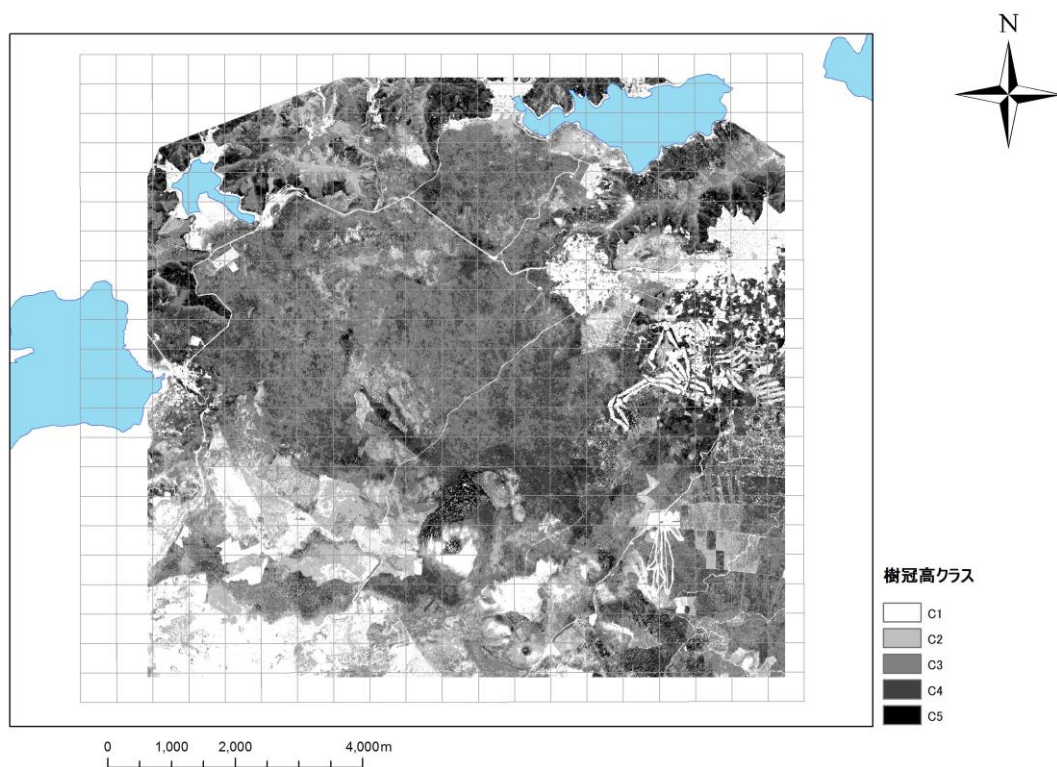


図 3-2-12 樹冠高クラス



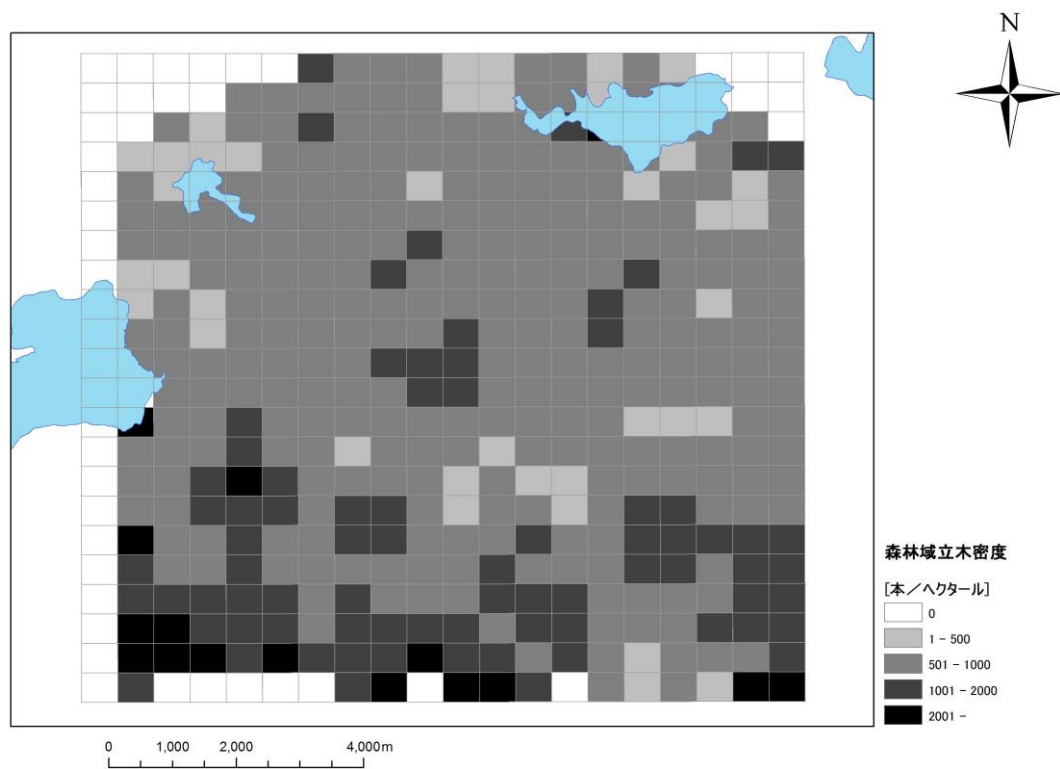


図 3-2-13 森林域立木密度

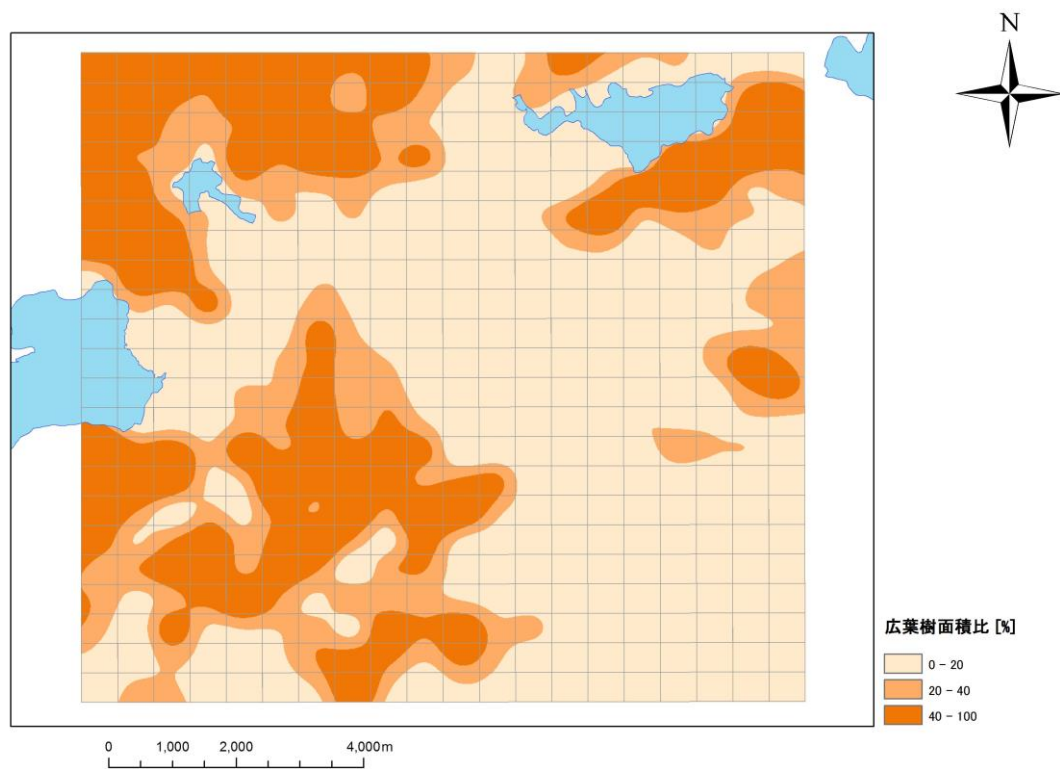


図 3-2-14 広葉樹面積比(%)

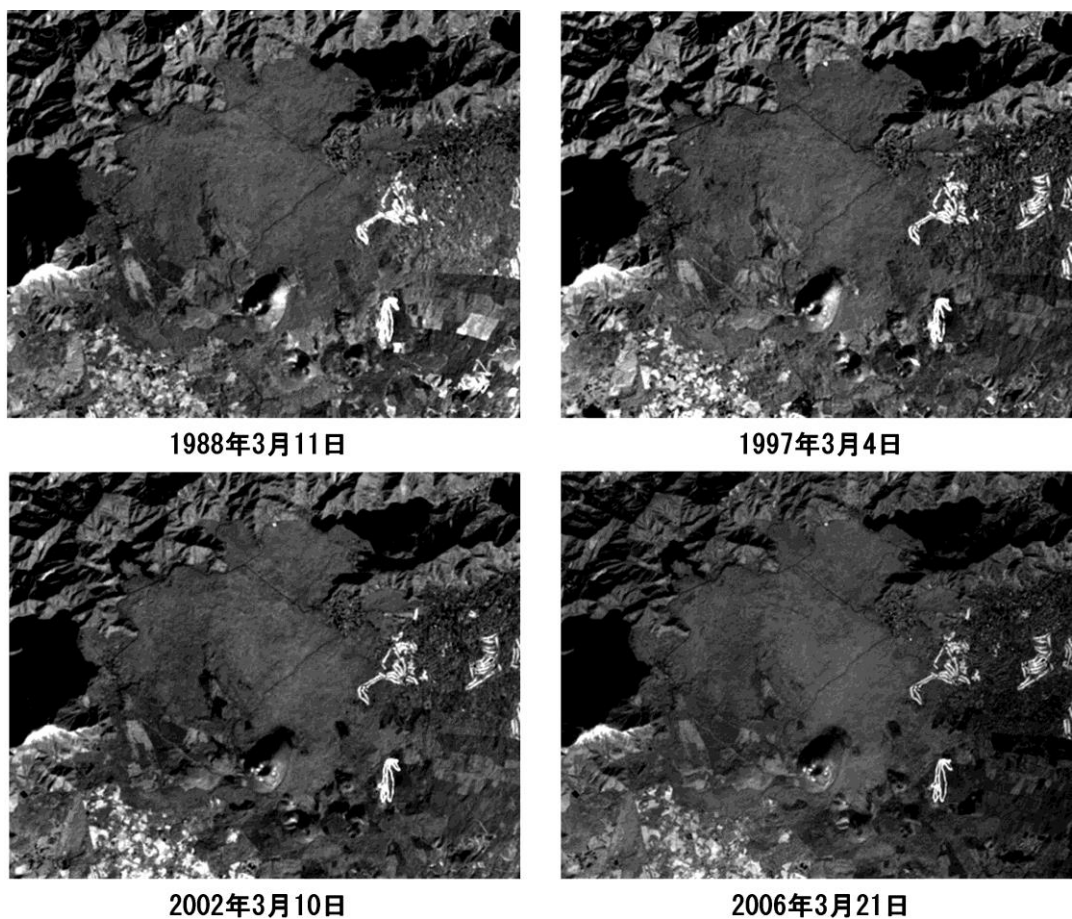


図 3-2-15 長期間にわたる環境変化検出の検討に用いた 4 時期の衛星画像

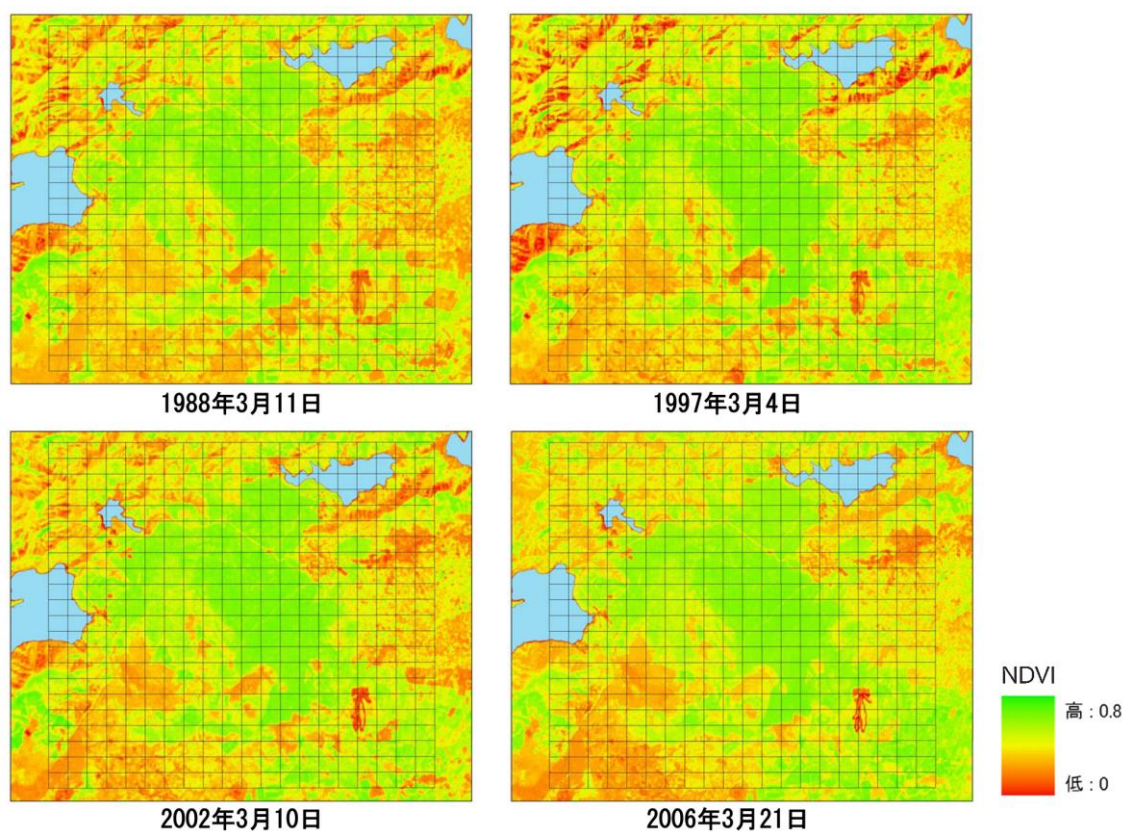


図 3-2-16 4 時期の衛星画像から算出した植生指数



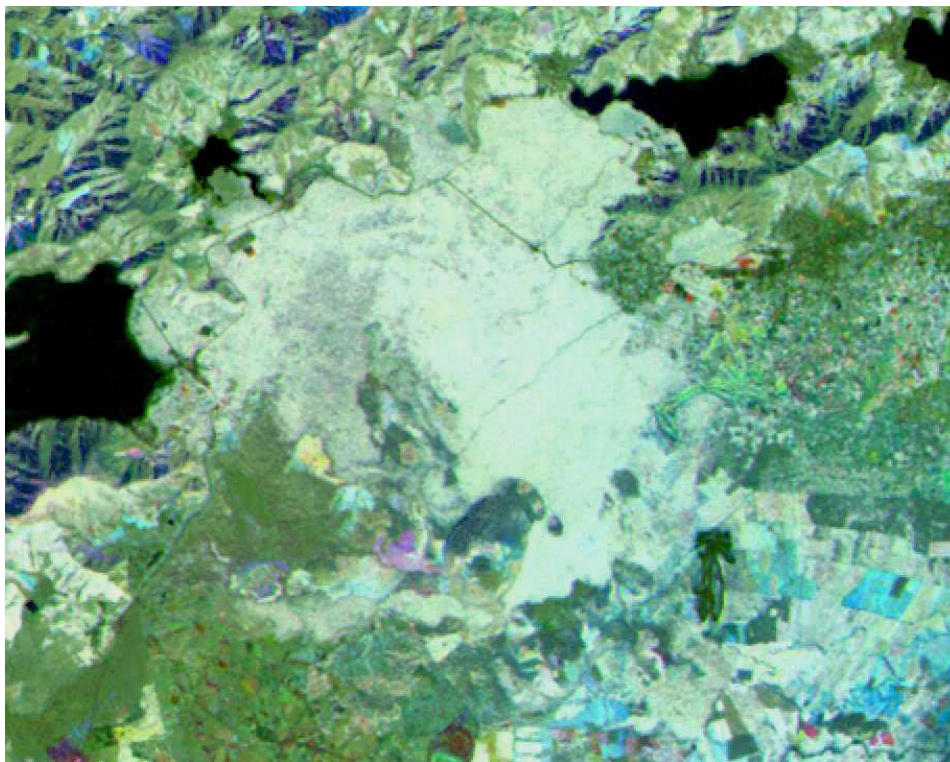
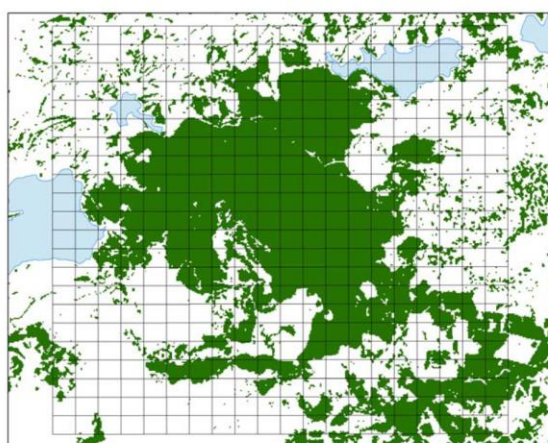
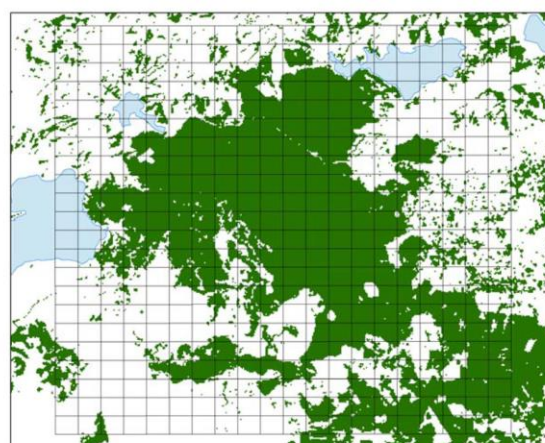


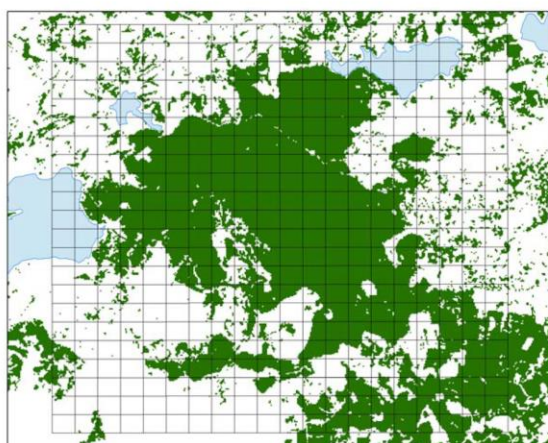
図 3-2-17 植生の増加(水色)減少(赤色)図



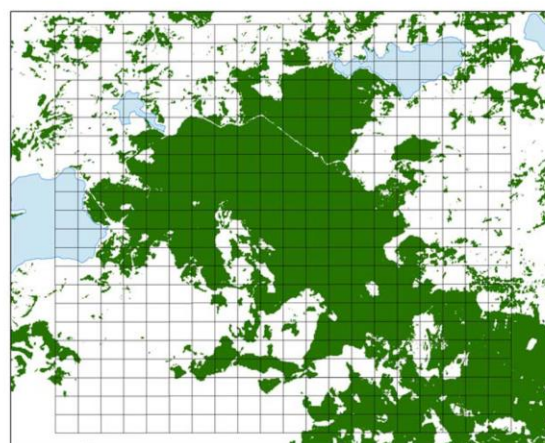
1988年3月11日



1997年3月4日



2002年3月10日



2006年3月21日

図 3-2-18 常緑針葉樹分布の変遷

### 3-3 モニタリング指標としての植物相調査

#### 3-3-1 青木ヶ原樹海内ルート（遊歩道）上の植物相の特徴把握調査

##### (1) 調査方法

調査地域内の複数のルートについて、主要幹線道路からの入口、あるいは広場等利用者が滞留する場所を起点に、距離 100m、両側 5m の調査区画を設定し、出現する種を 1,000m（調査区画 10 区画分に相当）の距離にわたってすべて記載しその特徴を明らかにすることとした。

調査ルートとして、比較的多くの利用者がみられる 7 ルート（①「竜宮」、②「野鳥の森公園」、③「西湖西」、④「精進口登山道入口」、⑤「精進口登山道 1」、⑥「精進口登山道 2」、⑦「ブナ広場」）を設定した（図 3-3-1）。このうち、「精進口登山道 1」および「ブナ広場」は落葉広葉樹林を主としたルートであり、残りの 5 ルートは常緑針葉樹林内に位置している（図 3-2-14 参照）。「野鳥の森公園」は、最初の 200m にあずま屋が設置されているなど公園として整備されているという他のルートとは異なる環境を有している。なお、「精進口登山道 1」は、同じタイプの森林内で 600m しか踏査できなかったことから、設定した調査区画数は 6 区画となっている。

##### (2) 調査結果

各調査ルートの調査区画ごとの出現種数、および全区画での累積出現種数を木本種、草本種別に表 3-3-1 に示す。調査区画数が 6 区画であった「精進口登山道 1」を除いて比較すると、最も多くの種が記録されたのは「野鳥の森公園」の 161 種であった。逆に種数が最も少なかったルートは「竜宮」の 85 種で、ついで「精進口登山道 2」の 91 種であった。

ルートごとの木本種と草本種の出現割合を図 3-3-2 に示す。落葉広葉樹林内のルートの「ブナ広場」および「精進口登山道 1」では、草本種が全体に占める割合（草本種割合）が高く、ルート全体での割合はそれぞれ、42.4%、43.1%といずれのルートでも 40%を超えていた。一方、主に常緑針葉樹林内に位置するルートの草本種割合は、「野鳥の森公園」の 42.9%を除き、「精進口登山道入口」、「精進口登山道 2」、「竜宮」、「西湖西」では低い割合であり（15.3~34.1%）、最も割合が低かった「竜宮」では 13 種の草本種しか確認されなかった（表 3-3-1）。「野鳥の森公園」で草本種割合が高かったのは最初の 200m までの区画であり、この部分での出現草本種の種数が多かったことによる（表 3-3-1）。それ以遠の区画での草本種割合は、他の常緑針葉樹林内のルート同様低い値であった。

次に、調査ルートごとに、累積の出現種数割合を図 3-3-3 に示す。調査区画数が少なかった「精進口登山道 1」を除いて比較すると、最初の 100m での出現種の割合は、草本種では 15.4~58.1%と、木本種の 43.1~68.3%に比べ、ルート間での差が大きかった。木本種では、「竜宮」を除き、200 から 300m までの区画で、全体で記録された種の 75%に達する種が出現していた。

各調査ルート内での出現区画数ごとの種数を表 3-3-2 に示すとともに、木本種については、出現区画数が 10 区画の種からの累積種数を図 3-3-4 に示す。8 区画で出現した種数を比較すると、「ブナ広場」では 10.8%であるのに対し、常緑針葉樹林内の 5 ルートでは 22.8 から 33.3%に達していた。このように、常緑針葉樹林内のルートでは、各区画の種構成が類似していることが示され、主に、ヒノキ、ツガといった林冠構成種、コハウチワカエデ、ヒロバツリバナ、リョウブといった落葉亜高木種、アセビ、ソヨゴといった常緑低木種によって構成されていることが明らかとなった。一方、落葉広葉樹林内の 2 ルートである「ブナ広場」と「精進口登山道 1」では種構成が異なり、これは、前者が、比較的自然度の高いイヌブナが優占する林であるのに対し、後者では二次林的要素が高いためと考えられた。

一方、草本種については、6 区画以上で出現が確認された種が「ブナ広場」では 26.7%あったが、その他の調査ルートでは 0~10%にとどまっていた。逆に、1 区画または 2 区画にしか出現しなかった草本種は、「ブナ広場」の 43.3%に対し、他の調査ルート（「精進口登山道 1」は調査区が少なくことで除く）では 53 から 86%に達していた。

以上の結果をまとめ、種構成の類似性について検討する目的で DCA 分析を行ない、各区画を二次元の平面上にプロットした（図 3-3-5）。Axis1 の説明率は 80%と高い値を示した。この Axis1 で、右側に「ブナ広場」および「精進口登山道 1」がそれぞれのかたまりとして位置し、左側にその他の 5 ルート（「竜宮」、「野鳥の森公園」、「西湖西」、「精進口登山道入口」、「精進口登山道 2」）が位置している。さらに、そのなかで「野鳥の森公園」は他のルートからやや離れた位置にプロットされた。このように、落葉広葉樹林内の 2 ルート（「ブナ広場」、「精進口登山道 1」）では、常緑針葉樹林内の他のルートとは異なった種構成の特徴をもつと同時に、両者の間でもその特徴が異なっていること、また、常緑針葉樹林内のルートでは種構成が類似しているものの、「野鳥の森公園」はやや異なった特徴を有していることが示された。



### 3-3-2 ブナ広場における大木分布調査

#### (1)調査方法

先のルート調査でも取り上げた通称ブナ広場（標高約 1,120m）において大木の分布把握のための調査を行なった。ブナ広場は、精進口登山道から富士山の寄生火山のひとつである大室山北斜面に続く一帯で、富士山北麓地域の冷温帯を特徴づける落葉広葉樹林が伐採されずに残る貴重な場所となっている。

本調査では、胸高直径(DBH)が 50cm を超える個体を大木とすることとした。萌芽更新を頻繁に行なっているイヌブナとカツラについては、DBH で 50cm 以下の幹が複数幹みられるものは、積算した直径が 50cm を超える個体を大木とみなした。ブナ広場の中心付近に 120m×120m (1.44ha) の調査区を設置し、大木の位置とサイズを測定し、種の同定を行なった。位置の測定は、50m×50m のサブ調査区に分け、サブ調査区ごとに x 軸と y 軸から、レーザー距離計にて距離を測定した。

#### (2)調査結果

胸高直径(DBH)が 50cm を超える種は、アサダ (*Ostrya japonica*)、イヌシデ (*Carpinus tschonoskii*)、イヌブナ (*Fagus japonica*)、ウラジロモミ (*Abies homolepis*)、エンコウカエデ (*Acer mono* var. *connivens*)、カツラ (*Cercidiphyllum japonicum*)、キハダ (*Phellodendron amurense*)、サワシバ (*Carpinus cordata*)、ツガ (*Tsuga sieboldii*)、ハリモミ (*Picea polita*)、ブナ (*Fagus crenata*)、ミズキ (*Cornus controversa*)、ミズナラ (*Quercus crispula*)、モミ (*Abies firma*)、ユクノキ (*Cladrastis sikokiana*) の 15 種類、66 個体であった。

最も個体数の多かった種は、イヌブナの 22 個体で全体の 32.3%、それにウラジロモミの 14 個体、21.5% が続き、この 2 種で全体の半分以上を超えていた (53.8%)。以下、イヌシデ 7 個体、アサダ 6 個体、ブナ 5 個体となり、これら 5 種で 82.5% を占めていた。個体数の多かったイヌブナとウラジロモミの分布をみると、イヌブナは斜面の上部に多い傾向が、一方、ウラジロモミは斜面下部のより平坦な場所に多い傾向がみられた。今回は大木だけを測定し全ての個体を測定したわけではないが、イヌブナは、胸高断面積の合計でも 72.1% に達していた。2 番目に個体数の多かったウラジロモミでも 7.6% を占めるにすぎないことから、この林はイヌブナが優占する林と考えられた。

また、DBH で 1m を超える幹を持つ個体が 5 個体確認された。上位 2 個体は、いずれもミズナラで、それぞれ、1.79m、1.48m（下部が盤根のようになっているのでその上部で測定）であった。なお、ミズナラはこの 2 個体しか確認できなかったが、胸高断面積では

第 3 位の地位 (6.0%) を占めていた。3 番目に大きな個体はブナの 1.41m で、以下、イヌブナ 1.18m、イヌブナ 1.02m と続いていた。なお、イヌブナについては、個体の萌芽の中での最大サイズを代表とした。

環境省が行なった巨樹巨木調査によると、イヌブナは DBH で 2m 以上になることがあり、DBH が大きな個体は、ほとんどが単幹であることが報告されている。それに対し、本調査地のイヌブナでは、すでに中心となる幹が倒れており、これらが生き残っていれば 2m を超えていた可能性があると考えられた。ミズナラは DBH が 1m を超える大きな個体が 2 個体みられたのみで、DBH 50cm 以下の小さな個体もほとんどみられなかった。2 番目に大きな個体では大きな洞ができており、台風などで倒れる可能性は否定できない。本調査では、DBH 50cm 以下の個体について調査を行っていないため、より正確なこの森林の遷移を予想するにはさらなる調査が必要ではあるが、イヌブナは萌芽更新で個体の寿命が長いこと、また、ウラジロモミについては稚樹が比較的たくさんみられたことから、この林は、ウラジロモミとイヌブナの混交林がしばらく維持されるのではないかと考えられた。また、青木ヶ原溶岩流上で優占するのはヒノキ、ツガなどであり、ゴヨウマツの大木はみられるものの、ウラジロモミの大木はほとんどみられないことから、溶岩流上とスコリア堆積物上では異なった植生遷移がなされていくものと推測された。

### 3-3-3 植物相からみたモニタリング調査の今後の課題

これまで、青木ヶ原樹海の植物相についての情報は必ずしも十分ではなく、今後継続的にモニタリング調査を実施し、自然環境の変化を追跡、評価していくにあたっては、現状把握のための基礎情報を得る必要がある。さらに、エコツアー実施者等地域住民がモニタリング調査を実施していくことを視野に入れることが重要であるとの視点から、本研究では、まず、青木ヶ原樹海のなかでも針葉樹が優占する場所および広葉樹が優占する場所から、利用状況も考慮に入れながら複数のルートを設定し、出現する植物種の記載を行なう定性的な調査を実施した。青木ヶ原樹海を特徴づけている針葉樹を中心としたルートでは、共通した植物種で構成されていることが明らかになった一方、落葉樹を中心としたルートでは、異なった種構成がみられた。長年観察を続けている個人からの情報等をもとに変化についての比較が可能である場所は限られており、今回の調査結果を基礎情報としてより広域で比較可能なデータを収集、蓄積していくことが必要となる。比較的短期的に生じると考えられる変化をを把握

する指標として、草本種は、木本種に比べその分布の拡大などが早くおこる可能性があり適しているといえる。「野鳥の森公園」ルートでは、最初の 200m までの部分で出現草本種の種数が多く、これは、あずま屋が設置されているなど公園として整備されている区間に草本種が集中して出現していたことによるものであった。今後、他のルートでも、エコツアー等による利用の増加やそれに伴う整備が進むことを視野に入れ、本来は生育しないと考えられる種が侵入してきているかどうかを含め、入口付近からの草本種の種構成を記録していくことが、モニタリングの一つの手法として有効であると考えられた。

さらに、中長期的な変化を把握する場合には、当然のことながらより定量的な調査も重要となる。しかし、定量調査としての植生調査は、専門知識をもつ研究者等の関与の比重が高くなる。そのなかで、今回、ブナ広場における大木調査は、典型的な大木はエコツアーの資源としての価値が高いということだけでなく、一般の地域住民等の参加も可能な半定量的な調査という意味があると考えられた。

富士山北麓における生物多様性調査において、山地帯のブナ林は生物種が豊富な場所であることが明らかになっているが、植林や開発が進んだこの地域では非常に限られた面積しか残されていない。そのようななか、ブナ広場は青木ヶ原溶岩流の影響を受けず、富士山北麓地域の冷温帯を特徴づける落葉広葉樹林が伐採されずに残る場所であり、針葉樹を主体とした青木ヶ原樹海中心部とは対照的にイヌブナ、ミズナラ、ブナ等の大木が立ち並ぶ明るい森林は、エコツアーの資源としても大変人気が高い。このように、自然環境の特性からみても、また、エコツアー等での利用からみても、貴重な場所と位置付けられる反面、近くにある入洞が比較的容易な富士風穴とともに、一般の利用者も含め利用頻度が高く、狭い範囲に利用者が集中する場所でもある。

今回の調査で、1m 以上の大木は意外に少ないことが明らかとなった。この大木に対しなんの保護策も講じられていないのが現状である。屋久島の縄文杉で行なわれているような立ち入り制限を加えることや、遊歩道の設置など、ブナ広場自体の保全を考える必要があると考えられる。さらに、ウラジロモミの大きな個体では、根本付近にシカによる剥皮の跡がみられた。シカによる剥皮がどのような影響を及ぼすかは、現段階では明らかでないが、今後注意深く観察していくことが必要であると考えられる。

青木ヶ原樹海の自然環境を持続的に活用していくためには、定性的な情報収集に加え、典型的な植生と判断される場所、あるいは、ブナ広場のような利用頻

度が高い場所について永久方形区を設置し、毎木調査など定量的なデータを、研究者、エコツアー実施者、さらに地域住民が一体となって収集し、地域協働によるモニタリングシステムを構築していくことが重要な課題となろう。

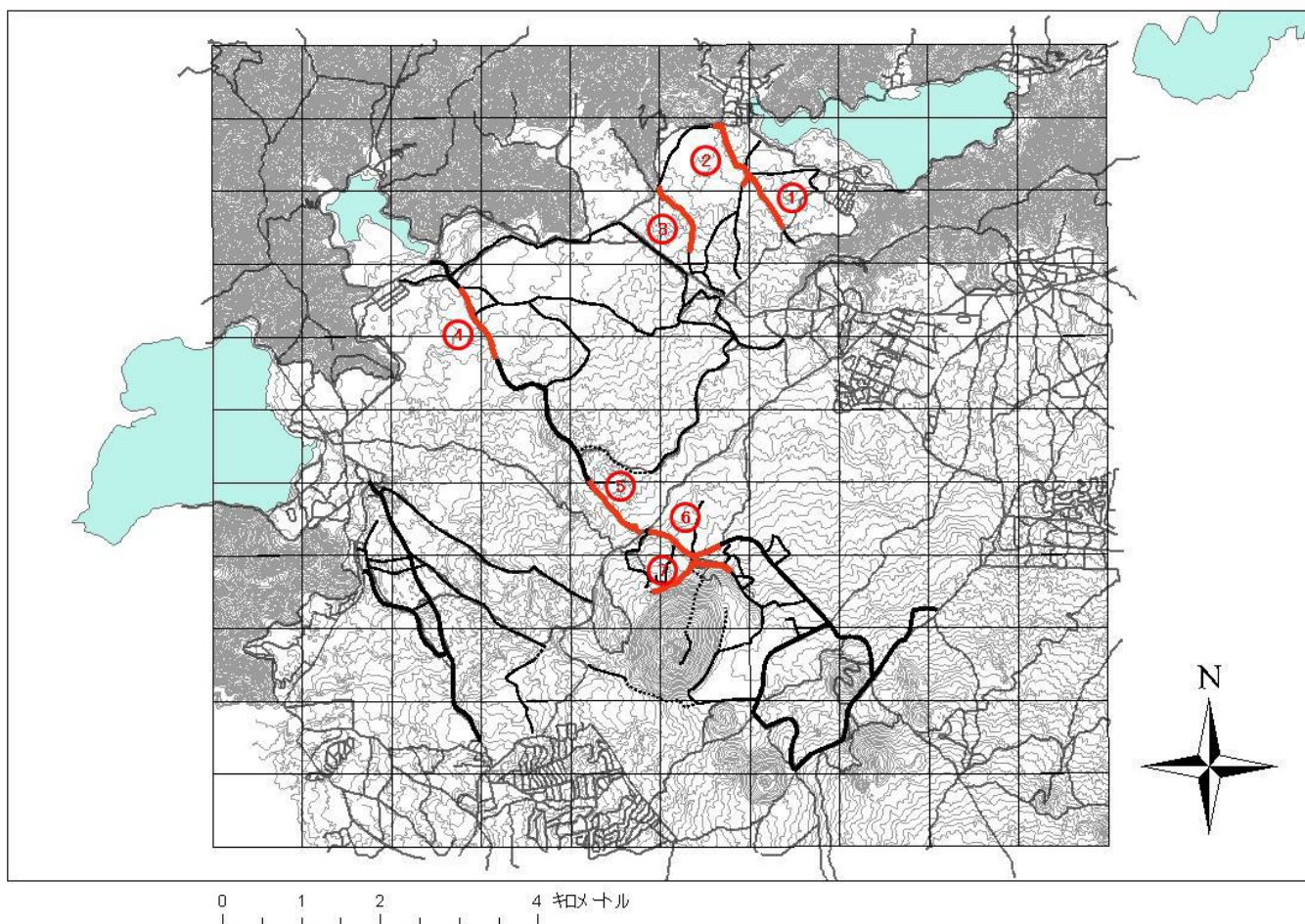


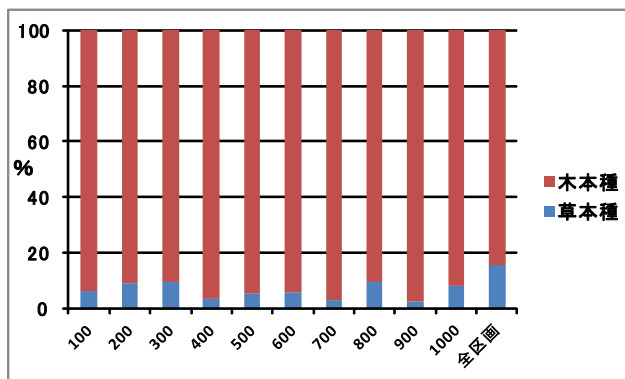
図 3-3-1 ルート上植物相調査の調査ルート

①「竜宮」、②「野鳥の森公園」、③「西湖西」、④「精進口登山道入口」、  
⑤「精進口登山道 1」、⑥「精進口登山道 2」、⑦「ブナ広場」

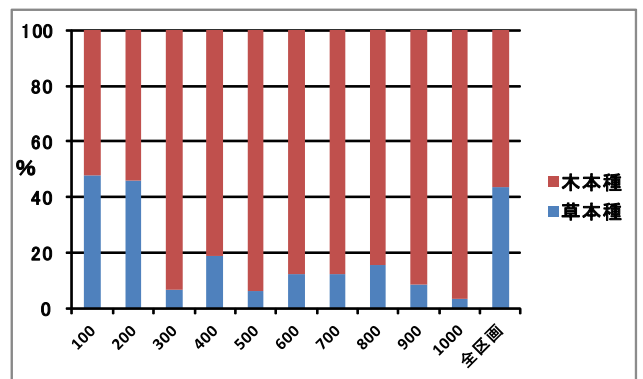
表 3-3-1 各調査ルートにおける出現種数

ルート名		区 画 (m)										累積種数
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
竜宮	木本種	31	31	29	28	35	33	36	38	38	34	72
	草本種	2	3	3	1	2	2	1	4	1	3	13
	合計	33	34	32	29	37	35	37	42	39	37	85
野鳥の森公園	木本種	45	45	42	47	44	36	36	43	42	30	91
	草本種	41	38	3	11	3	5	5	8	4	1	70
	合計	86	83	45	58	47	41	41	51	46	31	161
西湖西	木本種	43	49	41	37	28	31	30	34	34	42	80
	草本種	13	10	11	4	1	6	1	4	11	4	33
	合計	56	59	52	41	29	37	31	38	45	46	113
精進口登山道入口	木本種	48	45	41	40	38	36	51	47	37	37	88
	草本種	13	13	3	10	6	13	12	7	5	6	36
	合計	61	58	44	50	44	49	63	54	42	43	124
精進口登山道1	木本種	25	32	26	30	23	25					59
	草本種	17	16	20	20	11	17					44
	合計	42	48	46	50	34	42					103
精進口登山道2	木本種	42	26	24	34	27	31	32	33	24	25	61
	草本種	17	12	11	13	8	11	9	5	3	5	30
	合計	59	38	35	47	35	42	41	38	27	30	91
ブナ広場	木本種	42	41	36	21	25	23	24	34	21	27	84
	草本種	27	32	16	19	23	22	29	23	14	15	60
	合計	69	73	52	40	48	45	53	57	35	42	144

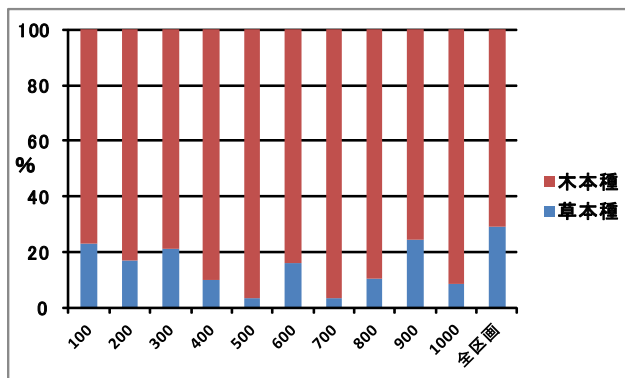
竜宮



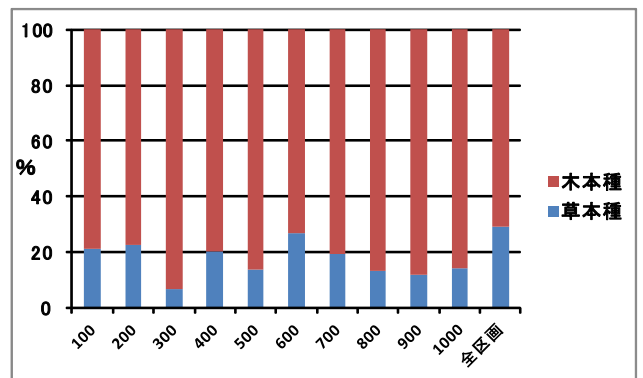
野鳥の森公園



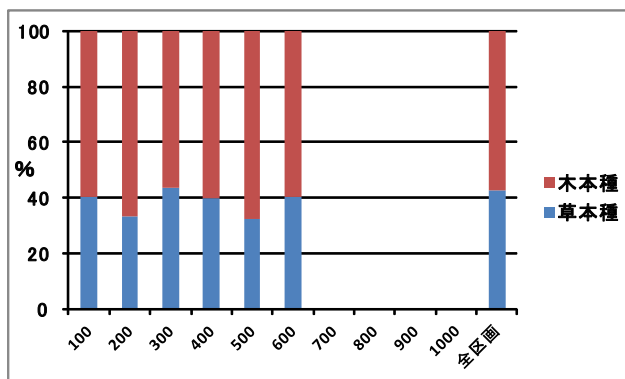
西湖西



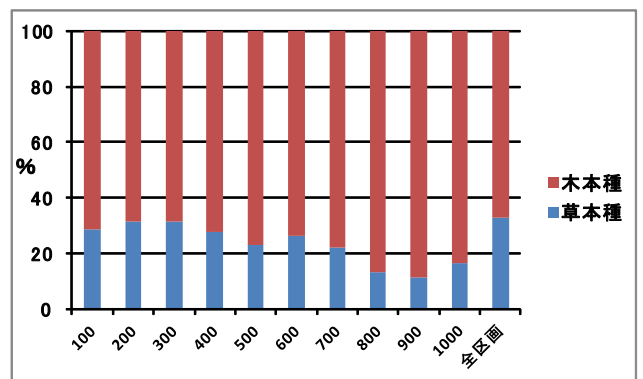
精進口登山道入口



精進口登山道1



精進口登山道2



ブナ広場

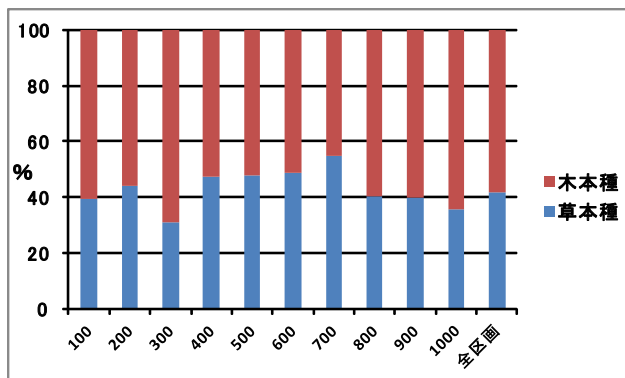
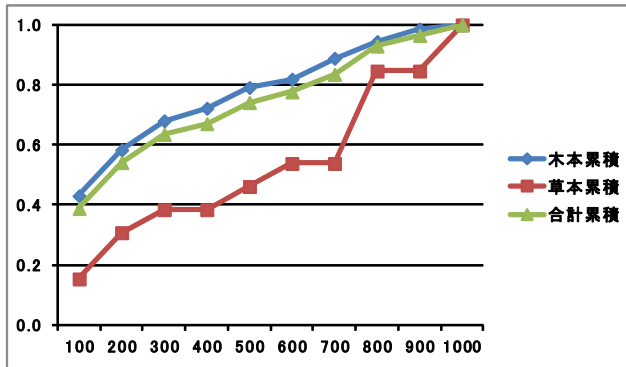
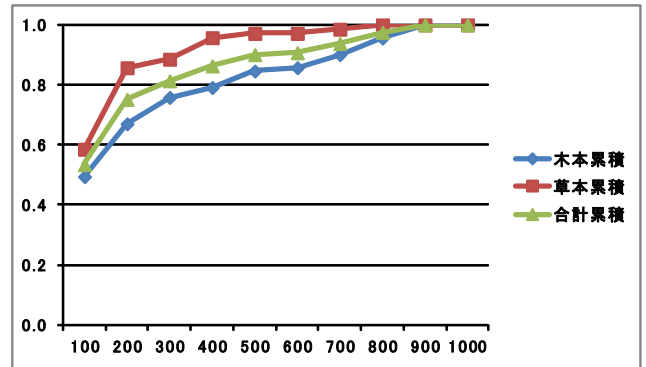


図 3-3-2 調査ルートごとの木本種と草本種の出現割合

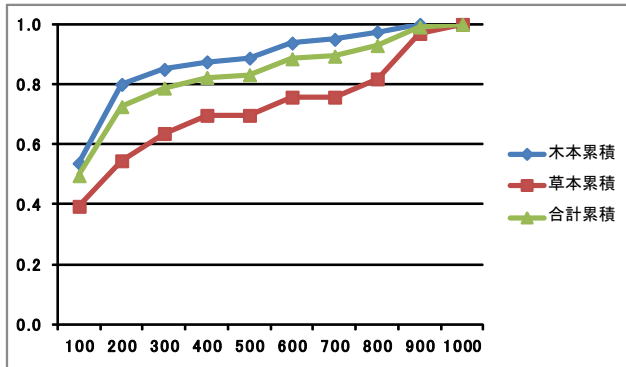
竜宮



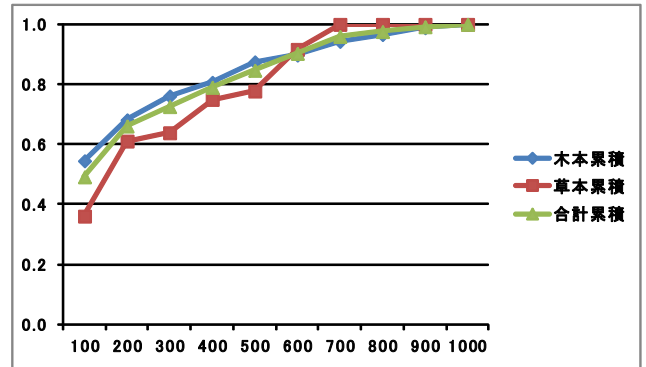
野鳥の森公園



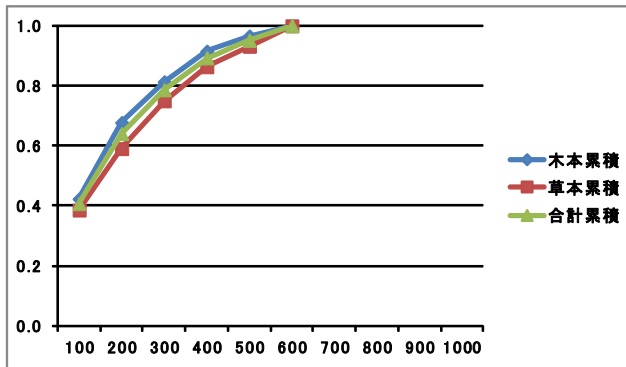
西湖西



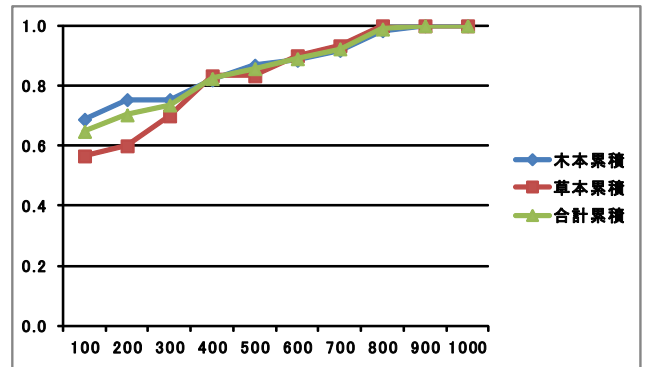
精進口登山道入口



精進口登山道1



精進口登山道2



ブナ広場

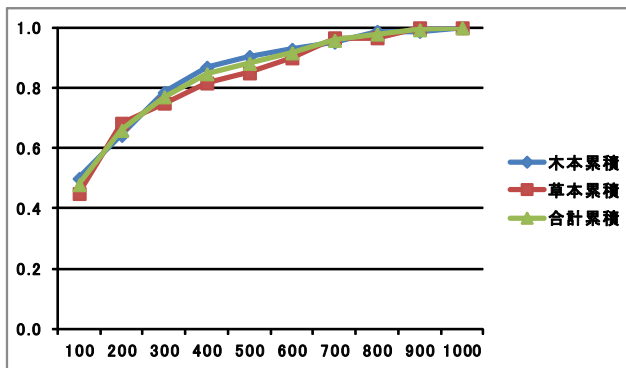


図 3-3-3 調査ルートごとの累積の出現種数割合  
(横軸は区画(m)、縦軸は累積割合を表す)

表 3-3-2 各調査ルートにおける出現区画数ごとの種数

ルート名		区 画 数									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
竜宮	木本種	18	12	3	3	9	2	4	7	11	3
	草本種	9	1	2	0	1	0	0	0	0	0
	合計	27	13	5	3	10	2	4	7	11	3
野鳥の森公園	木本種	24	11	6	10	3	8	8	8	7	6
	草本種	41	19	6	2	1	0	0	0	1	0
	合計	65	30	12	12	4	8	8	8	8	6
西湖西	木本種	16	8	12	10	3	6	6	7	8	4
	草本種	19	6	3	2	1	2	0	0	0	0
	合計	35	14	15	12	4	8	6	7	8	4
精進口登山道入口	木本種	17	10	11	9	5	5	6	14	5	6
	草本種	16	9	3	3	0	3	1	1	0	0
	合計	33	19	14	12	5	8	7	15	5	6
精進口登山道1	木本種	21	7	12	10	4	5				
	草本種	18	12	3	5	6	0				
	合計	39	19	15	15	10	5				
精進口登山道2	木本種	12	10	8	2	4	1	4	6	8	6
	草本種	10	6	5	1	3	2	1	0	1	1
	合計	22	16	13	3	7	3	5	6	9	7
ブナ広場	木本種	26	16	8	8	5	8	4	3	5	1
	草本種	21	5	9	4	5	4	3	6	2	1
	合計	47	21	17	12	10	12	7	9	7	2

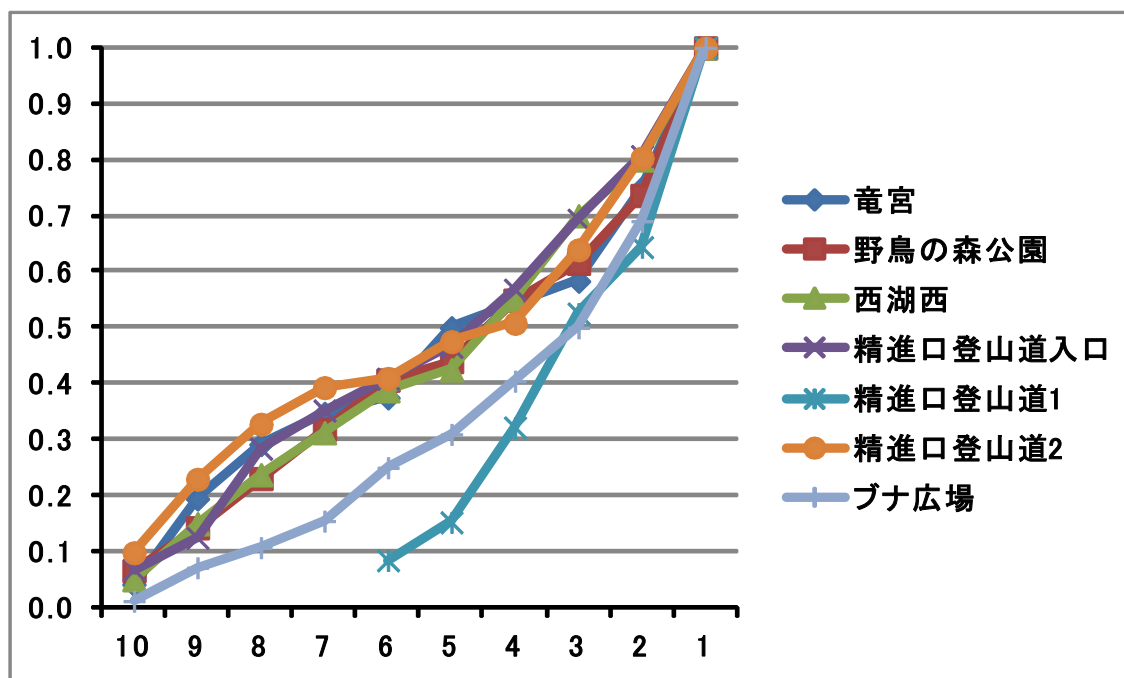


図 3-3-4 木本種についての出現区画数が 10 区画の種からの累積割合  
(横軸は出現区画数、縦軸は累積割合を表す)

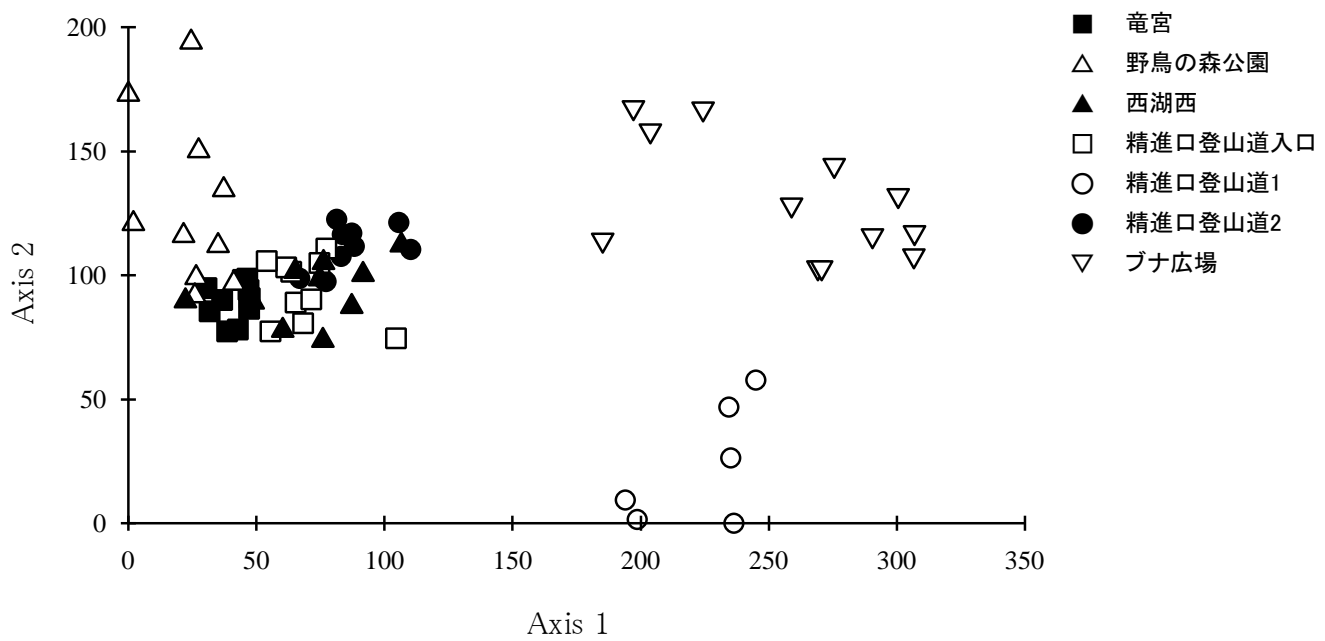


図3-3-5 各区画の種構成の類似性についての検討結果(DCA分析結果)



### 3-4 モニタリング指標としての動物相（哺乳類・鳥類）調査

#### 3-4-1 青木ヶ原樹海を特徴づける動物種調査

##### (1) 調査方法

モニタリング調査の指標となる動物種を選定するにあたって、エコツアーガイド等が調査を行なうことを想定し、目視や鳴き声などによって比較的容易に種の確認が期待できる哺乳類と鳥類を対象とすることとした。現地調査を実施するとともに、既存資料をもとにこれらの富士山北麓地域における確認記録を整理し、青木ヶ原樹海を特徴づける動物種について検討を行なった。

現地調査では、青木ヶ原樹海内の登山道、遊歩道など歩行可能な場所を広く踏査し、目視、聴認、痕跡により確認種を記録した。前述（1-2）のとおりに、青木ヶ原樹海の範囲は、864～866年頃、長尾山を中心とした一帯から噴出した溶岩流と大室山などの寄生火山を含めた約30km<sup>2</sup>を指すことが多い。本調査では、現在、エコツアーとして高頻度に利用されている「青木ヶ原樹海中心部」と、その周辺に位置し、今後エコツアーの利用が見込まれる「青木ヶ原樹海周辺部」を含めた範囲を対象とした（図3-4-1）。上部は精進口登山道二合目（標高1,520m）、下部は青木ヶ原溶岩流の縁または国道139号線までを範囲とし、集落、ゴルフ場、スキー場などは原則的に除外した。

既存資料の整理にあたっては、「富士山総合学術調査報告書」（富士急行、1971）、「山梨県環境資源調査」（山梨県森林環境部、2003）、「生態系多様性地域調査（富士北麓地域）報告書」（山梨県環境科学研究所・富士北麓生態系調査会、2003）など、富士山北麓地域を広く対象としたものを主たる記録として用いた。さらに、一部を他の資料や個人記録で補った。確認記録は、できる限り1) 青木ヶ原樹海中心部、2) 青木ヶ原樹海周辺部、3) 青木ヶ原樹海以外の山地帯森林、4) 草原、5) 牧草地・耕作地、6) 高山・亜高山帯、7) 湖沼・湖畔の7つの地域・環境に分けて整理した。また、標準的なラインセンサス法による量的データがある鳥類群集については、それらの比較により青木ヶ原樹海の特徴について検討を行なった。なお、既存資料の整理結果（表3-4-1および表3-4-2）においては、「青木ヶ原樹海」の範囲内にあっても、「草原」や「湖沼・湖畔」の記録として明らかなものは、それぞれの環境の記録として扱った。

現地調査は、2005～2007年度の3年間行なった。後述（3-4-2 夜行性猛禽類を指標としたモニタリング手法の検討）する夜間調査（25回）に加え、日中調査を、2005年5月1日、5月14日、6月26日、2006年

7月29日、11月15日、2007年12月7日の6回実施した。

（調査者：篠田授樹、白石浩隆、笹川修、萩原康夫、ただし夜間調査に関しては後に別記）

##### (2) 調査結果・考察

###### 1) 哺乳類

既存資料および現地調査により確認された哺乳類種を、表3-4-1に整理した。

過去に富士山北麓地域で記録のある哺乳類は7目17科46種で、絶滅したオオカミとカワウソ、一時的に記録された移入種のアライグマとシマリス、半飼育種のノイヌとイエネコの6種を加えると7目19科52種であった。このうち、青木ヶ原樹海で記録のある種は、中心部で33種、周辺部で24種となる。今回の現地調査で確認された哺乳類は12種（本研究の「溶岩洞穴調査」で確認されたコウモリ類を含めると18種）で、なかではニホンジカと広い範囲で高頻度に遭遇した。また、2006年はミズナラなどの堅果類の不作年で、ツキノワグマの人里への出現が全国的に増加したが、青木ヶ原樹海でも大室山周辺や本栖地域などで熊棚が数多く確認された。

富士山北麓地域のなかで青木ヶ原樹海のみで確認されている哺乳類種は、ノレンコウモリのみであるが、他のコウモリ類も多くは精進口登山道二合目～三合目、剣丸尾などの新期溶岩地帯で確認されたものである。夜行性で飛翔するコウモリ類の種の確認は、洞穴内で休息中の個体によるか、かすみ網などで捕獲するしか今のところ有効な方法がないため、過去の調査は新期溶岩地帯などに偏って実施されてきた傾向がある。しかし、そのことを差し引いたとしても、コウモリ類は青木ヶ原樹海を代表する生物に挙げられるだろう。溶岩洞穴や樹洞のある巨樹が格好の棲み場所となっていることに加え、青木ヶ原樹海や富士五湖が、年間を通して餌となる飛翔昆虫類の安定的な発生を支えていることも好条件であるものと思われる。前田（2001）は、「富士山の山梨県側の山麓」は日本でも「同所的に多種のコウモリが生息している場所」と記している。

また、本州中部の山岳地帯では亜高山帯に分布するヒメヒミズやシントウトガリネズミが、青木ヶ原樹海では標高1,000m付近の山地帯に生息していることも特徴であるとされている。ヒメヒミズが分布する理由は、溶岩上の表土層が薄いために競合するヒミズが侵入できないためだと説明されている（今泉・今泉、1972）。このほか、ミズラモグラやムササビも、富士山北麓地域では青木ヶ原樹海や剣丸尾などを中心とした地域の記録が比較的多く、これらの環境を象徴す

る生物種の一つと言える。

## 2) 鳥類

既存資料および現地調査により確認された鳥類種を、表 3-4-2 に整理した。

過去に富士山北麓地域で記録のある鳥類種は 17 目 43 科 180 種で、移入種と考えられるシジュウカラガン（カナダガン）、コブハクチョウ、コハクチョウ、アヒル、ライチョウ、ドバト、ガビチョウ、ソウシチョウ、交雑種と考えられるアイガモ（マガモ×アヒル）、マルガモ（マガモ×カルガモ）の 10 種を加えると 17 目 44 科 190 種であった。移入種のうちライチョウは、1960 年に北アルプス白馬岳産の 7 羽が放鳥されたものの定着せず、1970 年以後確認されていない。このほか、富士山の静岡県側で記録のある種としてツルクイナ、アリスイ、ヤイロチョウ、ノゴマ、マキノセンニュウの 5 種、富士山とあるだけで場所が不明な種としてチュウサギ、クロガモ、ウミアイサ、クマタカ、ハヤブサ、タゲリ、トラフズク、アオバズク、ハリオアマツバメ、アカショウビン、チゴモズ、ムギマキ、オオジュリンの 13 種がある。ただし、これには御坂山地、愛鷹山地など周辺域を含んでいる可能性もある。これらのうち、青木ヶ原樹海で記録のある種は、中心部で 73 種、周辺部で 70 種であった。また、現地調査で確認された鳥類は 31 種であった。

富士山北麓地域のなかで青木ヶ原樹海のみで確認されている鳥類種は、サシバとコノハズクの 2 種である。このほか、ハチクマ、オオアカゲラ、サンショウクイ、エゾムシクイ、キバシリ、イスカ、シメも、富士山北麓地域での確認記録は青木ヶ原樹海を含む範囲に比較的限られている。シメは富士ヶ嶺の牧草地でも確認されており、青木ヶ原樹海を特徴づける種とするには疑問があるが、その他の種は、概ね山地帯から亜高山帯の良質な森林環境を象徴する種だと考えられる。

## 3) 鳥類群集

既存資料から、富士山北麓地域におけるラインセンサス法による鳥類群集の調査結果を、繁殖期（表 3-4-3）および越冬期（表 3-4-4）に分けて整理した。繁殖期には 4 月下旬～8 月上旬、越冬期には 11 月上旬～1 月中旬の記録が含まれている。

青木ヶ原樹海では、繁殖期には中心部で 29～39 種、33.9～50.9 羽/時が確認され、ヒガラ、コガラ、シジュウカラなどのカラ類が優占的である。周辺部では 15～34 種、38.3～59.9 羽/時が確認され、やはりカラ類が優占的である。新旧の調査では 30 年以上の間隔があり、確認種数や個体数が減少しているようにも思え

るが、実際にそのような傾向があるのか、調査条件などの違いによるものなのかは不明である。少なくとも樹海中心部に関しては、優占種など主要な出現種に大きな変化は認められない。

一方、越冬期には中心部では 22～26 種、48.9～76.6 羽/時が確認され、アトリやカラ類などが優占的である。周辺部では 14～19 種、25.8～51.1 羽/時が確認され、カラ類のほか場所によりスズメやカラス類が優占的となっている。

各調査地の鳥類群集を比較するために、Pianka (1973) の  $\alpha$  指数（構成種の重複度指数）を用いて類似度を計算し、群平均法によりデンドログラムを作成した（図 3-4-2、図 3-4-3）。

その結果、繁殖期には、精進口登山道に沿った青木ヶ原樹海中心部と周辺部、剣丸尾、吉田口 C など、山地帯（標高 1,000～1,700m）の森林は相互に類似度が高いものと判定された。北麓公園とある調査地は公園（野球場、駐車場）そのものではなく、中の茶屋周辺のカラマツやアカマツを主とした森林である。これに対し、本栖 A、本栖 C、本栖草原などは、地域としては青木ヶ原樹海周辺部に含まれるものの、類似度は低く、異なるまとまりとなった。富士ヶ嶺や吉田口 E などとともに、集落にやや近い場所の鳥類群集といえることができるかもしれない。このほか、五合目、御庭など標高 1,900m 以上は一つのグループを形成し、梨ヶ原草原は特異的な鳥類群集であることが示された。これらから、富士山北麓地域の繁殖期の鳥類群集は、青木ヶ原樹海のみを特徴づけるものはみられず、標高では山地帯と亜高山帯、植生では森林、牧草地を含む集落近郊、草原という大まかな区別ができるものと考えられる（図 3-4-2）。

一方、越冬期には、青木ヶ原、大室山といった樹海中心部は、同じ山地帯の剣丸尾（新期溶岩）だけでなく、御庭、三合目など亜高山帯と高い類似度を示した。これに対し、本栖 A、本栖 C、鳴沢林道などの樹海周辺部の森林は、中心部とは異なる別のグループとしてゆるやかにまとめられた。越冬期については青木ヶ原樹海における年次の異なる資料がないため、踏み込んだ解釈は難しい。場所や環境による違いのほかに、青木ヶ原、大室山などと高い類似度を示した調査はすべて同じ年に行なわれていることから、冬期に大群となるアトリやマヒワなどの冬鳥の個体数が、類似度の計算結果に影響を与えている可能性もある（図 3-4-3）。

## 3-4-2 夜行性猛禽類を指標としたモニタリング手法の検討

### (1) 調査方法

モニタリング調査手法のモデルとして、フクロウ類

など夜行性猛禽類の在・不在（確認・未確認）データから、青木ヶ原樹海の環境評価を試みた。夜行性猛禽類は、森林生態系の高次捕食者で指標性が高いうえ、比較的遠方からも鳴き声により確認することが可能である。

調査は、ラインセンサス法およびプロットセンサス法により行なった。青木ヶ原樹海全域をカバーするように調査範囲を設定し、夜間に歩行できる主要な登山道、林道などを踏査した（図 3-4-4）。一般的な鳥類のラインセンサス法と同様に時速 1~2km 程度で踏査するとともに、途中に設けた定点では 30 分間立ち止まって観察を行なった。種の確認は、鳴き声によるものが主となるが、確認地点ではその場所の位置と、鳴き声の方向、おおよその距離を記録した。調査結果の分析にあたっては、国土三次メッシュ（世界測地系 WGS84 を縦横 2 分割したメッシュ）単位で、夜行性猛禽類の在・不在を整理した。踏査によりカバーしたメッシュは 104 メッシュで、このうち定点調査は 34 メッシュでのべ 50 回行なった。

調査日および時間を表 3-4-5 に示した。2005 年 8 月~2007 年 7 月の間に、22 日（25 回）、合計 78.2 時間の観察を行なった。当初は 1~2 月にも調査を実施したが、広く積雪に閉ざされ、鳴き声も確認されなかったことから、他の夏鳥の確認も期待できる 5~8 月に調査期間を設定した。

富士山北麓地域におけるフクロウの繁殖は、白石・北原（2007）による剣丸尾（標高 1,050m）の巣箱での報告（1 例）では、4 月 22 日頃に孵化、5 月 17~18 日に巣立ちが観察されている。雛は巣立ち後も一定期間、親の給餌を受ける。樋口・青木（1999）による新潟県の海岸林での報告（3 例）では、巣立ち後 30 日頃までは営巣木から 200m 以内に留まり、その後は森林の連続性など環境条件により 1km 近くまで離れる個体や、依然として 200m 程度の範囲に留まる個体があるが、いずれにしても、約 3 か月は営巣木のある森林に留まっている。

（調査者：篠田授樹、本郷哲郎、白石浩隆、小野俊彦）

## (2) 調査結果・考察

### 1) 確認された鳥類種

本調査の結果、フクロウ類としてはフクロウ、コノハズクの 2 種、その他の鳥類種としてヨタカ、トラツグミ、ジュウイチ、ツツドリ、ホトトギス、コルリの 6 種が確認された。

図 3-4-5~図 3-4-7 には、フクロウ、コノハズク、ヨタカの確認メッシュをそれぞれ示した。フクロウは 20 メッシュでのべ 26 回、コノハズクは 2 メッシュでのべ 3 回、ヨタカは 12 メッシュでのべ 17 回確認され

た。

### 2) 夜行性猛禽類の在・不在による青木ヶ原樹海的环境評価

確認頻度が比較的高かったフクロウとヨタカ（ここでは、便宜的にヨタカも猛禽類に含める）について、生息が確認されたメッシュと確認されなかったメッシュとの環境の違いを探るために、衛星画像などから読み取った地形や植生に関する指標（表 3-4-6；本文 3-2 リモートセンシングデータを用いた自然環境特性の把握）を説明変数として判別分析を行なった。鳥類の在・不在の判定は、繁殖期（5~8 月）に生息が確認されたメッシュを「在＝生息あり」、同期間に定点調査において生息が確認されなかったメッシュを「不在＝生息なし」とした。定点以外の踏査の際に確認されなかったメッシュはどちらともせず、分析からは除外した。

分析の結果、フクロウおよびヨタカについて、それぞれ下記の判別式が求められた。

#### フクロウの判別式

$$Y = 0.2103X_1 - 0.0266X_2 - 3.6263$$

ただし、 $X_1$ ：最大樹幹高（m）、 $X_2$ ：針葉樹面積比（%）

$Y > 0$  の場合にフクロウが在、 $Y < 0$  の場合にフクロウが不在と予測される（誤判別率 28.6%）。

#### ヨタカの判別式

$$Y = -0.0288X_1 - 0.0039X_2 + 0.5709X_3 - 32.5527$$

ただし、 $X_1$ ：平均標高（m）、 $X_2$ ：森林立木密度[森林極大法]（本/ha）、 $X_3$ ：カラマツ面積比（%）

$Y > 0$  の場合にヨタカが在、 $Y < 0$  の場合にヨタカが不在と予測される（誤判別率 15.1%）。

すなわち、フクロウは、最大樹幹高が高く、針葉樹面積比が低いほど、生息可能性が高い傾向を示している。本調査で対象とした青木ヶ原樹海の範囲には、人家などの人工物は限られており、多くのメッシュで森林面積比は 80~100%に近い。従って、針葉樹面積比が低いメッシュは、相対的に広葉樹面積比が高い場所だとしてもできる（ただし、説明変数としての「広葉樹面積比」は有意性が認められない）。また、最大樹幹高は、フクロウが営巣に利用するような樹洞のある大木の存在を示唆している。

一方、ヨタカは、標高が低く、森林立木密度が低く、カラマツ面積比が高いほど、生息する可能性が高い傾向を読み取ることができる。本調査では、確認が山裾部分に偏っていたため標高の影響が最も強いものの、立木密度やカラマツ面積比は、ヨタカが好むような疎

林状の環境を示しているとも考えられる。

図 3-4-8 および図 3-4-9 には、これらの判別式を用いた、青木ヶ原樹海におけるフクロウとヨタカの出現予測をそれぞれ示した。

### 3-4-3 動物相からみたモニタリング調査

#### (1) 指標生物の条件

本研究では、エコツアー実施者（ガイド）等の参加による地域協働型のモニタリングシステムの構築を目指していることから、本調査結果をふまえ、青木ヶ原樹海において研究者以外が自然環境の変化をモニタリングする際の、対象となる指標生物やその手法について検討する。

まず、ここで求められている指標生物の選定の条件としては、

A. 青木ヶ原樹海の自然環境を特徴づける動物

B. エコツアーなど人の利用による影響の指標となる動物

C. 個体認識や類似種との識別が簡易な動物

が挙げられる。A. と B. は生物学的、生態学的な条件、C. はモニタリングの技術的な条件と言える。本調査で指標生物の対象を予め哺乳類と鳥類に絞ったのは、専ら C. の理由による。

次に、モニタリング手法にかかわり重要なのが、記録するデータの種類であり、

a. 在・不在データ

b. 量的データ

c. 生態データ

などに分けることができる。在・不在データとはある生物がいるかないか、量的データとはどれくらいいるか、生態データとは行動や状態に関する記録である。本調査のうち、青木ヶ原樹海を特徴づける動物種の検討は a. 在データ、鳥類群集の比較による青木ヶ原樹海の特徴の検討は b. 量的データ、夜行性猛禽類を指標とした青木ヶ原樹海的环境評価は a. 在・不在データを、それぞれ用いたものである。

指標生物の選定とデータの種類の関係は、不可分の関係にある。モニタリングの目的にもよるが、一般的には、在データのような簡易な（情報量の少ない）データの場合には指標生物の対象を十分に吟味して選定する必要があるのに対し、量的データ、生態データのような情報量の多いデータの場合には対象種の幅は広がる。以下、データの種類を切口に、青木ヶ原樹海における指標生物について具体的に考察していくことにする（表 3-4-7 参照）。

#### (2) 在・不在データによるモニタリング

生物の存在を記録する在データは、最も簡易で、確

実性が高い。姿や声や痕跡を一度でも確認すれば、存在の動かぬ証拠とできる。記録の労力が少なくて済むため、データも集まりやすいという利点がある。

本調査では、既存資料や現地調査をもとに、富士山北麓地域の哺乳類と鳥類の記録（在データ）を大まかな環境別に整理し、青木ヶ原樹海を特徴づける種について検討した。その結果、青木ヶ原樹海のみ、あるいは青木ヶ原樹海を含む狭い範囲に記録が限られている種として、哺乳類ではコウモリ類、シントウトガリネズミ、ヒメヒミズ、ミズラモグラ、ムササビ、鳥類ではコノハズク、サシバ、ハチクマ、オオアカゲラ、サンショウクイ、エゾムシクイ、キバシリ、イスカなどが挙げられた。種によって青木ヶ原樹海の環境との結びつきの程度には強弱があるだろうが、いずれも、青木ヶ原樹海を象徴する動物としてよいだろう。これらの種の確認記録（在データ）は、青木ヶ原樹海の環境特性が保持されていることの一つの指標と考えられる。

しかし、これらの種を指標生物とするにはいくつかの問題点もある。まず、これらの種は総じて個体数が少なく、肝心のモニタリングのためのデータが十分に集まらない可能性がある。次に、コウモリ類やシントウトガリネズミ、ヒメヒミズ、ミズラモグラなどの小型哺乳類は、種の識別に捕獲（捕殺）を要するなど調査の技術面、倫理面から制約がある。また、目視においても、ヒメヒミズとヒミズ、オオアカゲラとアカゲラなど類似種の識別にはある程度の熟練を要する（ただし、類似種もともに指標生物とすることで誤認を多少は防ぐことができる）。さらに、ムササビ、コノハズクのような夜行性種は、技術的な制約のみならず、夜間エコツアーの自粛がエコツアーガイドラインで申し込まれている現状では、エコツアーガイド等による情報収集の対象としてはふさわしくない。

ところで、「いる」ことではなく、「いない」ことによって青木ヶ原樹海を特徴づける種もある。例えば、ヒメヒミズと競合するヒミズは、地質条件が規定要因となり青木ヶ原樹海に侵入できないと考えられている。西日本から徐々に分布を拡げているコウベモグラは、青木ヶ原の溶岩帯が障壁となり東進を阻まれているという。これらの種は、通常、青木ヶ原樹海では観察することができない。ほかに哺乳類ではノイヌ、イエネコ、鳥類ではドバト、ハクセキレイ、セグロセキレイ、ガビチョウ、ソウシチョウ、スズメ、ムクドリなど人為的な環境に多くみられる種や外来種も、やはり青木ヶ原樹海の典型的な環境下には生息しないかきわめて稀な種である。つまり、これらの種の記録（在データ）は、全ての種にあてはまるわけではないものの、青木ヶ原樹海的环境が変化（劣化）していること

の一つの指標になると考えられる。

一方、生物がいないことを記録する不在データは、在データの逆のようにみえるが、それほど単純ではない。不在には、本当にいなかった、たまたまいなかった、見逃した、など様々な理由が考えられるからである。従って、不在データでは、どのような条件の下で「不在」だったのかが重要となる。観察時間などの条件を揃えて記録する必要があり、簡易モニタリングとしては技術的なハードルが高い。

ただし、人の利用による生物への重大な影響は、往々にして、いたものがいなくなるという現象、すなわち不在データによって示されるので、適当な条件を揃えて不在データを得ることができれば、在データとあわせることでモニタリングの幅は格段に広がる。例えば、イノシシやニホンジカは現在、青木ヶ原樹海では個体数が多いが、岸田（1928）、古屋・黒田（1971）など古い記録では少なかったことが記されている。一方、現在ではほとんどみられないニホンザルは、岸田（1928）では青木ヶ原方面に非常に多い、とされており、動物種には大きな消長があることが窺われる。

本調査においては、ある調査場所での在・不在データを用いて、調査場所以外での在・不在を予測し、より広範囲の環境評価とそれによるゾーニングを行なう試みについて夜行性猛禽類を材料に検討した。すなわち、夜間に確認された8種の鳥類のうち、高い頻度で確認されたフクロウとヨタカについて、在・不在データ（メッシュ）を目的変数、先に示した衛星画像などから読み取った地形や植生に関するデータを説明変数として、判別分析を行ない、その結果をもとに、未調査範囲を含む青木ヶ原樹海全域の、在・不在を予測した（図3-4-8、図3-4-9）。

現在、青木ヶ原樹海でエコツアーなど高い頻度利用されている場所は一部に偏っており、利用者の集中や過密化への対策が大きな課題となっている。一部のエコツアー実施者からは、エコツアーガイドラインで利用可能としているルート以外に、新しいルートの利用についても要望が出されており、今後、利用場所の分散化、場所特性に応じた利用方法の段階的制限など、ゾーニングの視点を取り入れる必要が出てくるとも想定される。しかし、これまで青木ヶ原樹海における動物相調査は、登山道などアクセスしやすい場所に偏って行なわれてきたきらいがあり、全体を俯瞰した情報は必ずしも十分ではない。

本調査で行なった指標生物の在・不在データによる環境評価は、指標生物の選定、説明変数の選択、調査精度など改善しなければならない点が多いものの、ゾーニングを含めた青木ヶ原樹海の適切な利用方法を検討する際の、有用な情報となることが期待される。

とくに利用規制をとまなうゾーニングでは、エコツアー実施者の合意形成が不可欠であるため、モニタリングの段階から関与することの意義は深い。本調査と同様の結果を求めるためには、ガイド中のモニタリングだけでは足りないだろうが、データの少ない場所で別に補完調査を行なうなどすれば、十分な情報を集めることは期待できる。指標生物としては、哺乳類ではイノシシ、ニホンジカ、ニホンリス、ノウサギ、鳥類ではツツドリ、アカゲラ、ミソサザイ、ルリビタキ、コルリ、アカハラ、ヤブサメ、キビタキ、ゴジュウカラなど、現在、青木ヶ原樹海では個体数が多く識別が容易な種が挙げられる。

### (3) 量的データによるモニタリング

量的データは、個体数や確認頻度などを記録する。在・不在のように両極端でなく段階的な情報をもつので、増えた・減ったという変化をとらえることができる。環境の変化を小さな兆しの時点でとらえられるため、予防的な対応措置が可能であることも、モニタリングの目的に適っている。例えば、先に挙げたイノシシ、ニホンジカ、ニホンリス、ノウサギ、ツツドリ、アカゲラ、ミソサザイ、ルリビタキ、コルリ、アカハラ、ヤブサメ、キビタキ、ゴジュウカラなどは、在・不在データだけでなく量的データも記録することで、種の消長をよりの確にとらえることが期待できる。ただし、調査条件を揃えることや、労力がかかることなど、技術面でのハードルは高い。実際のモニタリングでは、生物の数量だけでなく、観察した時間、場所、天候といった条件を記録することも重要となる。

本調査では、標準的なラインセンサス法による量的データがある鳥類群集をもとに、類似度（Piankaの $\alpha$ 指数）を求めることで、青木ヶ原樹海の特徴を検討した。その結果、繁殖期には、青木ヶ原樹海の鳥類群集は草原環境である本栖地域を除き相互に類似していたものの、さらに剣丸尾、吉田口登山道など山地帯（1,000～1,700m）の森林との共通性が高かった。一方、亜高山帯（1,700～2,400m）とは類似度が低く、富士山北麓地域の鳥類群集は、標高によって大きく特徴づけられるものと思われた（ほかには、本栖地域、牧草地を含む集落近郊、草原がそれぞれまとめられた）。一方、越冬期は資料が少なく踏み込んだ解釈は難しいものの、青木ヶ原樹海中心部と剣丸尾（新期溶岩帯）、亜高山帯が類似しており、青木ヶ原樹海周辺部はこれとは別にゆるやかにまとめられた。結論的には、繁殖期も越冬期も、青木ヶ原樹海のみを特徴づける鳥類群集というものは認められなかった。

量的データにおいて、個々の種を等価に扱った場合、種の生態的特性にかかわらず個体数（優占度）が計

算に反映されることが多い。個体数が少ないが環境を特徴づけるような種よりも、普遍的に分布し個体数の多い種の影響を強く受け、環境ごとの特徴が薄められてしまうことがあり、在・不在データに比べ情報量が多い割には、必ずしもモニタリングに適しているとはいえない面もある。さらに、先に述べたように、技術面でのハードルも高く、ここで想定しているエコツアー実施中のガイドによるモニタリングには向いていない。

量的データのやや否定的な面を述べたが、これは簡易モニタリングという観点からであって、データそのものの意義を否定するものではない。青木ヶ原樹海では（富士山北麓地域でも）、動物相の量的データはほとんど蓄積されておらず、継続的な取り組みが強く望まれるところである。

また、簡易モニタリングとしても、個体数のような細かい数値を記録するのではなく、在・不在データとの中間をとり、多い・普通・少ない・いないといった段階的に数量を記録する方法であれば現実的である。例えば、ガイド中に聞いたミソサザイの囀りを1時間あたりの回数に換算し、5回以上なら多い、1~4回なら少ない、0回は不在と記録するようなことが考えられる。こうした調査を、エコツアーのプログラムに取り入れることもできるであろう。

#### (4)生態データによるモニタリング

生態データは、生物の行動や状態を記録する。例えば、営巣、痕跡の集中、その年の初認日、といった生態記録は、その時点の環境の状態を何らかの形で反映している場合がある。在・不在データや量的データが、継続的な調査データの比較によって環境の変化をとらえようとするのに対し、生態データは1回きりの観察結果でも重要な情報をもたらしてくれることがある。

例えば、本調査期間中の2006年は、ミズナラなどの堅果類の不作年でツキノワグマの熊棚が例年になく多く確認された。こうした生態データは、中長期的な環境変化の指標の一つとなると同時に、熊棚が多い場所については、安全のためにその年のエコツアーでの利用を自粛するといった即時的な対応措置にも活用することができる。

生態データとしては、洞穴内でのコウモリ類の集団（繁殖や越冬の可能性）、ニホンジカの剥皮の集中（個体数の増加や餌の不足）、動物の車道の横断や轢死、日中のフクロウの観察（近くでの繁殖の可能性）、ホトギスなど夏鳥の初認日など、様々な指標が工夫できるだろう。これもまた、エコツアーのプログラムとして取り入れられる内容がいくつも考えられる。

#### (5)まとめ

本調査では、青木ヶ原樹海においてエコツアー実施者等が自然環境の変化をモニタリングすることを視野に入れ、対象となる指標生物やその手法について検討を行なった。

エコツアーなど人の利用頻度が高まりつつある中で、ゾーニングや利用規制なども含め、保護と利用との折り合いをつけていくためには、青木ヶ原樹海に関する総体的かつきめ細かい環境の把握が喫緊の課題である。それには、専門的な調査を進めることはもちろん重要で、本研究の一環として行なった前述の特定環境モニタリング（溶岩洞穴調査、溶岩上ルート調査）は、5年ごと、10年ごとであっても継続されることが望まれる。

他方、いわゆる専門家ではないエコツアーガイドが行なう簡易モニタリングも同じように重要である。こうしたモニタリングは、場合によっては利用の制限につながることもあるため、エコツアー実施者の立場からは必ずしも歓迎されない面があるかもしれない。しかし、専門家によるどんなに精緻な調査や、それにもとづいたガイドラインが策定されたとしても、現場の最前線に身を置くエコツアーガイドが自然の変化を的確にとらえる優れたモニターとして機能しなければ、広大な青木ヶ原樹海の環境保全は実効性を欠くものとなるであろう。

青木ヶ原樹海は、物理的に踏み込みにくい場所が広く、従来の動物相調査は登山道などアクセスしやすい場所に偏っていたきらいがある。青木ヶ原樹海の生物相の特徴は、まだ十分に明らかとなっておらず、モニタリング指標の対象や手法の選定は暫定的なものとならざるをえない。今回検討したモニタリング手法は、まだ手探りの状態にあり、継続的にモニタリングデータの収集と分析を行ないながら、その手法の修正をしていく必要がある。

#### 引用文献

地域自然財産研究所（1999）富士北麓公園第2期整備構想予定地自然環境概況調査報告書．170pp．

地域自然財産研究所（2007）まきば公園（仮称）予定地自然環境調査報告書．134pp．

富士北麓生態系調査会（2007）富士北麓水域（富士五湖）における生態系多様性に関する調査報告書．180pp．

富士急行（1971）富士山 富士山総合学術調査報告書．1058pp．

古屋義男・黒田長久（1971）1 富士山地域の大・中型哺乳類．富士山総合学術調査報告書．pp. 807-816．

- 富士急行.
- 花岡利昌 (1938a) 山中湖及び湖畔の動物相 (X) 湖畔の鳥類. 博物學雑誌, 36 (65), 99-104.
- 花岡利昌 (1938b) 山中湖及び湖畔の動物相 (X III) 湖畔の哺乳類. 博物學雑誌, 36 (65), 117-124.
- 樋口亜紀・青木進 (1999) 「緑の回廊評価」に関する研究—フクロウ (*Strix uralensis*) を事例として. 第 9 期プロナトゥーラファンド助成. 日本自然保護協会.
- 今泉忠明 (1992) 12 富士山の動物たち—高山生動物はいない. 富士山その自然のすべて (諏訪彰編). pp. 305-347. 同文書院.
- 今泉吉晴・今泉忠明 (1972) ヒミズとヒメヒミズにおける「すみわけ」. 動物学雑誌, 81, 49-55.
- 前田喜四雄 (2001) 日本コウモリ研究誌—翼手類の自然史. 東京大学出版会. 203pp.
- 南佳典・杉村康司 (2003) 蘚苔類. 生態系多様性地域調査 (富士北麓地域) 報告書. pp. 22-27. 山梨県環境科学研究所・富士北麓生態系調査会.
- 中村司・依田正直 (1977) 山梨の鳥. 山梨日日新聞社. 379pp.
- 篠田授樹 (2006) 第 4 章第 3 節哺乳類. 山中湖村の自然誌 (大久保栄治監修). pp. 134-164. 山中湖村
- 白石浩隆 (1997) 河口湖町自然財産調査 (1) 翼手目 96~97 年度調査報告書. 河口湖フィールドセンター. 15pp.
- 白石浩隆 (1998) 剣丸尾溶岩流における哺乳類相について (山梨県富士吉田市上吉田字剣丸尾地内). 河口湖フィールドセンター. 11pp.
- 白石浩隆・北原正彦 (2007) 富士山北麓における人工巣を利用したフクロウの繁殖生態と給餌食物の調査. 富士山研究, 1, 17-23.
- 武田久吉 (1928) 富士の動物. 富士の研究 VI. pp. 1-514. 官幣大社浅間神社社務所.
- 山梨県鳥類目録調査会 (1999) 山梨の鳥類目録 1996.1-1998.6 (暫定集計版). 142pp.
- 山梨県環境科学研究所・富士北麓生態系調査会 (2003) 生物多様性調査 生態系多様性地域調査 (富士北麓地域) 報告書. 第 6 回自然環境保全基礎調査. 275pp.
- 山梨県県民生活局自然保護課 (1980) 山梨県の野生動物. 207pp.
- 山梨県森林環境部 (2003) 山梨県環境資源調査報告書. CD-R.
- 山梨県森林環境部みどり自然課 (2005) 2005 山梨県レッドデータブック—山梨県の絶滅のおそれのある野生生物—. 243pp.
- やまなし野鳥の会・日本野鳥の会甲府支部 (2002) 創





表 3-4-1 現地調査および既存資料により確認された哺乳類種(1)

目	科	種	山地帯				出典						
			青木ヶ原		森林	草原	牧草地 耕作地	湖沼 湖畔	高山～ 亜高山	富士五湖		その他	
			樹海	周辺部						1971	2003		2003
1 食虫目	トガリネズミ	シントウトガリネズミ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	※5「カハネズ」(山中湖)
2	モグラ	カワネズミ											
3		ニホンジネズミ				●	●	●	●	●	●	●	
4		ヒメヒミズ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5		ヒミズ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
6		ミズラモグラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
7		アズマモグラ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		コウベモグラ					●						
8 翼手目	キクガシラコウモリ	キクガシラコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2
9		コキクガシラコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
10	ヒナコウモリ	カグヤコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
11		モモジロコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2
12		ヒメホオビゲコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2
13		ノレンコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2
14		アブラコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2
15		クビワコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2
16		ヤマコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2
17		ヒナコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2
18		ウサギコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2
19		テンゴコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2
20		コテンゴコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2
21	オヒキコウモリ	オヒキコウモリ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2
22 霊長目	オナガザル	ニホンザル	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※6「非常に多い」
23 食肉目	イヌ	キツネ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
24		タヌキ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
		オオカミ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
		ノイヌ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎6「明治24～25年頃までいた」
	アライグマ	アライグマ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎2001年に別荘地で撮影
25	クマ	ツキノワグマ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
26	イタチ	テン	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎9
27		イタチ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
28		オコジョ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
29		アナグマ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎1(河口湖)※6
	ジャコウネコ	カワウソ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
30	ネコ	ハクビシン	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎9
		イエネコ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎7(伝聞)
31 偶蹄目	イノシシ	イノシシ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
32	シカ	ニホンジカ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
33	ウシ	ニホンカモシカ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
34 齧歯目	リス	ニホンリス	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
		シマリス	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎8
35		ムササビ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
36		ニホンモンガ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
37	ネズミ	スミスネズミ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

表 3-4-1 現地調査および既存資料により確認された哺乳類種(2)

目	科	種	山地帯					高山～亜高山		湖沼湖畔		出典				
			樹海		森林	草原	牧草地 耕作地			富士山 1971	資源 2003	多様性 2003	富士五湖 2007	その他		
			中心部	周辺部												
38		ハタネズミ			●		●	●	●	●	●	●	●			
39		カヤネズミ			●		●	●	●	●	●	●	●			
40		アカネズミ	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●			
41		ヒメネズミ	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●			
42		トブネズミ			●		●	●	●	●	●	●	●			
43		クマネズミ					●	●	●	●	●	●	●	※5		
44		ハツカネズミ					●	●	●	●	●	●	●			
45	ヤマネ	ヤマネ					●	●	●	●	●	●	●			
46	兎形目	ウサギ	ニホンノウサギ	46種(+6種)	合計	33	24	39	9	19	17	24	33	37	36	16
記録の記号／◎本調査で記録(本プロジェクトの洞穴調査等も含む) ●：記録あり ▲：正確な場所等のデータなし ※：その他の欄を参照																
記録の出典／富士山：富士急行(1971)富士山 富士山総合学術調査報告書 資源：山梨県森林環境部(2003)山梨県環境資源調査(注1)																
多様性：山梨県環境科学研究所・富士北麓生態系調査会(2003)生態系多様性地域調査(富士北麓地域)報告書(注2)																
富士五湖：富士北麓生態系調査会(2007)富士北麓水域(富士五湖)における生態系多様性に関する調査報告書																
注1：資源調査のうち「開取り記録」と、「ヒミズを足跡で確認した」といった疑問がある記録は除いた。																
注2：カグヤコウモリは著者による補足(白石、私権)																
その他の出典(記録が少ないもののみ補足)／																
※1：山梨県森林環境部みどり自然課(2005)2005山梨県レッドデータブック ※2：河口湖フィールドセンター(1996)河口湖町自然財産調査(1)翼手目																
※3：地域自然財産研究所(1999)富士北麓公園第2期整備構想予定地自然環境概況調査報告書 ※4：地域自然財産研究所(2007)まきば公園(仮称)予定地自然環境調査報告書																
※5：花岡利昌(1938)山中湖及び湖畔の鳥類、博物学雑誌36(65) ※6：官幣大社浅間神社社務所(1928)富士の動物・富士の植物																
※7：飯訪彰(1992)富士山-その自然のすべて-、同文書院 ※8：白石浩隆(1988)剣丸尾溶岩流における哺乳類相について																

種の分類は、フジミズラモグラ、コモグラ、アズマモグラ、フジホオヒゲコウモリ、ヒメホオヒゲコウモリ、カゲネズミ、スミスネズミとした。

表 3-4-2 現地調査および既存資料により確認された鳥類種(1)

山地帯										出典			
青木ヶ原樹海					牧草地		高山～ 亜高山	湖沼 湖畔	富士山				
中心部		周辺部		森林	草原	目録			資源	多様性	富士五湖	その他	
目	科	種											
1	カイツブリ	カイツブリ	<i>Podiceps nigricollis poggii</i> (Reichenow)										
2		ハジロカイツブリ	<i>Podiceps nigricollis nigricollis</i> Behm										
3		ミミカイツブリ	<i>Podiceps auritus auritus</i> (L.)										
4		アカエリカイツブリ	<i>Podiceps grisegena holboltii</i> Reinhardt										
5		カンムリカイツブリ	<i>Podiceps cristatus cristatus</i> (L.)										
6	ミズナギドリ	ミズナギドリ	<i>Calonectris leucomelas</i> (Temminck)										
7	ベリカン	ウ	<i>Phalacrocorax carbo hanedae</i> (Temminck et Schlegel)										
8		カウウ	<i>Phalacrocorax capillatus</i> (Temminck et Schlegel)										
9	コウノトリ	サギ	<i>Ixobrychus sinensis</i> (Gmelin)										
10		オオヨシゴイ	<i>Ixobrychus eurhythmus</i> (Swinhoe)										
11		ゴイサギ	<i>Nycticorax nycticorax nycticorax</i> (L.)										
12		ササゴイ	<i>Butorides striatus amurensis</i> (Schrenck)										
13		ダイサギ	<i>Egretta alba</i> (L.)										
14		コサギ	<i>Egretta garzetta garzetta</i> (L.)										
15		アオサギ	<i>Ardea cinerea jouyi</i> Clark										
16	カモ	カモ	<i>Branta canadensis</i> var. sp.										
17		コフハクチャヨウ	<i>Anser albifrons</i> (Scopoli)										
18		オオハクチャヨウ	<i>Cygnus olor</i> (Gmelin)										
19		コハクチャヨウ	<i>Cygnus cygnus</i> (L.)										
20		オシドリ	<i>Cygnus columbianus</i> (Ord)										
21		マガモ	<i>Aix galericulata</i> (L.)										
22		アイガモ	<i>Anas platyrhynchos platyrhynchos</i> (L.)										
23		カルガモ	<i>Anas platyrhynchos</i> var. sp.										
24		マルガモ	<i>Anas platyrhynchos</i> var. sp.										
25		コガモ	<i>Anas poecilorhyncha zonorhyncha</i> Swinhoe										
26		ヨシガモ	<i>Anas platyrhynchos × poecilorhyncha</i>										
27		オカヨシガモ	<i>Anas crecca crecca</i> L.										
28		ヒドリガモ	<i>Anas fulcata</i> Georgi										
29		オナガガモ	<i>Anas strepera strepera</i> L.										
30		シマアジ	<i>Anas penelope</i> L.										
31		ホシハジロ	<i>Anas americana</i> Gmelin										
32		キンクロハジロ	<i>Anas acuta acuta</i> L.										
33		スズガモ	<i>Anas querquedula</i> L.										
34		ホオジロガモ	<i>Anas clypeata</i> L.										
35		ミコアイサ	<i>Aythya ferina</i> (L.)										
36	タカ	タカ	<i>Aythya baeri</i> (Raddle)										
37		ハチクマ	<i>Aythya fuligula</i> (L.)										
38		ミサゴ	<i>Aythya marila mariloides</i> (Vigors)										
39		ハチクマ	<i>Bucephala clangula clangura</i> (L.)										
40		ミサゴ	<i>Mergus albellus</i> L.										
41		ハチクマ	<i>Mergus merganser merganser</i> L.										
42		ミサゴ	<i>Pandion haliaetus haliaetus</i> (L.)										
43		ハチクマ	<i>Peris aptivorus japonicus</i> Kuroda										
44		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
45		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
46		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
47		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
48		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
49		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
50		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
51		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
52		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
53		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
54		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
55		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
56		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
57		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
58		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
59		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
60		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
61		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
62		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
63		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
64		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
65		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
66		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
67		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
68		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
69		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
70		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
71		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
72		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
73		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
74		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
75		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
76		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
77		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
78		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
79		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
80		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
81		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
82		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
83		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
84		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
85		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
86		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
87		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
88		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
89		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
90		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
91		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
92		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
93		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
94		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
95		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
96		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
97		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
98		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
99		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
100		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
101		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
102		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
103		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
104		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
105		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
106		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
107		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
108		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
109		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
110		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
111		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
112		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
113		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
114		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
115		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
116		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
117		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
118		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
119		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
120		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
121		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
122		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
123		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
124		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
125		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
126		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
127		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
128		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
129		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
130		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
131		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
132		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
133		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
134		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
135		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
136		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
137		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
138		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
139		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
140		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
141		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
142		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
143		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
144		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
145		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
146		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
147		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
148		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
149		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
150		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
151		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
152		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
153		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
154		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
155		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
156		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
157		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
158		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
159		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
160		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
161		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
162		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
163		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
164		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
165		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
166		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
167		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
168		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
169		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
170		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
171		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
172		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
173		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
174		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
175		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
176		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
177		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
178		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
179		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
180		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
181		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
182		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
183		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
184		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
185		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
186		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
187		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
188		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
189		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
190		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
191		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
192		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
193		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
194		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
195		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
196		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
197		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
198		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
199		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										
200		ミサゴ	<i>Melospiza cinerea cinerea</i> (Geay)										

表 3-4-2 現地調査および既存資料により確認された鳥類種(2)

目	科	種	山地帯					出典				
			中心部		周辺部			高山～亜高山		湖沼湖畔		その他
			青木ヶ原樹海	森林	草原	牧草地	耕作地	富士山	資源	多様性	富士五湖	
			1971	1999	2003	2003	2007	1971	1999	2003	2007	
39		オジロワシ										※2
40		オオワシ										※2
41		オオタカ	●		●	●			●	●	●	
42		ツミ										
43		ハイタカ	●		●	●			●	●	●	
44		ノスリ	●		●	●			●	●	●	
45		サシバ	●		●	●			●	●	●	※4
46		クマタカ										
47		ハイイロチュウヒ										
48		チュウヒ										※2005篠田稼樹
49	ハヤブサ	チゴハヤブサ			●	●						※2008白石浩隆
50		チョウゲンボウ			●	●						
51	キジ	ライチョウ						●				移入
52		ウズラ				●		▲				※1
53		コジュケイ	●		●	●			●	●	●	
54		ヤマドリ	●		●	●			●	●	●	
55	ツル	キジ	●	◎	●	●						
56		ヒメクイナ						▲				
57		ヒクイナ						▲				※1※5
58		バン						●				
59		オオバン						▲				
60	チドリ	コチドリ						●				
61		イカルチドリ						●				
62		ムナグロ						▲				
63		ダイゼン						▲				
64		タカブシギ						▲				
65		キアシシギ						▲				
66		イソシギ						▲				
67	シギ	ヤマシギ						▲				
68		チュウジシギ	●					▲				
69		オオジシギ						▲				
70	ヒレアシシギ	アカエリヒレアシシギ						▲				※4
71	カモメ	ユリカモメ						▲				
72		セグロカモメ						▲				
73		カモメ						▲				
74		ウミネコ						▲				
75		ミヅヒカモメ						■				※1(河口湖1976)
76		アジサシ						■				※6
77		コアシサシ						■				
78	ハト	ドバト						■				
79		キジバト	◎	●	●	●	●	●	●	●	●	
80	カッコウ	アオバト	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
81	カッコウ	ジュウイチ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	

表 3-4-2 現地調査および既存資料により確認された鳥類種(3)

目	科	種	山地帯					出典				
			青木ヶ原樹海		高山～ 亜高山			湖沼 湖畔		富士山		
			中心部	周辺部	森林	草原	牧草地 耕作地	目録	資源	多様性	富士五湖	その他
81		カコウ	●	◎	●	●	●	●	●	●	●	
82		ツツドリ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
83		ホトトギス	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
84	フクロウ	コミズク	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	●2006半場良一
85		コノハズク	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
86		オオコノハズク	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
87		フクロウ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
88	ヨタカ	ヨタカ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
89	アマツバメ	ヒメアマツバメ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
90		アマツバメ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
91	ブッポウソウ	カワセミ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
92		ブッポウソウ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
93	キツツキ	アオガラ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
94		アオガラ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
95		オオアガラ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
96		コガラ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
97	スズメ	ヒバリ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
98		ツバメ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
99		イワツバメ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
100		セキレイ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
101		ハクセキレイ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
102		セグロセキレイ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
103		ピンズイ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
104		タヒバリ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
105	サンショウクイ	サンショウクイ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
106	ヒヨドリ	ヒヨドリ	●	◎	●	●	●	●	●	●	●	
107	モズ	モズ	●	◎	●	●	●	●	●	●	●	
108		アカモズ	●	◎	●	●	●	●	●	●	●	※2
109	レンジャク	レンジャク	●	◎	●	●	●	●	●	●	●	※2
110		ヒレンジャク	●	◎	●	●	●	●	●	●	●	
111	カワガラス	カワガラス	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
112	ミンサザイ	ミンサザイ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
113	イワヒバリ	イワヒバリ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
114		カヤクグリ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
115	ヒタキ	コマドリ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
116		コルリ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
117		ルリビタキ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
118		ジョウビタキ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
119		ノビタキ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
120		マミシロ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
121		トラツグミ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
122		クロツグミ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
123		アカハラ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	
124		シロハラ	◎	◎	●	●	●	●	●	●	●	



表 3-4-2 現地調査および既存資料により確認された鳥類種(4)

目	科	種	山地帯				出典			
			青木ヶ原樹海		森林	草原	牧草地 耕作地	高山～ 亜高山	湖沼 湖畔	富士山 1971
			中心部	周辺部						
125		マミチャジナイ			●			●		●
126		ツグミ	●	●	●	●	●	●	●	●
		ガビチャヨウ		◎	●	●	●	●	●	●
127		ヤブサメ	●		●	●	●	●	●	●
128		ウグイス	◎	◎	●	●	●	●	●	●
129		コヨシキリ			●	●	●	●	●	●
130		オオヨシキリ	◎		●	●	●	●	●	●
131		メボソムシクイ	●	●	●	●	●	●	●	●
132		エソムシクイ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
133		センダイムシクイ	●	●	●	●	●	●	●	●
134		キクイタダキ	●	●	●	●	●	●	●	●
135		セッカ			●	●	●	●	●	●
136		マミジロキビタキ	◎		●	●	●	●	●	●
137		キビタキ	●	●	●	●	●	●	●	●
138		オオルリ	●	●	●	●	●	●	●	●
139		サメビタキ	●	●	●	●	●	●	●	●
140		コサメビタキ	●	●	●	●	●	●	●	●
		ソウシチヨウ	●	●	●	●	●	●	●	●
141	カササギヒタキ	サンコウチヨウ	●	●	●	●	●	●	●	●
142	エナガ	エナガ	●	●	●	●	●	●	●	●
143	コガラ	コガラ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
144	シジュウカラ	ヒガラ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
145		ヤマガラ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
146		シジュウカラ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
147	ゴジュウカラ	ゴジュウカラ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
148	キバシリ	キバシリ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
149	メジロ	メジロ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
150	ホオジロ	ホオジロ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
151		コジュリン	◎	◎	●	●	●	●	●	●
152		ホオアカ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
153		コホオアカ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
154		カシラダカ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
155		ミヤマホオジロ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
156		アオジ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
157		クロジ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
158		アトリ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
159		カワラヒワ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
160		マヒワ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
161		ベニヒワ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
162		ハギマシコ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
163		アカマシコ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
164		オオマシコ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
165		イスカ	◎	◎	●	●	●	●	●	●
166			◎	◎	●	●	●	●	●	●

表 3-4-2 現地調査および既存資料により確認された鳥類種(5)

目	科	種	山地帯					出典							
			青木ヶ原樹海		森林	草原	牧草地 耕作地	高山～ 亜高山	湖沼 湖畔	富士山 1971	目録 1999	資源 2003	多様性 2003	富士五湖 2007	その他
167		ベニマシコ													
168		ウソ													
169		コイカル													
170		イカル													
171		シメ													
172	ハタオリドリ	ニユウナイスズメ													
173		スズメ													
174	ムクドリ	コムクドリ													
175		ムクドリ													
176	カラス	カケス													
177		オナガ													
178		ホシガラス													
179		ハシボソガラス													
180		ハシブトガラス													
17目	43科(+1科)	180種(+10種)	73	70	82	63	72	62	148	115	72	78	90	101	

記録の記号／◎本調査で記録 ●：記録あり ■：引用記録 ▲：正確な場所等のデータなし  
 記録の出典／富士山：富士急行(1971)富士山 富士山総合学術調査報告書 目録：山梨県鳥類目録調査会(1999)山梨の鳥類目録1996.1-1998.6  
 資源：山梨県森林環境部(2003)山梨県環境資源調査 多様性：山梨県環境科学研究所・富士北麓生態系調査会(2003)生態系多様性地域調査(富士北麓地域)報告書  
 富士五湖：富士北麓生態系調査会(2007)富士北麓水域(富士五湖)における生態系多様性に関する調査報告書  
 「湖沼・湖畔」の記録は、ラインセンサスによって得られた周辺森林の確認も含まれている

その他の出典(記録が少ないもののみ補足)／  
 ※1：山梨県(1980)山梨の野生動物 ※2：山梨県森林環境部みどり自然課(2005)2005山梨県レッドデータブック  
 ※3：地域自然財産研究所(1999)富士北麓公園第2期整備構想予定地自然環境概況調査報告書 ※4：地域自然財産研究所(2007)まきば公園(仮称)予定地自然環境調査報告書  
 ※5：花岡利昌(1938)山中湖及び湖畔の動物相(X)湖畔の鳥類 博物学雑誌36(65) ※6：中村司・依田正直(1977)山梨の鳥  
 ※7：やまなし野鳥の会・日本野鳥の会甲府支部(2002)創立30周年記念誌BIRD21世紀われら自然派  
 ●は個人記録(年と観察者)





表 3-4-4 ラインセンサス法による鳥類群集調査結果(既存資料から整理):越冬期

			富士山 (1971)		生態系多様性調査 (2003)										まきば公園 (2007)					北麓公園 (1999)	
	地点	鳴沢林道	木田和林道	五合目	御庭	三合目	大室山	青木ヶ原	剣丸尾	梨ヶ原	富士ヶ原1	本栖A	本栖草原	本栖C	富士ヶ原2						
	標高(最高点)	1530m	1600m	2350m	2350m	1930m	1220m	975m	1090m	1270m	1025m	985m	985m	970m	1005m						
	主要植生	混交林	カラマツ	森林限界	カラマツ	シラビソ	広葉樹	ヒノキ	アカマツ	草原	牧草地	カラマツ	草原	草原	牧草地						
	調査回数	1回	1回	4回	4回	4回	4回	4回	4回	4回	4回	3回	3回	3回	3回						
	総調査時間	113分	60分	251分	307分	386分	378分	325分	385分	475分	342分	151分	94分	175分	285分						
1	カモ	カモ	マガモ												6.7	マガモ					
2	タカ	タカ	トビ								1.2			2.1	0.2	トビ					
3			ハイタカ			0.2									0.2	ハイタカ					
4			ノスリ			0.2					0.1	1.1		0.6	0.6	ノスリ					
5			ハイイロチュウヒ								0.1	0.2				ハイイロチュウヒ					
6			チョウゲンボウ								0.3					チョウゲンボウ					
7	キジ	キジ	コジュケイ					0.2								コジュケイ					
8			ヤマドリ					0.4			0.1	1.6				ヤマドリ					
9			キジ							0.5	0.4				2.5	キジ					
10	ハト	ハト	ドバト												2.3	ドバト					
11			キジバト			0.2	1.1	0.4			17.7	1.2	0.6		40.6	キジバト					
12	フクロウ	フクロウ	フクロウ													フクロウ					
13	キツツキ	キツツキ	アオゲラ				0.5	0.2							0.4	アオゲラ					
14			アカゲラ	1.1			1.1	1.3	1.1		0.4	0.4	0.6		0.4	1.6	アカゲラ				
15			中型ケラSP.													0.5	中型ケラSP.				
			コゲラ			0.2	2.1	2.8	1.6			0.8	0.6	3.1		2.6	コゲラ				
16	スズメ	セキレイ	セグロセキレイ								0.4				0.8	セグロセキレイ					
17			タヒバリ												8.4	タヒバリ					
18		ヒヨドリ	ヒヨドリ	2.1		0.2	3.8	3.7	1.4	0.1	5.1		1.3	1.0	6.7	3.0	ヒヨドリ				
19		モズ	モズ								1.4				0.2	モズ					
20		ミソサザイ	ミソサザイ	0.5	2.0		0.3	0.7	0.2							ミソサザイ					
21		ヒタキ	ルリビタキ	0.5		0.2	0.2	0.4	0.5	0.1						0.8	ルリビタキ				
22			ジョウビタキ							0.8	0.4			0.3	0.2	0.3	ジョウビタキ				
23			アカハラ													アカハラ					
24			シロハラ				0.3							0.3		0.3	シロハラ				
25			ツグミ	1.1	3.0	7.2	2.9	0.6	0.6	1.4	13.0			0.3	12.0	2.1	ツグミ				
26			ウグイス								0.2					ウグイス					
27			クイタダキ	3.2				0.7								クイタダキ					
28			ソウシチョウ													1.3	ソウシチョウ				
29		エナガ	エナガ	11.2	7.0		5.7	2.6	2.0			4.0		5.1		5.4	エナガ				
30		シジュウカラ	コガラ	3.7	20.0	1.2	5.9	12.0	2.4	5.2	4.5	2.0	3.2	2.4	3.6	1.9	コガラ				
31			ヒガラ	4.2	27.0	0.7	2.3	12.6	1.0	4.8	2.5		5.7	1.0		6.9	ヒガラ				
32			ヤマガラ	1.1			1.6	7.4	2.6			2.8		1.7	0.4	1.4	ヤマガラ				
33			シジュウカラ	3.7	2.0		0.2		3.0	3.0	5.8	0.4	1.2	0.4	1.3	2.4	13.5	シジュウカラ			
			カラSP.									0.4		1.7		6.7	カラSP.				
34		ゴジュウカラ	ゴジュウカラ	0.5		0.3	2.4	1.1	0.5			0.4	0.6	0.7	0.6	0.2	ゴジュウカラ				
35		キバシリ	キバシリ													キバシリ					
36		メジロ	メジロ					0.2	0.6			1.6	1.3			0.6	メジロ				
37		ホオジロ	ホオジロ	2.1						8.3	9.1		7.7	1.0	2.5	5.0	ホオジロ				
38			カシラダカ	2.1					0.6	3.9				4.8	374.7	8.5	カシラダカ				
39			ミヤマホオジロ								0.5			0.7		0.5	ミヤマホオジロ				
40			アオジ													0.2	アオジ				
41			クロジ					1.5								0.3	クロジ				
			ホオジロSP.											1.3	1.0	5.3	ホオジロSP.				
42		アトリ	アトリ			1.2	78.8	49.3	13.0	27.3	15.9				10.3	5.9	アトリ				
43			カワラヒワ	5.3				0.3	1.9	0.2		1.0	20.7	0.8	0.3	63.2	0.2	カワラヒワ			
44			マヒワ			4.8	15.4	3.3	1.6	0.4	7.6						マヒワ				
45			イスカ					6.8									イスカ				
46			ベニマシコ	1.1		1.0					0.1	1.1				0.6	ベニマシコ				
47			ウソ	1.1	2.0		1.0		2.1					2.0	0.3	0.6	ウソ				
48			イカル				0.4		0.6								イカル				
49			シメ									12.8				1.9	シメ				
50		ハタオリドリ	スズメ	5.3												75.6	スズメ				
51		ムクドリ	ムクドリ													5.7	ムクドリ				
52			カケス	1.1	1.0		0.2		0.8	3.0	0.6			2.0	3.2	2.4	1.3	0.3	カケス		
53			ホシガラス		1.0		0.2	0.2										ホシガラス			
54			ハシボソガラス					0.5				0.4	3.9	2.4	5.1	12.7	20.4	ハシボソガラス			
55			ハシブトガラス			0.2	0.2	0.2	0.6	1.5	0.9	0.4	4.9	4.8	1.9	5.5	35.8	0.5	ハシブトガラス		
		種類数	19種	9種	8種	11種	15種	22種	26種	18種	15種	24種	14種	14種	20種	32種	23種	種類数			
		個体数	51.0	65.0	15.8	105.5	80.2	48.9	76.6	52.8	14.1	227.0	25.8	35.1	51.1	693.5	65.6	個体数			

記録の出典／富士山：富士急行(1971)富士山 富士山総合学術調査報告書

生態系多様性調査：山梨県環境科学研究所・富士北麓生態調査会(2003)生態系多様性地域調査(富士北麓地域)報告書

まきば公園：地域自然財産研究所(2007)まきば公園(仮称)予定地自然環境調査報告書

北麓公園：地域自然財産研究所(1999)富士北麓公園第2期整備構想予定地自然環境概況調査報告書

濃い網掛け：青木ヶ原樹海 薄い網掛け：樹海周辺部

各地点の上位優占3種を下線で示した

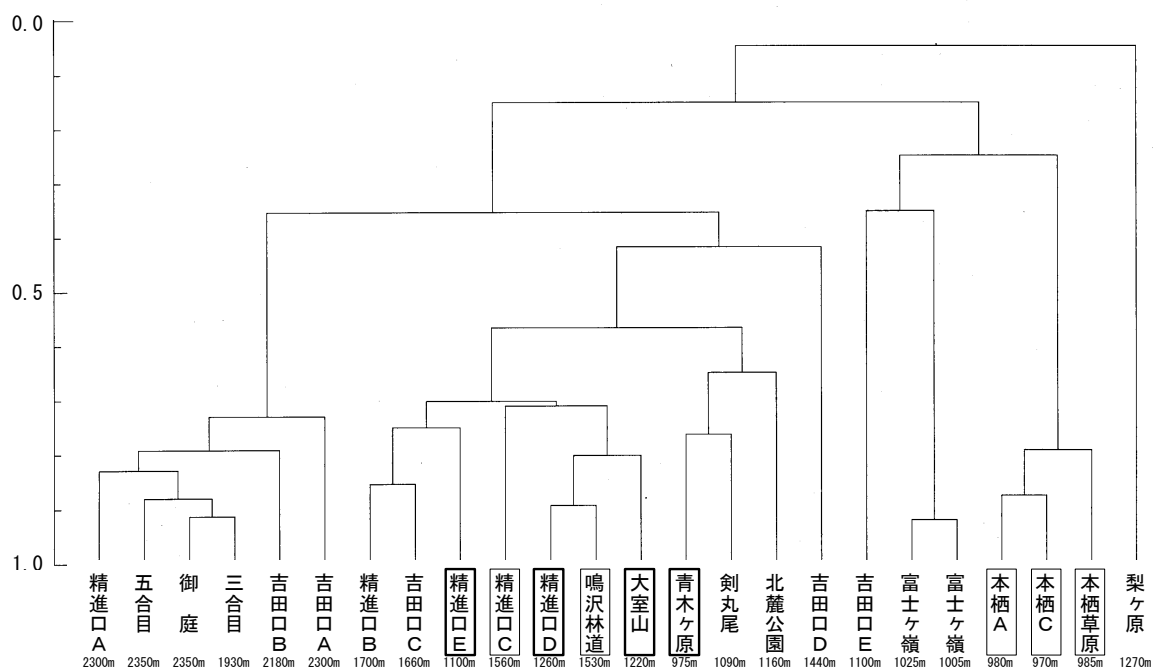


図 3-4-2 鳥類群集からみた各調査地の類似度デンドログラム(Pianka の  $\alpha$  指数、群平均法):繁殖期  
太枠:青木ヶ原樹海中心部、細枠:青木ヶ原樹海周辺部

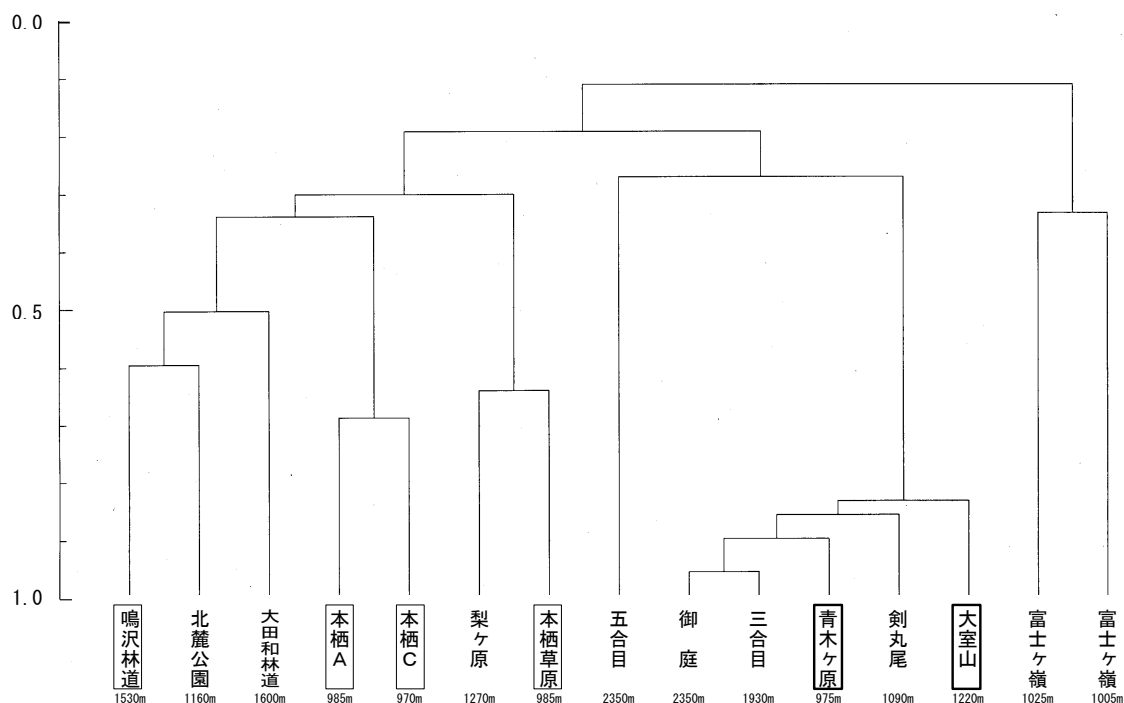
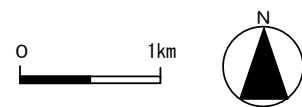
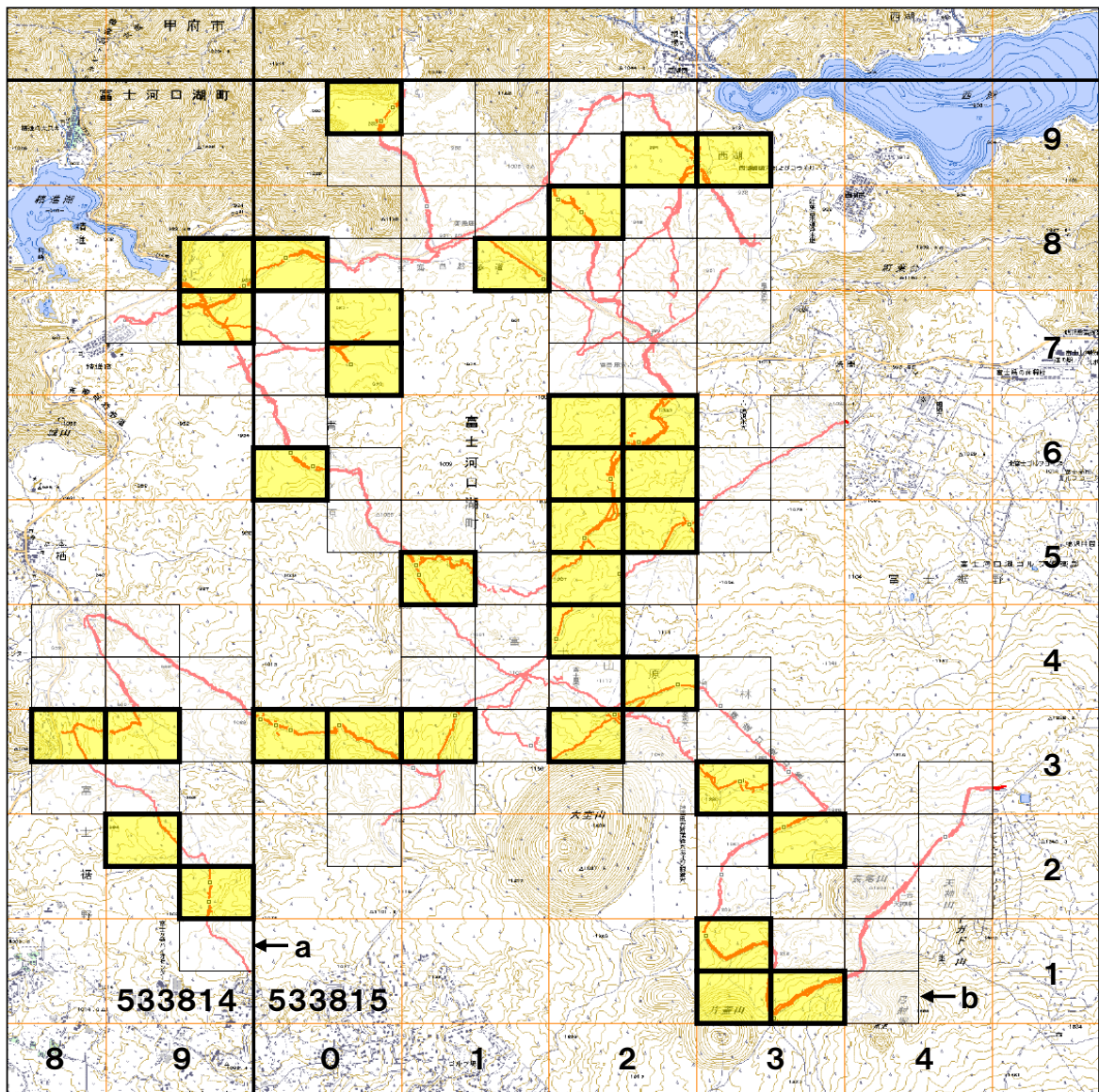


図 3-4-3 鳥類群集からみた各調査地の類似度デンドログラム(Pianka の  $\alpha$  指数、群平均法):越冬期  
太枠:青木ヶ原樹海中心部、細枠:青木ヶ原樹海周辺部





メッシュは国土三次メッシュ（世界測地系 WGS84）を縦横に 2 分割した。

メッシュコードの 9 桁目は、南西、南東、北西、北東の順に 1～4 となる。

原図 国土地理院ウオッチず 25,000

例えば a のメッシュは 533814-19-4、b のメッシュは 533815-14-1 となる。

1 メッシュの面積は、約 500m 四方である。

- 夜間踏査ルート (GARMIN 社 GPS ナビゲータで記録。一部、受信状態が悪く断続している。)
- 踏査によりカバーしたメッシュ (104 メッシュ)
- 定点によりカバーしたメッシュ (34 メッシュ)

図 3-4-4 夜間鳥類調査踏査ルートとメッシュ

表 3-4-5 夜間調査の調査日、時間およびメッシュ

調査日		時間		調査メッシュ(起点→定点・経由メッシュ→終点)
2005年	8月22日	18:50～20:30	100分	15412→15323→15314→15412
2006年	1月31日	18:30～20:00	90分	14892→15602→15412
	2月 2日	18:15～20:05	110分	15724→15831→15924→15823→15724
	2月15日	18:10～20:30	140分	15412→15422→15332→15331→15323→15314→15412
	7月28日	18:30～22:35	245分	14194→ <b>14293</b> →14384→ <b>14384・14393</b>
	7月31日	18:50～20:30	100分	15831→ <b>15931・15922</b> →15824→15724→15831
		20:35～21:30	55分	15811→ <b>15904</b> →15811
	8月21日	18:30～22:35	245分	15412→15422→15332→15331→15421→15412
	8月23日	18:40～20:50	130分	14484→14393
	8月29日	18:20～21:20	180分	14892→15602→14892
	8月30日	18:00～22:05	245分	15133→15132→15342
2007年	5月 8日	18:40～23:35	295分	15412→ <b>15323→15422→15234→15133→15131・15132</b> →15342
	5月 9日	18:35～21:40	185分	15831→ <b>15931・15922→15823</b> →15724
		21:50～23:50	130分	15722→15722→ <b>15624・15622→15621</b> →15724
	5月11日	18:30～22:35	245分	15311→ <b>15304→15303→14393・14384→14292</b> →14194
	5月12日	19:05～22:40	215分	14892→ <b>14794・14892</b> →15811→ <b>15904</b> →15811→ <b>15812</b> →15724
	5月14日	18:55～23:20	265分	14793→14794→ <b>15704→15702</b> →15701→ <b>15601→15511</b> →15412
	6月 4日	19:30～24:40	310分	15412→15314→ <b>15323→15331→15133→15131・15132</b> →15342
	6月 5日	19:05～24:05	300分	15724→ <b>15623・15624→15621→15523→15511</b> →14892
	6月27日	19:15～25:00	345分	14793→ <b>14892・14794→15801</b> →15811→ <b>15904</b> →15812→ <b>15823</b> →15723→15822→ <b>15924・15931</b> →15831
	6月28日	19:30～22:55	205分	15311→ <b>15304→15303→14393・14384</b> →14384
	7月 2日	19:30～23:10	220分	15634→ <b>15524→15521→15423→15313</b> →15204
	7月 5日	20:20～22:30	130分	15724→15822→ <b>15924・15931→15823</b> →15724
	7月31日	19:25～22:00	175分	15724→ <b>15624・15622→15621→15523</b> →15724
		22:30～23:00	30分	<b>15904</b>

1次メッシュコード(5338)は共通のため省略した。全メッシュは、5338XXXXと9桁となる。

定点(30分)はゴシック体で示した。・で結ばれているメッシュは、定点から両メッシュをカバーしている。



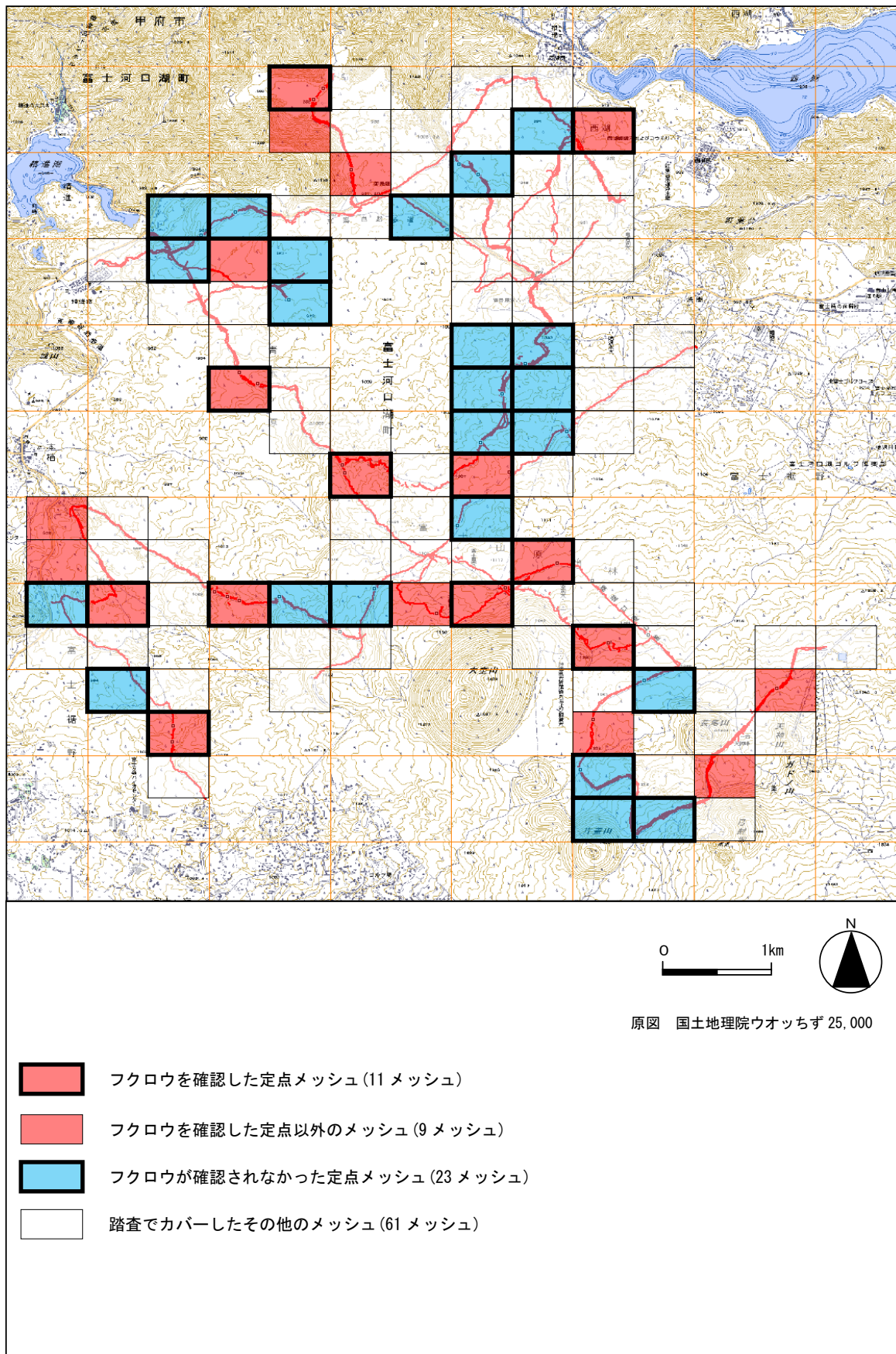


図 3-4-5 フクロウ確認メッシュ

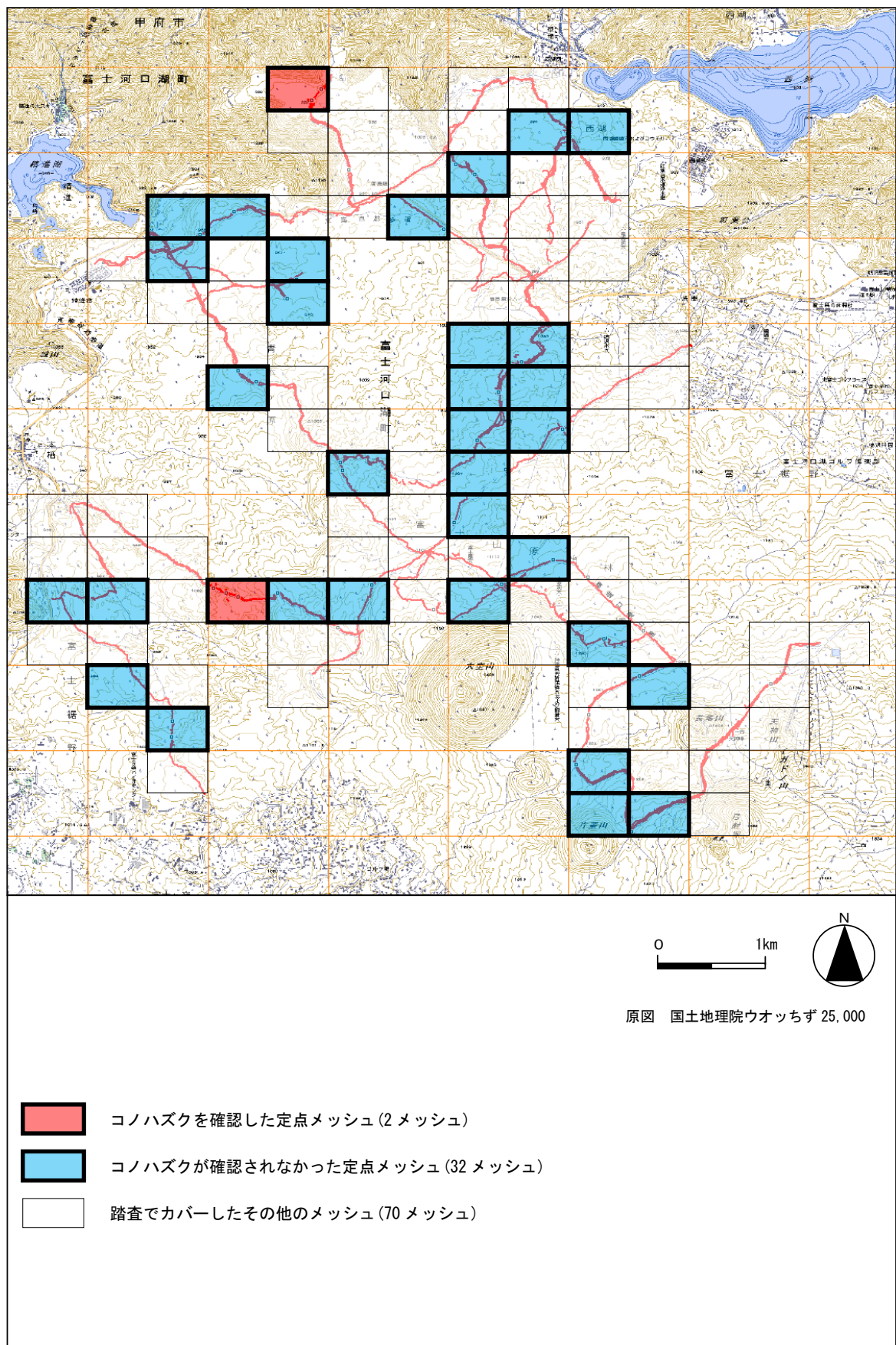


図 3-4-6 コノハズク確認メッシュ



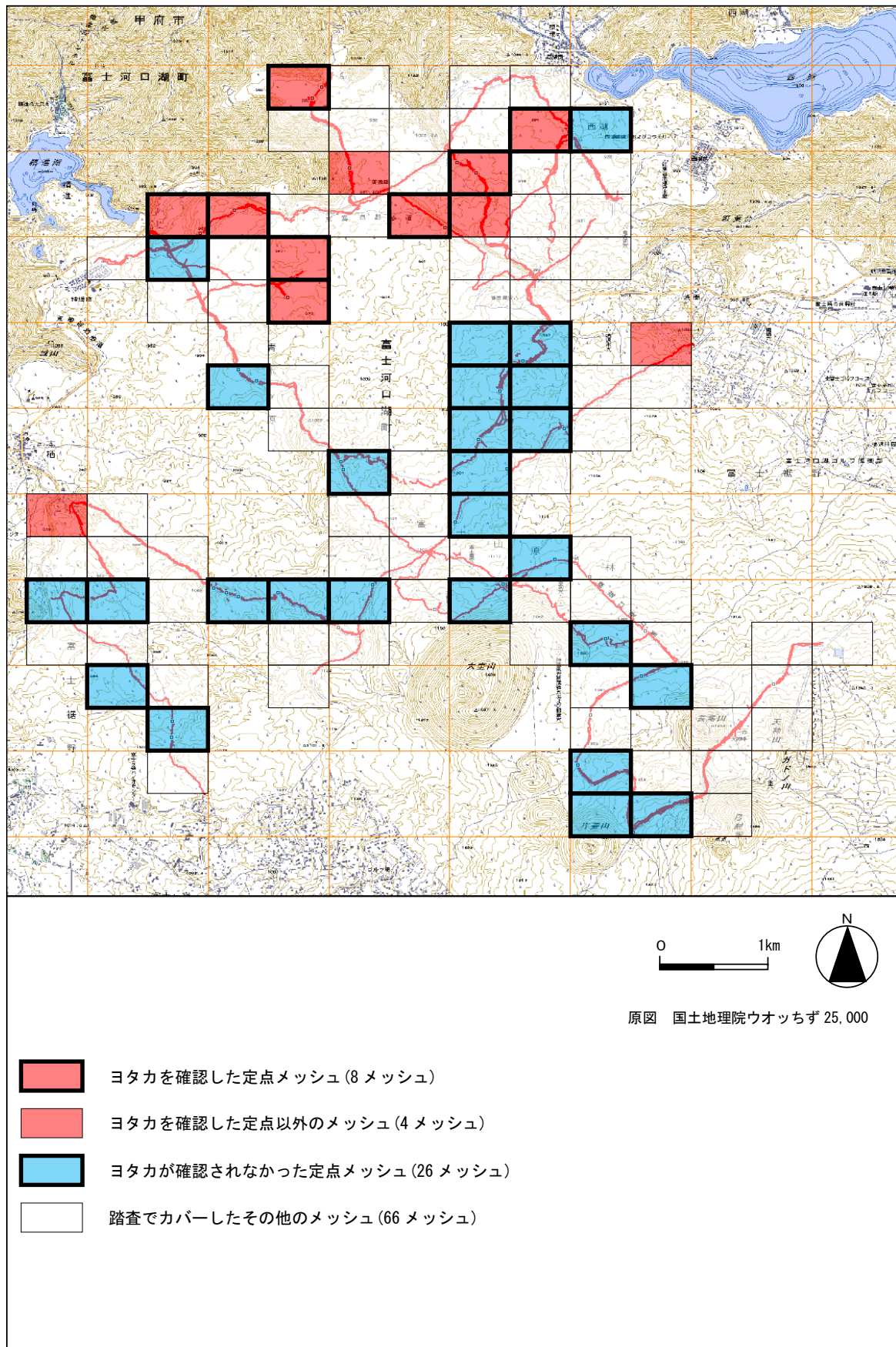
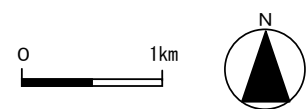
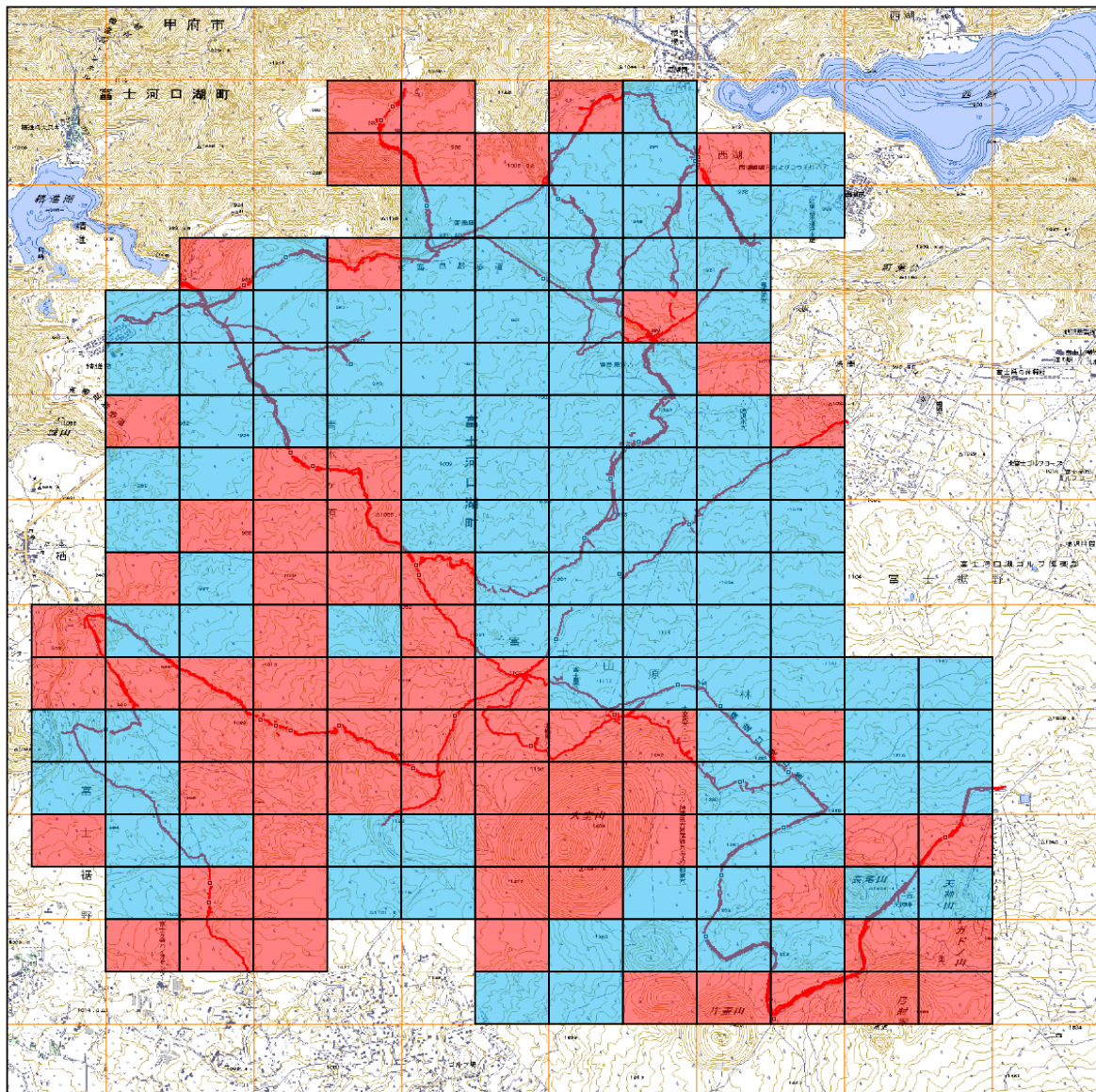


図 3-4-7 ヨタカ確認メッシュ

表 3-4-6 判別分析に用いた地形および植生に関する指標

項目	単位	概要（本文3-2参照）
平均標高	メートル	元データ：北海道地図株式会社GISMAP Terrain。GISMAP Terrainは、国土地理院発行の1/25,000地形図の等高線から作成した10m間隔細密標高格子データ（以下、10mDEM）である。メッシュ内で標高の相加平均値を計算。
平均傾斜角	度	10mDEMから10mメッシュ単位で局所的な傾斜角度を計算し、メッシュ内でその相加平均値を計算。
平均地上開度	度	地上開度とは、周囲に比べて地上に突き出ている程度を数値化した概念で、山頂や尾根線では、大きな地上開度値を示す。地上開度は空の見通しの度合いを表し、尾根地形の分布や密度を表現するのに適した指標である。今回は10mDEMを基に、着目地点の周囲半径500mの範囲で地上開度を計算し、2分の1地域メッシュ内で相加平均値を求めた。
森林面積比(2007年)	%	2007年観測の「だいち」衛星画像から森林域を抽出。使用データ：ALOS/AVNIR-2、2007年8月20日観測、10m分解能。一部は雲の影響で森林域を抽出できなかったため、1995年5月18日観測のLANDSAT-5/TM衛星データ（30m分解能）による森林域抽出結果で補完。
針葉樹面積比(2007年)	%	使用データ：ALOS/AVNIR-2、観測日：2007年5月20日、同8月20日、同11月20日、10m分解能。LANDSAT-5/TM、観測日：1995年5月18日、2000年4月29日、30m分解能。上記で決定した森林域で衛星データをマスクし、最尤法分類で針葉樹（常緑針葉樹・カラマツ）・広葉樹を区分。一部は雲の影響で針葉樹・広葉樹区分ができなかったため、LANDSAT-5/TM衛星データによる針葉樹・広葉樹区分結果で補完。
常緑針葉樹面積比(2007年)	%	
カラマツ面積比(2007年)	%	
広葉樹面積比(2007年)	%	
植生指数(2007年5月20日)		使用データ：ALOS/AVNIR-2、観測日：2007年5月20日、同8月20日、同11月20日、10m分解能。NDVIは次式で計算される。 $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$ 。ここで、RED および NIR は可視赤色域および近赤外域の観測バンドにおける観測値を表し、ALOS/AVNIR-2ではそれぞれ band 3 および band 4 が対応する。10mメッシュ単位でNDVIを計算し、NDVIの値が負となった地点は0(ゼロ)で置き換えた上で、2分の1地域メッシュ単位で NDVI の相加平均を求めた。
植生指数(2007年8月20日)		
植生指数(2007年11月20日)		
平均樹冠高	メートル	元データ：富士砂防事務所 平成13年度富士山青木ヶ原地区火山地形調査業務附属資料1m メッシュ単位に整理された地盤標高(1mDEM)および地上物最高点標高(1mDSM)。1mDEM および1mDSMを用いて、1mDSM から 1mDEM を差し引くことで、地上物の高さ分布(1mDHM)を算出して基本統計処理を行った。このとき、原理に反し1mDHM が負の値となった地点は、その値を0(ゼロ)で置き換えた。
最大樹冠高	メートル	
樹冠高C1	%	元データ：富士砂防事務所 平成13年度富士山青木ヶ原地区火山地形調査業務附属資料1mDHMを高さ5メートル刻みで分割した階級値ごとの面積比率。C1:0～5m未満、C2:5～10m未満、C3:10～15m未満、C4:15～20m未満、C5:20m以上
樹冠高C2	%	
樹冠高C3	%	
樹冠高C4	%	
樹冠高C5	%	
樹冠高15m以上面積	平方メートル	
立木密度(局所最大値法)	本/ha	下記2つの方法で樹冠高分布から樹高15m以上の樹頂位置を推定し、その単位面積当たりの個数(本数)を「立木密度」として推定。このとき「立木密度」ではLIDAR 計測範囲の面積を、「森林域立木密度」では樹冠高 15m 以上の範囲の面積を、それぞれ除数として用いた。「局所最大値法」：1m メッシュの入力画像(樹冠高分布)に対し、着目地点の 3m 四方における局所最大値画像を原画像から差し引いた値が0となる画素は、3m四方の範囲における極大値と考え、樹頂位置と判定する。「モデルフィッティング」：樹冠の形状を一般化回転楕円体の部分曲面と仮定し、3つのパラメータを用いてモデル化した上で樹冠高分布をシミュレートし、入力された樹冠高分布との相関を評価することにより、樹頂位置を推定する。
立木密度(モデルフィッティング)	本/ha	
森林域立木密度(局所最大値法)	本/ha	
森林域立木密度(モデルフィッティング)	本/ha	





原図 国土地理院ウオッチズ 25,000

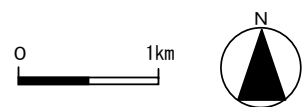
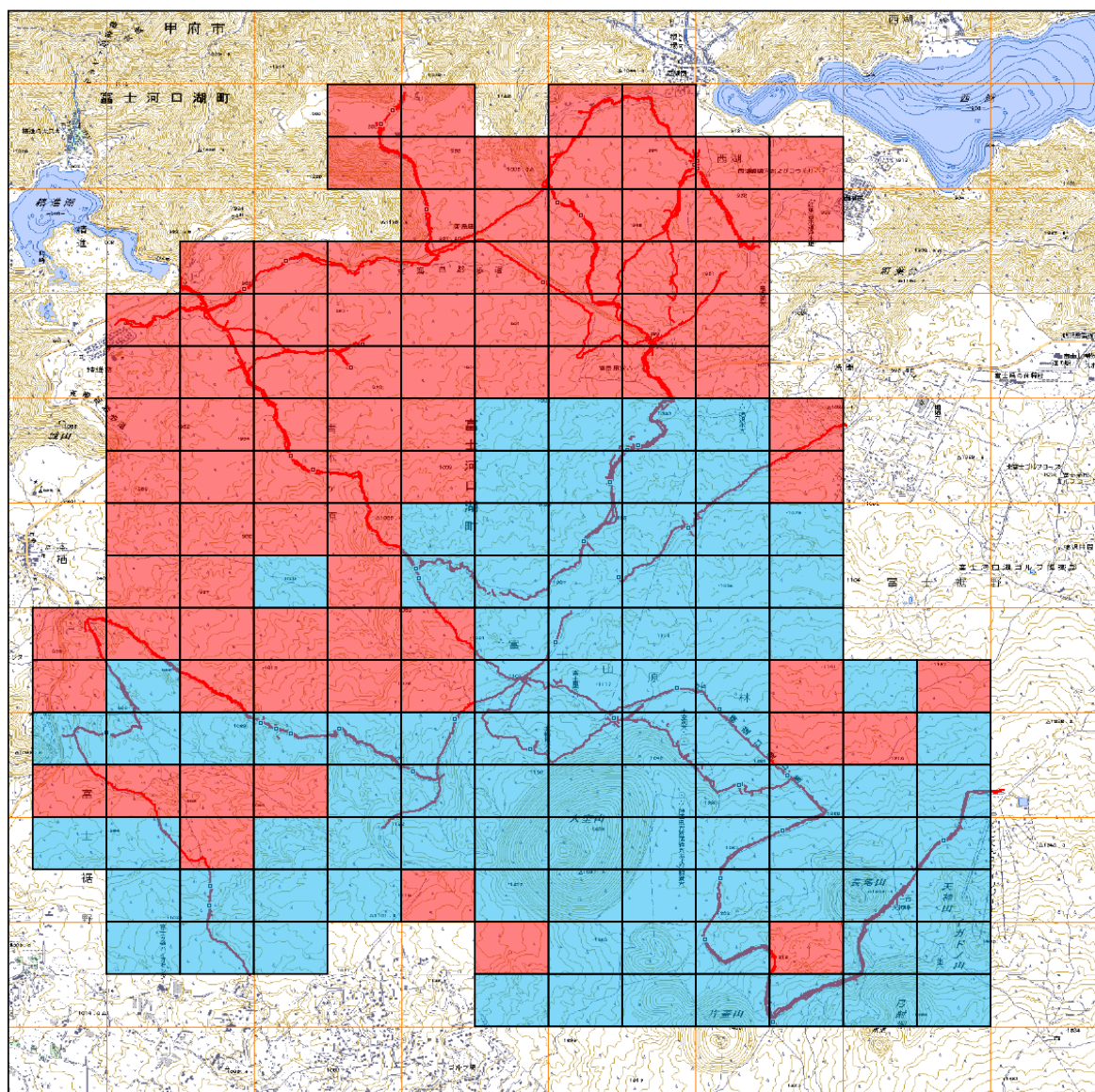
判別式  $Y = 0.2103 X_1 - 0.0266 X_2 - 3.6263$

$X_1$ : 最大樹幹高(m)  $X_2$ : 針葉樹面積比(%)

誤判別率 28.6%

- フクロウ在予測メッシュ
- フクロウ不在予測メッシュ

図 3-4-8 フクロウ出現予測メッシュ



原図 国土地理院ウオッチず 25, 000

$$\text{判別式 } Y = -0.0288X_1 - 0.0039X_2 + 0.5709X_3 + 32.5527$$

$X_1$ : 平均標高(m)  $X_2$ : 立木密度[極大法](本/ha)  $X_3$ : カラマツ面積比(%)

誤判別率 15.1%

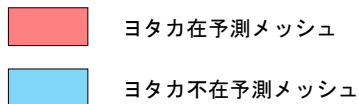


図 3-4-9 ヨタカ出現予測メッシュ



表 3-4-7 モニタリング調査データの種類別にみた青木ヶ原樹海における指標生物種

データの種類	指標性	指標生物の対象	
		哺乳類	鳥類
在データ	存在が青木ヶ原樹海の特徴を示す	(コウモリ類*、シントウトガリネズミ、ヒメヒミズ、ミズラモグラ、ムササビ)	(コノハズク、サシバ、ハチクマ、オオアカゲラ、サンショウクイ、エゾムシクイ、キバシリ、イスカ)
	不在が青木ヶ原樹海の特徴を示す	ノイヌ、イエネコ、アライグマ(ヒミズ、コウベモグラ)	ドバト、ハクセキレイ、セグロセキレイ、ガビチョウ、ソウシチョウ、スズメ、ムクドリ、オナガ
在・不在データ	在データとあわせて生物の消長を示す	イノシシ、ニホンジカ、ニホンリス、ノウサギ	ツツドリ、アカゲラ、ミソサザイ、ルリビタキ、コルリ、アカハラ、ヤブサメ、キビタキ、ゴジュウカラ
量的データ	在データを多・少など段階で示し不在データとあわせて生物の消長を示す		
生態データ	行動や状態が青木ヶ原樹海の状態を示す	ツキノワグマの熊棚 洞穴内でのコウモリ集団 ニホンジカの剥皮の集中 哺乳類の道路横断・轢死	日中のフクロウの観察 ホトトギスなど夏鳥の初認日

( )は技術的に難しい種

\*コウモリは種レベルの識別は困難だが、コウモリ目を一括して扱っても指標性はある

生態データの対象は例示である

## Ⅱ-4 利用者意識モニタリング

### 4-1 利用者意識モニタリングの目的

利用者体験の質の視点からの地区区分を行なう際の判断材料を得るために、エコツアー実施状況を含めた青木ヶ原樹海の利用状況（利用場所、利用季節、利用者数）の概略を把握するとともに、利用場所の違いによる利用者特性の違い、および利用者意識の違いを把握することを目的とした。さらに、利用者意識の形成過程の検討を通して、利用者の満足感を基準とした利用者体験の質評価のための指標を作成することとした。

### 4-2 調査地区の選定と利用状況の把握

#### 4-2-1 調査地区の選定

利用形態（ツアー利用か一般利用か）や利用者数、および利用者意識を把握するために、利用の面からみた青木ヶ原樹海内の典型的な地区の選定を行なった。

予備的調査として、初年度（2005年）の夏期2日間に、これまでの現地での経験等をもとに判断した利用者が多いと思われる場所を巡回し、利用目的や満足感・不満感に関するアンケート調査を実施するとともに、秋期に18か所で利用状況（ガイドが同行するツアー利用か一般利用か、および利用者数）を把握するための流動調査を実施し、利用形態が異なると考えられる典型的な4つの地区を選定した（図4-2-1）。それぞれの地区は以下のような特徴をもつ。

#### 地区1：西湖地区

駐車場、トイレ、売店等が整備された西湖コウモリ穴、西湖野鳥の森公園、富岳風穴および西湖湖畔を結ぶ遊歩道が樹海内に整備されている地区

#### 地区2：竜宮地区

紅葉台と青木ヶ原樹海や西湖湖畔を結ぶハイキングコースで、コース途中には車道からも近く車のアクセスが可能な竜宮洞穴が位置する地区

#### 地区3：富岳地区

国道139号線に沿って、駐車場、トイレ、売店も整備されている2つの観光洞穴（富岳風穴、鳴沢氷穴）があり、その間が東海自然歩道として整備されている地区

#### 地区4：大室地区

精進口登山道沿いに位置し、入洞が比較的容易な富士風穴や、溶岩流の影響を受けず広葉樹林が残る大室山斜面等を含む地区

### 4-2-2 利用状況の把握

2006年および2007年の本調査においては、それぞれの地区内において、複数の遊歩道が交差し利用者数が多いと考えられる地点1か所を選び、流動調査を実施して、ツアー利用と一般利用とに分けた利用者数の把握を行なった。調査地点は、西湖地区は西湖コウモリ穴、西湖野鳥の森公園、富岳風穴および西湖湖畔各方面への遊歩道が交差する地点、竜宮地区はハイキングコース上の竜宮洞穴入り口、富岳地区は富岳風穴付近の東海自然歩道分岐点、大室地区は精進口登山道と富士風穴の分岐点とした（図4-2-1）。

また、通過者数自動測定装置（トレイルマスターアクティブ赤外線モニターTM1550-16K、フジブラニング）を、機器の台数やデータ回収の便宜さ等を考慮し、西湖地区、富岳地区、大室地区内の3か所に設置した。

流動調査を行なったなかでみると（図4-2-2）、地区1（西湖地区）では2007年5月24日の利用者が最も多く、ツアー利用が85%を占めていた。一方、次いで利用者が多かった6月7日のツアー利用は半分以下（41%）であり、全体的にみると、一般利用とツアー利用がほぼ半々（ツアー利用54%）であった。地区2（竜宮地区）でも2007年5月24日の利用者が最も多く、ツアー利用が7割程度（68%）を占めていた。2006年7月1日、2007年6月7日とツアー利用が大半を占めている日もあるが、2番目に利用者数が多かった2007年8月4日を含め、その他の時期は一般利用者の方が多い地区といえる。全体でのツアー利用は39%であった。地区3（富岳地区）では、他の地区に比べ利用者が多く、2006年5月3日、8月19日、2007年6月7日、8月4日と600人を超える日が4日みられている。2007年5月24日には、例外的にツアー利用がほぼ2/3（65%）を占めていたが（この日は他の地区でもツアー利用が多くみられている）、全体的にみると圧倒的に一般利用が多くなっている（ツアー利用19%）。地区4（大室地区）は、逆にツアー利用が最も多くみられる地区といえる。2007年5月24日、6月7日は利用者数が突出して多く、ツアー利用がその大半（それぞれ97、98%）を占めていた。全体でみてもほぼ7割（69%）がツアー利用であった。

地区2（竜宮地区）を除く3地区に設置した通過者数自動測定装置による計測結果（図4-2-3）でも、地区3（富岳地区）で他の地区より利用者数が多いことがよみとれる。特に、5月初旬のゴールデンウィークと8月中旬の2時期に顕著なピークがみられ、いずれも利用者はほぼ1,400人に達している。一方、地区1（西湖地区）では、それほど顕著なピークは認められず、ゴールデンウィーク中から5月中下旬頃にかけてと、7月中旬頃から8月中旬にかけてと利用者の多い

時期が分散してみられている。また、地区 4（大室地区）では、5 月中旬から 6 月中旬、7 月中旬にピークがみられ、ゴールデンウィーク中や 8 月中旬の利用者は多くない。これらの結果には、一般利用が多い観光シーズン（ゴールデンウィークやお盆前後の夏期休暇）と教育旅行を中心としたツアー利用が多い時期（おおむね 5 月中旬から 7 月中旬頃）の違いを反映し、上記の流動調査結果で示した各地区の特徴の違い、すなわち、地区 3（富岳地区）は一般利用が多い地区、地区 4（大室地区）は逆にツアー利用が多い地区、地区 1（西湖地区）はその中間で一般利用とツアー利用がほぼ半々の地区といった特徴が表れているといえる。

このように、流動調査結果ならびに通過者数自動測定装置による計測結果から、利用者数の季節変動や、ツアー利用（ガイドが同行する利用）と一般利用のどちらの利用が多いかといった利用形態の地区による違いが明らかとなった。

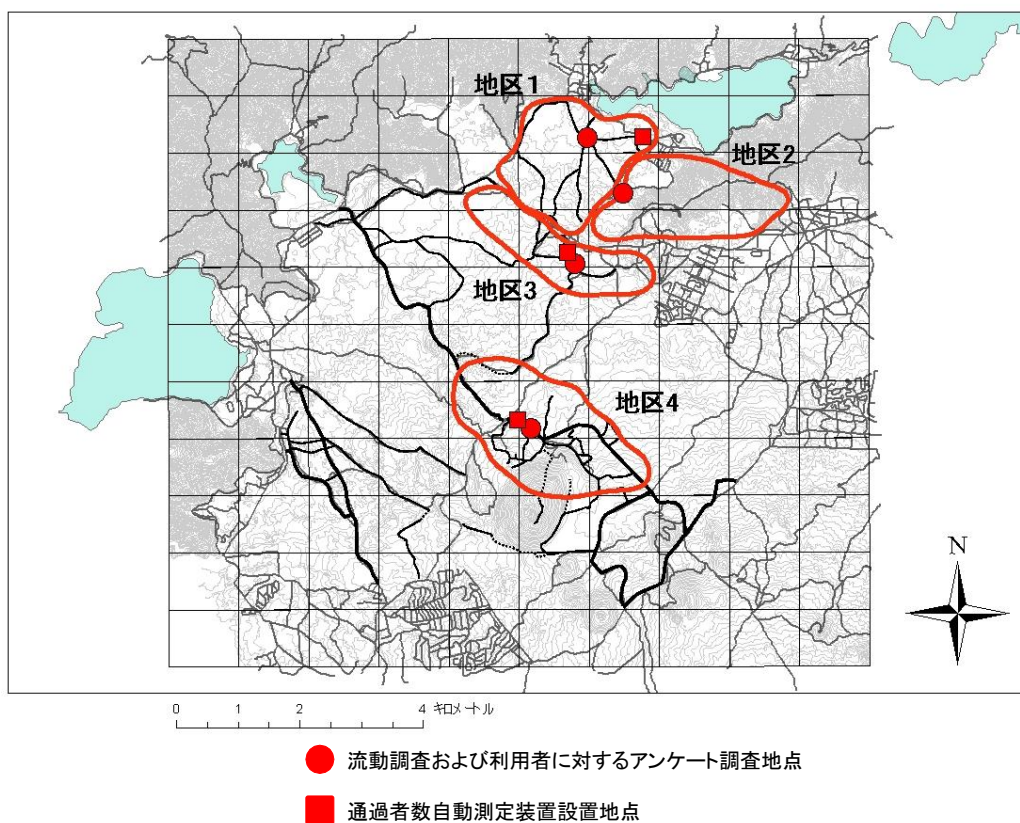
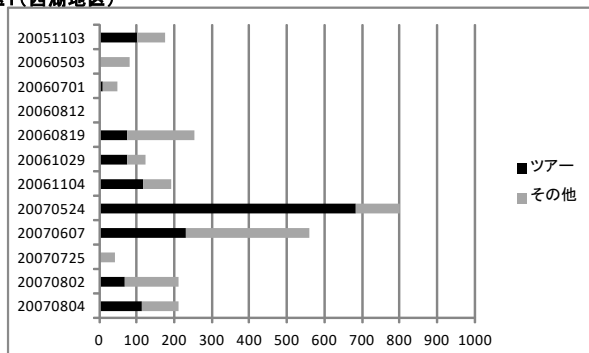
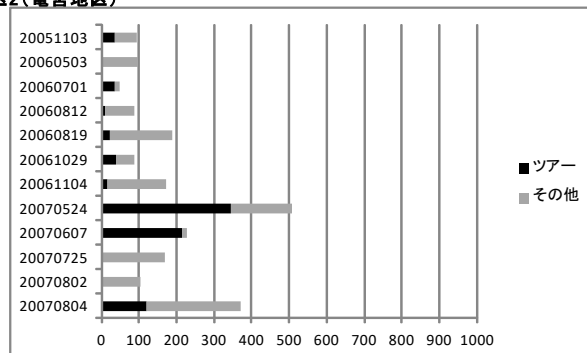


図 4-2-1 利用者意識モニタリングにおける調査地区

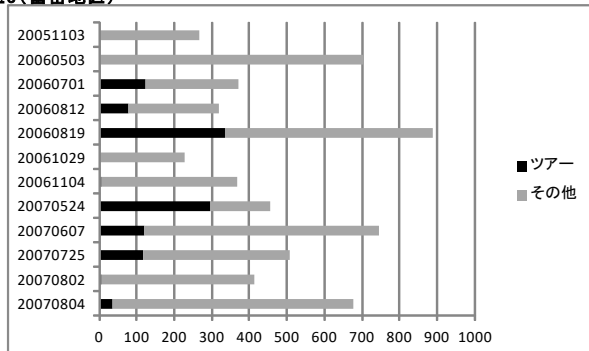
地区1(西湖地区)



地区2(竜宮地区)



地区3(富岳地区)



地区4(大室地区)

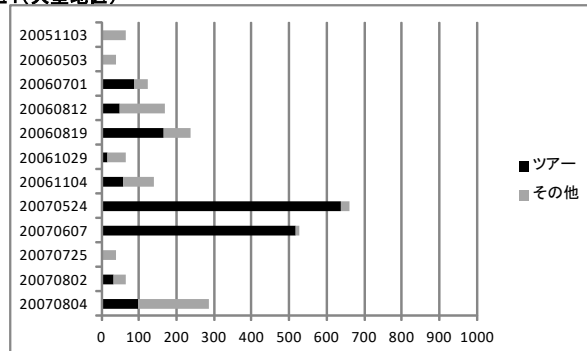
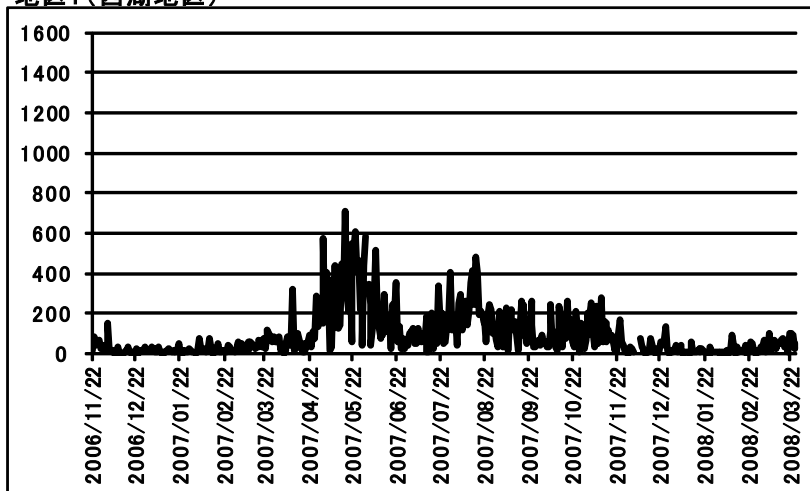


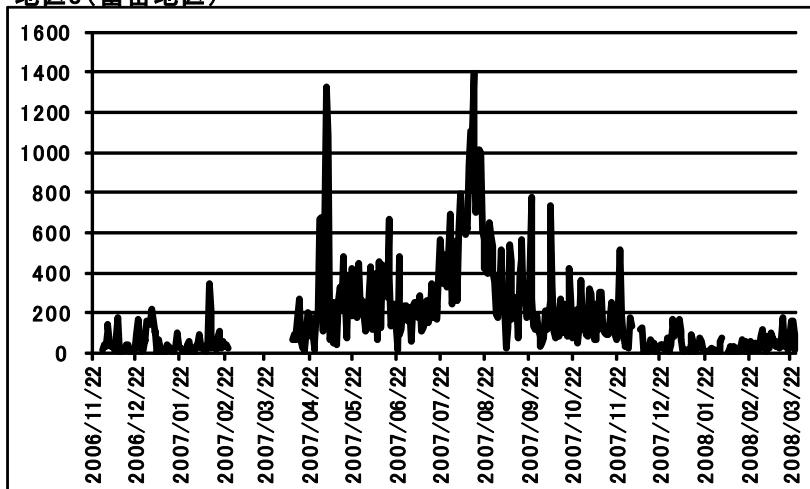
図 4-2-2 流動調査による各地区における利用形態および利用者数の把握



地区1(西湖地区)



地区3(富岳地区)



地区4(大室地区)

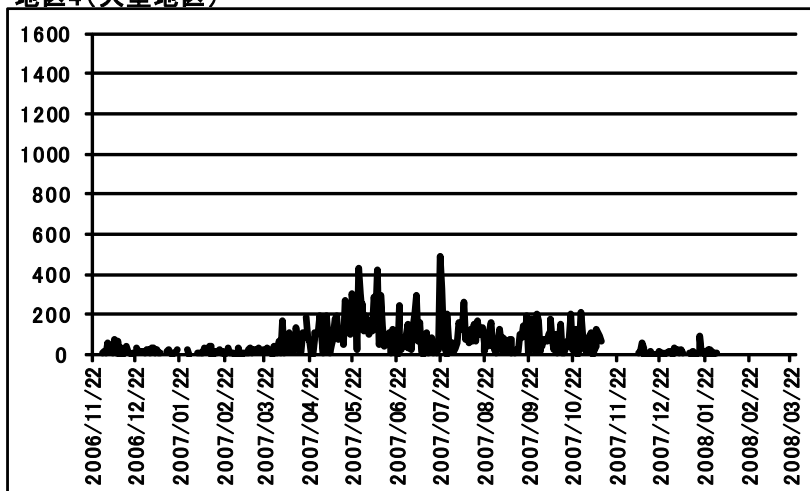


図 4-2-3 通過者数自動測定装置による計測結果  
(横軸:年月日、縦軸:通過者数)

#### 4-3 アンケート調査による利用者特性および利用者意識の把握

##### 4-3-1 調査目的および調査方法

青木ヶ原樹海の利用者が、実際の利用によって満足感を得るまでの過程を図 4-3-1 のように想定し、利用者特性としての普段の自然体験活動、利用目的、事前情報収集の有無、イメージ、環境配慮意識を明らかにするとともに、実際の利用によって得られる混雑感や満足感といった利用者体験の質に関わる意識を把握することとした。

利用者に対するアンケート調査は、予備的調査（2005 年）（前述）ののち 2006 年の春期（1 日）、夏期（3 日）、秋期（2 日）に本調査を実施した。調査項目は、

利用者特性に関する項目

- ①利用者属性：年齢、性別、居住地
- ②利用形態：来訪回数、来訪人数、来訪手段、利用日数
- ③利用目的〔自由回答〕
- ④普段の自然体験活動〔16 項目の活動について、「よくする」、「したことがある」、「したことがない」の 3 段階から選択して回答〕
- ⑤エコツアー参加経験
- ⑥事前情報収集の有無
- ⑦青木ヶ原樹海以外の訪問施設
- ⑧エコツーリズム、エコツアーガイドラインの認知の有無
- ⑨青木ヶ原樹海に対する事前イメージと利用後の変化〔自由回答〕（一部対象者のみ）
- ⑩青木ヶ原樹海利用の際のガイドの必要性
- ⑪青木ヶ原樹海利用の際に必要なもの〔自然解説シート（セルフガイドシート）、青木ヶ原樹海の中に設置された解説板や案内板、案内地図についての必要の有無〕
- ⑫環境配慮意識〔自由回答〕

利用者体験の質（満足意識）に関する項目

- ①満足感得点〔0 から 10 点までの 11 段階から選択〕
- ②混雑感得点〔0 から 10 点までの 11 段階から選択〕
- ③期待充足指標（2005 年の予備調査の満足・不満に関する質問項目に対する自由回答から、期待に対する充足感を評価するための 23 の指標を作成；詳しくは、4-4 利用者体験の質評価のための指標の検討を参照）〔0 から 10 点までの 11 段階から選択〕（一部対象者のみ）

##### 4-3-2 利用者特性に関する調査結果

###### (1)利用者属性と利用形態

回答が得られた対象者は合計 1233 人で、性・年齢別人数を表 4-3-1 に示す。居住地は、東京都が 327 人（26.5%）で最も多く、神奈川県 207 人（16.8%）、埼玉県 119 人（9.7%）、千葉県 114 人（9.2%）を含む首都圏からの来訪者が 62.2%を占めていた。近隣の静岡県 118 人（9.6%）、愛知県 87 人（7.1%）に次いで、山梨県内の利用者は 63 人（5.1%）であった（表 4-3-2）。

青木ヶ原樹海への来訪回数は、初めてのものが 64.8%に達し、2～3 回目のものが 24.7%であり（表 4-3-3）、来訪人数では 3 人以上での来訪が 58.6%を占めていた（表 4-3-4）。来訪手段としては、マイカーによる来訪者が 79.9%と最も多かった（表 4-3-5）。また、利用日数では日帰りの利用が 78.3%であった（表 4-3-6）。このように、近隣の都県から、マイカーを用いて日帰りで訪れる初めての来訪者が多いことが特徴としてあげられた。

###### (2)利用目的

利用目的については自由回答でたずね、その記述内容から分類した結果を表 4-3-7 に示す。なお、複数の目的を回答したものについては、それぞれの分類に含めている。観光、余暇、旅行等の一般的な目的をあげた「一般型」が 25.0%、洞穴、樹海等の目的地をあげた「目的地型」が 15.8%、立ち寄った、ドライブ等をあげた「手段型」が 14.8%であった。ハイキング、キャンプ、運動等をあげた「活動型」が 33.0%、気分転換、保養、森林浴等をあげた「静養型」が 5.8%、自然観察、体験、学習等をあげた「体験学習型」が 5.2%であり、無回答または目的なしの「不明型」が 7.1%であった。

###### (3)普段の自然体験活動、エコツアーへの参加経験

16 項目の自然体験活動について、「よくする」、「したことがある」、「したことがない」と回答したものの割合を表 4-3-8 に示す。「よくする」と回答したものが最も多かった項目はドライブ（66.0%）で、散歩（65.5%）、花見・紅葉狩り（57.7%）がそれに次いでいた。

エコツアーへの参加経験については、65 人（5.3%）が参加した経験を有していた（表 4-3-9）。

###### (4)情報収集

来訪以前に、何らかの媒体を通して情報収集を行なったかについては、行なったと答えたものが 44.3%であった（表 4-3-10）。また、青木ヶ原樹海以外に訪問

した施設としては、道の駅が40.0%で最も多く、その他、富士ビジターセンターやなるさわ富士山博物館、あるいは市町村の観光案内所等の施設についてはいずれも10%に達しなかった（表4-3-11）。

エコツーリズムについて、「よく知っている」と答えたものは8.9%、「聞いたことがある」と答えたものは43.8%であった。一方、エコツアーガイドラインについては、「よく知っている」、「聞いたことがある」と答えたものは、それぞれ、1.6、17.4%にとどまっていた（表4-3-12）。

#### (5) 青木ヶ原樹海に対するイメージとその変化

来訪前の青木ヶ原樹海に対するイメージは、743人中449人（60.4%）が、暗い、恐怖感、自殺等の否定的イメージをもっていた。一方、豊かな自然、快適感、美しい景観等の肯定的イメージをもっていたものは、98人（13.2%）にすぎなかった。また、213人（28.7%）は特にイメージはもっていなかったと答えた（表4-3-13）。なお、否定的、肯定的両方のイメージをもつものを含むため、合計は100%を超えている。

事前情報を入手したもののでも、肯定的イメージ14.2%、否定的イメージ61.4%と、入手しなかったものの、肯定的イメージ12.2%、否定的イメージ59.2%と割合に差はなく、情報提供の偏りの問題が示唆された。

また、青木ヶ原樹海内を歩いたあとのイメージ変化については、否定的なイメージを持っていたものは68人（9.2%）に減少し、肯定的イメージに変化したものが422人（56.8%）に増加していた（表4-3-13）。

#### (6) 青木ヶ原樹海利用の際に必要なとするもの

自然を解説してくれる人（ガイド）については、15.7%が必要、55.5%が無料なら必要と答えた（表4-3-14）。自然解説シート、解説板や案内板、案内地図については、必要と答えたものは、それぞれ、72.6、89.2、93.2%であった（表4-3-15）。

#### (7) 環境配慮意識

青木ヶ原樹海を利用する場合に、自然環境に対して影響を与えないように気をつけていることについて自由回答でたずね、その記述内容をもとに分類を行なった（表4-3-16）。最も多かったのは「ゴミを捨てない」（53.7%）で、「自然を傷つけない」（10.7%）、「自然に対して何もしない」（10.3%）、「道をはずれない」（9.6%）がそれに次いでいた。ここで、「自然を傷つけない」は、枝を折らない、根を踏まないに加え、荒らさない、大切にする等を、「自然に対して何もしない」は、見るだけ、持ち帰らない、触れない等をキー

ワードとして分類した。また、配慮意識を特にもっていないものの割合が29.6%とおおよそ1/3に達していた。

#### 4-3-3 地区ごとの利用者特性の把握

利用者特性に関する各項目について、調査地区ごとの集計結果を表4-3-17～表4-3-31に示す。これらの結果をもとに、他の地区と比較し利用者の特性に差があるかどうかをカイ二乗検定により検討した（表4-3-32）。+は他の地区に比べその特性をもつ利用者が多いことを、逆に、-は少ないことを示す。それぞれの地区の利用者の特徴は、特に自然に対する関わり方という視点から次のように整理された。

##### 地区1：西湖地区

普段の自然体験活動として「野鳥や野草などの自然観察」、「登山・ハイキング」、「俳句・写真・絵」、「ピクニック」が、利用目的として「活動型」および「体験学習型」が多いことが特徴としてあげられた。事前の情報収集があり、「ビジターセンター」への立ち寄りが多く、「エコツーリズム」や「エコツアーガイドライン」について知っている（聞いたことがある）ものが多く、「公共交通」や「ツアーバス」の利用が多かった。「ガイド」、「自然解説シート」、「案内地図」が必要と考えているものが多く、環境配慮意識として「道をはずれない」、「自然を傷つけない」と答えたものが多くみられた。これらのことから、学習的意欲をもちマナーを意識しながら積極的に自然と接することを求めるものが多い地区といえる。

##### 地区2：竜宮地区

普段の自然体験活動としては、「登山・ハイキング」、「散歩」、「花見・紅葉狩り」、「ピクニック」、「ドライブ」が多くあげられた。目的としては、「一般型」が多く、2人での1泊の利用が多かった。「ガイド」、「自然解説シート」、「解説板・案内板」、「案内地図」が必要と考えているものが多いことは地区1と共通していた。宿泊を伴う一般的な観光目的で訪れ、自然と接することを求めているが、その接し方は、楽しむ要素が強く、学習的要素は小さく、地区1に比べるとより受動的な利用者が多い地区といえる。

##### 地区3：富岳地区

普段の自然体験活動として多くあげられた項目はみられず、地区1、地区2でよくすると答えたものの割合が多かった項目で、逆によくすると答えたものの割合が少なかった。マイカーによる3人以上での日帰りの利用が多く、目的としては「目的地型」が多かったが、「事前情報収集」を行なっていたものは少なく、

他施設への立ち寄りも少なかった。ガイドについては、「無料なら必要」と答えたものが多く、「エコツアーリズム」や「エコツアーガイドライン」について知っている（聞いたことがある）ものが少なかった。環境配慮意識として、「道をはずれない」、「自然を傷つけない」と答えたものが少なく、自然との関わりが最も薄く、旅行の行き先の一つとして訪れるいわゆる一般観光客が多い地区といえる。

#### 地区4：大室地区

普段の自然体験活動として多くみられた項目は、「山菜・きのこ採り」、「マウンテンバイク・カヌー」であった。目的としては、「目的地型」および「体験学習型」が多く、ビジターセンターや博物館への立ち寄りが多かった。マイカーによる1人での利用が多く、リピーター（10回以上）の利用者が多かった。「ガイド」、「自然解説シート」、「解説板・案内板」、「案内地図」いずれも必要としないものが多くみられた。対象が特化し明確な目的をもち自分なりのスタイルで自然を楽しむものの利用が多い地区といえる。

#### 4-3-4 利用者の満足意識の把握：満足感得点と混雑感得点

青木ヶ原樹海を利用した総合的な満足感を、0（不満だった）から10（満足だった）点までの11段階でたずねた結果、全体での平均値は7.85点であった。性別にみると、男性で7.69点、女性で8.04点と女性で高い得点を示した（表4-3-33）。

混雑感についても同様に、0（気にならなかった）から10（気になった）点までの11段階でたずねた。平均値は1.92点（男性2.01点、女性1.80点）で、男女間で差はみられなかった（表4-3-33）。富士山登山者で以前に行なった同様の質問に対する回答結果では、実際の登山者数でレベル分けした混雑度が低、中、高と上がるに従って、混雑感得点も、それぞれ4.42、5.21、7.43点と上がっていた。それと比較して、今回の青木ヶ原樹海利用者の混雑感得点は低い値といえ、多くの場合、混雑感はあまり強くないと考えられた。しかし、満足感得点との間には有意な負の相関（相関係数-0.248、 $p < 0.001$ ）が認められた。

地区ごとの違いをみると、満足感得点は、地区1で高く地区3で低い、混雑感得点は、地区3で高く地区1、地区2で低い結果となった（表4-3-34）。男女別にみると、男性では、満足感得点は地区1、地区4で地区2、地区3に比べ高く、混雑感得点は地区3で高く地区1で低かった一方、女性ではいずれも地区による有意な差はみられなかった。

満足感得点と利用者特性との間の関連について検

討を行なった。性別では、女性で男性に比べ得点が高いことは既に示したが、年齢では差はみられなかった（表4-3-35）。来訪回数、来訪人数、利用日数ではいずれも差はみられず、来訪手段では、公共交通での来訪者でマイカーやツアーバスでの利用者に比べ高い得点を示した（表4-3-36）。

利用目的については、「体験学習型」の目的をもつものでその他のものに比べ高い得点を、「不明型」のもので、逆に低い得点を示した（表4-3-37）。普段よくする自然体験活動については、有意な変動が認められた項目のみを表4-3-38に示した。「野鳥や野草などの自然観察」、「クラフト作り」、「散歩」、「俳句・写真・絵」、「花見・紅葉狩り」、「ピクニック」いずれの項目でも、「よくする」あるいは「したことがある」と答えたもので高い値であった。エコツアーへの参加経験の有無では差はみられなかった。

事前情報の収集の有無では、「あり」のもので（表4-3-39）、立ち寄り施設としては「市町村の観光案内所」でのみ（表4-3-40）高い得点を示した。また、エコツアーガイドラインを知っているもので高い得点であった（表4-3-41）。

青木ヶ原樹海に対するイメージについては、利用前のイメージが、否定的、肯定的、なしいずれの場合でも、得点に差はみられなかった。一方、利用後のイメージでは、当然のことではあるが、肯定的イメージのものでは高く、否定的イメージのものでは低い得点を示した（表4-3-42）。

利用の際に必要なものについては、ガイドの必要性別にみた得点に差はなく、自然解説シートを必要とするもののみで得点が高かった（表4-3-43）。

最後に、環境配慮意識についての結果を示す（表4-3-44）。「ゴミを捨てない」、「自然を傷つけない」、「自然に対して何もしない」といった意識をもっているものでは、もっていないものに比べ、得点が高かった。また、配慮意識なしのものでは、逆に得点は低かった。

満足感得点を従属変数とし、利用者特性を独立変数としてステップワイズ重回帰分析（投入0.1、除去0.15）を行なった結果、表4-3-45に示した各項目が満足感得点を説明する有意な変数として選択された。

これらの結果から、混雑感得点の絶対的点数は高くなかったものの混雑感が満足感を低下させていること、それに加え、明確な環境配慮意識をもたない場合に満足感が低下していることが明らかとなった。また、地区ごとの満足感得点の違いには、混雑感得点の違いに加え、先に整理した地区ごとの利用者特性の違いが関連していることが明らかとなった。

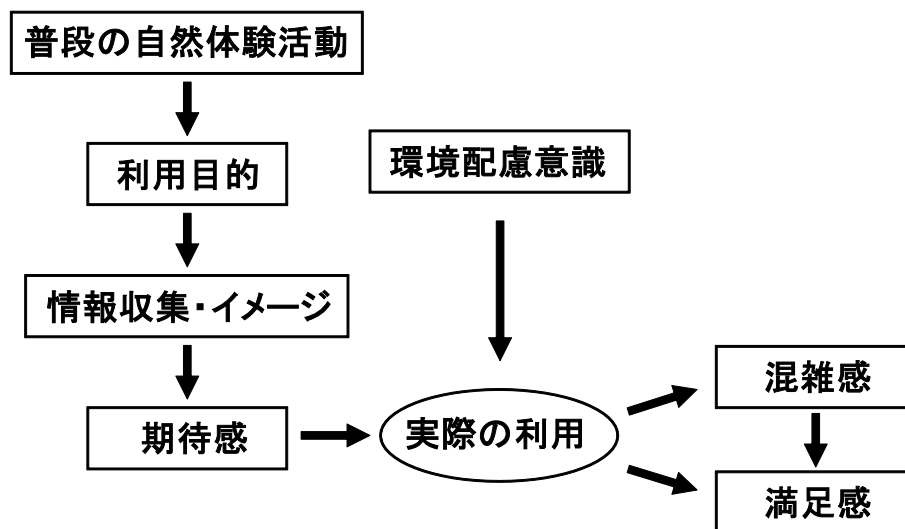


図 4-3-1 利用者意識の形成過程

表 4-3-1 性・年齢別対象者数

	男性	女性	不明	合計
18-19歳	13	7	0	20
20-29歳	217	135	1	353
30-39歳	140	120	1	261
40-49歳	114	93	0	207
50-59歳	108	107	0	215
60-69歳	64	64	2	130
70-79歳	20	18	0	38
80-82歳	1	0	0	1
不明	2	6	0	8
合計	679	550	4	1233

表 4-3-2 対象者の居住地

居住地	人数	%
北海道・東北	10	0.8
北関東	24	1.9
南関東(首都圏)		
埼玉	119	9.7
千葉	114	9.2
東京	327	26.5
神奈川	207	16.8
中部		
山梨	63	5.1
静岡	118	9.6
愛知	87	7.1
山梨・静岡・愛知以外	62	5.0
近畿	62	5.0
中国・四国・九州	39	3.2
不明	1	0.1
合計	1233	100.0

表 4-3-3 来訪回数

来訪回数	人数	%
初めて	799	64.8
2~3回	305	24.7
4~9回	66	5.4
10回以上	61	4.9
不明	2	0.2
合計	1233	100.0

表 4-3-4 来訪人数

来訪人数	人数	%
1人	44	3.6
2人	465	37.7
3人以上	722	58.6
不明	2	0.2
合計	1233	100.0

表 4-3-5 来訪手段

来訪手段	人数	%
マイカー	985	79.9
公共交通	122	9.9
ツアーバス	103	8.4
その他(徒歩・自転車)	19	1.5
不明	4	0.3
合計	1233	100.0

表 4-3-6 利用日数

利用日数	人数	%
日帰り	966	78.3
1泊	207	16.8
2泊以上	56	4.5
不明	4	0.3
合計	1233	100.0

表 4-3-7 利用目的

利用目的		人数	%
一般型	観光、余暇、旅行等	308	25.0
目的地型	洞穴、樹海等	195	15.8
手段型	立ち寄った、ドライブ等	182	14.8
活動型	ハイキング、キャンプ、運動等	407	33.0
静養型	気分転換、保養、森林浴等	72	5.8
体験学習型	自然観察、体験、学習等	64	5.2
不明型	無回答または目的なし	88	7.1

複数回答あり

表 4-3-8 普段の自然体験活動

自然体験活動	よくする		したことがある		したことがない		不明		合計	
	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%	人数	%
野鳥や野草などの自然観察	338	27.4	409	33.2	484	39.3	2	0.2	1233	100
釣り	215	17.4	417	33.8	599	48.6	2	0.2	1233	100
山菜・きのこ採り	169	13.7	302	24.5	760	61.6	2	0.2	1233	100
クラフト作り	49	4.0	171	13.9	1011	82.0	2	0.2	1233	100
農業・林業体験	118	9.6	262	21.2	851	69.0	2	0.2	1233	100
水泳などの川や海、湖での遊び	388	31.5	486	39.4	357	29.0	2	0.2	1233	100
登山・ハイキング	591	47.9	450	36.5	190	15.4	2	0.2	1233	100
散歩	808	65.5	316	25.6	107	8.7	2	0.2	1233	100
俳句・写真・絵	172	13.9	332	26.9	727	59.0	2	0.2	1233	100
花見・紅葉狩り	711	57.7	366	29.7	154	12.5	2	0.2	1233	100
バーベキュー・オートキャンプ	402	32.6	480	38.9	349	28.3	2	0.2	1233	100
ピクニック	423	34.3	493	40.0	315	25.5	2	0.2	1233	100
サイクリング	192	15.6	395	32.0	644	52.2	2	0.2	1233	100
マウンテンバイク・カヌー	65	5.3	184	14.9	982	79.6	2	0.2	1233	100
スキー	367	29.8	386	31.3	478	38.8	2	0.2	1233	100
ドライブ	814	66.0	242	19.6	175	14.2	2	0.2	1233	100

項目の順はアンケート票の順

表 4-3-9 エコツアーへの参加経験

エコツアー参加経験	人数	%
あり	65	5.3
なし	1161	94.2
不明	7	0.6
合計	1233	100.0

表 4-3-10 事前の情報収集

事前情報収集	人数	%
あり	546	44.3
なし	671	54.4
不明	16	1.3
合計	1233	100.0

表 4-3-11 青木ヶ原樹海以外の訪問施設

訪問施設	人数	%
富士ビジターセンター	75	6.1
なるさわ富士山博物館	79	6.4
富士吉田市歴史民俗博物館	53	4.3
市町村の観光案内所	105	8.5
道の駅	493	40.0
その他	55	4.5

表 4-3-12 エコツーリズムおよびエコツアーガイドラインについての認知

	エコツーリズム		エコツアーガイドライン	
	人数	%	人数	%
よく知っている	110	8.9	20	1.6
聞いたことがある	540	43.8	214	17.4
知らない	579	47.0	995	80.7
不明	4	0.3	4	0.3

エコツアーガイドライン：富士山青木ヶ原樹海等エコツアーガイドライン



表 4-3-13 青木ヶ原樹海に対するイメージ

イメージ	人数	%
利用前		
否定的イメージ	449	60.4
回答の多かった3項目		
恐怖感	180	24.2
自殺	167	22.5
暗い	132	17.8
肯定的イメージ	98	13.2
回答の多かった3項目		
豊かな自然	67	9.0
快適感	8	1.1
美しい景観	6	0.8
イメージなし	213	28.7
利用後		
否定的イメージ	68	9.2
肯定的イメージ	422	56.8
イメージなし	261	35.1

対象者: 743人

表 4-3-14 利用の際のガイドの必要性    表 4-3-15 利用の際に必要とするもの

ガイドの必要性	人数	%	自然解説シート		解説板・案内板		案内地図		
			人数	%	人数	%	人数	%	
必要	194	15.7	必要	895	72.6	1100	89.2	1149	93.2
無料なら必要	684	55.5	必要ない	299	24.2	111	9.0	69	5.6
必要ない	325	26.4	不明	39	3.2	22	1.8	15	1.2
不明	30	2.4							
合計	1233	100.0							

表 4-3-16 環境配慮意識

環境配慮意識	人数	%
ゴミを捨てない	662	53.7
自然を傷つけない(大切にする、荒らさない)	132	10.7
自然に対して何もしない(見るだけ、触れない)	127	10.3
道をはずれない	118	9.6
煙草を吸わない	23	1.9
火気厳禁(火を使わない)	6	0.5
ゴミを拾う	5	0.4
その他	11	0.9
なし(無回答)	365	29.6

表 4-3-17 調査地区ごとにみた性別、  
年齢別対象者数

性別	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
男性	93	124	398	64	679
女性	77	107	344	22	550
合計	170	231	742	86	1229

年齢	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
18-19歳	4	1	12	3	20
20-29歳	31	50	248	24	353
30-39歳	24	54	172	11	261
40-49歳	28	48	117	14	207
50-59歳	38	49	106	22	215
60-69歳	36	24	58	12	130
70-79歳	8	6	24	0	38
80-82歳	0	0	0	1	1
合計	169	232	737	87	1225

表 4-3-18 地区別来訪回数

来訪回数	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
初めて	115	158	494	32	799
2~3回	30	48	199	28	305
4~9回	15	11	32	8	66
10回以上	8	15	19	19	61
合計	168	232	744	87	1231

表 4-3-19 地区別来訪人数

来訪人数	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
1人	9	7	18	10	44
2人	58	108	264	35	465
3人以上	102	117	461	42	722
合計	169	232	743	87	1231

表 4-3-20 地区別来訪手段

来訪手段	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
マイカー	92	187	620	86	985
公共交通	25	27	69	1	122
ツアーバス	46	13	44	0	103
その他(徒歩・自転車)	7	5	7	0	19
合計	170	232	740	87	1229

表 4-3-21 地区別利用日数

利用日数	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
日帰り	140	157	601	68	966
1泊	18	60	111	18	207
2泊以上	10	15	30	1	56
合計	168	232	742	87	1229

表 4-3-22 地区別利用目的

利用目的		地区1	地区2	地区3	地区4	合計
	回答者数	170	232	744	87	1233
一般型	観光、余暇、旅行等	17	86	199	6	308
目的地型	洞穴、樹海等	2	19	148	26	195
手段型	立ち寄った、ドライブ等	27	38	104	13	182
活動型	ハイキング、キャンプ、運動等	91	66	224	26	407
静養型	気分転換、保養、森林浴等	14	10	43	5	72
体験学習型	自然観察、体験、学習等	22	7	23	12	64
不明型	無回答または目的なし	10	15	57	6	88

表 4-3-23 地区別にみた普段「よくする」自然体験活動

自然体験活動	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
回答者数	170	232	743	86	1231
野鳥や野草などの自然観察	81	75	156	26	338
釣り	30	46	119	20	215
山菜・きのこ採り	26	38	83	22	169
クラフト作り	12	10	26	1	49
農業・林業体験	17	27	67	7	118
水泳などの川や海、湖での遊び	41	84	240	23	388
登山・ハイキング	106	126	314	45	591
散歩	124	168	464	52	808
俳句・写真・絵	39	37	80	16	172
花見・紅葉狩り	107	151	401	52	711
バーベキュー・オートキャンプ	40	81	254	27	402
ピクニック	77	93	229	24	423
サイクリング	25	38	113	16	192
マウンテンバイク・カヌー	10	14	30	11	65
スキー	34	72	230	31	367
ドライブ	99	166	491	58	814

「よくする」と答えた人の人数

表 4-3-24 地区別エコツアー参加経験

エコツアー参加経験	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
あり	14	18	28	5	65
なし	155	213	711	82	1161
合計	169	231	739	87	1226

表 4-3-25 地区別事前情報収集

事前情報収集	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
あり	87	115	304	40	546
なし	79	115	430	47	671
合計	166	230	734	87	1217

表 4-3-26 地区別にみた青木ヶ原樹海以外の訪問施設

訪問施設	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
回答者数	170	232	744	87	1233
富士ビジターセンター	19	13	33	10	75
なるさわ富士山博物館	14	10	39	16	79
富士吉田市歴史民俗博物館	13	9	20	11	53
市町村の観光案内所	19	27	52	7	105
道の駅	57	99	301	36	493

表 4-3-27 地区別にみたエコツーリズムおよびエコツアーガイドラインについての認知

エコツーリズム	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
よく知っている	20	24	59	7	110
聞いたことがある	89	98	312	41	540
知らない	61	110	369	39	579
合計	170	232	740	87	1229

表 4-3-28 地区別にみた青木ヶ原樹海に対するイメージ

イメージ	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
回答者数	99	140	470	34	743
利用前					
否定的イメージ	58	94	281	16	449
肯定的イメージ	11	13	67	7	98
イメージなし	32	37	132	12	213
利用後					
否定的イメージ	4	12	50	2	68
肯定的イメージ	67	81	259	15	422
イメージなし	29	48	167	17	261

エコツアーガイドライン	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
よく知っている	6	6	7	1	20
聞いたことがある	43	46	107	18	214
知らない	121	180	626	68	995
合計	170	232	740	87	1229

エコツアーガイドライン：富士山青木ヶ原樹海等エコツアーガイドライン

表 4-3-29 地区別にみたガイドの必要性

ガイドの必要性	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
必要	42	58	83	11	194
無料なら必要	80	131	433	40	684
必要ない	40	40	210	35	325
合計	162	229	726	86	1203

表 4-3-30 地区別にみた利用の際に必要なもの

自然解説シート	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
必要	132	186	522	55	895
必要ない	30	42	198	29	299
合計	162	228	720	84	1194

解説板・案内板	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
必要	152	217	658	73	1100
必要ない	11	12	75	13	111
合計	163	229	733	86	1211

案内地図	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
必要	163	226	686	74	1149
必要ない	3	5	49	12	69
合計	166	231	735	86	1218

表 4-3-31 地区別環境配慮意識

環境配慮意識	地区1	地区2	地区3	地区4	合計
回答者数	170	232	744	87	1233
ゴミを捨てない	86	120	410	46	662
自然を傷つけない(大切にする、荒らさない)	27	29	66	10	132
自然に対して何もしない(見るだけ、触れない)	20	26	73	8	127
道をはずれない	28	22	60	8	118
煙草を吸わない	3	4	15	1	23
火気厳禁(火を使わない)	2	2	2	0	6
ゴミを拾う	2	1	2	0	5
その他	1	2	7	1	11
なし(無回答)	40	70	225	30	365

表 4-3-32 調査地区ごとの利用者特性(1)

	地区1	地区2	地区3	地区4
性別				
男性				+++
年齢				
～29歳	--	--	+++	
30～49歳	-	+		
50～歳	+++		---	
来訪回数				
初めて				---
2～3回	-		+	
4～9回	+		-	
10回以上			---	+++
来訪人数				
1人			-	++
2人		++	-	
3人以上		--	++	-
来訪手段				
マイカー	---		+++	+++
公共交通	+			--
ツアーバス	+++		---	--
利用日数				
日帰り		---	+	
1泊	-	+++	-	
2泊以上				
利用目的				
一般型	---	+++		---
目的地型	---	---	+++	++
手段型				
活動型	+++		--	
静養型				
体験学習型	+++		---	++
不明型				

表 4-3-32 調査地区ごとの利用者特性(2)

	地区1	地区2	地区3	地区4
自然体験活動(「よくする」)				
野鳥や野草などの自然観察	+++		---	
釣り				
山菜・きのこ採り			--	++
クラフト作り	+			
農業・林業体験				
水泳などの川や海、湖での遊び	-			
登山・ハイキング	+++	+	---	
散歩	+	+	--	
俳句・写真・絵	++		---	
花見・紅葉狩り		+	--	
バーベキュー・オートキャンプ	--			
ピクニック	++	+	--	
サイクリング				
マウンテンバイク・カヌー			-	++
スキー	--			
ドライブ	-	+		
エコツアー参加経験				
あり			--	
事前情報収集				
あり	+		--	
訪問施設				
富士ビジターセンター	++		--	+
なるさわ富士山博物館			-	+++
富士吉田市歴史民俗博物館	+		--	++
市町村の観光案内所			-	
道の駅				
エコツーリズム認知				
よく知っている、聞いたことがある	++		-	
エコツアーガイドライン認知				
よく知っている、聞いたことがある	++		---	
ガイド				
必要	++	+++	---	
無料なら必要	-		+	-
必要ない		---		++
自然解説シート				
必要	+	+	-	-
解説板・案内板				
必要		+		-
案内地図				
必要	+	+		--
環境配慮意識				
ゴミを捨てない				
自然を傷つけない(大切にする、荒らさない)	+		-	
自然に対して何もしない(見るだけ、触れない)				
道はずれない	++		-	
煙草を吸わない				
火気厳禁(火を使わない)				
ゴミを拾う				
なし(無回答)				
利用前イメージ				
肯定的イメージ				
否定的イメージ				

+++、---: p&lt;0.001

++、--: p&lt;0.01

+、-: p&lt;0.05

表 4-3-33 性別満足感得点、混雑感得点

	満足感得点					混雑感得点			
	人数	平均値	標準偏差	t-検定		人数	平均値	標準偏差	t-検定
男性	678	7.69	1.68			676	2.01	2.19	
女性	546	8.04	1.71			546	1.80	2.11	
合計	1224	7.85	1.70	p<0.001		1222	1.92	2.15	ns

ns: 有意差なし(以下同じ)

表 4-3-34 地区別にみた満足感得点、混雑感得点

全体

満足感得点

	人数	平均値	標準偏差	一元配置分散分析
地区1	169	8.38	1.48	a
地区2	231	7.79	1.69	bc
地区3	741	7.70	1.75	c
地区4	87	8.13	1.52	ab
合計	1228	7.84	1.70	p<0.001

混雑感得点

	人数	平均値	標準偏差	一元配置分散分析
地区1	169	1.53	1.90	b
地区2	231	1.64	1.98	b
地区3	739	2.12	2.24	a
地区4	87	1.71	2.05	ab
合計	1226	1.92	2.15	p<0.01

有意な変動がみられた場合、同じアルファベットは値の間で有意差のないことを示す。

(以下同じ)

男性

満足感得点

	人数	平均値	標準偏差	一元配置分散分析
地区1	93	8.30	1.39	a
地区2	124	7.68	1.65	b
地区3	397	7.47	1.73	b
地区4	64	8.13	1.57	a
合計	678	7.69	1.68	p<0.001

混雑感得点

	人数	平均値	標準偏差	一元配置分散分析
地区1	93	1.58	1.77	b
地区2	124	1.71	2.01	ab
地区3	395	2.24	2.32	a
地区4	64	1.84	2.10	ab
合計	676	2.01	2.19	p<0.05

女性

満足感得点

	人数	平均値	標準偏差	一元配置分散分析
地区1	76	8.47	1.58	
地区2	106	7.93	1.75	
地区3	342	7.98	1.73	
地区4	22	8.14	1.46	
合計	546	8.04	1.71	ns

混雑感得点

	人数	平均値	標準偏差	一元配置分散分析
地区1	76	1.46	2.07	
地区2	106	1.56	1.96	
地区3	342	1.97	2.16	
地区4	22	1.41	1.89	
合計	546	1.80	2.11	ns

表 4-3-35 年齢別満足感得点

年齢	人数	平均値	標準偏差	一元配置分散分析
18-19歳	20	7.95	1.79	
20-29歳	353	7.96	1.68	
30-39歳	260	7.75	1.70	
40-49歳	207	7.79	1.81	
50-59歳	214	7.66	1.66	
60-69歳	128	7.92	1.67	
70-82歳	38	8.47	1.43	
合計	1220	7.85	1.70	ns

表 4-3-36 来訪手段別満足感得点

来訪手段	人数	平均値	標準偏差	一元配置分散分析
マイカー	982	7.79	1.72	b
公共交通	122	8.34	1.52	a
ツアーバス	101	7.71	1.63	b
合計	1205	7.83	1.70	p<0.01



表 4-3-37 目的別満足感得点

目的		人数	平均値	標準偏差	t-検定
一般型	非該当者	920	7.80	1.72	ns
	該当者	308	7.96	1.63	
目的地型	非該当者	1033	7.87	1.71	ns
	該当者	195	7.69	1.67	
手段型	非該当者	1049	7.87	1.65	ns
	該当者	179	7.68	1.96	
活動型	非該当者	822	7.81	1.72	ns
	該当者	406	7.91	1.67	
静養型	非該当者	1157	7.83	1.71	ns
	該当者	71	8.06	1.48	
体験学習型	非該当者	1164	7.80	1.71	p<0.001
	該当者	64	8.63	1.33	
不明型	非該当者	1141	7.88	1.68	p<0.01
	該当者	87	7.38	1.86	
合計		1228	7.84	1.70	

表 4-3-38 普段の自然体験活動別満足感得点

自然体験活動		人数	平均値	標準偏差	一元配置分散分析
野鳥や野草などの自然観察	よくする	333	8.07	1.66	a
	したことがある	409	7.80	1.65	b
	したことがない	484	7.72	1.76	b
	合計	1226	7.84	1.70	p<0.05
クラフト作り	よくする	48	8.38	1.65	a
	したことがある	170	7.98	1.55	ab
	したことがない	1008	7.80	1.72	b
	合計	1226	7.84	1.70	p<0.05
散歩	よくする	803	7.93	1.65	a
	したことがある	316	7.77	1.69	a
	したことがない	107	7.42	2.00	b
	合計	1226	7.84	1.70	p<0.05
俳句・写真・絵	よくする	171	8.35	1.54	a
	したことがある	330	7.90	1.65	b
	したことがない	725	7.70	1.74	b
	合計	1226	7.84	1.70	p<0.001
花見・紅葉狩り	よくする	706	7.91	1.67	a
	したことがある	366	7.92	1.63	a
	したことがない	154	7.35	1.90	b
	合計	1226	7.84	1.70	p<0.01
ピクニック	よくする	419	8.05	1.66	a
	したことがある	493	7.78	1.65	b
	したことがない	314	7.66	1.80	b
	合計	1226	7.84	1.70	p<0.01

有意差がみられた項目のみを示す

表 4-3-39 事前情報収集別満足感得点

事前情報収集	人数	平均値	標準偏差	t-検定
あり	541	7.95	1.64	
なし	671	7.76	1.74	
合計	1212	7.84	1.70	p<0.05

表 4-3-40 訪問施設別満足感得点

訪問施設	人数	平均値	標準偏差	t-検定
市町村の 観光案内所	1123	7.81	1.70	
非該当者	105	8.21	1.69	
該当者	1228	7.84	1.70	p<0.05

有意差がみられた項目のみを示す

表 4-3-41 エコツアーガイドラインについての  
認知別満足感得点

エコツアーガイドライン	人数	平均	標準偏差	一元配置分散分析
よく知っている	20	8.20	1.82	a
聞いたことがある	213	8.07	1.49	ab
知らない	993	7.78	1.74	b
合計	1226	7.84	1.70	p<0.05

エコツアーガイドライン：富士山青木ヶ原樹海等エコツアーガイドライン

表 4-3-42 利用後イメージ別満足感得点

利用後イメージ	人数	平均値	標準偏差	t-検定
否定的イメージ	671	7.80	1.80	
非該当者	68	7.15	2.14	p<0.01
該当者	318	7.53	2.05	
肯定的イメージ	421	7.90	1.65	p<0.01
非該当者	481	7.80	1.74	
該当者	258	7.61	2.02	ns
イメージなし	739	7.74	1.84	

表 4-3-43 利用の際に必要とするものの別満足感得点

利用の際に必要とするもの	人数	平均値	標準偏差	t-検定
自然解説シート	299	7.62	1.81	
非該当者	893	7.94	1.64	
該当者	1192	7.86	1.69	p<0.01

有意差がみられた項目のみを示す

表 4-3-44 環境配慮意識別満足感得点

環境配慮意識	人数	平均値	標準偏差	t-検定
ゴミを捨てない	568	7.73	1.76	
非該当者	660	7.94	1.64	p<0.05
該当者	1096	7.79	1.73	
自然を傷つけない(大切にする、荒らさない)	132	8.30	1.41	p<0.01
非該当者	1102	7.80	1.70	
該当者	126	8.17	1.69	p<0.05
自然に対して何もしない(見るだけ、触れない)	1110	7.82	1.71	
非該当者	118	8.07	1.62	ns
該当者	866	7.97	1.64	
道をはずれない	362	7.54	1.80	p<0.001
なし(無回答)	1228	7.84	1.70	

表 4-3-45 満足感得点を従属変数とした重回帰分析結果

	$\beta$
混雑感得点	-0.244 ***
自然体験活動「俳句・写真・絵」	0.099 ***
女性	0.091 **
エコツアーガイドライン認知	0.082 **
環境配慮意識「なし」	-0.083 **
来訪手段「公共交通」	0.085 **
目的「体験学習型」	0.080 **
目的「一般型」	0.056 *
	$R^2=0.117$
	$F=18.7***$

\*\*\*:p&lt;0.001, \*\*:p&lt;0.01, \*:p&lt;0.05

#### 4-4 利用者体験の質評価のための指標の検討

##### 4-4-1 はじめに

利用者体験の質を評価するにあたって用いられる利用者の満足感、事前の期待感と実際の利用による期待の充足感との相対的な関係によって生じる（図 4-3-1、既出）。すなわち、利用者は期待が充足されれば満足と感じ、逆に、期待が阻害されれば不満を感じることになる。したがって、利用者がもつ期待について検討することが重要と考え、まず、利用によって生じた満足や不満に対する自由回答の記述から、利用者が抱えている期待を構造化、分類することとした。その結果をもとに、分類群に応じた質問項目を設定するという手法により、利用者体験の質を評価するための指標を作成し、アンケート調査を実施した。

##### 4-4-2 期待の分類と指標の作成

先に述べた予備的調査（2005 年）において、341 人から得られた「満足」と「不満」についての自由回答の記述内容について吟味し、解釈が困難なものは分析対象外とした。また、内容に 2 つ以上の意味を含む場合には、それぞれ独立した記述として扱った。これらの手順によって得られた 319 の満足および不満を名詞と形容詞に区別して把握し、数量化Ⅲ類分析を行なった結果、5 つのグループが抽出された（図 4-4-1、寄与率は、1 軸 10.0%、2 軸 9.8%、3 軸 9.4%で、解釈がむずかしい 2 軸を外し、それぞれ「自然性」と「対人関係性」を表すと解釈された 1 軸と 3 軸を用いてプロットした）。包含される要素の意味内容から、これら 5 つの分類群は、①公園資源の享受、②野趣性・独居性の保持、③適切な対人関係の構築、④情報や施設の円滑な利用、⑤清潔・快適な空間の利用に対する期待を表すと判断された。

さらに、以下に示すように、それぞれの分類群に含まれる具体的な期待を 4~6 項目作成し、合計 23 項目を利用者体験の質を評価するための指標とした。

###### ①公園資源の享受に対する期待

- 1-1 自然や緑を楽しむことができた
- 1-2 動物や植物を見ることができた
- 1-3 空気がきれいだった
- 1-4 洞穴や溶岩地形を楽しめた
- 1-5 自然がよく守られていた
- 1-6 よい運動ができた

###### ②野趣性・独居性の保持に対する期待

- 2-1 やすらぐことができた
- 2-2 静かに落ち着いて楽しむことができた
- 2-3 心がいやされた
- 2-4 人が少なく良かった

###### ③適切な対人関係の構築に対する期待

- 3-1 団体利用者のマナーが良かった
- 3-2 他の利用者（団体利用者除く）のマナーが良かった
- 3-3 同行した家族や友人と語らうことができた
- 3-4 他の利用者と挨拶を交わすことができた

###### ④情報や施設の円滑な利用に対する期待

- 4-1 案内板がよく整備され、道に迷わずに利用できた
- 4-2 解説板の内容がわかりやすかった
- 4-3 遊歩道がよく整備され歩きやすかった
- 4-4 駐車場やトイレなどの施設を利用しやすかった

###### ⑤清潔・快適な空間の利用に対する期待

- 5-1 樹海にゴミが少なくて良かった
- 5-2 遊歩道や施設の整備がいきすぎず満足だった
- 5-3 駐車場やトイレなどの施設が清潔、快適に保たれていた
- 5-4 暗い雰囲気もなく気持ちよかった

##### 4-4-3 アンケート調査結果

これら 23 の指標について、10 点満点（0 から 10 点までの 11 段階）で点数をつけてもらうアンケート調査を先に述べたように他の項目と合わせ実施し、775 人（男性 439 人、女性 334 人、不明 2 人）から回答を得た。

各指標の点数の分布を図 4-4-2 に示すとともに、平均値を表 4-4-1 に示す。平均値が高かった指標は、「空気がきれいだった」（9.12）、「自然や緑を楽しむことができた」（8.59）、「心がいやされた」（8.57）、「良い運動ができた」（8.51）で、10 点をつけたものも、それぞれ、61.4%、46.5%、47.0%、47.6%と高い割合でみられた。一方、平均値が低かった指標は、「他の利用者と挨拶を交わすことができた」（6.16）、「駐車場やトイレなどの施設が清潔、快適に保たれていた」（6.35）、「団体利用者のマナーが良かった」（6.36）、「解説版の内容が分かりやすかった」（6.36）、「駐車場やトイレなどの施設を利用しやすかった」（6.70）、「案内板がよく整備され、道に迷わずに利用できた」（6.75）、「動物や植物を見ることができた」（6.81）であった。これら 7 つの指標では 10 点満点をつけたものの割合が低いだけでなく、4 点以下の極端に低い点数をつけたものが、「団体利用者のマナーが良かった」（3.1%）、「駐車場やトイレなどの施設を利用しやすかった」（6.5%）を除く 5 指標では、8.5~12.9%と高い割合でみられた。

分類群別にみると、公園資源の享受に対する期待については、「動物や植物を見ることができた」以外の

指標は平均値も高く、充足され満足感が得られていた。野趣性・独居性の保持に対する期待についても、「人が少なく良かった」では、やや平均値が低く、4 点以下の極端に低い点数をつけたものが 5.3%みられたものの、同様に概ね充足され満足感が得られていると考えられた。これに対し、適切な対人関係の構築に対する期待、情報や施設の円滑な利用に対する期待、清潔・快適な空間の利用に対する期待については、全体的に平均値が低く、8 点を超えた項目は「同行した家族や友人と語ることができた」(8.35)、「樹海にゴミが少なく良かった」(8.03) の 2 指標のみであった。また、4 点以下の極端に低い点数をつけたものの割合が高い指標が多く含まれ、これらの分類群については期待が阻害され不満感が生じていると判断された。

総合的な満足感得点と各指標の得点との間の相関係数を表 4-4-2 に示す。公園資源の享受に対する期待および、野趣性・独居性の保持に対する期待についての指標との間で、高い相関係数を示すものが多かった。

次に、地区別にみた各指標の平均値を一元配置分散分析の結果とともに表 4-4-3 に示す。この結果をもとに各地区の特徴を整理した。

#### 地区 1：西湖地区

多くの指標で他の地区に比べ高い得点を示した。先に示したよう全体としての満足感得点も高く（表 4-3-34、既出）、大多数の利用者に高い満足感をもって利用されている地区といえる。

#### 地区 2：竜宮地区

「自然や緑を楽しむことができた」で特に高い得点を示した。「人が少なく良かった」の得点は低いものの、「団体利用者のマナーが良かった」の得点は低く、マナーに対するとらえ方は、単に人が多いこととは異なることが示唆された。情報や施設の円滑な利用に対する期待では、「案内板がよく整備され、道に迷わずに利用できた」以外では比較的高い得点を示していたが、この地区は、ハイキングコースの途中に位置し、山歩きとしての利用のなかでこのような評価になったと考えられる。

#### 地区 3：富岳地区

一般観光客目的の施設がある地区で、多い時には 1,000 人を超える利用者が遊歩道を利用している。野趣性・独居性の保持に対する期待についての指標で得点が低く、「人が少なく良かった」は他の 3 地区に比べ特に低い得点であった。また、適切な対人関係の構築に対する期待のなかでも、「団体利用者のマナー

が良かった」、「他の利用者と挨拶を交わすことができた」で低い得点を示した。

この地区の遊歩道は他の地区に比べればかなり整備されている方だが、情報や施設の円滑な利用に対する期待のなかで、「遊歩道がよく整備され、歩きやすかった」の得点は他の地区に比べ高くなく、利用者にとっての十分な満足感には結びついていないと考えられた。また、この期待分類のなかの他の指標についても、他の地区に比べると高い得点を示していたものの、満足感としてはそれほど高い得点ではなく、清潔・快適な空間の利用の各指標の得点もあまり高いことを合わせ、一般観光客が多く訪れる地区としての施設整備のあり方について検討する必要があることが示唆された。

#### 地区 4：大室地区

この地区は、一般観光客があまり訪れるような場所ではなく、また、それほど多くに人が訪れるような場所でもない。その一方で、時期によってはツアー等団体での利用が多い場所でもある。そのことが、「静かに、落ち着いて楽しむことができた」、「人が少なく良かった」、あるいは「他の利用者と挨拶を交わすことができた」といった指標の得点が高い反面、団体利用も含め利用者が予想以上に多かった場合にマナーについての得点が低くなったものと考えられた。

情報や施設の円滑な利用に対する期待、清潔・快適な空間の利用に対する期待については、全体的にみて低い得点を示す指標が多いことを示したが、特にこの地区で低い得点であったことには、駐車可能なスペースが狭く、付近にトイレがないことが関連していると考えられた。この地区は、人工的な整備が最も少なく、利用者は自分なりのスタイルで自然を楽しむために 1 人で訪れ、案内板や解説板を必要とせず、野趣性・独居性を求めるものが多い特徴があるものの、最低限の整備を求めていることが示唆された。

青木ヶ原樹海を訪れた利用目的による各指標の得点の違いを検討するため、平均値の t-検定を行なった結果を表 4-4-4 に示す。「活動型」および「体験学習型」の目的をもった利用者で、高い得点を示す指標が多くみられた。このことが、これらの目的をもった利用者が多い西湖地区で、多くの指標で他の地区に比べ高い得点を示したことに関連していると考えられた。

また、利用者特性のなかで、環境配慮意識の有無との関連について検討した（表 4-4-5）。「ゴミを捨てない」と答えたものでは、公園資源の享受についての指標（「良い運動ができた」を除く）で、得点が高かった。また、「自然を傷つけない」と答えたものでは、

ほとんど全ての指標で、得点が高かった。一方、環境配慮意識「なし」ものでは、多くの項目で得点が低くなっていた。先の分析で、総合的な満足感についても、環境配慮意識「なし」のものでは得点が低いことが示されており、環境配慮意識をもって利用することが利用者体験の質に対する評価を向上させることが明らかとなった。

#### 4-5 考察・課題

以上のように、青木ヶ原樹海のなかでも利用が多い地区として4つの地区を選定し、利用状況や利用者特性、利用者意識の違いを把握する目的での調査を実施した。その結果、利用者数の季節変動や、ツアー利用と一般利用のどちらの利用が多いかといった利用形態の地区による違いが明らかとなった。また、それぞれの地区で利用者特性が異なり、それに応じて、総合的な満足感得点や、期待の分類に基づいて作成した指標のなかで期待に対する充足感の高い項目にも違いがあることが明らかとなった。

特性の異なる多様な利用者の体験の質を向上させるためには、利用実態の違いから地区区分を行ない、自然環境特性を考慮に入れながら、それぞれの地区の水準にあった適切な施設（トイレ、遊歩道、案内板等）・空間整備や情報提供、利用規制をも含めた管理計画をたてていくことが重要となる。今回提案した利用者体験の質評価のための指標についての調査結果から、利用者の期待分類に従って、それぞれの期待を充足させるために有効と考えられる管理施策を表4-5-1にまとめた。今後、適正な管理を進めていくうえでは、期待の充足度に対する4地区の相対的比較だけでなく、評価の恒常性等について継続的に調査しその妥当性を検証していくとともに、その絶対的な値を高めていくことが必要となる。

明確な目的や的確なイメージをもって利用することが高い満足感につながる事が明らかになったことから、利用者に対してより質の高い利用を促すためには、事前の動機づけや情報提供によって、具体的なイメージや目的をもたせることが重要となる。また、全体的な満足感得点だけでなく、利用者体験の質に関する各指標に対する評価点の向上のためには、明確な環境配慮意識をもつことが重要であることが示され、環境配慮意識を伴った利用を促進することで、より高い満足を提供できると考えられた。利用者の環境配慮意識を高めることは、自然環境資源の質の維持にもつながり、そのことが体験の質をさらに向上させることにもなるといえる。環境配慮意識を伴った利用を促進するための環境教育・啓蒙活動の充実が必要になるとともに、ガイド付きのツアー（エコツアー）参加者の意識形成の把握に関する調査を通して、環境配慮意識形成の上で重要な役割を果たすガイドの活用方法について検討する必要があることが示された。

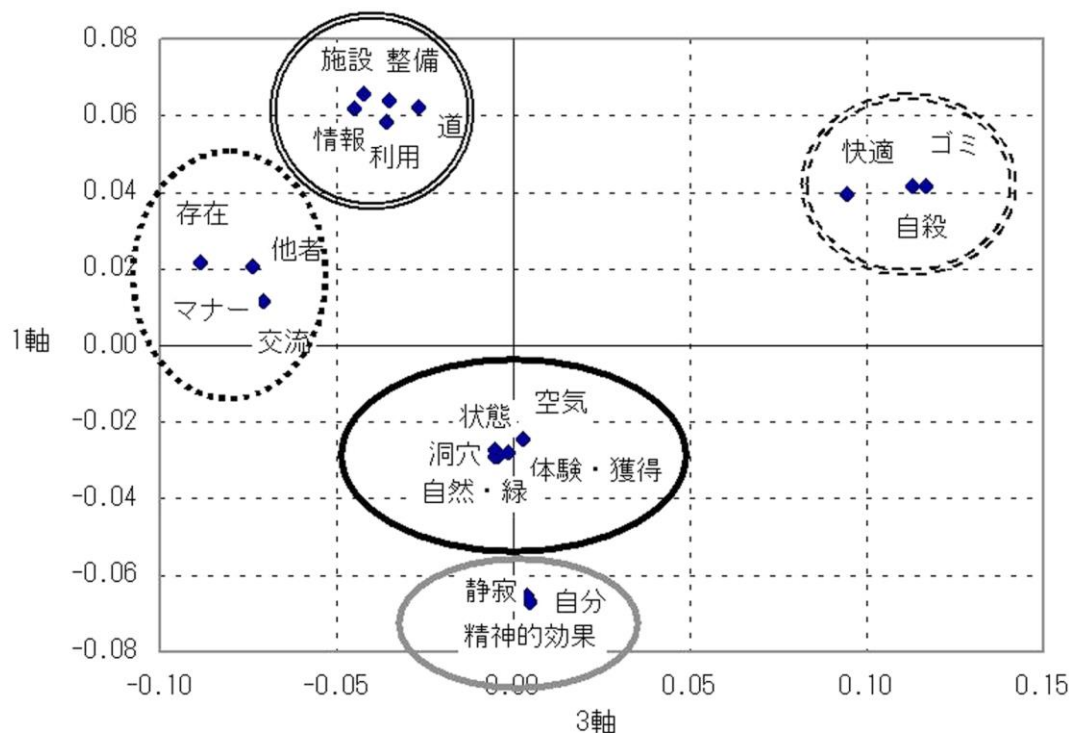


図 4-4-1 利用者の期待の分類

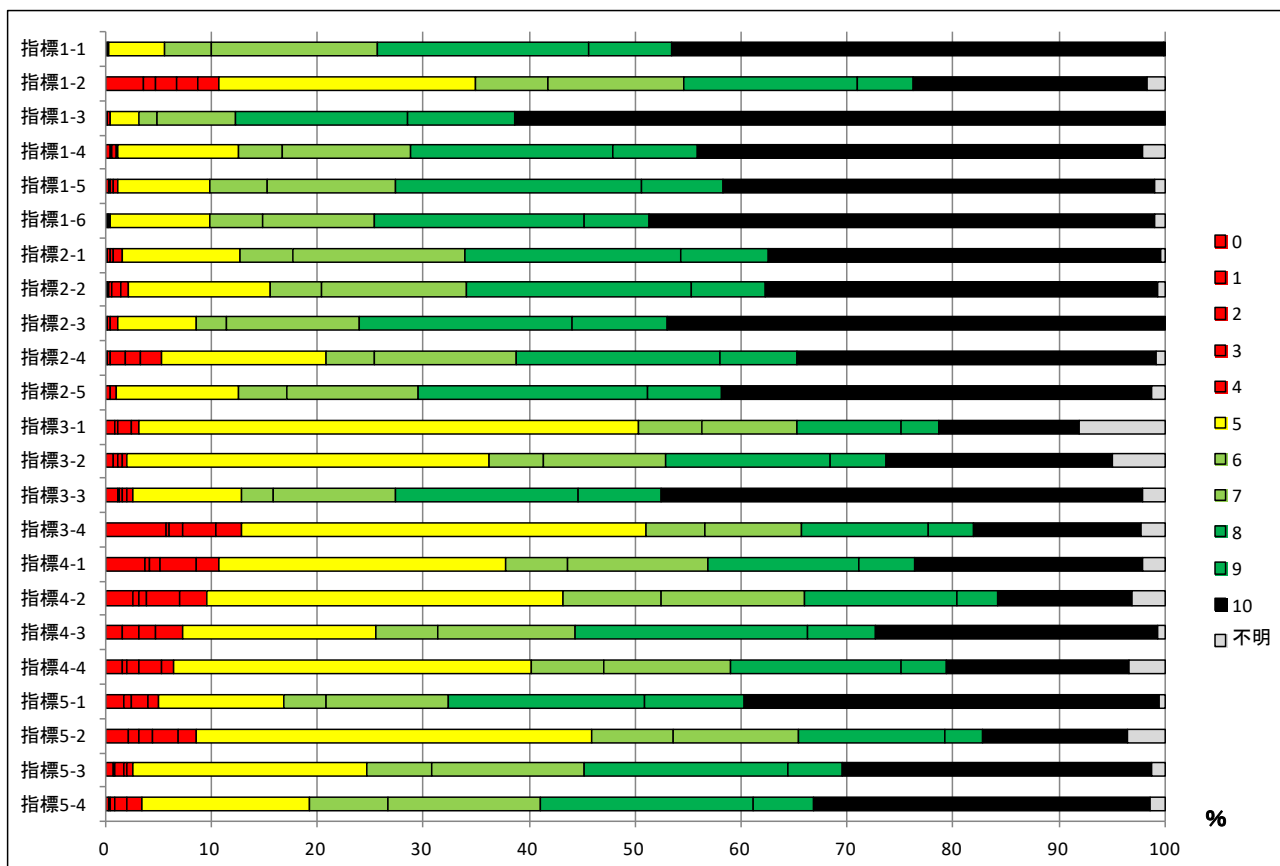


図 4-4-2 期待指標項目の点数分布



表 4-4-1 期待指標項目の平均値

期待分類	指標番号	指標項目	人数	平均値	標準偏差
公園資源の享受					
	1-1	自然や緑を楽しむことができた	774	8.59	1.57
	1-2	動物や植物を見ることができた	762	6.81	2.58
	1-3	空気がきれいだった	775	9.12	1.33
	1-4	洞穴や溶岩地形を楽しめた	759	8.31	1.88
	1-5	自然がよく守られていた	767	8.34	1.77
	1-6	良い運動ができた	767	8.51	1.73
野趣性・独居性の保持					
	2-1	やすらぐことができた	772	8.15	1.82
	2-2	静かに、落ち着いて楽しむことができた	770	8.06	1.93
	2-3	心がいやされた	775	8.57	1.68
	2-4	人が少なくて良かった	769	7.79	2.14
	2-5	日常のストレスから解放された	765	8.28	1.79
適切な対人関係の構築					
	3-1	団体利用者のマナーが良かった	712	6.36	2.03
	3-2	他の利用者(団体利用者除く)のマナーが良かった	737	7.07	2.13
	3-3	同行した家族や友人と語らうことができた	759	8.35	2.04
	3-4	他の利用者と挨拶を交わすことができた	758	6.16	2.59
情報や施設の円滑な利用					
	4-1	案内板がよく整備され、道に迷わずに利用できた	759	6.75	2.55
	4-2	解説板の内容が分かりやすかった	751	6.36	2.24
	4-3	遊歩道がよく整備され、歩きやすかった	770	7.40	2.28
	4-4	駐車場やトイレなどの施設を利用しやすかった	749	6.70	2.25
清潔・快適な空間の利用					
	5-1	樹海にゴミが少なくて良かった	771	8.03	2.22
	5-2	駐車場やトイレなどの施設が清潔、快適に保たれていた	748	6.35	2.27
	5-3	遊歩道や施設の整備がいきすぎず、満足だった	765	7.54	2.11
	5-4	暗い雰囲気もなく、気持ちよかった	764	7.75	2.03

表 4-4-2 期待指標項目と満足感得点との相関係数

期待分類	指標番号	指標項目	人数	相関係数
公園資源の享受				
	1-1	自然や緑を楽しむことができた	771	0.483
	1-2	動物や植物を見ることができた	760	0.234
	1-3	空気がきれいだった	772	0.498
	1-4	洞穴や溶岩地形を楽しめた	757	0.389
	1-5	自然がよく守られていた	764	0.462
	1-6	良い運動ができた	764	0.407
野趣性・独居性の保持				
	2-1	やすらぐことができた	769	0.478
	2-2	静かに、落ち着いて楽しむことができた	768	0.434
	2-3	心がいやされた	772	0.513
	2-4	人が少なくて良かった	767	0.322
	2-5	日常のストレスから解放された	762	0.535
適切な対人関係の構築				
	3-1	団体利用者のマナーが良かった	709	0.220
	3-2	他の利用者(団体利用者除く)のマナーが良かった	734	0.284
	3-3	同行した家族や友人と語らうことができた	756	0.404
	3-4	他の利用者と挨拶を交わすことができた	755	0.208
情報や施設の円滑な利用				
	4-1	案内板がよく整備され、道に迷わずに利用できた	756	0.223
	4-2	解説板の内容が分かりやすかった	748	0.220
	4-3	遊歩道がよく整備され、歩きやすかった	767	0.328
	4-4	駐車場やトイレなどの施設を利用しやすかった	746	0.229
清潔・快適な空間の利用				
	5-1	樹海にゴミが少なくて良かった	769	0.237
	5-2	駐車場やトイレなどの施設が清潔、快適に保たれていた	763	0.406
	5-3	遊歩道や施設の整備がいきすぎず、満足だった	746	0.308
	5-4	暗い雰囲気もなく、気持ちよかった	761	0.481

表 4-4-3 調査地区別にみた期待指標項目の平均値

期待分類	指標番号	指標項目	地区1			地区2			地区3			地区4			一元配置分散分析	
			人数	平均値	標準偏差	人数	平均値	標準偏差	人数	平均値	標準偏差	人数	平均値	標準偏差		
公園資源の享受	1-1	自然や緑を楽しむことができた	98	8.52	1.55 b	141	8.99	1.32 a	485	8.49	1.64 b	70	8.53	1.49 b	*	
	1-2	動物や植物を見ることができた	98	7.18	2.29	139	7.12	2.54	455	6.69	2.63	70	6.53	2.70	ns	
	1-3	空気がきれいだった	99	9.34	1.06	141	9.21	1.30	485	9.05	1.38	70	9.11	1.36	ns	
	1-4	洞穴や溶岩地形を楽しめた	94	8.26	1.81	138	8.48	1.86	457	8.31	1.84	70	8.07	2.28	ns	
	1-5	自然がよく守られていた	97	8.59	1.47	140	8.35	1.85	460	8.33	1.81	70	8.06	1.71	ns	
	1-6	良い運動ができた	97	8.77	1.43 a	141	8.41	1.83 ab	459	8.56	1.73 a	70	8.03	1.86 b	*	
野趣性・雑居性の保持	2-1	やすらぐことができた	98	8.27	1.68 ab	140	8.56	1.64 a	464	8.00	1.90 b	70	8.16	1.72 ab	*	
	2-2	静かに、落ち着いて楽しむことができた	98	8.41	1.53 a	139	8.19	1.92 a	463	7.91	2.02 a	70	8.37	1.72 a	*	
	2-3	心がいやされた	99	9.04	1.25 a	141	8.57	1.87 b	485	8.47	1.76 b	70	8.60	1.62 b	*	
	2-4	人が少なくて良かった	98	8.47	1.76 a	140	8.21	1.95 a	461	7.41	2.26 b	70	8.50	1.55 a	***	
	2-5	日常のストレスから解放された	97	8.69	1.49	140	8.30	1.84	458	8.20	1.85	70	8.20	1.63	ns	
適切な対人関係の構築	3-1	団体利用者のマナーが良かった	87	6.93	1.84 a	127	6.14	2.09 b	432	6.38	2.07 b	66	5.91	1.72 b	**	
	3-2	他の利用者(団体利用者除く)のマナーが良かった	89	7.43	1.99 a	134	6.94	2.29 ab	447	7.13	2.09 a	67	6.40	2.07 b	*	
	3-3	同行した家族や友人と語ることができた	96	8.61	1.55	138	8.38	1.80	457	8.35	2.07	68	7.87	2.73	ns	
	3-4	他の利用者と挨拶を交わすことができた	93	7.04	2.26 ab	137	6.54	2.67 b	459	5.70	2.57 c	69	7.30	2.30 a	***	
情報や施設の円滑な利用	4-1	案内板がよく整備され、道に迷わずに利用できた	96	7.49	2.08 a	135	6.20	2.65 b	459	6.95	2.51 a	69	5.46	2.58 c	***	
	4-2	施設板の内容が分かりやすかった	92	6.71	2.02 a	135	6.49	2.28 a	457	6.39	2.27 a	67	5.49	2.10 b	**	
	4-3	遊歩道がよく整備され、歩きやすかった	98	8.15	1.91 a	141	7.60	2.22 ab	461	7.27	2.33 bc	70	6.77	2.25 c	***	
	4-4	駐車場やトイレなどの施設を利用しやすかった	92	7.24	2.00 a	138	6.79	2.34 a	452	6.72	2.20 a	67	5.63	2.38 b	***	
清潔・快適な空間の利用	5-1	樹海にゴミが少なくて良かった	99	8.46	1.96 a	139	7.76	2.34 bc	464	8.13	2.14 ab	69	7.28	2.62 c	**	
	5-2	駐車場やトイレなどの施設が清潔、快適に保たれていた	96	6.98	2.15 a	133	6.65	2.34 bc	452	6.31	2.22 b	67	5.10	2.17 c	***	
	5-3	遊歩道や施設の整備がいきずぎず、満足だった	96	8.22	1.73 a	138	7.52	2.26 b	461	7.52	2.10 b	70	6.79	2.17 c	***	
	5-4	暗い雰囲気もなく、気持ちよかった	96	8.29	1.69 a	139	7.94	2.02 ab	459	7.66	2.06 bc	70	7.20	2.09 c	**	

有意な変動がみられた場合、同じアルファベットは値の間で有意差のないことを示す。  
\*\*\*p<0.001, \*\*p<0.01, \*p<0.05

表 4-4-4 利用目的別にみた平均値の比較結果

期待分類	指標番号	指標項目	利用目的 一般型	目的地型	手段型	活動型	静養型	体験学習型	不明型
公園資源の享受									
	1-1	自然や緑を楽しむことができた				++			
	1-2	動物や植物を見ることができた		-			+	++	
	1-3	空気がきれいだった							
	1-4	洞穴や溶岩地形を楽しめた						+	
	1-5	自然がよく守られていた							
	1-6	良い運動ができた	-			++			
野趣性・独居性の保持									
	2-1	やすぐことができた				+			
	2-2	静かに、落ち着いて楽しむことができた		-		+			
	2-3	心がいやされた				++		+	
	2-4	人が少なくて良かった				+		+	
	2-5	日常のストレスから解放された	--			++		++	-
適切な対人関係の構築									
	3-1	団体利用者のマナーが良かった							
	3-2	他の利用者(団体利用者除く)のマナーが良かった							
	3-3	同行した家族や友人と語ることができた				+			
	3-4	他の利用者と挨拶を交わすことができた	--			++		++	
情報や施設の円滑な利用									
	4-1	案内板がよく整備され、道に迷わずに利用できた							
	4-2	解説板の内容が分かりやすかった		-					
	4-3	遊歩道がよく整備され、歩きやすかった				++		++	
	4-4	駐車場やトイレなどの施設を利用しやすかった				++			
清潔・快適な空間の利用									
	5-1	樹海にゴミが少なくて良かった							
	5-2	駐車場やトイレなどの施設が清潔、快適に保たれていた							
	5-3	遊歩道や施設の整備がいきすぎず、満足だった		--		++		+	
	5-4	暗い雰囲気もなく、気持ちよかった		-		++			

各目的の該当者の平均値が非該当者に比べ高い場合 +、低い場合 - で示した(t-検定)。

+++ : p<0.001

++ : p<0.01

+、- : p<0.05

表 4-4-5 環境配慮意識別にみた平均値の比較結果

期待分類	指標番号	指標項目	環境配慮意識 ゴミを捨てない	道をはずれない	自然に対して何もしない (見るだけ、触れない)	自然を傷つけない (大切にする、荒らさない)	なし(無回答)
公園資源の享受							
	1-1	自然や緑を楽しむことができた	++		+		--
	1-2	動物や植物を見ることができた	+			++	--
	1-3	空気がきれいだった	+		+	+	--
	1-4	洞穴や落岩地形を楽しめた	++				--
	1-5	自然がよく守られていた	+			++	--
	1-6	良い運動ができた		-		+	--
野趣性・独居性の保持							
	2-1	やすらぐことができた				++	
	2-2	静かに、落ち着いて楽しむことができた				++	-
	2-3	心がいやされた				++	--
	2-4	人が少なくて良かった				+	-
	2-5	日常のストレスから解放された	+			++	--
適切な対人関係の構築							
	3-1	団体利用者のマナーが良かった				+	
	3-2	他の利用者(団体利用者除く)のマナーが良かった	+			++	-
	3-3	同行した家族や友人と語ることができた				+	
	3-4	他の利用者と挨拶を交わすことができた				++	
情報や施設の円滑な利用							
	4-1	案内板がよく整備され、道に迷わずに利用できた			+		--
	4-2	解説板の内容が分かりやすかった				+	
	4-3	遊歩道がよく整備され、歩きやすかった		+		++	--
	4-4	駐車場やトイレなどの施設を利用しやすかった				++	
清潔・快適な空間の利用							
	5-1	樹海にゴミが少なくて良かった				+	-
	5-2	駐車場やトイレなどの施設が清潔、快適に保たれていた				++	
	5-3	遊歩道や施設の整備がいきず、満足だった			+	++	--
	5-4	暗い雰囲気もなく、気持ちよかった	++			++	--

各環境配慮意識の該当者の平均値が非該当者に比べ高い場合 +、低い場合 - で示した (t-検定)。

+++、---:  $p < 0.001$ ++、--:  $p < 0.01$ +、-:  $p < 0.05$

表 4-5-1 利用者の期待を充足するために有効と考えられる管理施策

利用者の期待	利用者の期待を充足するために考えられる管理施策		
	施設・空間整備	情報提供	利用規制
①公園資源の享受	・資源享受のための施設整備 (主対象・視点場の保護)	・公園資源に関わる情報の提供	・利用者数の調整 (時間・空間)
②野趣性・独居性の保持	・やすらぎ・休息のための 施設整備 ・利用動線と休憩・休息施設の隔離	・利用が集中する時間と空間 に関する情報提供	・利用者数の調整 (時間・空間)
③適切な対人関係の構築	・利用者間の交流のための 空間(施設)整備 ・待避所・休憩所等の整備	・利用マナーの指導 ・団体利用者のリーダー に対する指導	・利用者数の調整 (時間・空間) ・利用者の利用間隔の調整 ・団体利用者の利用者数の調整 (時間・空間) ・団体利用者の団体規模の調整
④情報や施設の円滑な利用	・情報提供施設の整備 (必要性・十分性) ・利用施設の整備 (安全性・円滑性)	・利用マナーの指導 ・利用方法に関する情報 の事前提供 ・施設整備の考え方に関する 情報の提供	・利用者数の調整 (時間・空間)
⑤清潔・快適な空間の利用	・利用施設の整備 (清潔性・快適性) ・野外空間の美化清掃活動	・美化清掃活動への協力の 呼びかけ	・利用者数の調整 (時間・空間)

## II-5 環境保全モニタリングシステム構築のための今後の課題

多様な目的をもって多くの観光客が訪れる青木ヶ原樹海においては、ガイドが同行して遊歩道や洞穴をめぐるいわゆる「エコツアー」での利用も増加しており、その実施に関するルールを定めたエコツアーガイドラインの運用が開始されている。自然公園として、この地域全体を適正に管理していくうえでは、エコツアーガイドラインの実効性を高めると同時に、一般の利用者に対しても必要に応じてルールの周知を図っていく必要がある。

自然環境の質と同時に利用者体験の質に関わる指標に関し、現状を把握し、その変化を将来にわたって的確に判断するための継続的なモニタリング調査の確立は、従って、単に、エコツアーを含めた利用者の増加の影響を評価するためだけでなく、自然公園の適正な管理につながる環境保全モニタリングシステムを構築するうえでの重要な第一ステップとなる。さらに、モニタリング調査手法が確立され情報が集積された後には、集積した情報の分析・評価による基準設定、さらにそれに基づく管理（保護・利用）計画の作成といった一連の過程が必要となる。

既に述べたように、地域指定制度に基づいて定められているわが国の自然公園（国立公園、国定公園等）においては、土地所有や土地利用が複雑に入り混じる状況となっており、適正な管理にあたっては、関与する様々な主体間での協働の重要性が高まってきている。従って、環境保全モニタリングシステムを構築する過程においても、地域の多様な主体の参画による地域協働型のモニタリングシステムを目指すことが重要であるとの視点から、今後の課題について検討・整理を行なった。

### (1) 体系的かつ継続的な調査により情報集積の充実を図る

自然環境の質と同時に利用者体験の質に関わる指標に関し、その変化を判断するための体系的かつ継続的な測定を行なうモニタリング調査においては、まず、現状についての正確かつ客観的な情報の集積が求められることはいまでもない。青木ヶ原樹海においては、自然環境の特性や利用状況について、これまで必ずしも十分な調査がなされているとはいえず、本研究では、3つのモニタリング調査の枠組みのなかで、それらの実態を把握することを目的に、調査手法についての検討を行なった。

妥当性の高い調査手法（あるいは指標）を提案するにあたっては、ある程度の期間を経て変化を把握しな

ければならない場合もあり、3年間の調査期間では十分な検討ができなかった面もあり、今回得られた結果をフィードバックしながら、研究者による調査をより精度を高めて継続していく必要がある。その一方で、現場により近い立場であるエコツアーガイドを含む地域住民は、日常的な活動のなかで、地域の自然の変化に目を配る形でより広範な情報を集積することが可能である。

実施主体を明確化することにより、地域住民が、研究者と役割分担をして調査に参加することは、情報集積の充実を図るうえでも、また、身近な自然環境がどのように変化しているかをより実感するうえでも重要といえる。今回検討した調査手法については、このような役割分担を念頭において、その手法や指標についての検討を行なうとともに、一部の調査に関しては、実際にエコツアーガイドや地域住民の方々の協力を得て実施した。実施主体の観点から整理した調査手法を表5-1に示す。

このように、地域協働の視点から、エコツアーガイドを含めた地域住民が調査へ参加し、集積された情報を研究者がチェックし共有する仕組みとしての住民参加型の調査体系をつくる必要がある。今後、エコツアーガイドライン推進協議会等の場を通じて、エコツアーガイドを中心とした地域住民への協力をよびかけ調査を進めていくうえで、図5-1に案を示したように、利用状況や生物種の在・不在についての情報集積のためのより具体的な指標を提示した調査票が提案される。

### (2) 集積した情報の分析・評価を通して“あるべき姿”の基準を設定する

モニタリング調査によって、自然環境の質、および、利用者体験の質の2つの側面からの情報を集積した次に必要となるのは、それを分析・評価する過程で調査手法を精査していくと同時に、それぞれの側面からみて、地域の“あるべき姿”とでもいう、どのような状態が望ましい状態であるかの基準の設定である。その地域の価値や特徴となっているのは、どのような自然環境であるかを明確にしたうえで、その自然環境を保護するのか利用するのか、利用する場合、どのような意識、志向をもった利用者に対して、どのような体験を提供すべきなのか等について検討することによって、この“あるべき姿”も明確になると考えられる。

自然公園において自然環境を利用していく場合、自然環境の質にも、また、そこから受ける利用者体験の質にもある程度の変化は必然的に生じるという前提のなかで、それらの変化あるいは阻害の程度が、どの程度であれば許容されるか、といった基準を設定する



ことになる。この場合、図 5-2 に示したように、変化に対する許容度がどのように低下するかは、生じる変化の種類によっても、また、それを受け取る側の人の立場によっても異なってくる。そして、どの程度の変化までを許容するか、どのくらいの割合の人が許容すればよしとするかといった基準を決める際には、生じた変化が回復可能なものかどうか等を考慮しながら、関係するいろいろな立場の人たちでの合意が必要となる。

こういった立場の違いを調整して、基準を設定するためには、自然環境および利用実態からみた地区特性の把握による地区区分を行ない、個々の地区で何を保護しどのように利用するのかに関しての共通の理解を得ることが重要となる。この地区区分を行なう場合には、例えば、利用者意識モニタリングにおいて、利用形態や利用者特性、利用者意識が異なることを示した地区それぞれでの利用をエリアとして考えるだけでなく、特定環境モニタリングにおいて示したように、コウモリ類が越冬・繁殖に使用している洞穴については、その他の洞穴と区別してその利用方法を考えるといったことも重要となる。

### (3) 設定した基準に基づき環境保全のための適正な管理計画をたてる

基準を設定したのちに適正な管理計画を作成するにあたっては、集積した情報の分析・評価の過程で、自然環境の質、あるいは利用者体験の質の変化（特に劣化）の程度が、基準と照らし合わせて、許容できる範囲を超えていないかどうか判断することになる。

過剰利用の問題は、利用される場の利用による負荷量のレベル（利用レベル）が、許容可能な範囲を超える変化を生じさせるまで増加した場合におこる。従って、それを防ぐための適正な管理計画においては、利用による影響が許容可能な変化を超えないように、利用レベルを調整することになる。

自然保護地域の適切な管理について先進的な役割を果たしているアメリカ合衆国において、1970 年代から 1980 年代にかけて、利用者数の急激な増加や利用形態の多様化に伴い、自然環境の劣化や利用者体験の阻害が問題視されるようになり、利用する場の自然環境の質と利用者体験の質の両側面を損なうことなく、受け入れることのできる利用レベルを設定しようとする目的で導入されたのが、収容力 (carrying capacity) の考え方である。

適正な収容力を設定するにあたっては、論理的には、利用による負荷量（多くの場合利用者数）と、その影響（自然環境に対して、また利用者体験に対して）との関係について、因果関係があるかをはっきりさせ、

両者の量的な関係を明らかにし、そのうえで、影響が設定した基準に達する前の、負荷量（利用者数）を決定することになる。しかし、実際の自然公園の管理の場面で扱う影響は、自然環境に対しても、また、利用者体験に対しても総合的なもの（総体としての生態系や利用者の満足感への影響）であることが多い。そのなかから、個別の影響を特定したとしても、そこには様々な要因が複雑に絡んでおり、負荷量としての利用者人数との間の因果関係や量的な関係を他の要因をコントロールしながら明らかにすることは容易ではない。

従って、収容力の考え方を導入する場合に重要なことは、設定した基準を超えない許容限度としての利用者数を決定すること、いいかえれば、何人までの利用なら、生じる影響が許容範囲内だから、利用を増やしていいといった上限人数を決めることとして収容力をとらえることには限界があるということである。現実問題としては、状況が望ましい姿から外れた場合には、利用を制限・中止する、あるいは、望ましい姿を保っていれば、現状の利用を維持するといった、経験則に基づく判断を、関わる様々な人たちの合意を経て行なうことが、自然公園を適正に管理していくうえでは必要となってくる。

継続的に機能する住民参加型のモニタリングシステムを地域協働により構築するうえでは、このように、現状の的確な把握に基づき、基準と照らし合わせながら、多様な主体間での合意形成を通じた動的な管理を行なっていくことが重要となる。それによって、自然公園という枠組みのなかで、地域の貴重な自然を保護しながら、持続的に活用する仕組みを確立することが可能となる。従って、自然環境の質、あるいは利用者体験の質の変化を早い段階で検知することを可能とするモニタリング調査を確立することは、このような環境保全モニタリングシステムを構築するための重要な第一ステップとして位置づけられる（図 5-3）。

### 参考文献

- 小林昭裕，愛甲哲也編（2008）利用者の行動と体験．自然公園シリーズ第 2 巻，古今書院，pp. 1-42, 177-242.
- McCool SF, Clark RN and Stankey GH (2007) An Assessment of Frameworks Useful for Public Land Recreation Planning. General Technical Report, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

下村彰男（2007）国立公園の運営・管理における地域制．国立公園，652，8-11.

八巻一成（2008）自然公園管理と協働．森林科学，53，23-26.

八巻一成，広田純一，小野 理，土屋俊幸，山口和男（2000）利用者の多様性を考慮した森林レクリエーション計画：ROS（Recreation Opportunity Spectrum）概念の意義．日林誌，82(3)，219-226.

地域協働型の環境保全モニタリングシステムを構築するにあたっては、地域住民、観光業者、行政担当者、研究者等による地域での合意形成が重要となる。このような視点から、平成 19 年度には、本研究成果や国内外の事例を紹介しながら、科学的なデータを適切な保護・利用計画に結びつけるには地域協働をどのように進め合意形成を図ればよいかを地域住民に伝えることを意図した国際シンポジウムを、県の国際シンポジウム開催事業費の補助を受け開催した。その報告書が、山梨県環境科学研究所国際シンポジウム 2007 報告書「青木ヶ原樹海の保護と利用：望ましい姿を求めて私たちにできること」（山梨県環境科学研究所、2008）としてまとめられているので参照されたい。

表 5-1 実施主体の観点から整理した調査手法

実施主体	地域住民 (エコツアーガイドを含む)	研究者・専門家
	専門家の指導のもと、日常の活動のなかで比較的短期間の周期で情報収集を行なう調査	専門的な知識・技術を必要とし、比較的長期間の周期で情報収集を行なう調査
「特定環境モニタリング」		
溶岩洞穴	気温測定(洞穴内外)	コウモリ類や無脊椎動物類の生息調査
溶岩上ルート	定点での表面植生調査 コケ類(溶岩上、木の根上) 木本類の実生や草本類(土壌上) (デジタルカメラによる撮影)	コケ類の分布・種構成調査
	ルートの拡幅・裸地化 土壌硬度・腐食層の厚さの測定 土壌動物類の種群(定性)調査	土壌の物理的性状の測定 土壌動物類の個体数(定量)調査
「指標生物モニタリング」		
		衛星画像の解析
	鳥類相調査(昼間;在・不在データ)	鳥類相調査(昼間・夜間;量的データ、生態データ)
	ルート上植物相の定性調査 大木調査等半定量調査	永久方形区を用いた定量調査 (青木ヶ原樹海の典型的な植生の把握)
「利用者意識モニタリング」	流動調査 (利用形態、利用者数の把握) 利用者体験の質に関する指標調査	
	環境配慮意識の形成過程や管理施策に対する意向調査	

青木ヶ原樹海 環境モニタリング 調査票
---------------------

①調査者	氏 名						
	所 属				連絡先		
②調査日	年            月            日						
③時 間	時            分        ～        時            分						

④場 所	地名							
	メッシュ番号							具体的な観察内容
⑤利用記録  あり＝○  なし＝×  不明＝空欄	不法投棄							
	採取伐採							
	マーキング							
	野営焚火							
	車両乗入れ							
	道外れ							
	崩落							
	コケ剥離							
	⑥生物記録  目撃＝◎  痕跡＝○  鳴声＝△  なし＝×  不明＝空欄	ニホンジカ						
ツキノワグマ								
ニホンリス								
イエネコ(猫)								
アカゲラ								
ツツドリ								
ガビチョウ								
オナガ								
⑦その他、特記事項								

図 5-1 提案される環境モニタリング調査票(案)

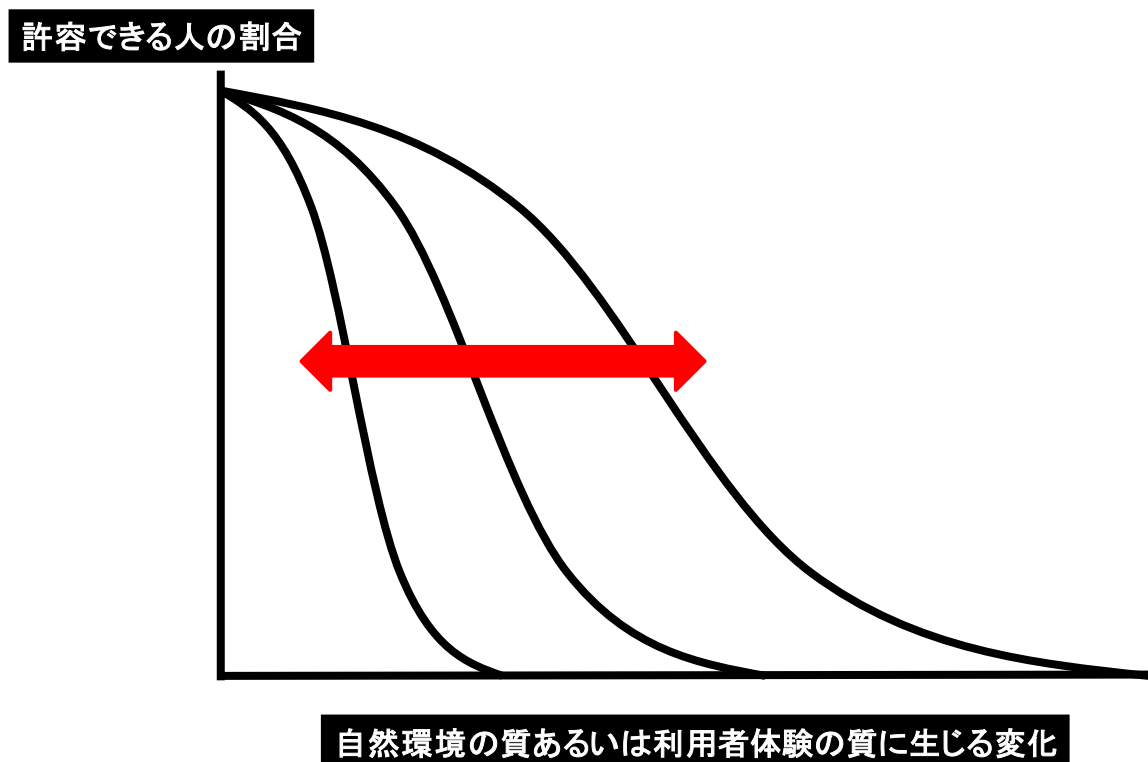


図 5-2 自然環境の質あるいは利用者体験の質の変化とそれを許容できる人の割合との関係

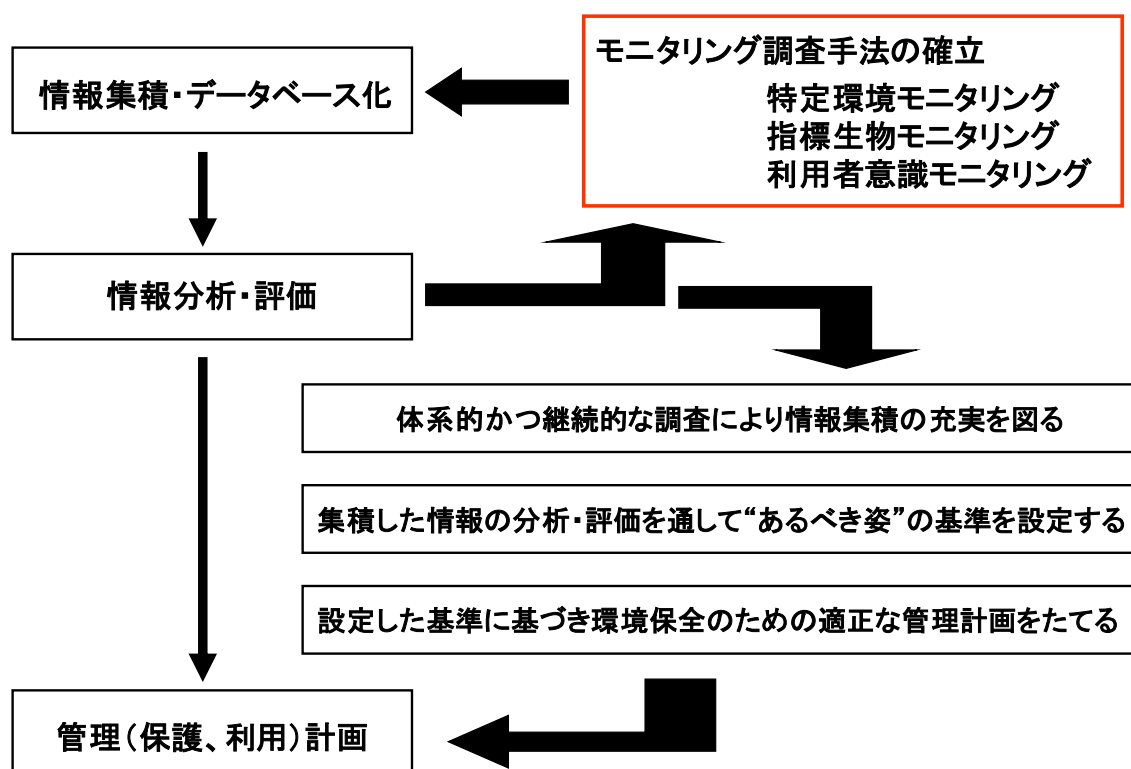


図 5-3 環境保全モニタリングシステムの構築

