

生物多様性調査

種の多様性調査 北海道)報告書

平成19 (2007)年3月

環境省自然環境局 生物多様性センター

はじめに

環境省自然環境局生物多様性センターは、全国的な観点からわが国における自然環境の現況及び改変状況を把握し、自然環境保全の施策を推進するための基礎資料を整備することを目的とし、「自然環境保全基礎調査」を実施している。調査範囲は陸域、陸水域、海域を含む国土全体を対象としている。

「自然環境保全基礎調査」は、環境庁（当時）が昭和 48(1973)年より自然環境保全法に基づき行っているものであり、今回で 7 回を数える。一方、近年の生物多様性の重要性に対する認識の高まりにあわせ、平成 6(1994)年度より「生物多様性調査」が新たな枠組みとして開始された。

本調査は、「生物多様性調査」の一環である「種の多様性調査」という位置づけで実施され、国内の生物多様性保全施策の基礎となる資料を得ることを目的とし、環境省が委託し、北海道が実施したものである。

本報告書は平成 18(2006)年度に行われた「種の多様性調査（北海道）」についての調査結果をとりまとめたものである。

環境省自然環境局

生物多様性センター

目 次

はじめに

1. 目的と実施内容

(1) 目的	1
(2) 実施期間	1
(3) 実施項目	1
(4) 実施体制	1
(5) 実施フロー	2

2. 調査内容

(1) 水鳥類	3
1) 石狩低地帯に飛来するガン類・ハクチョウ類	3
i) はじめに	3
ii) 対象地域	3
iii) 方法	3
iv) 結果	7
2) 石狩川中下流沿いの湖沼に生息する水鳥類	14
i) はじめに	14
ii) 対象地域	14
iii) 方法	16
iv) 結果	17
(2) ヒグマ	26
1) はじめに	26
2) 対象地域	26
3) 方法	26
i) 現地植生調査	26
ii) 空中写真による森林判読	27
iii) 衛星画像による植生区分	28
iv) 生息地利用状況の解析	31
4) 結果	32
i) 現地植生調査	32
ii) 空中写真による森林判読	32
iii) 衛星画像による植生区分	37
iv) 生息地利用状況の解析	40

3. 考察	
(1) 水鳥類	47
1) 石狩低地帯に飛来するガン類・ハクチョウ類	47
i) 現地調査等による生息情報の収集	47
ii) 衛星画像による積雪域の抽出	48
iii) 衛星画像による農用地等の抽出	49
iv) 広域的な生息環境利用に関する解析	50
2) 石狩川中下流沿いの湖沼に生息する水鳥類	51
i) 鳥類の現地調査	51
ii) 水鳥類の湖沼利用特性に関する解析	52
(2) ヒグマ	54
1) 現地植生調査	54
2) 空中写真による森林判読	54
3) 衛星画像による植生区分	56
4) 広域的な森林環境利用に関する解析	57
4. まとめ	61
5. 文献	62
6. 資料	65

1. 目的と実施内容

(1) 目的

野生動物の生息環境を評価し適正に保全していくためには、環境を構成する要素に着目するのみならず、広域的な空間利用とその時系列的な変化についても評価を行うことが重要である。特に移動能力が高い渡り鳥や大型哺乳類は行動範囲が広いため、これらの野生動物の保全には広大な行動圏全体にわたって、広域的な視点に立った生息環境の評価を行うとともに、移動という動的な評価軸を考慮する必要がある。

本業務は、広域的な空間を移動する水鳥類とヒグマをモデルケースとして、空間利用の状況を把握するとともに、近年その応用性が高まっているリモートセンシング及び GIS による空間解析技術を用いて、広域的な視点で生息環境を評価する手法について検討する。

(2) 実施期間

平成 18 年 4 月から平成 19 年 3 月まで

(3) 実施項目

水鳥類については、石狩低地帯に飛来するガン類・ハクチョウ類と、石狩川中下流沿いの湖沼に生息する水鳥類の 2 つをテーマとした。まず、水鳥類に関する既存の生息情報を収集整理するとともに、主として渡り時期（8 月～12 月）に現地調査を実施して、水鳥類の空間利用状況を把握する。次に飛来する農地や湖沼の周辺環境（土地利用等）及び積雪の変化について、人工衛星画像、空中写真及び GIS データを用いて分類または集計し、そのデータをもとに水鳥類の空間利用状況を解析する。

ヒグマについてはまず既存の生息情報を収集整理し、特に知見が不足している人工林率の高い地域等を対象に現地調査を実施して、行動圏として利用する森林環境の特徴等を明らかにする。次に空中写真及び GIS を用いてヒグマが利用する森林の構造的な特徴について解析するとともに、人工衛星画像等を用いてより広域的な森林区分を行い、ヒグマが利用する森林環境の特性について解析する。

これらの水鳥類及びヒグマの生息情報とリモートセンシング及び GIS データ解析から得られた情報を分析し、野生生物の広域的な空間利用について評価する手法を検討する。

(4) 実施体制

1) 水鳥類（石狩低地帯に飛来するガン類・ハクチョウ類）

- ・水鳥類生息情報の収集・利用環境分析

牛山克巳（美唄市環境課）

原田 修（財団法人日本野鳥の会）

2) 水鳥類（石狩川中下流沿いの湖沼に生息する水鳥類）

- ・水鳥類生息情報の収集・利用環境分析

玉田克巳・高田雅之（北海道環境科学研究センター）

3) ヒグマ

- ・ヒグマ生息情報の収集・利用環境分析

釣賀一二三・富沢昌章（北海道環境科学研究センター）

- ・空中写真による森林環境把握

長坂晶子（北海道立林業試験場）

4) 衛星画像及び GIS による空間解析

高田雅之・濱原和広・棗 庄輔（北海道環境科学研究センター）

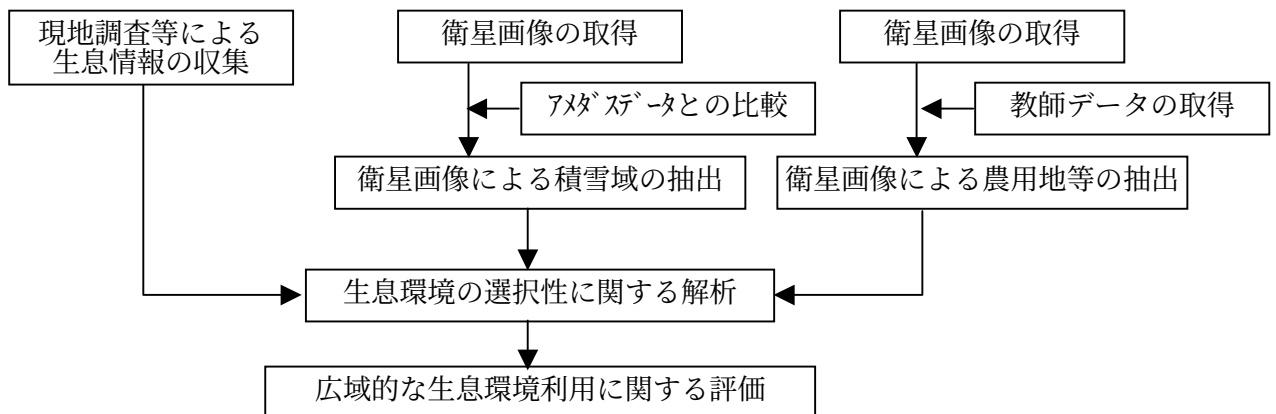
鈴木 透（NPO 法人 EnVision 環境保全事務所）

齋藤健一（株式会社シン技術コンサル）

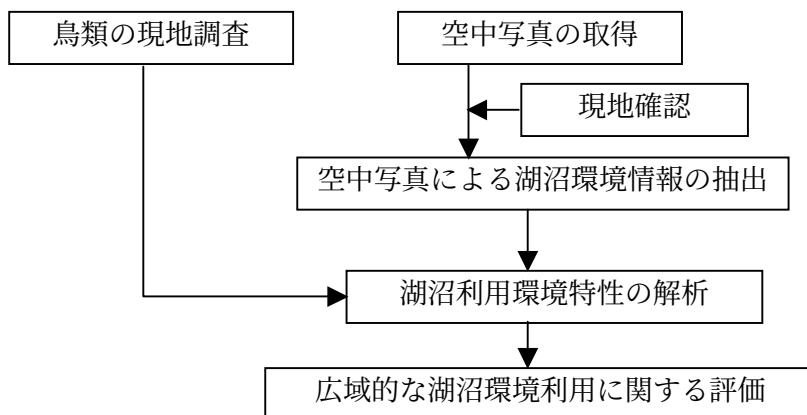
三島啓雄（北海道工業大学非常勤講師）

(5) 実施フロー

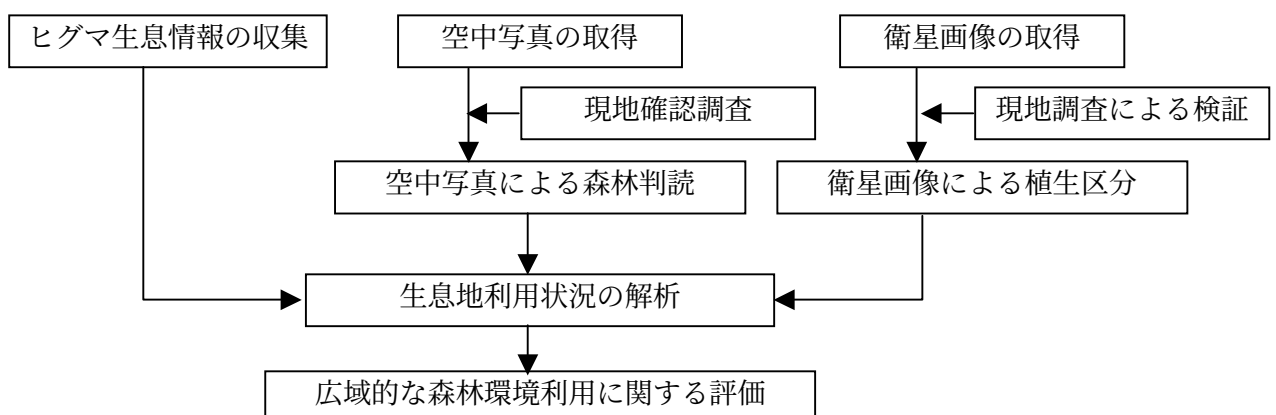
1) 水鳥類（石狩低地帯に飛来するガン類・ハクチョウ類）



2) 水鳥類（石狩川中下流沿いの湖沼に生息する水鳥類）



3) ヒグマ



2. 調査内容

(1) 水鳥類

1) 石狩低地帯に飛来するガン類・ハクチョウ類

i) はじめに

ガン類やハクチョウ類といった大型の渡り鳥は、その行動範囲の広さから、地域規模の環境変化のみならず地球規模の環境変動の影響も受けやすいと考えられる。種の保護と生態系保全の視点から考えれば、各飛来地の環境を監視し保全することの重要性は言うまでもない。しかし渡り時においては、移動圏内における環境要素の空間配置及び周辺環境との関連が一定の役割を果たしているものと推察されることから、移動という動的な評価軸を考慮した上で、より広域的な視点に立った空間利用特性の分析と生息環境の評価を行うための技術の開発が必要であると思われる。

そこで、リモートセンシング及び GIS といった空間解析技術を用いて、マガンとハクチョウ類を対象として、北海道を縦断するスケールで環境利用選択に関する特性分析を試みた。本調査においては、既存資料及び現地調査により生息情報を収集するとともに、衛星画像を用いて積雪の変化や、水鳥類が利用する地点における周辺環境など、空間利用の状況とその特徴について広域的な視点から分析検討を行った。

ii) 対象地域

対象地域は胆振支庁管内苫小牧市から空知支庁管内沼田町に至る南北約 130km、東西 20～30km の石狩低地帯(図 2-1-1-1: 面積約 3,300km²)とし、区域の設定は標高(50m 以下)と後述するマガン生息域(2006 年春季の生息地点からのバッファ 5km)を考慮して行った。本地域には農用地が広く分布し、河跡湖をはじめ、石狩川の後背湿地に形成された湖沼やため池、排水池など、水鳥類の渡り中継地として利用され得る多数の湖沼が点在している。

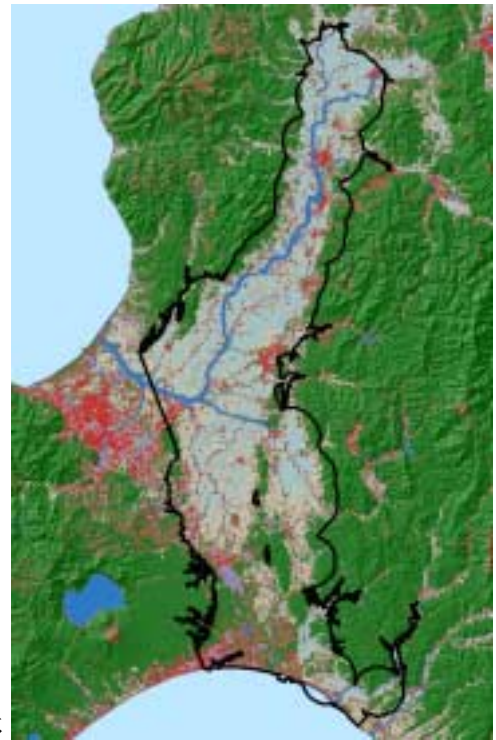


図 2-1-1-1 対象地域

iii) 方法

① 現地調査等による生息情報の収集

対象種は、マガン、ヒシクイ(亜種ヒシクイと亜種オオヒシクイ)、コハクチョウ、オオハクチョウとした。これらの種について、2005 年春及び 2006 年春については、既存の調査資料(宮島沼の会など)を収集するとともに、2006 年秋については現地調査を実施した。

現地調査は 2006 年秋に 2 週間おきに計 4 回、日中の水鳥類の採食分布を調べるルートカウント調査と、夜間の休息分布を調べる罫入りカウント調査を行った。ルートカウント調査は対象地域内の 5km メッシュをなるべく均等にサンプリングできるよう、13 ヵ所の調査ルートを設定した。調査は調査日を決めて各ルートを分担した上で、13 時から 15 時の時間帯にそれぞれのルートを車で低速走行し、確認位置と数、その地点の土地利用などを記録した。罫入りカウント調査は、ウトナイ湖(苫小牧市)、長都沼(千歳市・長沼町)、宮島沼(美唄市)、茶志内沼(奈井江町)、袋地沼(砂川市・新十津川町)の 5 ヵ所は、水鳥類の有無に関わらず毎回カウントし、弁天沼(苫小牧市)、恵庭市北島の排水機場、恵庭市南 8 号の排水機場、漁川と千歳川の合流部(恵庭市)、夕張川、岩見沢市金子町の水田、手形沼(美唄市)、三角沼(岩見沢市)、新沼(浦臼町)、奈井江町火力発電所の沼、うりゅう沼(滝川市)の 11 ヵ所で

は、水鳥類が罫入りする可能性のある時期には可能な限り情報の収集に努めた。カウントは、原則的に調査日当日の罫入り、もしくは、翌日の飛び立ち前に行った。マガン、亜種ヒシクイ、亜種オオヒシクイ、コハクチョウ、オオハクチョウを個別にカウントすることを目指したが、ヒシクイの亜種とハクチョウ類の種を同定できなかった場合は、ヒシクイ sp.、ハクチョウ sp.として記録した。

2005 年春、2006 年春に係る既存資料についても、2006 年秋の現地調査と同様に各シーズン 4 回、2 週間おきに同じ方法で行ったものである。ただし、2005 年春の罫入りカウント調査はマガンのみを対象としている。

収集したデータについては、確認位置を GIS ポイントデータ化するとともに、種ごとの生息数等の調査情報を属性に加え、解析用のデータセットとした。

②衛星画像による積雪域の抽出

春季における水鳥類の環境利用には雪解けとの関係が想定される。そこで、春の融雪状況（積雪域の変化）を把握するため、衛星画像を用いて融雪日推定マップを作成し解析した。

短期間で刻々と変化する融雪状況を把握するには、高頻度かつ広範囲に衛星画像を取得する必要があることから、MODIS（分解能 500m）の雪被覆プロダクト（Snow プロダクト：MOD10_L2*及び MYD10_L2*）を用いた。このプロダクトは、MODIS snow cover アルゴリズムによって計算されたもので、National Snow and Ice Data Center（米国）よりダウンロードしたものである。Snow プロダクトには、ピクセルごとに雪の有無が snow または no snow フラッグとして情報格納されており、これを活用して雪解け前線を求めようとするものである。まず、Snow プロダクトを幾何補正して北海道周辺を切り出したのち、同日に撮影された複数画像を北海道全体がカバーされるよう 1 枚の画像に結合処理（コンポジット処理）を行った。

次に融雪日の推定を行った。MODIS データから雪解け前線を求めるには、ピクセル毎に時系列解析を行う必要がある。すなわち、すべてのピクセルにおいて、雪解け前はすべて「雪有り」(snow)で雪解け後はすべて「雪なし」(no snow)であれば、雪解け日の推定は容易である。しかし実際には積雪域で数日間雲がかかった後には雪が消えていたり、一度融けたのちに再び降雪によって積雪状態になるなど単純ではない。加えて、雲の影響による雪判別アルゴリズムの誤判断、センサー観測角の違いから生じる解像度の違いなどにより、「雪有り」と「雪なし」の両者のフラッグが入り混じるケースも見られる。そこで、その日以前は積雪状態にある日を「積雪終日」、その日以降は消雪状態にある日を「消雪初日」と定義し、「雪有り」（「雪なし」）と判断された最後（最初）の日とする、2 日連続する最後（最初）の日とする、3 日連続する最後（最初）の日とする、などいくつかの条件で積雪終日または消雪初日の推定値を計算した。さらに、雲マスクのかけられた期間については、雲マスクを弱めた Snow Cover Reduced Cloud プロダクトを補完的に用いる方法も検討した。

これらの組み合わせを含むいくつかの方法について、アメダスデータと比較しながら最も精度の高い処理条件を検討した上で、本調査の解析に用いる融雪日マップを 2005 年春季及び 2006 年春季それぞれに作成した。

③衛星画像による農用地等の抽出

ガン類（特にマガン）・ハクチョウ類が日中採食場として利用するのは、水田を中心とする農地であり、飛来地とその立地環境の関係について分析するためには、広域的な土地被覆情報が必要となる。一方、特に農地の用途は毎年少しずつ変化していることから、できるだけ最新の土地被覆情報が求められる。そこで、衛星画像を用いて広域的な土地被覆分類を行い、生息環境を解析した。

使用する衛星画像として、今回の解析対象地域の広さを考慮し、中分解能の衛星で、2006 年に撮影されたものを選定した結果、ALOS/AVNIR-2（撮影日：2006.7.28 及び 2006.8.9、10m 分解能）及び SPOT5/HRG-X（撮影日：2006.6.4、10m 分解能）を使用することとした。まず、前処理として、

同一撮影日の画像をモザイクしたのち、幾何補正及び解析対象地域の切り出し処理を行った。区分目標は農地4区分（水田、牧草地、小麦、その他の畑）、森林、原野（湿原等）、非植地3区分（開発地、裸地、休耕地）、水域の計10クラスとした。

次に、現地調査及び既存資料から、教師データを取得した。現地調査は220ヵ所で実地し、分類クラスごとに位置情報を取得してデータセット化した。そのほか、数値地図（国土地理院）等を用いて森林、開発地、水域に係る教師データを取得した。なお、これらの教師データのうち3分の2を画像分類に、残りの3分の1を分類結果の検証に使用することとした。

画像分類は、まず季節による農地の植被変化を利用して、まず夏季のALOSを用いてNDVIの2値化により植生域と非植生域に区分し、次に春季のSPOTを用いてそれぞれをNDWI及びNDVIの2値化により植生域と非植生域に区分した上で10クラスに教師付き分類を行った。土地被覆分類の手順を図2-1-1-2に示した。

なお本解析には、ERDAS Imagine（米Leica Geosystems社）とArcGIS（米ESRI社）を使用した。

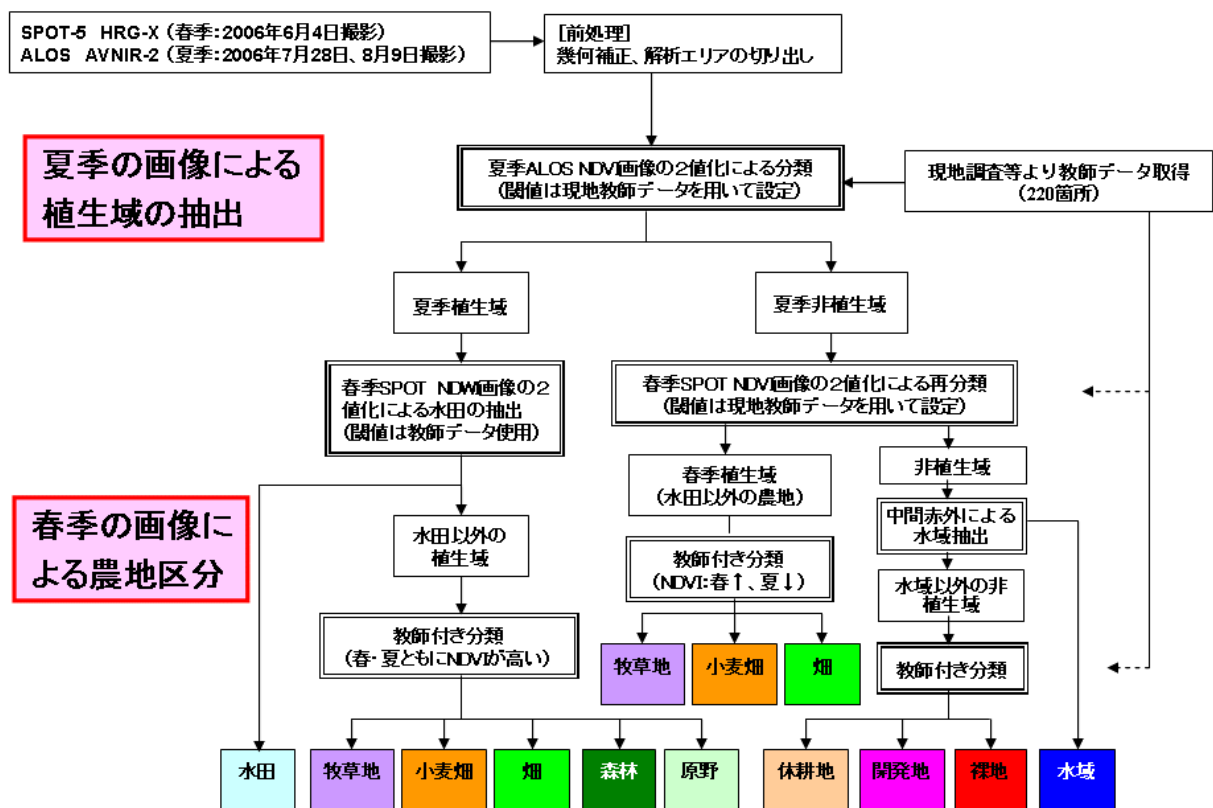


図 2-1-1-2 土地被覆分類の手順

④生息環境の選択特性に関する解析

ガン類及びハクチョウ類といった大型渡り鳥が、どのような環境を利用しながら移動していくかについて、上記で収集整備した生息情報（採食場・埒）、積雪分布情報及び農地をはじめとする土地被覆情報の3つの空間データをもとに分析を行った。分析は以下の4つの視点から行った。

- 春季における融雪と群れ移動との関係…マクロスケールでの空間利用
- 飛来地周辺の環境特性…ミクロスケールでの空間利用
- 広域的な環境利用特性…潜在的な飛来可能性
- 埒の選択特性…湖沼及び周辺環境の特性

④-1 春季における融雪と群れ移動との関係

水鳥類の移動を規定している要因と、ある地域における生息地選択では対象とする空間スケール

が異なっていることを踏まえ、まず春季におけるマクロスケールでの空間利用として、衛星画像より推定した融雪日と、ガン類・ハクチョウ類の生息地利用の時系列的な変化との関係を分析した。

対象は観察個体数の多いマガン及びハクチョウ類とし、2005 年及び 2006 年の春季について分析した。まず、マガンの群サイズが 100 羽以上の調査地点、及びハクチョウ類の群サイズが 10 羽以上の調査地点を対象に、MODIS データから得た融雪日と、観察地点の南北座標（UTM の Y 座標値：単位 m）との関係を調べるとともに、融雪日と群れの観察日との差を集計してヒストグラム化した。

次に、積雪域と非積雪域の境界（以下、融雪ラインという）とマガンの北上速度をそれぞれ求めた。融雪ラインの北上速度は、水鳥類の調査日ごとの積雪線境界上に 500m 間隔でポイントを発生させ、それらの重心を算出して各重心の南北座標値（m）の差を融雪ラインの北上距離と定義して、算出した。一方マガンの北上速度は、各観察日における観察地点から観察個体数の重みづけを行って重心を求め、融雪ラインと同様、重心の南北座標値（m）の差をマガンの北上距離として、算出した。

④-2 飛来地周辺の環境特性

日中に飛来する採食場や夜間の埒など、生息地周辺域のミクロスケールでの空間利用について、群サイズと周辺土地利用等の環境因子との関係を分析した。

対象は調査地点数の多いマガン及びハクチョウ類とし、春季（2005 年・2006 年のデータをプール）及び秋季（2006 年）について分析した。まず調査地点にそれぞれ 500m、1km、5km のバッファを発生させ、衛星画像から得られた土地被覆分類図を用いて各バッファ内の水田や畑等の面積を求めるとともに、群サイズ（個体数）と最も近い埒からの距離を併せてデータセットを作成した。次にこれらのデータを用いて、群サイズと環境因子との関係を分析した。分析には、2 種類の一般化線形モデル（ポアソン分布と負の二項分布）を用いた。今回用いた群サイズのデータには 0 値も含まれるため、ポアソン分布だけではなく、過分散にも耐性がある負の二項分布も併せて用いた（Martin et al., 2005）。これらのモデルについて、有意性を評価して環境因子から群サイズが説明可能かどうかについて検討した。

④-3 広域的な環境利用特性

広域的な視点から、衛星画像より得た情報をもとにマガンの潜在的な飛来可能性を推定する手法について検討を試みた。対象地域である石狩低地帯を 5km メッシュで分割したのち、前述した SPOT 及び ALOS から区分した土地被覆分類情報と重ね合わせて、メッシュごとに土地被覆区分ごとの面積を求めた。また、各メッシュに対して最も近傍に位置する埒との距離として、近傍の埒が属する 5km メッシュの中心との距離を求めた。一方マガンの飛来数データとして、2006 年の春季における観察データから、各 5km メッシュ内で最も群サイズの大きい観察地点の個体数を抽出した。

以上のデータをもとにして、マガン個体数を目的変数、土地被覆区分と埒からの距離を説明変数とする重回帰分析を行った。重回帰分析は、説明変数間の相互の相関を考慮しつつ、全ての変数の組み合わせのうち、重相関係数の高い組み合わせを選定した上で、できるだけ少ない変数で、重相関係数が高く、重回帰式及び個々の変数に係る有意水準が高くなるような組み合わせを模索し選定して行った。最後に、最終的に得られた重回帰式から推定した個体数を 5km メッシュ図に地図化した。

④-4 埒の選択特性

マガンが埒として利用する湖沼の環境及び周辺環境に、選択的な条件があるのかについて、空間的視点から特性分析を試みた。対象湖沼は次節で解析に使用した石狩低地帯の中央部に立地する 50 湖沼とした。なおこの 50 湖沼にはマガンが埒として利用する 11 湖沼が含まれており、残りの 39 湖沼を埒として利用しない湖沼として、ロジスティック回帰分析を行い選択因子の推定を試みた。

説明変数として、空中写真から判読した湖沼周辺の土地利用割合（樹林地、草本植生、農地、裸地、人工地、水面）、湖沼面積、湖沼周囲長、湖岸区分割合（樹林、湿原、人工）を用いた（詳細は

次節で記述する)。目的変数は罾としての利用の有無である。まず回帰分析に使用する変数の選択を行った。具体的には尤度が相対的に高く、各因子の有意水準が高く、かつ項目が少ない組み合わせを模索し選定した。そして分析結果から個々の因子がどのように罾選択に作用しているかについて検討した。

iv) 結果

①現地調査等による生息情報の収集

3 時期の調査について、ルートカウント調査における調査日ごとの調査地点数、農地などの利用環境別の地点数を表 2-1-1-1 に示した。ここで「その他」には、飛行中の個体や水面にいた個体などが含まれる。2005 年春は 3 月 12 日から 4 月 23 日に 556 地点で確認され、このうち 39.2%が水田で観察された。2006 年春は 3 月 18 日から 4 月 29 日に 521 地点で確認され、77.0%が水田で観察された。また 2006 年秋は 9 月 30 日から 11 月 11 日に 41 地点で調査を行い、58.5%が水田で観察された。いずれも水田での観察が最も多く、ついで畑地となり、牧草地はいずれの時期においても少ない結果となった。

表 2-1-1-1 3 時期の調査地点数と利用環境別地点数

調査日		調査地点数	「水田」地点数	「畑地」地点数	「牧草地」地点数	「その他」地点数
2005 春	3/12	19	6	5	1	9
	3/26	104	36	14	6	52
	4/9	255	98	3	1	154
	4/23	178	78	6	0	94
	計	556	218	28	8	309
2006 春	3/18	37	13	10	3	12
	4/1	152	125	11	1	15
	4/15	286	232	1	0	53
	4/29	46	31	5	0	10
	計	521	401	27	4	90
2006 秋	9/30	11	9	0	0	2
	10/14	11	8	0	0	3
	10/29	6	1	0	2	3
	11/11	13	6	3	0	4
	計	41	24	3	2	12

次にマガン、ヒシクイ、ハクチョウ類について、総個体数の季節変化を図 2-1-1-3～5 に示した。

マガンについて見ると、ルートカウント調査では、春季の総個体数は 3 月中旬から 4 月上旬にかけて増加し、4 月中旬と下旬には減少した。2006 年春は、2005 年春に比べて観察数はやや少なかった。2006 年秋は、9 月下旬にもっとも多くの個体が観察され、その後減少し少ない個体数で推移した。罾入りカウント調査では、春季の総個体数は 3 月中旬から 4 月上旬にかけて増加し、その後中旬に一時的に数を減らしたのち、再び下旬に向けて増加した。2006 年春は 2005 年春に比べて、観察された個体数が全体的に多かった。2006 年秋は、9 月下旬から 10 月下旬にかけて減少したが、11 月上旬には 10 月下旬とほぼ同数が観察された。また、罾入りカウント調査では、2005 年 3 月 12 日を除いて、ルートカウント調査で観察された総個体数以上が観察された。

ヒシクイについて見ると、ルートカウント調査及び罾入りカウント調査ともに、2006 年春は 3 月中旬から下旬にかけて増加し、その後減少し、2006 年秋には 9 月下旬から 11 月上旬にかけて増加した。ただし、ルートカウント調査の 10 月下旬において観察個体数が一時的に減少した。罾入りカウント調査における総観察個体数に対する、ルートカウント調査での総観察個体数の割合を見ると、マガンと比べて高い傾向があり、2006 年春には両者はほぼ同数に近く、ルートカウント調査の方が

多くの個体を観察するケースも見られた。

ハクチョウ類について見ると、春季には4月中旬から下旬にピークを迎え、2006年春にはルートカウント調査の観察個体数が罫入りカウント調査の個体数を上回った。また秋季にはルートカウント調査及び罫入りカウント調査ともに観察個体数が少なく、罫入りカウント調査の観察個体数がルートカウント調査の観察個体数を上回るという結果となった。

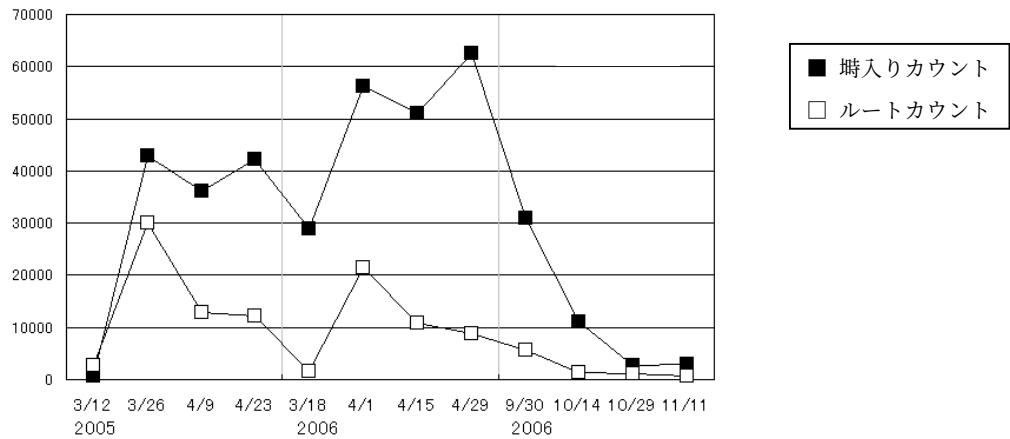


図 2-1-1-3 マガン総個体数の季節変化

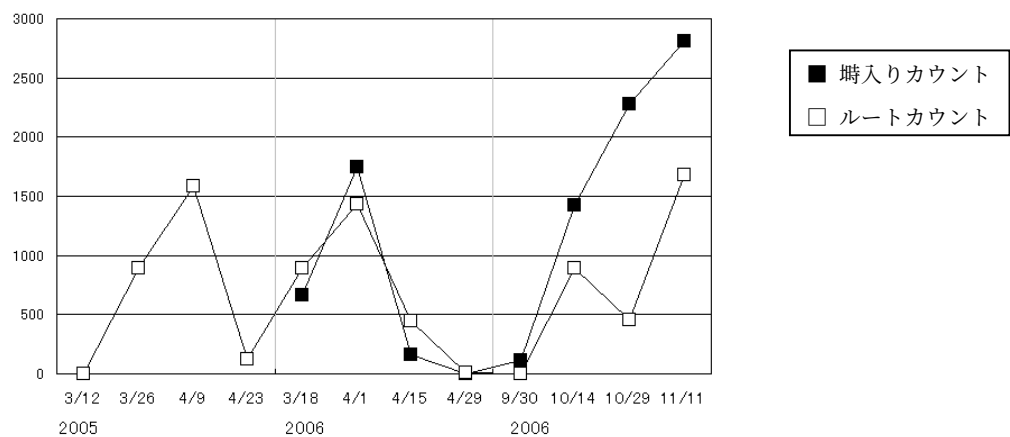


図 2-1-1-4 ヒシクイ総個体数の季節変化

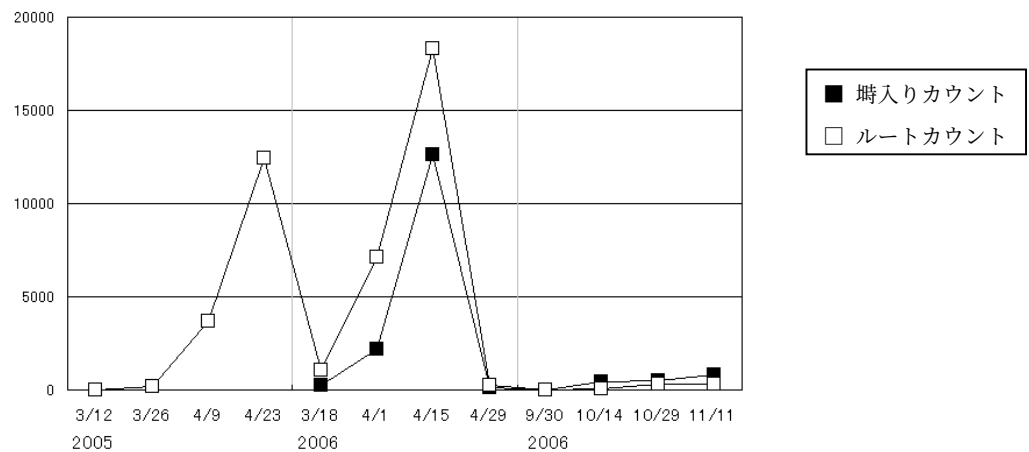


図 2-1-1-5 ハクチョウ類総個体数の季節変化

②衛星画像による積雪域の抽出

アメダスデータと比較しながら最も精度の高い方法を検討した結果、Snow Cover Reduced Cloud プロダクトを補完的に用いて、「雪有り」と判断された日が2日連続する2日目の日（積雪終日）による画像を選定した。各ピクセルには融雪日が属性として与えられているため、GIS上で、任意の日における積雪マップを描くことが可能となる。これにより、日々変化する積雪域を表示するとともに、解析に用いることが可能となった。図2-1-1-6に、2005年及び2006年の春季にマガン・ハクチョウ類の調査を行った日における積雪マップを示した。図には、マガン調査した地点を併せて表示してある。なお、アメダスデータとの比較検証結果については、考察で述べる。

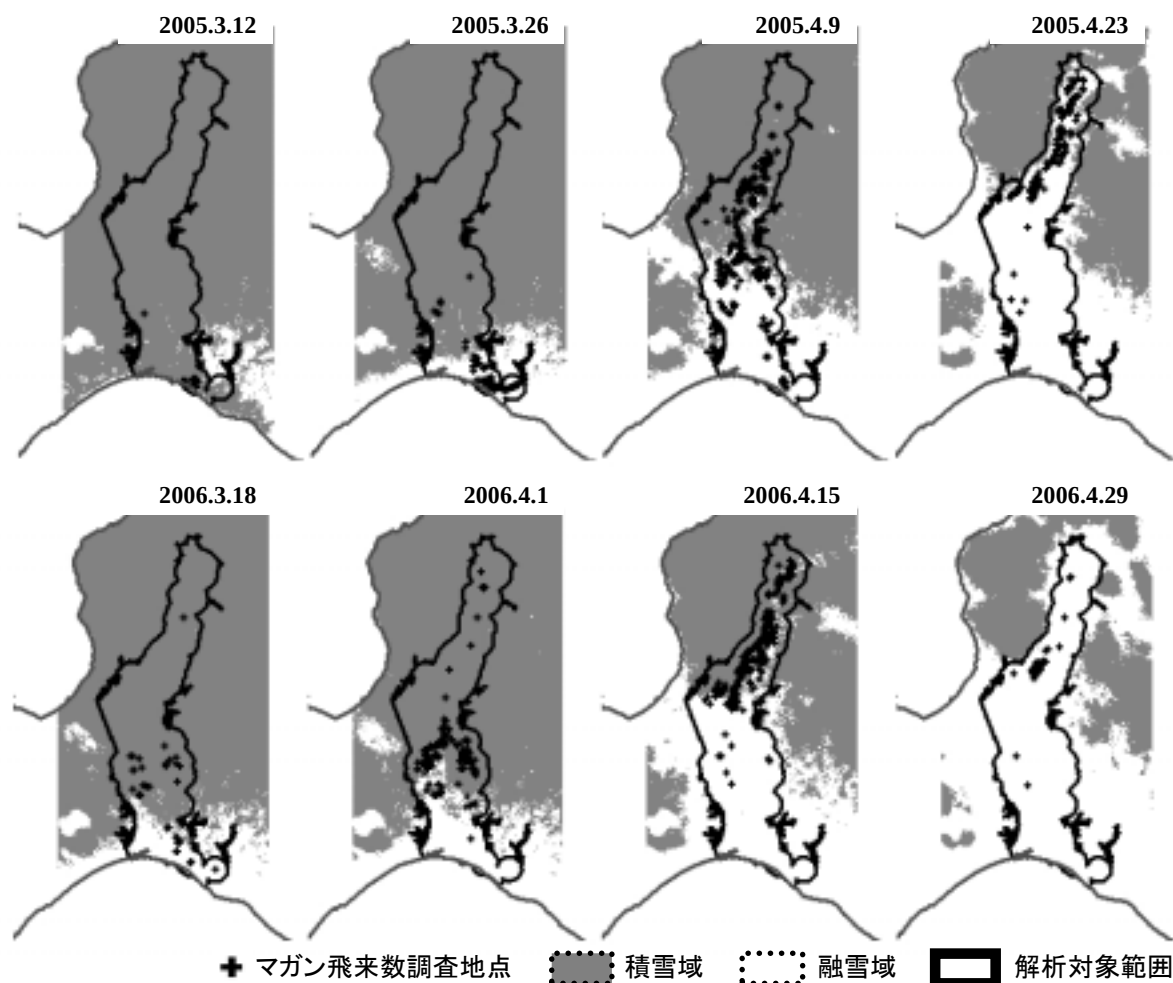


図 2-1-1-6 2005 年及び 2006 年春季のマガン調査日における積雪マップ

③衛星画像による農用地等の抽出

教師付き分類はノンパラメトリックルールを適用し（多次元レベルスライス法）、最尤法により行った。10 クラスに区分した結果に対して、教師データの一部を使用して分類精度の検証を行ったところ、牧草地・小麦・その他畑との間に誤分類が多く見られた。また、裸地と休耕地の間にも同様に誤分類が多かった。そこで統計的な分離度も考慮して、牧草地、小麦、その他畑をひとつのクラスに、また裸地と休耕地をひとつにまとめて、最終的に7クラスの土地被覆分類図を作成した。図2-1-1-7に微小ピクセルの除去を行った7クラスの分類結果を示した。なお、検証結果の詳細については、考察で述べる。

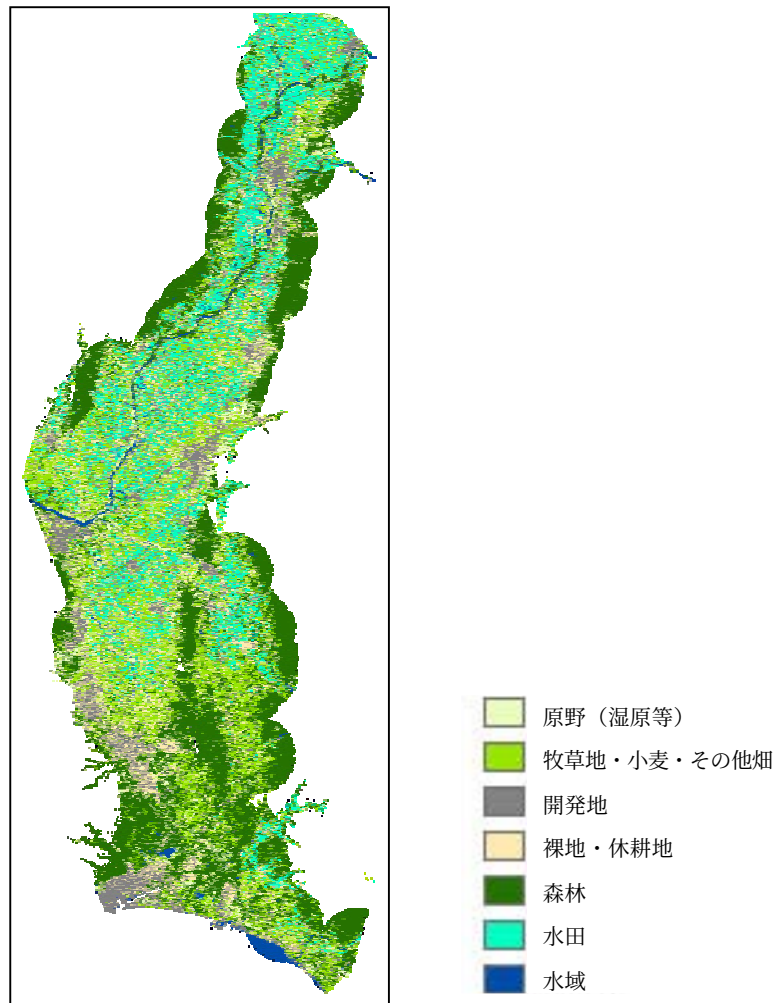


図 2-1-1-7 石狩低地帯における土地被覆分類結果（7 クラス）

④生息環境の選択特性に関する解析

④-1 春季における融雪と群れ移動との関係

図 2-1-1-8 にマガン（群サイズ 100 羽以上）及びハクチョウ類（群サイズ 10 羽以上）の調査地点の南北座標値と MODIS データから得た融雪日と関係を示した。相関係数（ R^2 ）はマガンが 0.83、ハクチョウ類が 0.71 と、マガン・ハクチョウ類のいずれにおいても、有意な関係が認められた。

次に、図 2-1-1-9 にマガン（群サイズ 100 羽以上）及びハクチョウ類（群サイズ 10 羽以上）の群れの観察日と融雪日との差をヒストグラムで示した。その結果、マガン・ハクチョウ類のいずれにおいても、傾向として融雪日前 10 日から融雪日後 5 日の地域に利用が集中していた。また差の平均はマガンが -0.65 日、ハクチョウ類が -0.53 日、差の標準偏差はマガンが 7.18 日、ハクチョウ類が 5.89 日となった。

最後に融雪ラインとマガンの北上速度を比較した。計算の結果、2005 年の融雪ラインの北上速度が 2.40km/day であるのに対してマガンの北上速度は 2.25km/day となり、2006 年の融雪ラインの北上速度が 1.90km/day であるのに対してマガンの北上速度は 1.89km/day と、それぞれ融雪速度とマガンの移動速度が極めて近い数値となった。なお、図 2-1-1-10 に 2005 年及び 2006 年の春季における各調査日の融雪ラインと、マガン観察地点の重心を示した。

以上の結果より、融雪とともにマガン及びハクチョウ類の群れが南から北へ移動していることが明らかになった。

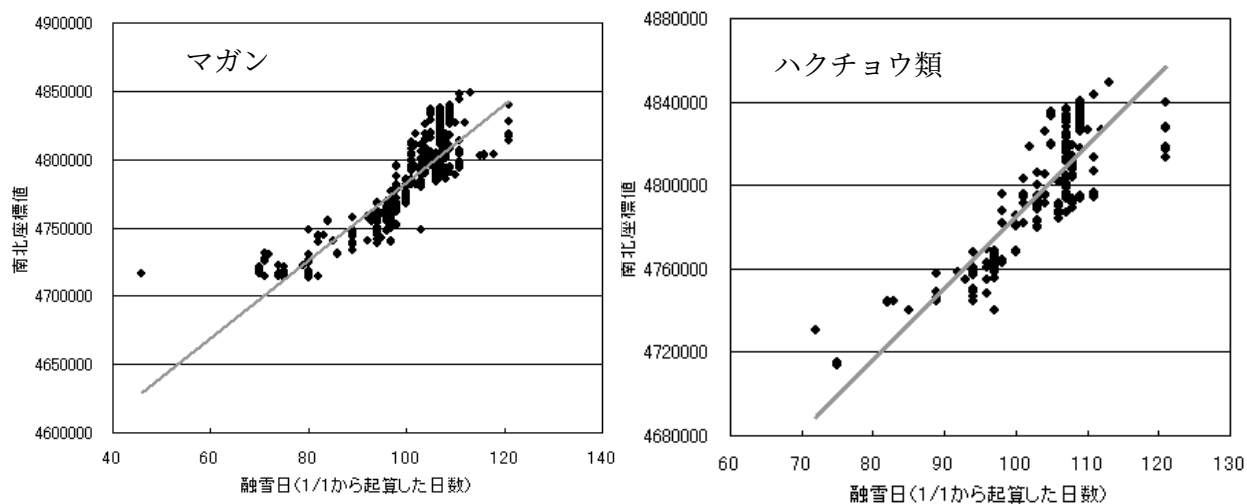


図 2-1-1-8 マガン・ハクチョウ類調査地点の南北座標値と融雪日との関係

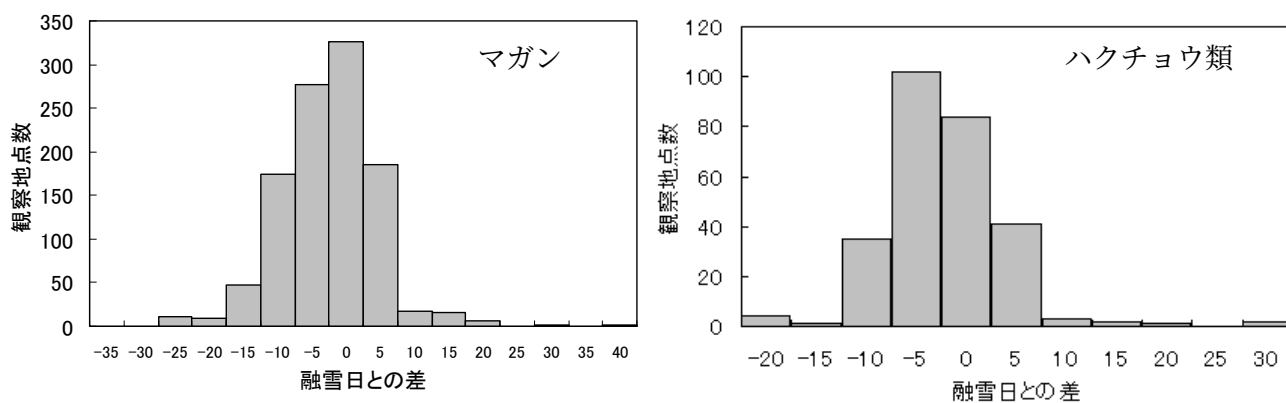


図 2-1-1-9 マガン・ハクチョウ類の観察日と融雪日との差

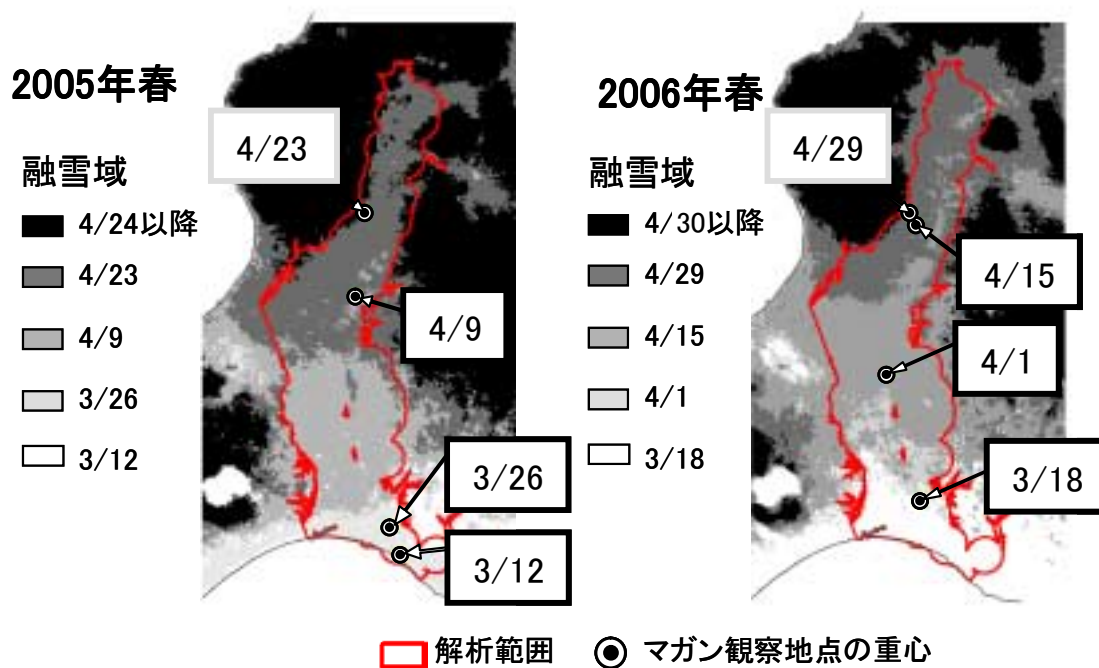


図 2-1-1-10 各調査日の融雪ラインとマガン観察地点の重心

④-2 飛来地周辺の環境特性

まずマガンに関して、春季は、500m、1km、5km のバッファのいずれも、2 種類のモデル共に有意な式が得られたが、変量により説明できる割合（Deviance（影響度）の割合）が 2%以下であった。このことは、春の生息地選択に関しては、周辺土地利用及び罫との位置関係による空間利用の説明は困難であることを意味し、これらは有用なモデルではないという結果が得られた。

そこで、調査日ごとに群サイズと周囲（500m、1km、5km のバッファ）の田や畑の面積、罫からの距離との関係について分析を試みた。分析には、全体と同様に 2 種類の一般化線形モデル（ポアソン分布と負の二項分布）を用いた。その結果、調査日により有意な式も得られたが、すべての調査地において変量により説明できる割合が 5%以下となり、全データプールの時と同様、有用なモデルを得ることはできなかった。

秋季については、500m、1km、5km のバッファに関して、いずれも有意な式が得られ、5km において最も有用な式が得られた。Deviance 値からモデルに影響している変量は、水田面積＞罫からの距離＞畑地面積となり、水田や畑地の面積が大きいほど、また罫からの距離が近いほど群サイズが大きい傾向が見られ、特に水田面積及び罫からの距離が環境選択によく効いていることが明らかとなった。春季と異なり秋季においては、周辺の土地利用や罫との位置関係といった環境要因により生息地が選択されている傾向が見られた。

次にハクチョウ類に関して、春季については、500m、1km、5km のバッファのいずれも、2 種類のモデル共に有意な式は得られたが、変量により説明できる割合が 3%以下となり、マガンの場合と同様、2 年間の春季データをプールした場合は、有用なモデルは得られなかった。ハクチョウ類のミクロスケールでの春における生息地選択は一定の傾向が見られると仮定した場合は、土地被覆、罫に関する要因からでは説明できないということが明らかになった。

そこで、調査日ごとに群サイズと周囲（500m、1km、5km のバッファ）の田や畑の面積、罫からの距離との関係について分析を試みた。分析には、全体と同様に 2 種類の一般化線形モデル（ポアソン分布と負の二項分布）を用いた。その結果、調査日により有意な式も得られたが、すべての調査地において変量により説明できる割合が 8%以下となり、有用なモデルは作成できなかった。これらのことから、ミクロスケールにおける春の生息地選択は今回用いたデータセットからは明らかにならなかった。なお、秋にはハクチョウはほとんど見られなかったため分析は行わなかった。

以上のことから、ハクチョウ類についてもマガンと同様に、ミクロスケールで春季における生息地選択に一定の傾向が見られるという仮定は、周辺土地利用や罫からの距離といった環境要因からは説明できないということが明らかになった。

④-3 広域的な環境利用特性

マガンの可能飛来数として重回帰分析を行った結果、周囲の水田面積、畑地面積、原野面積、そして罫からの距離の 4 つの因子が選択された。なお、これらの相互の相関係数は絶対値で 0.281 以下であった。重相関係数は 0.465、重回帰式の有意水準 99.9%以上、各項目の有意水準は罫からの距離は 99.9%以上、水田面積は 99%以上、原野面積は 95.2%、畑地面積は 94.6%といずれも高い数値となった。重相関係数はやや低く寄与率は 21.6%に過ぎなかったものの、全体的に良好な分析結果が得られたと言える。個々の因子ごとに見ると、様々な説明因子の組み合わせを試行錯誤した中で共通して言えるのは、罫からの距離が最も負の相関としてよく効いており、罫からの距離が近いほど飛来数が多いという結果である。次いで水田面積が正の相関が高く、水田の多い地域を選択している傾向がうかがわれた。また、畑は正の因子として、原野・開発地・森林は負の因子として共通している傾向が見られ、マガンの広域的な環境選択の一端がうかがえた。

図 2-1-11 に、結果の地図表示の一例として、実際の観察個体数（5km メッシュ内の観察個体数の最大値）と重回帰式から推定した個体数を示した。石狩低地帯においては、江別市から恵庭市に

かけての石狩南東部一帯と、美瑛市から浦臼町にかけての一帯が高い飛来可能性を有しているものと推定された。

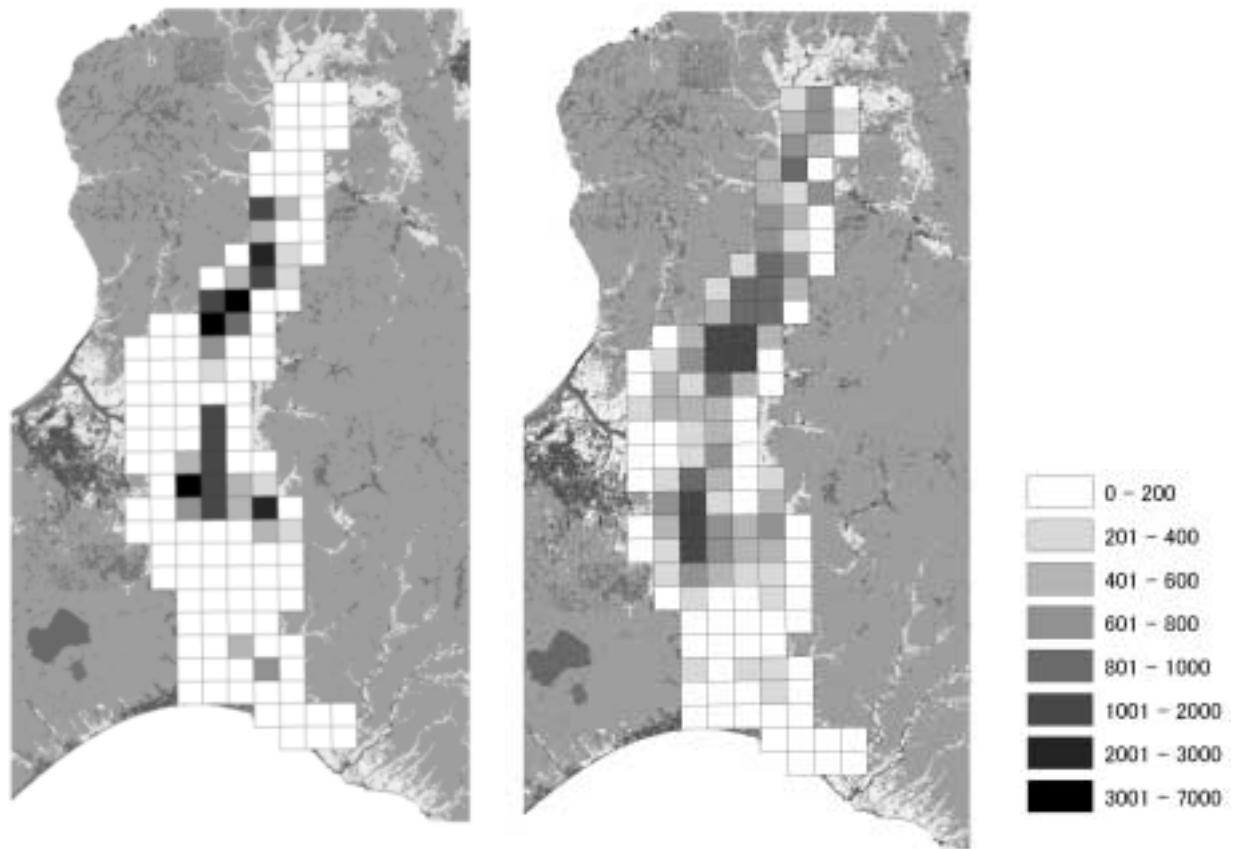


図 2-1-1-11 実際の観察個体数（左）と重回帰式から推定した個体数

④-4 埜の選択特性

埜としての利用環境の選択性についてロジスティック回帰分析を行った結果、「湖岸の湿原割合」「湖沼周囲長」「周辺の樹林割合」「周辺の農地割合」「周辺の人工地割合」の5つの因子を選択した。各項目の有意水準は91.2～98.5%と高く、「周辺の樹林割合」を除けばいずれも95%以上となった。標準偏回帰係数を見ると、「周辺の人工地割合」が最も高く負の値となっており、「湖沼周囲長」及び「湖岸の湿原割合」は正の値、「周辺の樹林割合」及び「周辺の農地割合」は負の値となっていた。正の値はそれが大きいほど埜に利用されやすく、反対に負の値は利用されにくいことを意味する。なお、「湖沼面積」はどの説明変数の組み合わせにおいても有意水準が低く説明に使えないことを意味したのに対して、「湖沼周囲長」はどのケースでも有意水準が高いという結果が得られた。以上より、埜の選択に関連する環境因子の一端をうかがい知る結果が得られたと言える。

2) 石狩川中下流沿いの湖沼に生息する水鳥類

i) はじめに

渡り鳥のように広域的な移動能力を有する野生動物の適正な保護管理を行うためには、渡りの途中で利用する環境の特性を把握するとともに、移動圏域における生息環境要素の空間配置といった、広域的視点からの生息環境の評価が不可欠であり、そのような視点に立った評価技術の開発は今後重要になってくるものと思われる。特に、淡水域を主に利用する水鳥類は、草原性鳥類とともに潜在生息可能地域の面積が限られており、個体群の存亡に対して人為的影響を受けやすいという特徴があるといえる。

そこで、現地調査データと空間解析技術のひとつである GIS 技術を用いて、湖沼を主たる生息域とする水鳥類を対象として、周辺環境との関連も含めた環境利用に関して分析を行い、広域的視点から生息地に関する評価知見を得ることを試みた。

本調査では、石狩川中下流沿いに点在する湖沼において、夏から冬にかけて水辺に生息する鳥類の生息状況を調査し、飛来数の季節消長を明らかにした。また空中写真を用いて、水鳥調査を行った湖沼環境を把握し、水鳥類が利用する湖沼の環境特性について検討した。さらに、水鳥調査は実施しなかったが、調査地周辺に点在する湖沼についても、湖沼環境の調査を進め、石狩川中下流沿いの湖沼に生息する鳥類の種数と個体数を推定した。

ii) 対象地域

石狩川は、大雪山系の石狩岳（標高 1,967m）に源を発し、空知支庁及び石狩支庁管内に広がる石狩平野を流れ、千歳川や豊平川などと合流して石狩湾に注ぐ総延長 268km の河川である。中下流域は、石狩低地帯の中北部に位置するが、同低地帯は北海道の内陸域で最も湖沼が点在する地域である。これは、この地域が極めて傾斜が緩やかであり、石狩川の氾濫や排水不良に伴って、その後背地に湖沼が成立したことと、洪水対策に伴って河跡湖が多く形成されたことによるものである。この地域一帯は、農地化が進んでおり、湖沼の周辺の多くは農地になっている。また農地拡大のために、多数の湖沼が埋め立てられ、年々減少している状況にある。

本調査では、石狩川中下流域に点在する湖沼のうち、湖水面がある程度見渡せる 17 湖沼を選んで水鳥類の生息状況を調べた。

各湖沼の位置を図 2-1-2-1 に示した。また、この 17 湖沼を含む、石狩低地帯の主要な 50 湖沼を選定して、空中写真を用いて湖沼環境の解析を行った。調査対象湖沼の一覧を表 2-1-2-1 に示した（表中の○印は鳥類調査を行った 17 湖沼を示す）。



図 2-1-2-1 調査対象湖沼の位置

表 2-1-2-1 調査対象湖沼一覧

湖沼名	所在市町村名	面積(ha)	鳥類調査	メッシュ番号
浦臼沼	浦臼町	6.85	○	6541-06-96
新沼	浦臼町	15.41	○	6541-06-74,84,85
東沼	浦臼町	9.83	○	6541-06-63
西沼	浦臼町	10.99	○	6541-06-62
菱沼	美唄市	11.24	○	6541-06-33,42,43
伊藤沼	美唄市	13.70	○	6541-06-22,32
宮島沼	美唄市	25.30	○	6441-75-97
雁里沼	岩見沢市・月形町	46.73	○	6441-75-43,44,53,54,63
鏡沼	岩見沢市	2.70	○	6441-75-34
大沼	岩見沢市	5.85	○	6441-65-53,54,63,64
しのつ湖	新篠津村	30.22	○	6441-65-30,40,50,51
旧石狩川	江別市・岩見沢市	35.49	○	6441-55-71,80,81,90
宝水沼	栗沢町	7.42	○	6441-55-53,54
モエレ沼	札幌市	47.12	○	6441-53-45,54,55
越後沼	江別市	9.94	○	6441-54-28
大沢池	江別市	0.88	○	6441-44-72
瑞穂池	江別市	2.41	○	6441-44-41,50,51
ピラ沼	浦臼町	7.28		6541-16-38
鶴沼	浦臼町	5.20		6541-16-37
トイ沼	浦臼町	12.58		6541-16-27
ウツギ沼	浦臼町	0.25		6541-06-74,84
月沼	浦臼町	1.98		6541-06-73,74
浦臼於札内	浦臼町・新十津川町	0.68		6541-16-68
袋地沼	砂川市・新十津川町	34.26		6541-27-00,01,10
東庄貯水池	砂川市	16.45		6541-17-40,41,50,51
砂川遊水池	砂川市	76.45		6541-17-71,72,81,82
茶志内沼	奈井江町	12.60		6541-06-78,88
三日月沼	奈井江町	2.42		6541-16-19
奈井江袋地沼	奈井江町	14.32		6541-16-08,09 6541-06-98
桜沼	美唄市	1.52		6541-06-24
桜沼西	美唄市	0.57		6541-06-23,24
手形沼	美唄市	3.98		6441-75-79,89
三角沼	岩見沢市	5.41		6441-75-67,68,77,78
北村公園沼	岩見沢市	5.41		6441-75-16
蓴菜沼	岩見沢市	2.70		6441-75-27
砂浜南	岩見沢市	0.14		6441-55-90
砂浜北	岩見沢市	0.20		6441-65-00
長沼	岩見沢市	3.73		6441-65-34
下達布旧川	岩見沢市・新篠津村	3.72		6441-65-21,22
月ヶ湖	月形町	10.20		6441-75-60,70
月形小沼	月形町	7.67		6441-74-59,69
マル沼	月形町	1.27		6441-74-48
皆楽公園	月形町	9.13		6541-05-04,05
刑務所前	月形町	0.73		6541-05-16
泉の沼	江別市	0.83		6441-54-25
泉の沼南	江別市	1.90		6441-54-25,26
北島排水	恵庭市	0.41		6441-34-79
漁川合流部の沼	恵庭市	1.63		6441-35-30,31
南8号排水	長沼町	2.88		6441-35-51
長都沼	千歳市・長沼町	22.32		6441-25-64,74,84

iii) 方法

①鳥類の現地調査

調査にあたっては、各湖沼に観察個体が重複しない調査地点を1~4ヵ所設定した。調査地点は、できるだけ沼の広範囲が見渡せるような場所を選んだが、新沼、東沼、西沼、菱沼、伊藤沼、雁里沼、しのつ湖、旧石狩川、モエレ沼の9ヵ所では沼の一部しか見えていない。調査には、18倍の双眼鏡と38倍の望遠鏡を用いて種を同定し、種ごとに個体数を記録した。

調査は8月から12月までの5ヵ月間に、旬ごと（10日ごと）に1回ずつ各湖沼を訪れ、鳥類を観察した。なお、伊藤沼については調査地点の設定が遅れたため、8月上旬の調査は実施しなかった。またすべての湖沼において12月上旬から結氷が始まった。宮島沼、鏡沼、大沼、旧石狩川、モエレ沼、越後沼、大沢池の7湖沼は12月上旬に湖面の全面が結氷していたため、その後の調査は実施しなかった。また浦臼沼、新沼、東沼、西沼、菱沼、伊藤沼、雁里沼、しのつ湖、宝水沼、瑞穂池の10湖沼は12月上旬に一部が開氷していたため12月中旬にも調査を行ったが、これらの湖沼もすべて結氷し、対象とする水辺の鳥類は確認されなかったため、12月下旬の調査は実施しなかった。調査は、薄暮時を避けて日中の明るい時間帯に実施した（概ね9時から17時30分までとしたが、11月は16時30分までとした）。湖沼1ヵ所当たりの調査時間は、概ね5~30分程度を目安としたが、宮島沼などでは鳥類の飛来数が多い時期に1時間30分を要したところもある。調査においては、タカ目、ハト目、キツツキ目、スズメ目の鳥類も確認できたが、これらの鳥類は水辺を主な生息地とする種でないため、今回の結果からは除外し、カイツブリ目（カイツブリ科）、ペリカン目（ウ科）、コウノトリ目（サギ科）、カモ目（カモ科）、ツル目（クイナ科）、チドリ目（シギ科、カモメ科）、ブッポウソウ目（カワセミ科）の鳥類だけを調査対象種とした。なお、調査対象種に関する北海道内における繁殖の有無は、藤巻（2000）と北海道野鳥愛護会広報部（2002）を参考に区分した。また、しのつ湖ではアヒルが観察されたが、これは分析から除外した。

飛来数の季節変化を調べるにあたっては、種ごとに17湖沼の結果を旬別に合計し、調査を行った石狩川中下流域全体の傾向を分析した。また、飛来する鳥類群集の種数と個体数のバランスを計るひとつの指標として、多様度指数を計算して季節変化を求めてみた。伊藤・佐藤（2002）によると、多様性には、「種数」と「構成種間の個体数の均等性」の2つの側面があり、多様性の評価にあたっては、この2つの視点から考慮することが重要であると言われている。そこで、今回の調査では、飛来する鳥類の種数のほかに、多様度指数を用いて、2つの側面から評価を試みた。多様度指数はShannon-Wienerの関数（ H' ）が一般的であるが、サンプルサイズの影響を強く受けるという欠陥があるため（嶋田ほか、2005）、Simpson多様度指数（ D ）から算出される $\log(1/D)$ も併用して用いた。多様度指数は、干潟生物、土壌動物、昆虫、植物など、様々な生物群を対象に用いられる事例が近年報告されており、その中で、鳥類を対象に河畔林依存種の多様性を評価した事例（三田ほか、2004）、ビオトープ内の鳥類相のモニタリングに利用した事例（嶋田ほか、2002）、河川敷の鳥類多様性の季節変化を把握した事例（真野、2002）などの調査研究例が見られる。

②空中写真等による湖沼環境情報の抽出

湖沼及びその周辺環境に関する情報として、湖沼面積、湖沼周囲長、湖岸区分割合（樹林、湿原、人工）、周辺土地利用割合（樹林、湿原、人工）に関する情報を抽出した。まず空中写真を入手し、幾何補正を施したのち、対象湖沼の湖岸線をGIS上でトレースしてGISポリゴンデータを作成し、面積（ha）及び周囲長（km）を計測した。また空中写真を目視判読して、湖岸を樹林、湿原、人工湖岸の3つに区分し、区分割合（%）を求めた。

次に周辺土地利用割合を求めた。土地利用は、まず湖岸線ポリゴンから300mのバッファを発生させ、ポリゴン内を50mメッシュ化し、各メッシュ内で最も優占する土地利用を判読して属性情報に与えたのち集計し湖沼ごとに百分率を求めた。図2-1-2-2にその一例を示した。区分は、「樹林地」、

「草本植生（湿原、河畔二次草原など）」、「農地（水田、畑地、牧草地）」、「裸地（造成地、グラウンドなど）」、「人工地（市街地、芝生など）」、「水面（周辺水路など）」の6クラスとした。なお、湖岸及び周辺土地利用に関する判読は、できるだけ現地調査による確認をもとにして行った。

③利用環境特性の解析

17 湖沼で実施した水鳥類の生息調査情報と、上記で作成した湖沼環境情報を使用して、重回帰分析手法を用いて水鳥類の種数と個体数が、どのような環境因子と関連があるかについての分析を試みた。ここで個体数については、調査期間（12 月を除く）を通した中央値を使用した。また、重回帰分析に使用する因子については、相互の相関を考慮しつつ、できるだけ少ない変数で、重相関係数が高く、重回帰式及び個々の変数に係る有意水準が高くなるよう試行錯誤を重ねた。

最後に、重回帰分析の結果から得られた重回帰式を用いて、石狩低地帯の主要な 50 湖沼（調査対象 17 湖沼を含む）を対象に種数及び個体数を推定した。ここで水鳥類の調査を行った 17 湖沼以外の 33 湖沼についても、前述と同様の湖沼環境情報の整備を行った。



図 2-1-2-2 湖沼周辺に作成した 50m メッシュの例

iv) 結果

①鳥類の現地調査

今回の調査で確認した調査対象種（カイツブリ目、ペリカン目、コウノトリ目、カモ目、ツル目、チドリ目、ブッポウソウ目）は 33 種であった（表 2-1-2-2）。各湖沼で 1 回以上確認された種を、その湖沼に生息する種として、17 湖沼に対して、何ヵ所で確認できたかの割合を算出して出現率とした。アオサギの出現率は 100%で、最も高かった。またカイツブリ、マガモ、カルガモ、コガモの 4 種の出現率は 94%で高かった。このほか、出現率が 50%を超えた種はヒドリガモ、オナガガモ、キンクロハジロ、ミコアイサ、カワアイサの 5 種であった。

湖沼別に出現した鳥類の種数についてみると、調査対象種が最も多く確認されたのは宮島沼と越後沼で 19 種であった。このほか、比較的多くの鳥類が確認されたのは、浦臼沼、東沼、旧石狩川、モエレ沼で 16 種以上の調査対象種が確認された。

今回の調査で確認されたカモ科鳥類と主な種について、飛来数の季節変化を図 2-1-2-3～9 に示した。マガンは 8 月中旬から 9 月中旬まで、宮島沼で 4～5 羽が確認されたが、9 月下旬から観察個体数は急増して 4,000 羽を超えた。10 月中旬には 1,797 羽に減少し、下旬に 1 羽になり、11 月以降は確認されなかった。なおマガンが確認されたのは宮島沼、新沼、浦臼沼の 3 ヲ所であるが、新沼で 10 月上旬に確認した 1 羽、浦臼沼で 10 月上旬に確認した 26 羽と 10 月中旬に確認した 9 羽は、い

○は各湖沼で確認された種 ●は普通に繁殖している種 +は繁殖記録があるか、少数が繁殖している種

ずれも飛翔していたものであり、これ以外のマガンはすべて宮島沼で確認したものである。ヒシクイは10月中旬に宮島沼で確認され、11月上旬に東沼に284羽が飛来していたが、11月中旬は東沼と伊藤沼で飛翔中の個体が確認されただけで、飛来場所は限られていた。オオハクチョウは10月中旬に東沼、宮島沼、越後沼に飛来していたものであるが、これらの地域ではコハクチョウと同所的に生息していた。また、8月下旬と9月下旬は浦臼沼でそれぞれ1羽、11月下旬は宮島沼に2羽、12月上旬は新沼に3羽が確認されたものである。コハクチョウは10月中旬に516羽が確認されたが、これは宮島沼に486羽、越後沼に27羽、東沼に3羽が飛来していたものである。これらのことから、今回の調査で確認されたマガン属とコブハクチョウ属の鳥類はマガン、ヒシクイ、オオハクチョウ、コハクチョウの4種であるが、マガン、オオハクチョウ、コハクチョウの3種は飛来する湖沼が宮島沼や越後沼に限られており、飛来数も9月上旬から10月中旬だけに多数の個体が飛来する傾向があった。ヒシクイについても限られた湖沼に多数が飛来する傾向があったが、飛来時期はマガン、オオハクチョウ、コハクチョウより遅く、11月上旬が最大であった。

マガモとカルガモはそれぞれ8月上旬から11月中下旬まで各地で比較的多く確認された。しかし飛来数については、マガモは10月上旬から11月中旬に飛来数が増加する傾向があったが、カルガモは8月上旬から10月上旬まで比較的安定していた。

ホシハジロは、10月中旬から下旬に、浦臼沼、旧石狩川、モエレ沼、越後沼、瑞穂池の5ヵ所でそれぞれ1~5羽が確認されただけである。キンクロハジロは8月上旬と9月中旬に大沼とモエレ沼

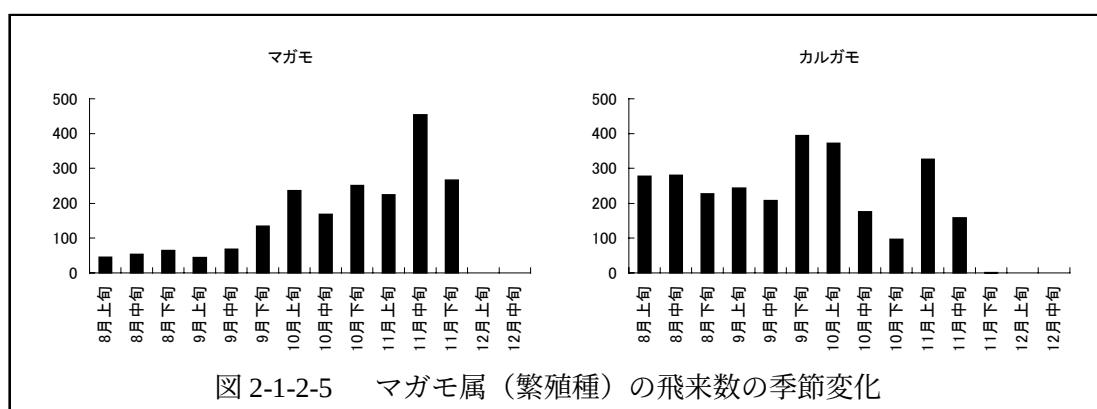
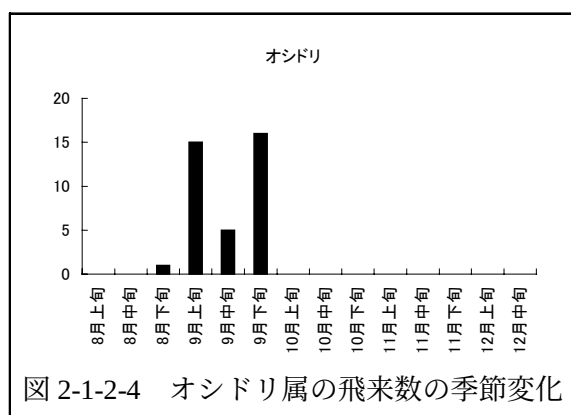
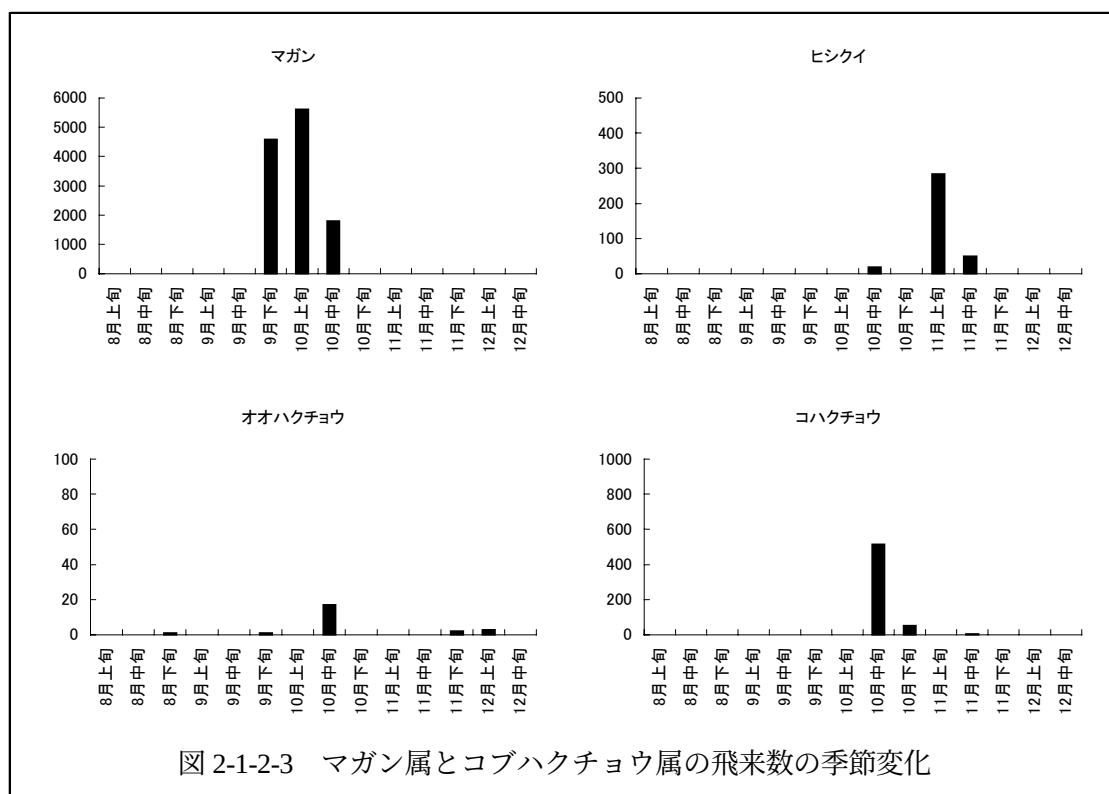
でそれぞれ1羽が確認されたが、10月上旬から各湖沼で確認されるようになり、11月上旬に最大となった。スズガモは菱沼、宮島沼、大沼、モエレ沼、越後沼の5ヵ所で1~6羽が確認されたが、10月下旬にモエレ沼で13羽が確認された。これらのことから、この地域で確認されたスズガモ属の鳥類はホシハジロ、キンクロハジロ、スズガモの3種であったが、ホシハジロとスズガモは、キンクロハジロに比べると飛来数は多くなかった。飛来数は3種ともに、10月から11月上旬が多かった。

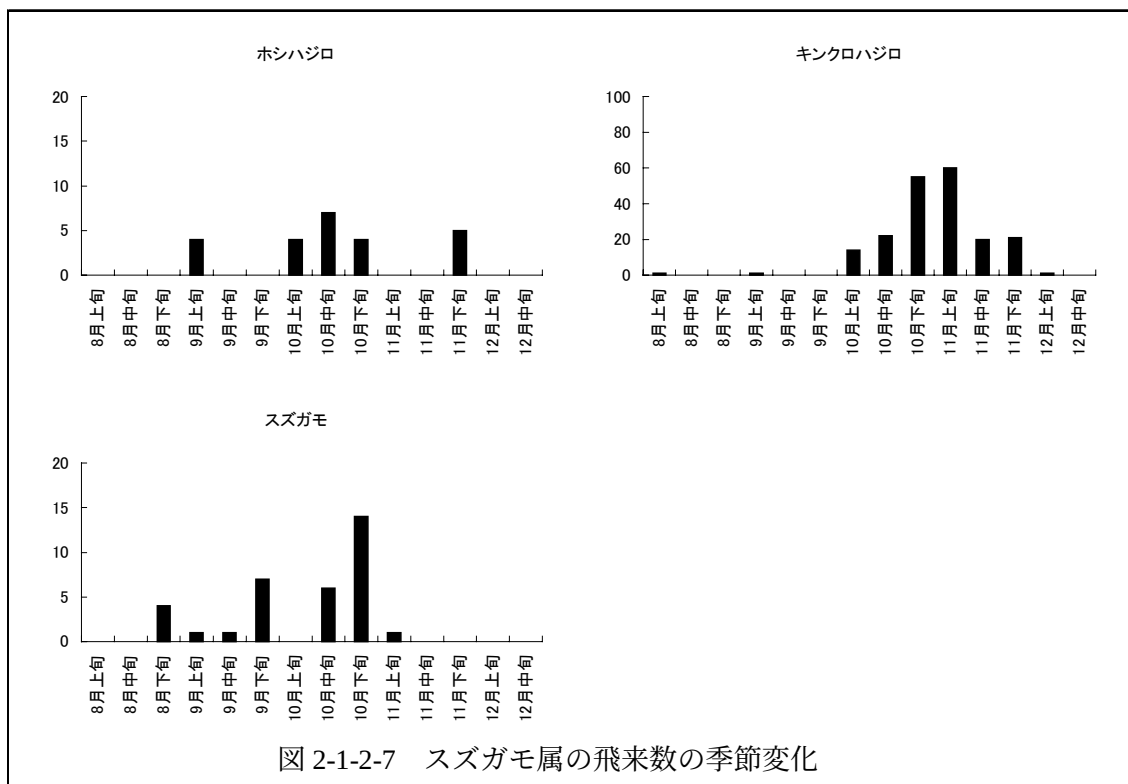
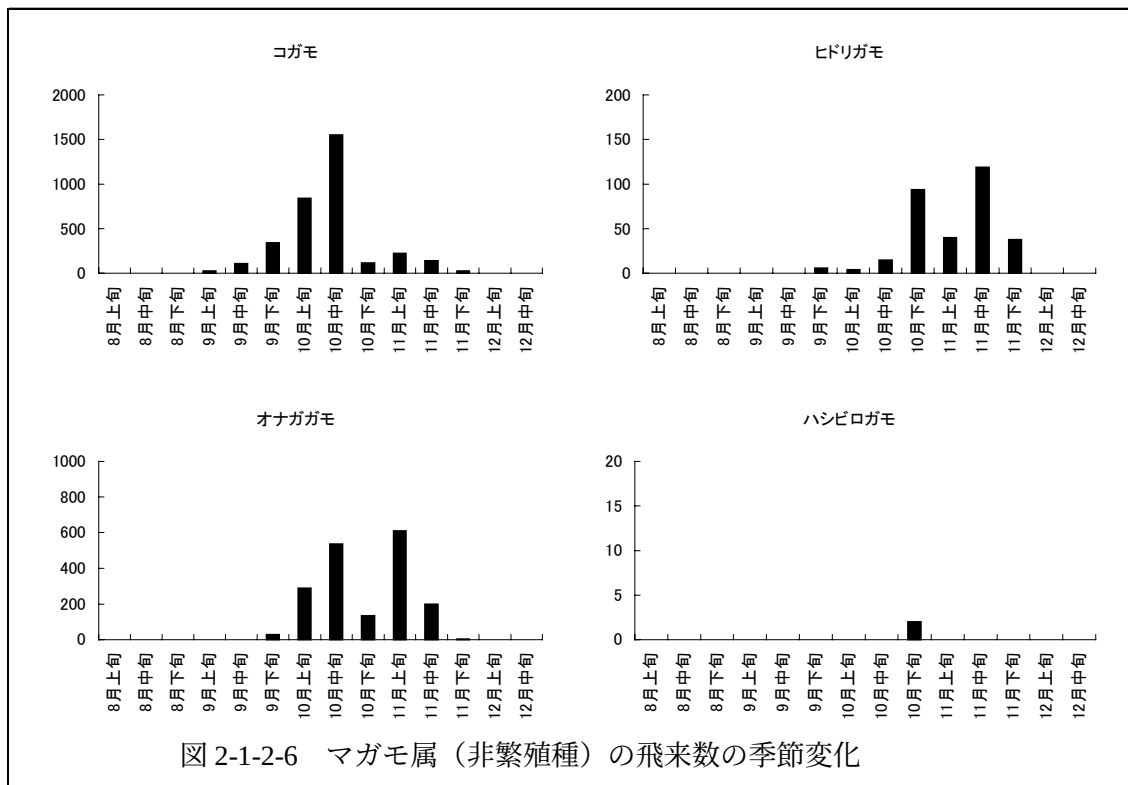
ホオジロガモは宮島沼、しのつ湖、越後沼だけで確認され、飛来数は1~3羽であり多くなかったが、確認された時期は11月上旬から12月上旬であった。ミコアイサとカワアイサは各湖沼で比較的多く確認されたが、飛来時期は10月下旬以降で、それぞれ11月中旬の飛来数が最大であった。

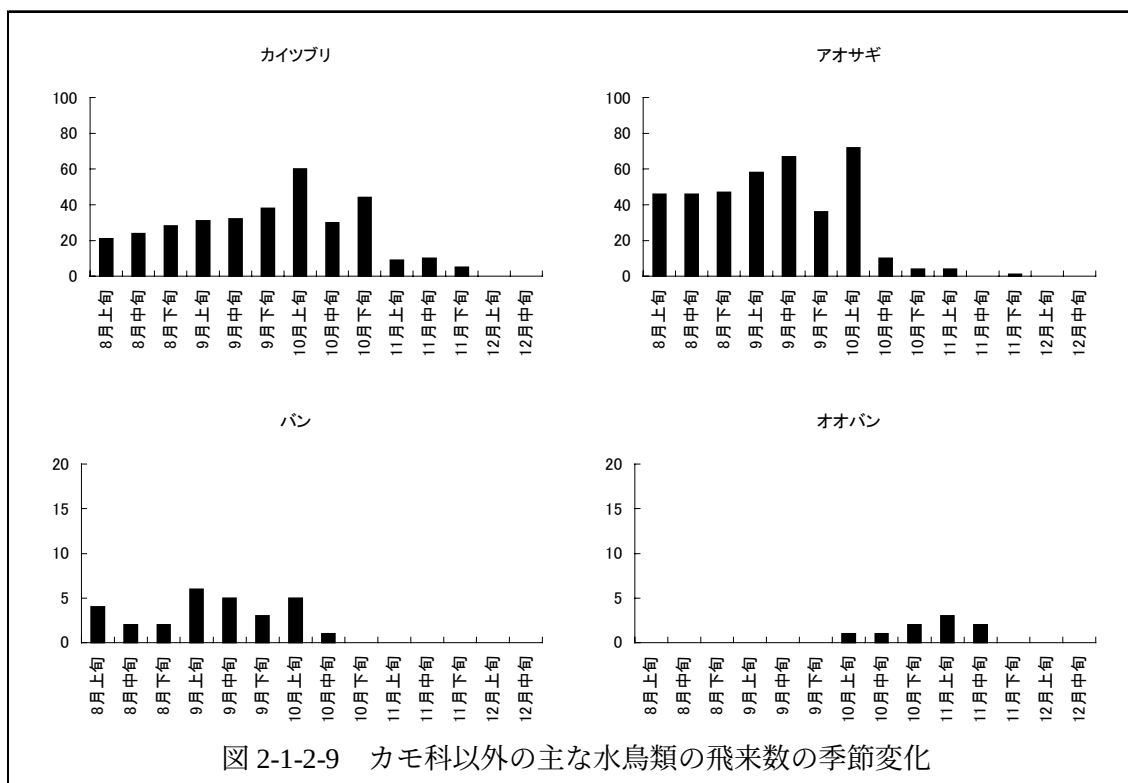
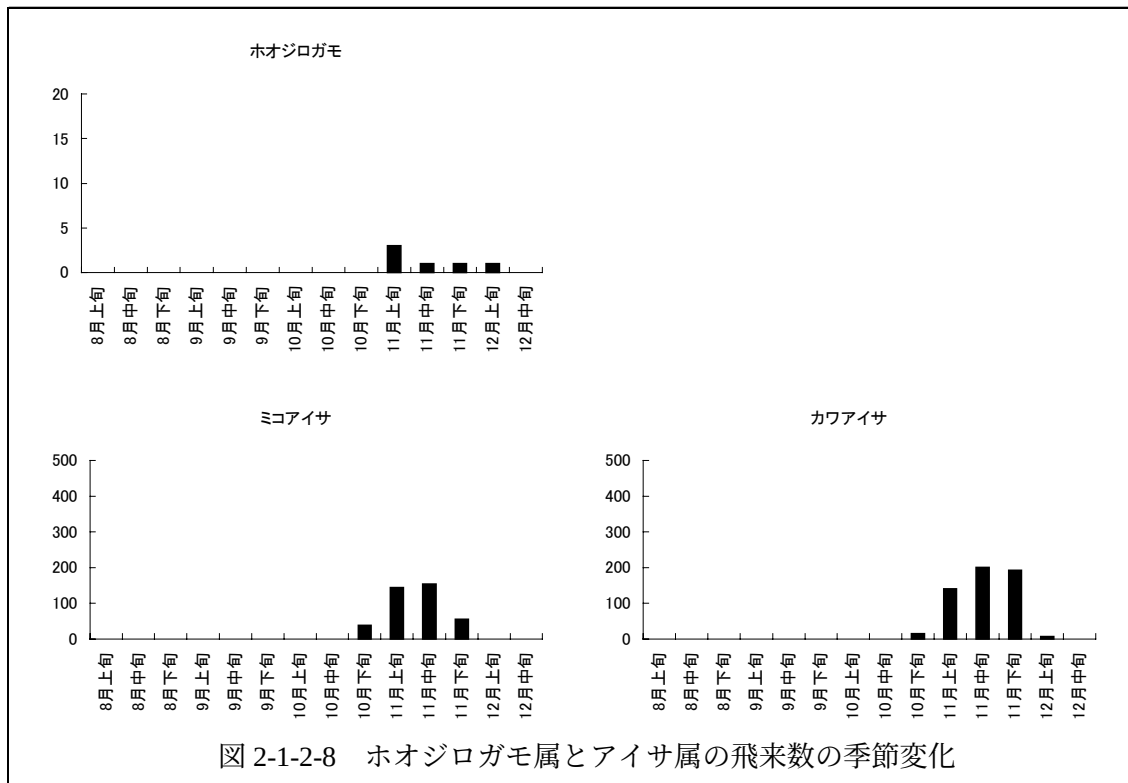
カイツブリ、アオサギは8月上旬から10月まで各湖沼で確認されたが、両種ともに10月上旬が最大となった。カイツブリは11月上旬以降、アオサギは10月中旬以降、飛来数が少なくなり、12月には両種ともに確認されなくなった。バンは浦臼沼、新沼、菱沼、宝水沼、モエレ沼の5ヵ所で確認されたが、各湖沼での確認数は1~4羽であり多くなかった。確認時期は8月上旬から10月中旬で、10月下旬以降は確認されなかった。オオバンが確認されたのは浦臼沼、西沼、モエレ沼、越後沼、瑞穂池の5ヵ所で、各湖沼の確認数は1~2羽で少なかったが、確認時期は10月上旬から11月中旬であった。

今回の調査地全体で確認できた種数と多様度指数の季節変化を図2-1-2-10に示した。種数は8月下旬まで9種であったが、徐々に増加して、10月下旬には21種で最高になり、11月下旬まで徐々に減少して12月上旬には6種になった。多様度指数についてはH'、Log(1/D)ともに8月上旬は低く、徐々に増加するが、9月上旬には低い値を示し、その後10月下旬に最高値になり、11月中旬まで高い値を示して、11月下旬以降低くなった。

これらのことから、夏から冬にかけて、水辺に生息する鳥類は、種によって飛来状況は異なるが、北海道で普通に繁殖している種は、8月から10月まで個体数が多く、11月には減少する種が多い。また旅鳥として北海道を通過する種は、9月から少数が飛来して10月から11月上旬に最大になる種と、10月中旬まで飛来せず、11月に最大になる種がいた。全体の種数としては8月から徐々に増加して10月下旬に最大になり、その後減少するが、多様度指数は、8月上旬から徐々に増加した値は、9月下旬に下がり、その後10月下旬から11月中旬の値が最高になる傾向があった。







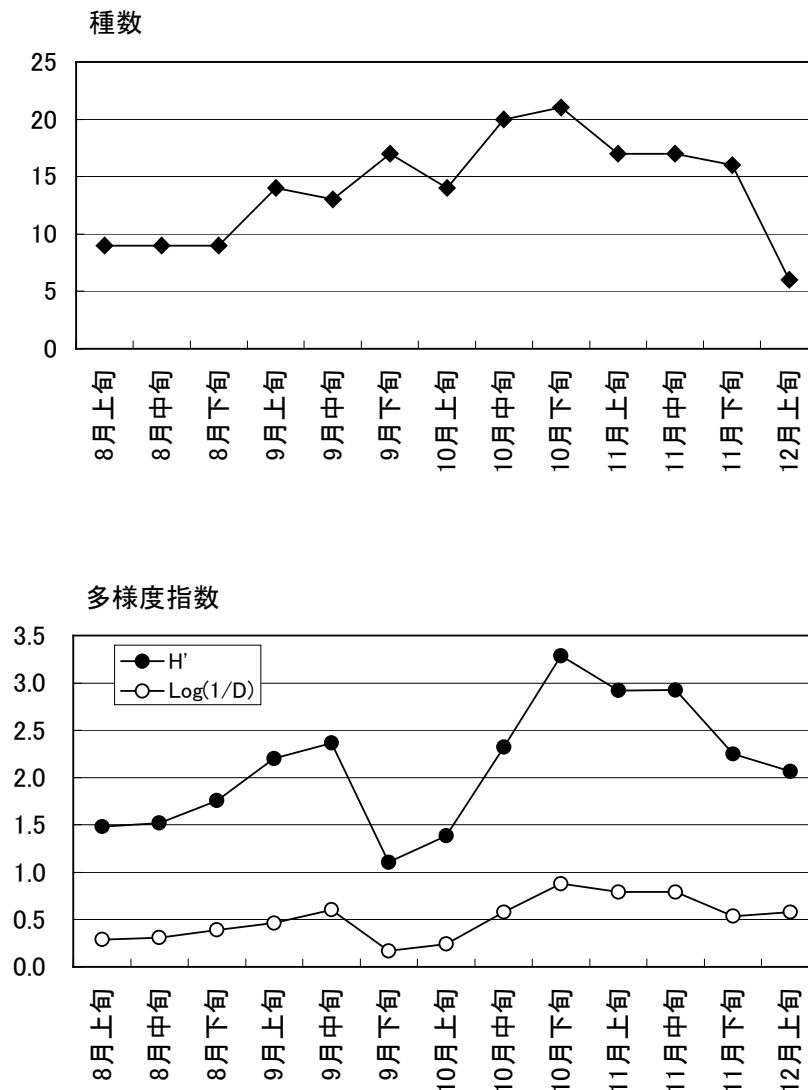


図 2-1-2-10 種数と多様度指数の季節変化

②空中写真等による湖沼環境情報の抽出

50 湖沼の湖沼面積は、0.14～76.45ha で平均 11.06ha、湖沼周囲長は 0.18～8.68km で平均 2.26km であった。周辺土地利用の面積 (50m メッシュ数) 割合は、50 湖沼の全てを合計して、農地が 57.2% と最も多く、次いで人工地 21.6%、樹林地 9.9%、草本植生 7.4%、裸地 2.8%、水面 1.1% となり、本研究対象地域の特徴を表す結果となった。湖岸区分割合は、50 湖沼の平均で、湿原が 44.6%、樹林が 40.9%、人工湖岸が 14.5% となった。

なお、これらの因子の相互の相関係数を求めたところ、湖沼面積と湖岸線延長が 0.868、湖岸の樹林割合と湿原割合が -0.795 と高かったため、以下の重回帰分析から、湖岸線延長と湖岸の樹林割合を除外した。

③利用環境特性の解析

水鳥類の種数について重回帰分析を行った結果、人工湖岸の割合、湖沼面積、周辺の農地割合、周辺の草本植生割合の4つの因子が選択された。なお、これらの相互の相関係数は、絶対値で0.533以下であった。重相関係数は0.879、重回帰式の有意水準99.9%、各項目の有意水準がいずれも97%以上となる良好な分析結果が得られた。個々の因子ごとに見ると、どの項目も同じ程度に推定に寄与しており、人工湖岸の割合が大きいほど種数が少なく、湖沼面積、周辺の農地割合、周辺の草本植生割合が大きいほど種数が多い傾向を示した。

次に水鳥類の個体数（中央値）について重回帰分析を行った結果、湖岸の湿原割合、湖沼面積、周辺の人工地割合の3つの因子が選択された。なお、これらの相互の相関係数は絶対値で0.281以下であった。重相関係数は0.795、重回帰式の有意水準99.6%、各項目の有意水準は周辺の人工地割合が92%で、それ以外はいずれも99%以上となる良好な分析結果が得られた。個々の因子ごとに見ると、湖岸の湿原割合の寄与が最も大きく、次いで、湖沼面積、周辺の人工地割合となり、湖沼面積と湖岸の湿原割合が大きいほど個体数が多く、周辺の人工地割合が大きいほど個体数が少ない傾向を示した。

これらの重回帰式を用いて、石狩低地帯の主要50湖沼における種数及び個体数を推定した結果を、一例として図2-1-2-11及び2-1-2-12に示した。渡り鳥の移動方向である南北方向で比較すると、種数及び個体数のいずれも、大きな偏りは認められず、各緯度帯において利用可能な湖沼が存在しているという傾向が、この図からは、うかがわれた。

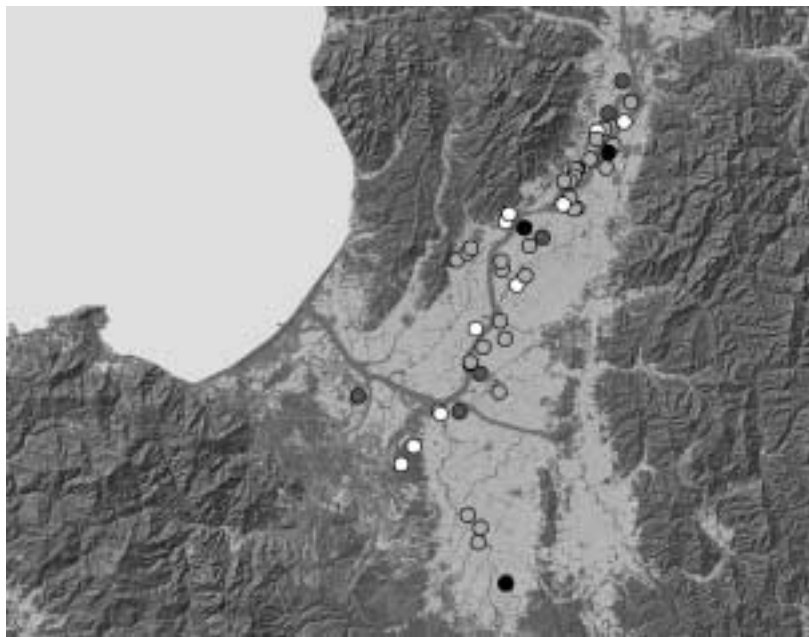


図 2-1-2-11 主要 50 湖沼における種数の推定結果

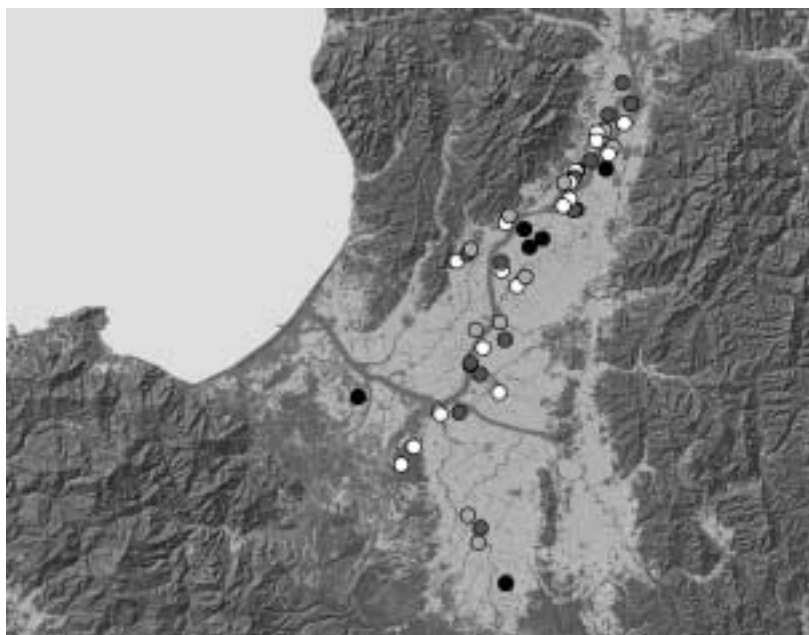


図 2-1-2-12 主要 50 湖沼における個体数の推定結果

(2) ヒグマ

1) はじめに

渡島半島地域におけるヒグマは、主としてブナを中心とした落葉広葉樹林を生息環境としており、衛星画像を用いた利用環境評価などがこれまで試みられているが（環境省自然環境局，2006）、さらに広域的な視点でとらえると、ヒグマは個体によっては針葉樹人工林を含む、より多様な環境を利用していることが知られている。しかしながら、特に針葉樹人工林の生息環境としての評価については不明な点が多い。

そこで本研究では、針葉樹人工林を含むより多様な環境を利用している個体を対象として、空中写真と衛星画像を用いた植生区分図を作成し、ヒグマの生息環境評価を試みた。空中写真ではヒグマの利用環境を考慮して、針葉樹人工林の詳細な植生区分図を作成した。衛星画像を用いた植生区分図の作成では、既往研究（環境省自然環境局，2006）の課題である地形効果の低減を図りつつ、広域化及び高精度化手法についての検討を行った。

2) 対象地域

調査地域は檜山支庁管内上ノ国町の道有林渡島西部管理区の石崎川及び天の川流域を中心とした森林地域で、渡島半島南西部の日本海側に位置する（図 2-2-2-1）。地形は一般に急峻で、地質は古生層を基盤として新第三紀層が重なっている（瀬川，1974）。気象は海洋の影響を強く受け、調査地域の北約 10km の日本海沿岸に位置する江差町（2005 年）では、平均気温は 10.1℃、年間降水量は 1,177mm、最深積雪は 2 月の 31cm で（気象庁 HP，<http://www.jma.go.jp>）、積雪は 12 月下旬から 3 月上旬まで見られるが、標高の高い山岳部では 12 月上旬から 5 月下旬までみられる。植生はブナを優占種とする落葉広葉樹林に覆われており、積雪の多い稜線近くの林床はチシマザサ、クマイザサが覆っている。峡谷にはトチノキ、サワグルミ、オニグルミ、オヒョウ等の河畔林が発達している。標高 600m 近傍より上部は、ダケカンバの多い上部広葉樹林帯となる。人工林は比較的緩やかな地形で標高が低い場所に多く、植栽樹種はトドマツ、スギ、カラマツである。



図 2-2-2-1 調査対象地域

3) 方法

i) 現地植生調査

ヒグマの位置情報が比較的人工林内に集中している場所を選定し、植生調査を実施した。ヒグマの位置情報については、今回新たなテレメトリー調査を行っていないので、過去に実施したテレメトリー調査で通年の位置情報が得られている個体のうち、比較的人工林を多く含む地域を利用して No.4 及び No.6 の 2 個体から得られたデータを用いた（北海道環境科学研究センター，2004）。この位置情報と民有林森林 GIS データ（水産林務部森林計画課，2006）及び道有林森林 GIS データ（水産林務部道有林課，2002）とを重ね、これら 2 個体の位置情報が比較的に集中している場所のうち、人工林である 9 地区（図 2-2-3-1）、計 13 地点を選定した。

地図上で各調査地点の緯度経度を読み取ったのち、携帯 GPS 装置を用いて現地に到達した。植生調査の方法は、調査地点に 20m 四方（場所によっては 20m 四方を確保することが困難であったため、10m ないし 15m 四方、あるいは 10m×20m）の調査区をとって毎木調査を行い、樹種と胸高直径を記録した。また、その中に 5m の方形区 1 ヶ所をとり、高さ 3m 以内の植生に関して種名とそれぞれの被度を記録した。調査を実施した地点が人工林ではなかった場合において隣接した場所に

人工林が存在した場合は、参考として隣接人工林についても同様の調査を実施した。植生調査は、2006年8月から9月にかけて実施した。

ii) 空中写真による森林判読

空中写真の判読対象地域は、生息環境評価を行うヒグマ2個体の行動圏を含む範囲とし、上ノ国町を流れる天の川流域の左岸（個体 No.6）と石崎川流域右岸（個体 No.4）とした（図 2-2-3-2）。使用した空中写真は、森林環境の現況把握を主目的としていることから、現時点で最新の空中写真として林野庁 2003 年 6 月 23 日撮影の白黒密着写真を用いた。

図 2-2-3-3 に空中写真判読から植生図作成までの流れを示した。まず空中写真をスキャナ（EPSON Esper-Scanner ES-8500）で取り込み、TIFF 形式で保存したのち、ArcGIS（Ver.9.1）上で 2 万 5 千分の 1 地形図上に投影してジオリファレンス（座標づけ）を行った。次に、隣接する写真どうしの重なりが自然になるように上下左右をトリミングし、モザイク写真を作成した（図 2-2-3-4）。これとは別に、空中写真を反射実体鏡を用いて立体視し、プリンター出力したモザイク写真上に判読結果を記入した。林相判読にあたっては、現地調査の補完によって判読基準を決める必要があることから、現地植生確認調査を実施して空中写真上の樹冠のキメ（テクスチャ）と実際の林相との対応関係を確認し、判読上の基準を定めた後に、判読作業を行った。現地植生確認調査は、トドマツ・スギの判別及び若齢人工造林地の樹種判別が難しいこと、またカラマツに広葉樹やスギ、もしくはトドマツが混在した不成熟造林地（混交林）が点在していることを考慮し、広葉樹が落葉した後の 11 月上旬に実施した。この時期はちょうどカラマツの紅葉期にあたり、目視で広葉樹、トドマツ、カラマツ、スギの区別が容易である。現地約 50 ヶ所において各植生の写真撮影をし、同じ箇所の空中写真と照合させて判読基準を定めた。判読作業の後、モザイク写真に記入した判読結果をもとにして GIS ポリゴンデータを作成し、各ポリゴンに植生区分のデータを属性として入力した。

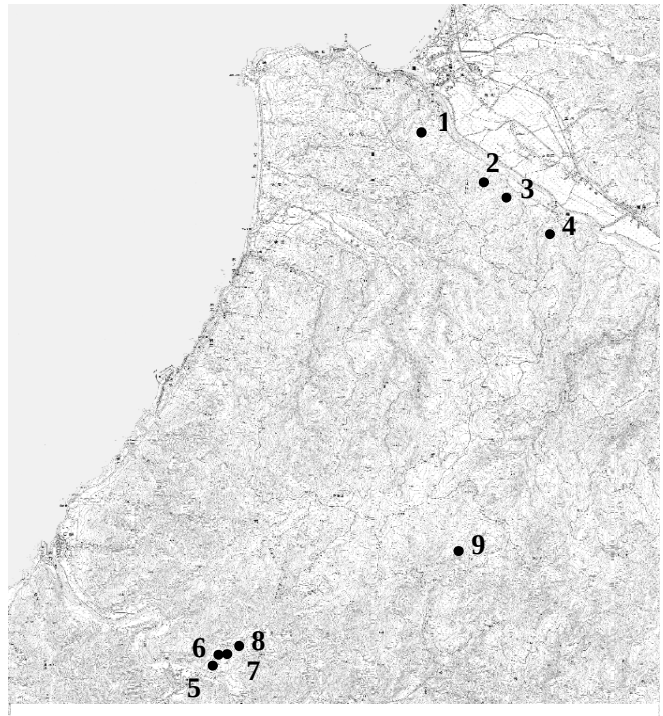


図 2-2-3-1 現地植生調査実施地域



図 2-2-3-2 対象地域

- : 空中写真による森林判読対象地域
- : 衛星画像による植生区分対象地域

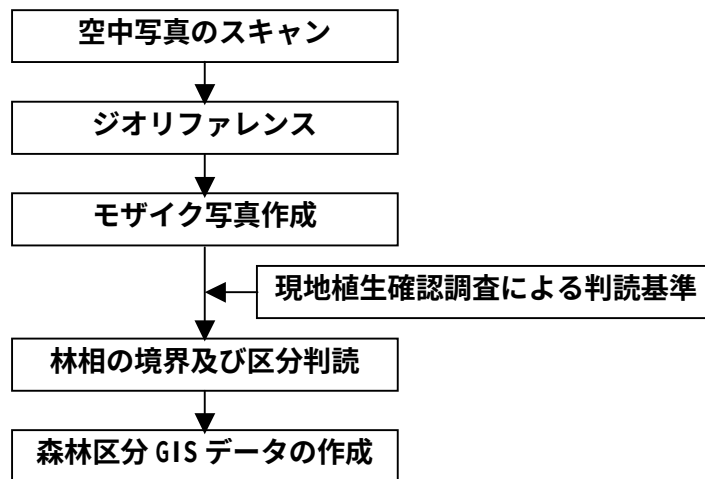


図 2-2-3-3 空中写真判読から植生図作成までの流れ

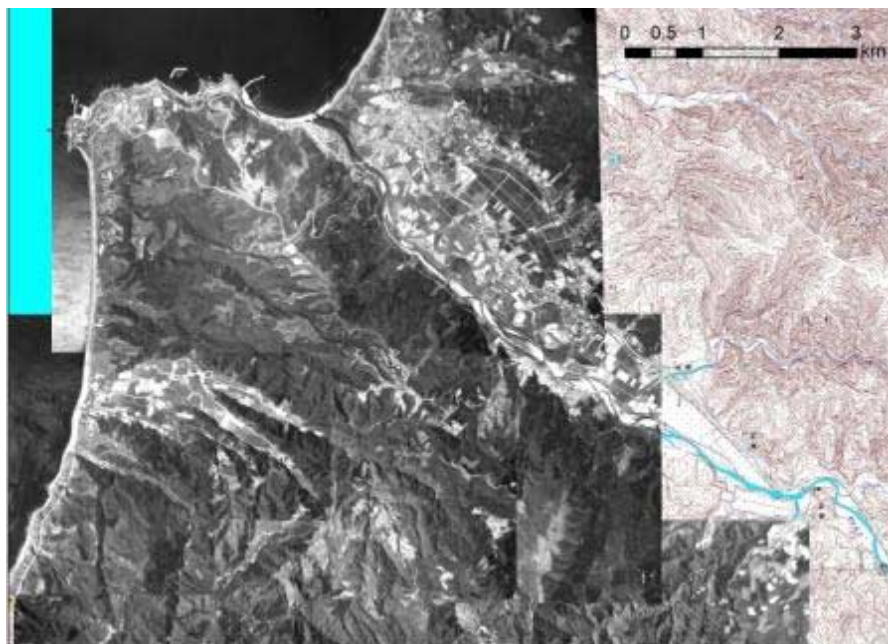


図 2-2-3-4 判読範囲（北部）のモザイク空中写真

iii) 衛星画像による植生区分

衛星画像による植生区分の解析対象地域は、ヒグマ（2 個体）の行動圏と、既往研究（環境省自然環境局，2006）における解析区域の両方を含む区域とした（図 2-2-3-2）。範囲は概ね上ノ国町の天の川左岸側の下流域一帯から石崎川中下流域一帯に至る、面積約 225km² の区域である。使用した衛星画像は、既往研究（環境省自然環境局，2006）の成果を生かすとともに（植生の教師ピクセルの利用など）比較が可能になるようにとの観点から、その際に使用した 1999 年 8 月 9 日撮影の Landsat ETM+（30m 分解能）を用いた。

図 2-2-3-5 に植生区分手法検討の流れを示した。植生区分目標は、下記の 16 区分とした。

- | | |
|-------------|--------------|
| 1 ブナ林 | 9 農地（水田及び畑地） |
| 2 ミズナラ林 | 10 市街地 |
| 3 オニグルミ林 | 11 道路 |
| 4 イタヤ・シナノキ林 | 12 裸地 |
| 5 その他広葉樹林 | 13 河川 |
| 6 スギ・ヒノキ林 | 14 湖沼 |
| 7 その他針葉樹林 | 15 雲 |
| 8 草地（ササを含む） | 16 雲の影 |

このうち、ブナ林、ミズナラ林、オニグルミ林、イタヤ・シナノキ林の4植生は、ヒゲマの生息環境を評価する視点から設定したものであるが、現実の植生はその他の広葉樹林を含めて、混交しているか、純林が小面積で点在することが多く見られることから、衛星画像分類上困難が想定された。また、スギ・ヒノキ林とその他の針葉樹林、農地（水田及び畑地）と草地（ササを含む）についても誤分類される可能性も想定された。これらのことを踏まえて画像分類手法の検討を進めた。以下、各手順について詳述する。なお本解析には、ERDAS Imagine（米 Leica Geosystems 社）と ArcGIS（米 ESRI 社）を使用した。

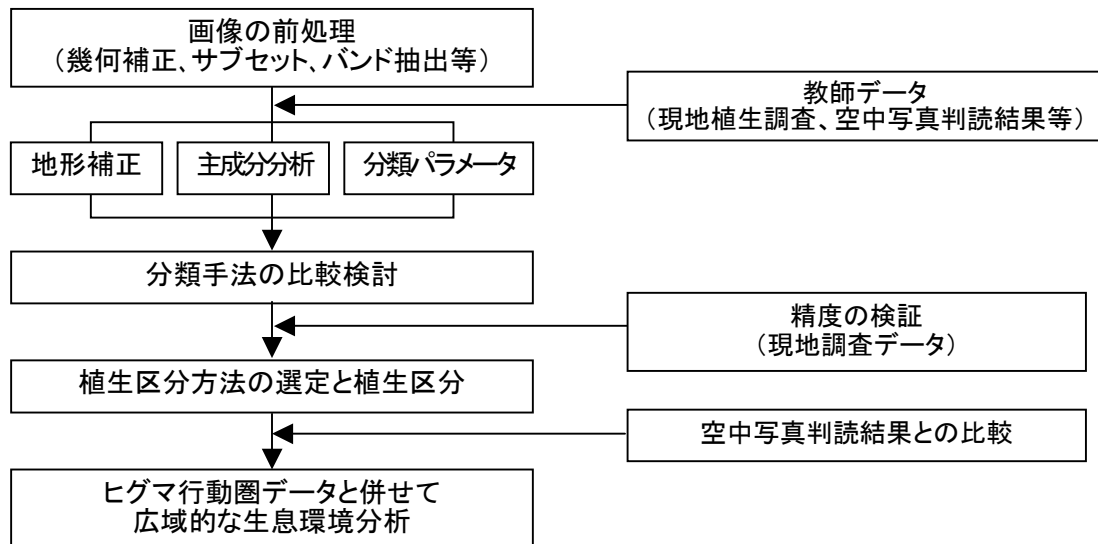


図 2-2-3-5 植生区分手法検討の流れ

①画像前処理

解析に際して衛星画像の前処理を行った。まず、幾何補正済み (WGS84, UTM54) の Landsat ETM+ 画像から解析対象範囲（陸域のみ）を切り取ってサブセットした。その後、バンド 1～7 の 7 チャンネルに NDVI を加えた合計 8 チャンネルのデータをレイヤースタックし、解析用のデータセットを作成した。

②教師データの取得

画像分類に際して、教師データの取得を行った。まず、既往研究（環境省自然環境局，2006）で作成した教師データファイルを再読み込みして利用した。この教師データは、現地調査データ及び空中写真判読をもとにして、できるだけ多くのピクセルを取得するよう作成されたものである。次に前述の空中写真判読から作成した GIS データから、草地、ヒノキ・スギ林、その他の針葉樹林、農地、裸地の一部を教師データとして取得し追加した。その際 Google Earth (<http://earth.google.co.jp/>) 上で閲覧可能な 2006 年撮影の QuickBird 画像を参考に確認した。

③画像分類

最も精度の高い画像分類手法を検討するため、複数の手法を用いて比較検討を行った。具体的には以下の4項目の各パターンを組み合わせで行った。

- [地形補正の有無] ア) 非ランベルトモデルによる地形補正
 イ) バンド和法による地形補正
 ウ) 地形補正なし
- [主成分分析の有無] ア) 主成分分析なし
 イ) 主成分分析あり
- [ノンパラメトリックルールの適用] ア) 適用なし
 イ) 適用あり（多次元レベルスライス法）
- [分類方法] ア) 最尤法
 イ) マハラノビス距離法

Landsat ETM+をはじめとする光学センサの場合、太陽を放射源として対象物に反射・放射した電磁波を観測していることから、対象物の斜面（傾斜角、斜面方位）と太陽（太陽高度、太陽方位）との相対的な位置関係に応じてそのエネルギーが変動する。それによって同じ衛星画像内の同じ対象物が異なった値をとることを地形効果といい、誤差の要因になるとされている。そこで、村上ら（1998, 2002）が提案している非ランベルトモデルによる地形補正を試みた。モデルはインターネット上に公開されている ERDAS Imagine 用モデルを ESRI ジャパンのホームページよりダウンロードして使用した（<http://www.esri.jp/>）。なお補正の際には、バンド 1～5 及びバンド 7 を抽出し、レイヤースタックしたデータを使用し、補正後は元画像のバンド 6 及び補正後データで算出した NDVI をレイヤースタックし画像分類のデータとした。併せてバンド和法による地形補正を試みた。これは以下に示す補正式により計算するもので、最近では福士ほか（2006）がこれを用いた研究を行っている。

$$DNI' = DNI / \Sigma DN$$

DNI' : 補正後の各バンドのピクセル値

DNI : 補正前の各バンドのピクセル値

ΣDN : 全バンドのピクセル値の合計

主成分分析は、植生の違いを特徴的な軸として取り出すもので、NDVI を含む 8 バンドで行い、第三主成分までを用いて教師付き分類を行った。また、教師付き分類の分類方法として、ERDAS Imagine に用意されているパラメータのうち、ピクセルに対してノンパラメトリックルールを適用するかどうかのパラメータとしては、今回は非適用（None）と多次元レベルスライス（parallelpiped）を比較した。また分類方法のパラメータとしては、最尤法（Maximum Likelihood）とマハラノビス距離法（Mahalanobis Distance）の2つの方法を比較に用いた。これらは、既往研究（環境省自然環境局，2006）のパラメータ検討を踏まえて選択したものである。なおノンパラメトリックルール非適用を除くすべての分類方法で未分類クラスを設けて処理を行った。

以上のパターンの組み合わせ数 24 パターンのうち、バンド和法＋主成分分析の組み合わせに係る 4 パターンを除いた 20 パターンについて画像分類を実施した。さらに、それぞれのパターンについてエリミネート処理を行い、3 ピクセル以下の微小ピクセルを除去した 20 パターンを作成した。以上の合計 40 パターンの画像を比較検討した。

④精度の検証

衛星画像による植生区分結果について、精度検証のためのデータを取得するため、2006 年 6 月 29～30 日に現地調査（グランドトゥルース）を行った。現地調査は今回の解析対象となるヒグマ個体の行動圏内を中心に比較的アクセスの容易な 91 地点で行った。各調査地点では、概ね 30m 四方のほぼ均質な植生を選定し、植生相観を記録するとともに、GPS 装置により位置を記録した。これを

GIS ポイントデータ化し、前記で作成した 40 パターンの画像と重ね合わせて、個々の画像ごとにポイントと重なるピクセルの区分値を読みとったのち、区分正当率を求めた。表 2-2-3-1 に分類クラス別の調査地点数を示した。

次にクラスごとの区分正当率を全体的に比較して、誤分類される傾向の強いいくつかの分類クラスを統合再編し、その上で再度区分正当率を求めて比較した。具体的にクラスを統合再編したのは以下の 4 つである。

- ・「スギ・ヒノキ林」と「その他の針葉樹林」
- ・「ミズナラ林」と「オニグルミ林」と「イタヤ・シナノキ林」と「その他の広葉樹林」
- ・「市街地」と「道路」と「裸地」
- ・「ブナ林」と「ミズナラ林」・「オニグルミ林」・「イタヤ・シナノキ林」・「その他の広葉樹林」

これらの比較結果をもとに、最も精度の高い分類方法の組み合わせを選定し、ヒグマの生息環境解析に供する分類画像とした。

⑤空中写真判読結果との比較

前記で選定した分類画像と空中写真判読結果との比較を行った。両者の重なる領域において GIS を用いたクロス集計を行い、両者の各区分が互いにどのように分類されているかについて確認した。

表 2-2-3-1 分類クラス別の調査地点数

分類クラス	地点数
ブナ林	25
ミズナラ林	15
オニグルミ林	5
イタヤ・シナノキ林	1
その他の広葉樹林	20
スギ・ヒノキ林	10
その他の針葉樹林	5
草地	8
裸地	2
合計	91

iv) 生息地利用状況の解析

①空中写真判読成果を用いた解析

人工林を含む地域を利用する個体に関して、空中写真の判読によって作成された植生図を用いて行動圏全体を対象とした生息地利用状況を解析した。解析に用いたヒグマの位置情報は、過去の調査で得られた前述の 2 個体分を使用し、行動圏全体の植生面積比を推定する目的で、それぞれの個体について年間の行動圏を 95%固定カーネル法 (Worton, 1989) により推定した。また、季節による利用環境の解析を行うために、これまでに得られたヒグマ電波追跡個体の位置データを個体ごと季節ごとにプールし、50%固定カーネル法によって季節ごとに利用が集中する場所とそこに含まれる植生区分を解析した。季節の区分は過去に得られた糞分析の結果 (横山, 2005) から、春 (5 月、6 月)、夏 (7 月、8 月)、秋 1 (9 月、10 月前半)、秋 2 (10 月後半以降) の 4 区分とした。

一方、過去のヒグマの位置情報が得られた地域におけるテレメトリーデータには 300m 程度の誤差があることがわかっているが (Murakami et al., 1998)、天の川左岸の斜面については対岸が広く開けているため、より誤差が小さいと考えられる。そこで、No.6 の 4 年間の位置情報のうち、この地域に含まれるものについて 50m 及び 100m のバッファ処理を行い、それぞれのバッファ内に含まれる植生区分を合計することで、利用環境の解析を行った。また同時に比較対象として、この地域に含まれる位置情報のすべてを対象とした 95%固定カーネル法を用い、この地域に含まれる植生の割合を求めた。

②衛星画像分類成果を用いた解析

空中写真と同様に、過去の調査で得られた 2 個体の行動圏全体における生息地利用状況を解析するため、衛星画像の解析によって作成された植生区分図を用いた。位置情報については、これも空中写真の場合と同様に 95%固定カーネル法により行動圏全体の植生面積比を推定し、50%固定カーネル法によって季節による利用環境の解析を行った。季節の区分も空中写真の場合と同様とした。

4) 結果

i) 現地植生調査

13 の調査地点のうち、調査地点 1-1 については最近広葉樹が伐採されて裸地になっていたため、植生調査を行わなかった。残りの 12 地点における毎木調査及び林床植生調査の結果の概要をそれぞれ表 2-2-4-1 及び 2-2-4-2 (詳細は資料 2-2-4-1) に示した。それぞれの調査地点の植生概要は以下のとおりである。

調査地区 1 から 4 は天の川左岸を主に利用していた No.6 の個体の位置情報をもとに選出した地区である。調査地区 1 は 11 月に利用した地域であり、調査地点 1-2 はミズナラ・クリが優占する広葉樹林で、林床はチシマザサに覆われていた。隣接した場所に人工林が存在したため参考として調査を実施した結果、サルナシが林冠部の 6 割をしめるトドマツ林であった。

調査地区 2 は 4 月と 6 月に利用した地域であり、調査地点 2-1 は若齢のスギ人工林で林床はアキタブキなどに覆われていた。調査地点 2-2 も同様に若齢のスギ人工林であったが、やや年数を経ているとともにキブシやサクラといった広葉樹が混交していた。また、林床は広葉樹の稚樹とショウマなどの高茎草本で構成されていた。なお植栽数年のスギ人工林が隣接しており、参考として調査を実施したところ、高茎草本と広葉樹の幼木で構成されていた。

調査地区 3 は 12 月に利用された地域であり、調査地点 3-1 はミズナラ、調査地点 3-2 はシナノキ、クリなどで構成される広葉樹林であった。やや離れているが、約 100m の位置に人工林が存在したので参考として調査を行った結果、手入れが行き届いたスギ人工林で林床にはショウマなどの草本が散見された。

調査地区 4 は 4 月に利用した場所であり、調査地点 4-1 はミズナラやイタヤカエデなどで構成される広葉樹林であったが、細いトドマツが存在した。調査地 4-2 はトドマツ人工林であったが、全体として細くミズナラやクリといった広葉樹が混交している状態であった。いずれも林床はササと多様な草本で占められていた。調査地 4-1 に隣接した人工林を参考として調査したが、密度の高いトドマツ林で林床には何も生育していなかった。

調査地区 5 から 9 は石崎川流域を主に利用していた No.4 の位置情報から選出した地域であり、調査地区 9 を除く 4 地区は石崎川支流の目名川左岸の比較的狭い地域に集中している。調査地区 5 は 6 月と 9 月に、調査地区 6 及び 8 は 9 月に、調査地区 7 は 10 月に、そして調査地区 9 は 11 月に利用した場所である。調査地点 5-1 はカラマツ人工林であったが、ヤマグワが多く混交しており林床はチシマザサが優占していた。調査地点 6-1 及び 7-1 もカラマツ人工林で、イタヤカエデやハウチワカエデが多く混交しており、ミズナラ、クリやブナといったブナ科の広葉樹も生育していた。林床はシダ類あるいはチシマザサが優占していた。調査地点 8-1 はハルニレやオニグルミを主とした広葉樹林で、林床はシダ類やまばらな高茎草本が存在した。また、サルナシの結実もみられた。隣接する人工林についても調査を実施したが、結果は調査地点 5-1 から 7-1 と同様に広葉樹が混交するカラマツ林だが、林床にはチシマザサとともに高茎草本が多くみられた。調査地点 9-1 はブナなどの広葉樹が混交するスギ人工林であった。林床にはブナの幼木や灌木類が多くみられた。

ii) 空中写真による森林判読

現地植生確認調査をふまえて森林判読を行った結果、針葉樹人工林と広葉樹林を樹冠の揃い方から判別でき、カラマツとトドマツの区分については、色調で分類できることがわかった (図 2-2-4-1)。次に、トドマツとスギの区分について現地で確認した結果、若齢林でなければ、樹冠の形から区分できることがわかった (図 2-2-4-2)。トドマツはより色調が暗く、樹冠が密で先端が尖っているのに対し、スギはトドマツに比べて色調が明るく、また樹冠が円形状であるため判読可能と判断した。ただし、若齢林ではほとんど樹種判別はできないと判断された。

樹種の異なる植栽木 (針葉樹) の混交については、カラマツとスギの混交というパターンが多く、いずれかの不成績により補植したものと思われる。ただし、針葉樹どうしの混交は、面積的には小

表 2-2-4-1 各調査地点における毎木調査の胸高断面積の割合（％）

調査地点No.												
	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1
スギ		99.3	97.3		27.7					0.5		87.3
トドマツ						36.0	76.7					
カラマツ								79.0	16.3	66.3	14.3	
ミズナラ	23.9		0.3	65.9	15.0	28.6	11.1		7.1	8.0		0.1
クリ	75.3			23.6	40.6	5.6	6.3			2.7		
ブナ									17.9			11.0
オニグルミ											33.4	
ヤマグワ				0.3				8.7	12.2	0.6	3.3	
シナノキ	0.7			5.7	16.7	10.9			5.0	1.0		
ハルニレ								2.1			38.2	
ハリギリ						0.7	1.5		18.7			
その他		0.7	2.3	4.5		18.3	4.3	10.3	22.9	21.0	10.8	1.5

表 2-2-4-2 各調査地点における中層（5×5m 方形区）の植生の被度（％）

調査地点No.												
	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1
キブシ			30.0									
ブナ												20.0
ツタウルシ	+	5.0	+	25.0	20.0	+	+					+
チシマザサ	95.0	+		90.0	90.0	30.0	20.0	55.0	25.0	60.0	10.0	
クマイザサ						30.0						
アキタブキ		60.0	+									
トリアシショウマ		10.0	15.0	+	5.0							
エゾイラクサ											25.0	
スゲSP						20.0	5.0			50.0		
オシダ									60.0		35.0	
ジュウモンジシダ									10.0		20.0	

さくケース数も多くはなかった（図 2-2-4-3）。また、カラマツ不成績造林地については、カラマツ林としてではなく不成績造林地／混交林として区分した（図 2-2-4-4）。このほか、スギー広葉樹混交、トドマツー広葉樹混交のパターンもあり、これらも同様に不成績造林地／混交林とした。

現地植生確認調査の結果、ヒグマの利用環境と判読の可否も考慮して、林相は最終的に以下の 14 区分に分けた。

- 1 クロマツ
- 2 トドマツ
- 3 カラマツ
- 4 スギ
- 5 草地（放牧地・採草地）
- 6 人工地（市街地のほか造成地、土場など植生がない場所）

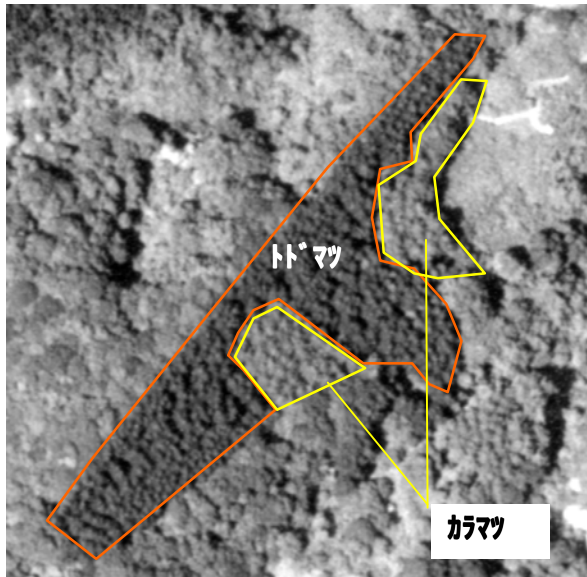


図 2-2-4-1 カラマツとトドマツの区分 (左：空中写真 右：現地撮影写真)

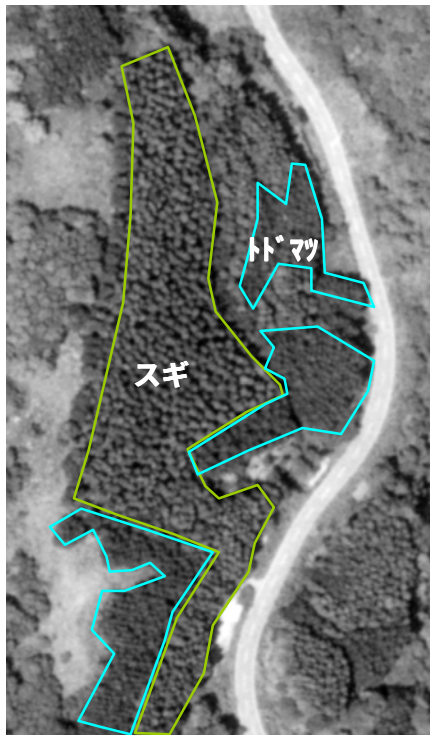


図 2-2-4-2 トドマツとスギの区分 (左：空中写真 右：現地撮影写真)

- 7 道路
- 8 自然草地 (ササ地も含む、高標高域はほとんどササ地と判読)
- 9 若齢人工林 (樹種判別は困難なため行わなかった)
- 10 不成績造林地 (パッチ状、もしくは列状に広葉樹と針葉樹造林木が混交する場所)
- 11 広葉樹林 (樹種判別は困難なため行わなかった)
- 12 伐採跡地 (集材路跡などが認められ、自然草地とは明らかに区別できる場所)
- 13 水田／畑地 (草地と明らかに区別できる農地)
- 14 水域 (河川など)

1～4 は針葉樹植栽地で、ほとんどが現地確認を経て判読可能となった。5～8 は樹木以外の区分で、判読の難易度は針葉樹植栽地ほど高くはないが、自然草地と採草地の判読に迷った箇所があり、これらは管理用道路の有無や表面のキメ（採草地ではキメが揃っており、自然草地ではキメが粗く不揃いと判断）によって線引きを行った。9～12 は森林域だが、樹種判読はせず、成立段階、針・広の混交具合、施業の有無を反映させた区分とした。特に 10 の不成績造林地は、森林調査簿上で「針葉樹人工林」と区分されていても、現実には広葉樹が混交していたり、樹冠が疎で林床植生や灌木類が旺盛に繁茂していたりする可能性が高く、「ヒグマにとっての生息環境」という観点から見たときに、通常の針葉樹人工林と大きく性質が異なる可能性が高いものと予想される。また、広葉樹林に関しては、白黒写真ということもあり、樹種判読までは現実に困難であった。

以上の 14 区分による空中写真判読結果について天の川流域の左岸を図 2-2-4-5 に、石崎川流域の右岸を図 2-2-4-6 に示した。

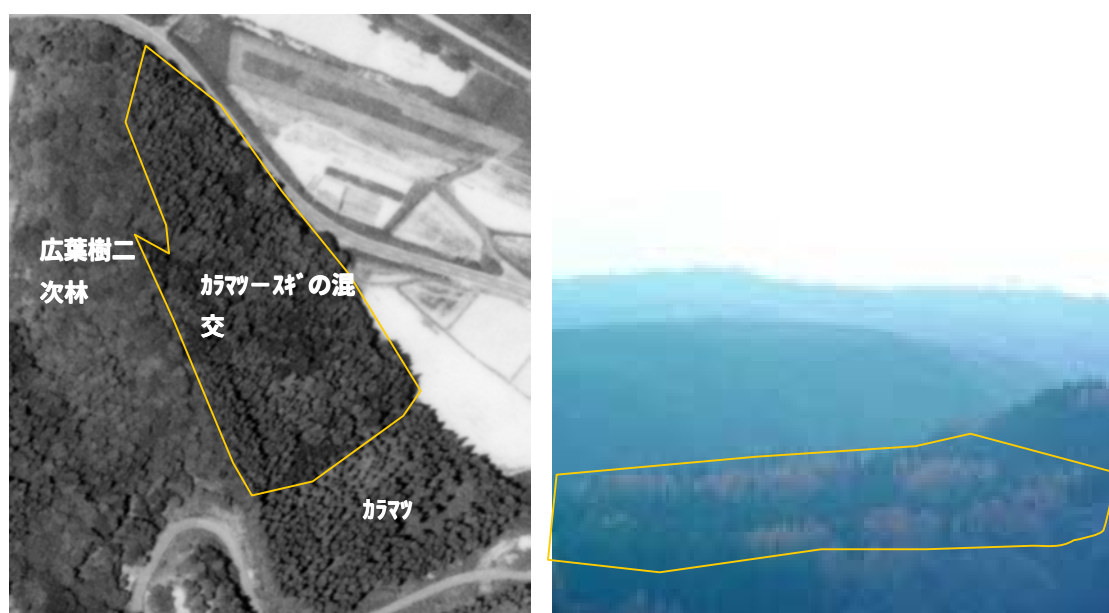


図 2-2-4-3 樹種の異なる植栽木（針葉樹どうし）の混交 （左：空中写真 右：現地撮影写真）

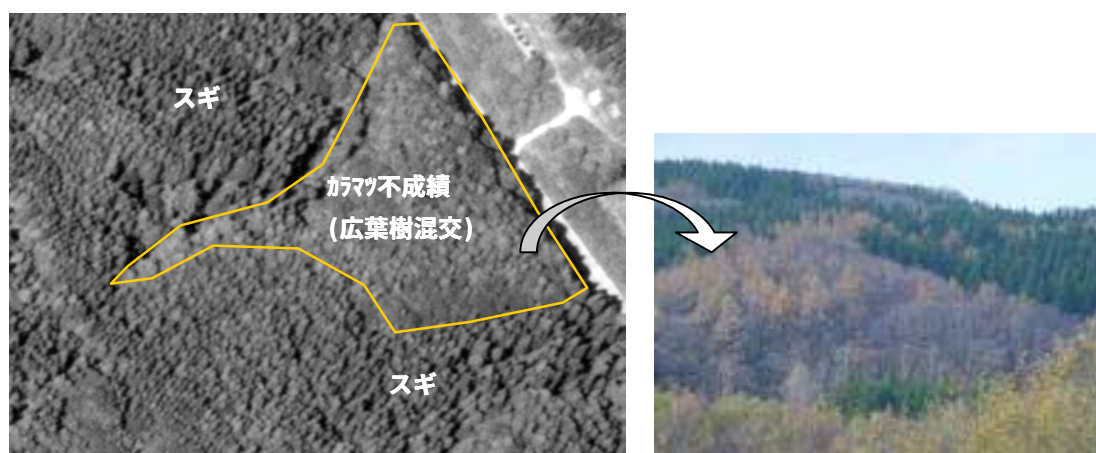


図 2-2-4-4 カラマツ不成績造林地（カラマツ－広葉樹混交林）（左：空中写真 右：現地撮影写真）

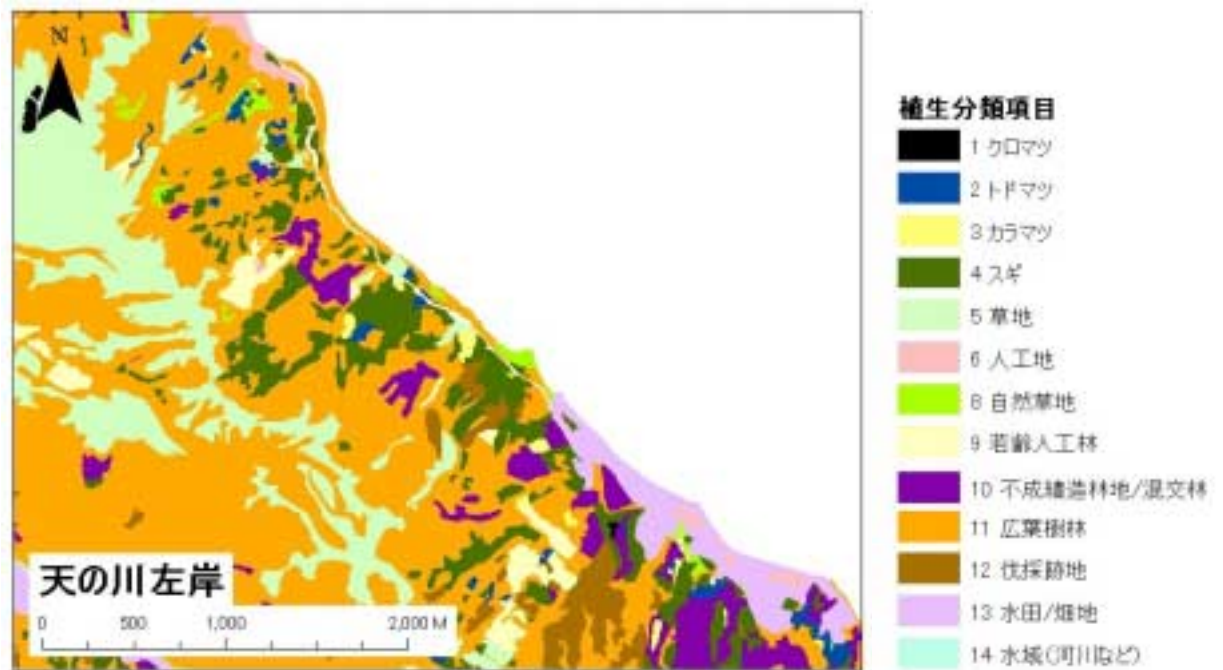


図 2-2-4-5 空中写真判読結果を一部拡大したもの（天の川左岸）

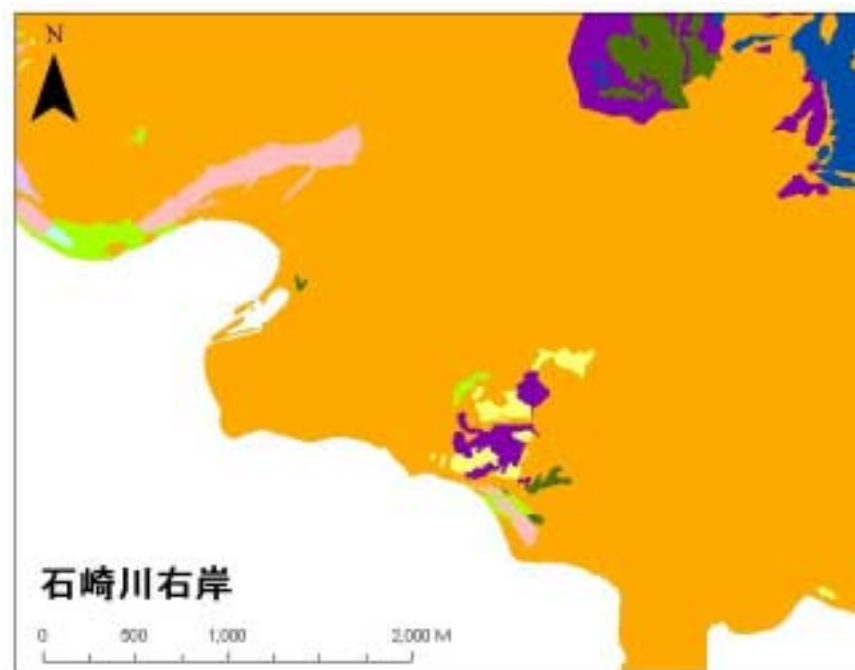


図 2-2-4-6 空中写真判読結果を一部拡大したもの（石崎川右岸）〔凡例は上図と同じ〕

iii) 衛星画像による植生区分

①分類手法の比較検証

画像の分類方法及び分類パラメータ、並びにエリミネート処理の有無による 40 パターンの分類結果と、別に実施した現地調査のデータを比較検証した。画像分類による植生クラスと現地調査による植生クラスの区分正当率(%)を求め、上位 10 パターンを表 2-2-4-3 に示した。このうち a)は 16 クラスに区分した場合、b)は「スギ・ヒノキ林」と「その他の針葉樹林」、「ミズナラ林」と「オニグルミ林」と「イタヤ・シナノキ林」と「その他広葉樹林」、「市街地」と「道路」と「裸地」をそれぞれ統合し 10 クラスに区分した場合、c)はさらに「ブナ林」を広葉樹林に含めた場合を示している。

その結果、a)~c)のいずれの場合においても、「非ランベルトモデルによる地形補正」「主成分分析なし」「ノンパラメトリックルール適用なし」「最尤法」「微小ピクセルの除去なし」の組み合わせが最も区分正当率が高く、16 クラスに区分した場合で 47.3%、10 クラスに統合した場合で 64.8%、さらにブナを広葉樹林に統合した場合で 82.4%となり、今回の解析においては、この組み合わせ手法が最も精度が高いという結果が得られた。ちなみに κ 統計量はそれぞれ 0.39、0.50、0.65 であった。

より詳細な検証結果を見るため、表 2-2-4-4 にこの組み合わせ手法における 16 クラスごとの区分正当率を示した。これより以下のことが明らかとなった。

- スギ・ヒノキ林とその他の針葉樹の誤分類が見られる。
- ブナ林、ミズナラ林、オニグルミ林は比較的良好に分類されている一方で、その他の広葉樹林についてはミズナラ林、オニグルミ林に誤分類される傾向が見られる。
- 針葉樹林と広葉樹林の誤分類が一部見られたところは、針広混交林であることが推定される。
- オニグルミ林と草地の誤分類が一部見られたところは、河川沿いの植生であることが推定される。
- 裸地と草地は高い区分正当率で分類されている。

なお、表 2-2-4-3 に示した区分正当率が相対的に高い手法についてクラスごとに見ても同様の傾向が示された。

②分類結果

前記の比較検証の結果、「非ランベルトモデルによる地形補正」「主成分分析なし」「ノンパラメトリックルール適用なし」「最尤法」「微小ピクセルの除去なし」の組み合わせによる手法をヒグマの生息環境解析に用いることとした。図 2-2-4-7 に 1999 年 8 月 9 日の Landsat ETM+を用いた画像分類結果を示した。

③空中写真判読結果との比較

今回解析を行うヒグマ 2 個体の行動圏を中心とした地域で行った空中写真判読結果と、前節の衛星画像分類結果との比較を表 2-2-4-5 及び 2-2-4-6 に示した。なお、両者の凡例は異なる上に数が多いため、類似のものを統合している。これを見ると、衛星画像分類区分をもとに集計した結果と、空中写真判読区分をもとに集計した結果は、全体的には概ね一致した傾向を示した。だがその一方で、伐採跡地や不成熟造林地など中間的・混合的な植生については衛星画像で試みている樹種ベースの区分と必ずしも対応せず、樹種に着目するか森林管理状態に着目するかでの区分上の扱いについて、課題が示された。

表 2-2-4-3 衛星画像分類結果と現地調査との区分正当率（％）

a)	分類方法及びパラメータ	正当率
	非ランベルト補正／最尤法／Nonparametric 適用なし	47.3
	地形補正なし／最尤法／Nonparametric 適用なし	44.0
	地形補正なし／最尤法／Nonparametric 適用なし／微小 Pixel 除去	42.9
	地形補正なし／最尤法／Nonparametric 適用あり／微小 Pixel 除去	41.8
	地形補正なし／最尤法／Nonparametric 適用あり	39.6
	非ランベルト補正／最尤法／Nonparametric 適用あり	38.5
	非ランベルト補正／最尤法／Nonparametric 適用あり／微小 Pixel 除去	36.3
	非ランベルト補正／最尤法／Nonparametric 適用なし／微小 Pixel 除去	34.1
	非ランベルト補正／マハラノビス距離／Nonparametric 適用なし	30.8
	地形補正なし／最尤法／主成分分析／Nonparametric 適用なし／微小 Pixel 除去	30.8
b)	分類方法及びパラメータ	正当率
	非ランベルト補正／最尤法／Nonparametric 適用なし	64.8
	非ランベルト補正／最尤法／Nonparametric 適用なし／微小 Pixel 除去	58.2
	地形補正なし／最尤法／Nonparametric 適用なし	58.2
	地形補正なし／最尤法／Nonparametric 適用なし／微小 Pixel 除去	58.2
	地形補正なし／最尤法／Nonparametric 適用あり／微小 Pixel 除去	56.0
	非ランベルト補正／マハラノビス距離／Nonparametric 適用なし	54.9
	非ランベルト補正／最尤法／Nonparametric 適用あり	54.9
	地形補正なし／マハラノビス距離／Nonparametric 適用なし／微小 Pixel 除去	54.9
	非ランベルト補正／マハラノビス距離／Nonparametric 適用あり	53.8
	非ランベルト補正／マハラノビス距離／Nonparametric 適用なし／微小 Pixel 除去	53.8
c)	分類方法及びパラメータ	正当率
	非ランベルト補正／最尤法／Nonparametric 適用なし	82.4
	非ランベルト補正／マハラノビス距離／Nonparametric 適用なし	78.0
	地形補正なし／最尤法／Nonparametric 適用なし／微小 Pixel 除去	78.0
	非ランベルト補正／マハラノビス距離／Nonparametric 適用なし／微小 Pixel 除去	76.9
	非ランベルト補正／最尤法／Nonparametric 適用あり	75.8
	非ランベルト補正／マハラノビス距離／Nonparametric 適用あり	75.8
	非ランベルト補正／最尤法／Nonparametric 適用なし／微小 Pixel 除去	75.8
	地形補正なし／最尤法／Nonparametric 適用なし	75.8
	地形補正なし／マハラノビス距離／Nonparametric 適用なし／微小 Pixel 除去	75.8
	地形補正なし／マハラノビス距離／Nonparametric 適用なし	74.7
	地形補正なし／最尤法／Nonparametric 適用あり／微小 Pixel 除去	74.7
	バンド和補正／最尤法／Nonparametric 適用あり／微小 Pixel 除去	74.7
	バンド和補正／マハラノビス距離／Nonparametric 適用あり／微小 Pixel 除去	74.7

表 2-2-4-4 クラスごとの区分正当率（％）
（非ランベルトモデルによる地形補正／最尤法／Nonparametric 適用なし）

衛星画像分類による植生クラス

	スギ・ヒノキ林	ブナ林	道路	裸地	イタヤ・シナノキ林	雲の影	河川	他広葉樹	草地	ミズナラ林	オニグルミ林	他針葉樹	農地
スギ・ヒノキ林	50.0										10.0	40.0	
ブナ林		36.0			4.0	4.0	4.0	12.0		16.0	16.0		8.0
裸地				100.0									
イタヤ・シナノキ林											100.0		
他広葉樹		10.0		5.0				30.0	10.0	25.0	20.0		
草地				12.5					75.0		12.5		
ミズナラ林		6.7	6.7					6.7	13.3	60.0	6.7		
オニグルミ林		20.0							20.0		60.0		
他針葉樹								20.0				60.0	20.0

現地調査による植生クラス

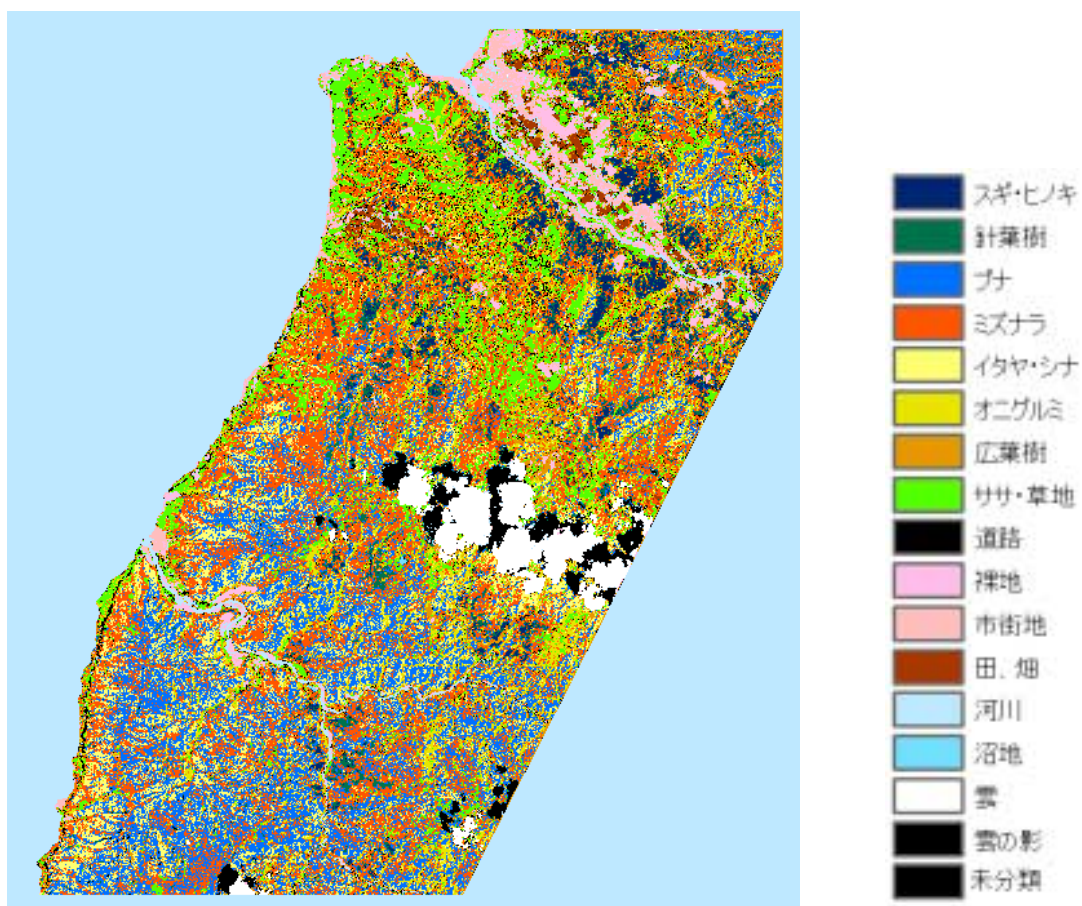


図 2-2-4-7 対象地域の衛星画像分類結果

表 2-2-4-5 衛星画像分類結果と空中写真判読結果との比較－衛星画像区分をもとに集計－(%)

衛 星 画 像	空 中 写 真					
	針葉樹林	広葉樹林	草地	農地	水域	人工地
	針葉樹林	61.3	36.5	1.5	0.4	0.1
	広葉樹林	8.6	86.2	4.3	0.6	0.2
	草地	3.9	57.3	35.3	2.9	0.5
	農地	32.3	39.9	5.9	21.2	0.2
	水域	11.4	42.8	22.1	10.1	4.6
	人工地	6.7	50.5	22.4	7.6	11.8
	雲	8.3	89.5	2.0	0.0	0.1

表 2-2-4-6 衛星画像分類結果と空中写真判読結果との比較－空中写真判読区分をもとに集計－(%)

空 中 写 真	衛 星 画 像						
	針葉樹林	広葉樹林	草地	農地	水域	人工地	雲
	針葉樹林	31.9	48.0	4.0	5.3	1.0	3.5
	広葉樹林	2.9	72.2	9.0	1.0	0.6	4.0
	草地	1.0	30.7	47.5	1.2	2.5	15.0
	農地	1.5	21.1	20.7	23.6	6.0	27.1
	水域	4.2	20.2	6.3	6.3	26.5	34.9
	人工地	0.8	14.2	5.9	0.3	8.9	68.7

表 2-2-4-7 年度ごと個体ごとの位置データ数

	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
No.4	44	22	25	27	50
No.6	34	90	61	32	0
No.6 (天の川斜面)	26	31	46	14	0

表 2-2-4-8 個体ごと季節ごとの位置データ数

	春	夏	秋 1	秋 2
No.4	34	52	44	35
No.6	94	42	33	48

iv) 生息地利用状況の解析

解析には、No.4 について 1999 年から 2003 年までの 5 年間、No.6 について 1999 年から 2002 年までの 4 年間の電波追跡によって得られた位置データを用いた（表 2-2-4-7）。また、季節ごとの解析において用いたデータ数は表 2-2-4-8 のとおりであった。

①空中写真判読成果を用いた解析

年ごとのヒグマの位置データについて作成した 95%固定カーネルと空中写真の判読結果から、

GIS を用いてヒグマの利用環境について解析を行い、その結果を図 2-2-4-8 及び 2-2-4-9 に示した。また、No.6 の位置データのうち天の川左岸に面した斜面に位置するデータについては、95%固定カーネル及び 50m、100m のバッファ処理したものと空中写真の判読結果から GIS による解析を行い、結果を図 2-2-4-10 に示した。なお、空中写真の判読については今回解析対象としたヒグマの行動圏全域にわたって実施することができなかったため、判読を行わなかった範囲については未分類として示した。また、バッファ内の植生分類では未分類を集計できないが、カーネルを用いた集計でも無視可能な割合であったことから、図を作成する際に除去した。

年ごとの利用環境についてだが、年間行動圏の面積については、空中写真による解析の場合 No.6 の行動圏の一部が解析から除外されているため、後述の衛星画像の項で述べることにする。No.4 はどの年も広葉樹林を主に利用しており、一部不成績造林地／混交林やスギ、トドマツ林といった人工林を利用していた。年による変化については、2001 年及び 2003 年にやや広葉樹林を利用する割合が減少しているが、これらの年にはトドマツ林を利用する割合が高くなっている。一方 No.6 は行動圏に未分類の部分が占める割合が大きく、生息地の利用パターンを把握することが困難であった。分類ができた地域のみについていえば、どの年も No.4 と比較して伐採跡地や不成績造林地／混交林、スギ林などの人工林を多く利用していた。1999 年及び 2001 年には広葉樹林を利用した割合が低くなっているが、これらの年は未分類の地域を利用した割合が高くなっていた。バッファ処理を行った位置データによる解析結果は、ここで対象とした地域の植生割合と比較した場合、50m、100m のいずれの場合も広葉樹林と伐採跡地の割合が高くなっていた。また、水田や畑地はほとんど利用していない結果となった。

次に、季節ごとの利用環境についての、50%固定カーネル法を用いた解析結果を図 2-2-4-11 及び 2-2-4-12 に示した。具体的な数値は示さなかったが、No.4 は秋になると比較的行動圏が狭くなり、No.6 は逆に広くなるという結果が得られた。No.4 は夏及び秋 2 に広葉樹林を高い割合で利用しており、春には若齢人工林やトドマツ林、秋 1 には不成績造林地／混交林とカラマツ林を多く利用していた。不成績造林地／混交林とカラマツ林は秋 2 にも比較的に利用していた。一方 No.6 は夏以降に今回分類を行わなかった地域を高い割合で利用しており、利用パターンの季節変化は不明であった。

②衛星画像分類成果を用いた解析

ここでは、衛星画像（Landsat ETM+）の解析結果のうち、最も現地調査データとの区分正当率が高かった組み合わせ（非ランベルトモデルによる地形補正・主成分分析なし・ノンパラメトリックルールの適用なし・最尤法・微少ピクセルの除去なし）によるものを用いた。まず解析画像を見ると、対象地域の北部と南部で明らかに植生の違いが見える（カラー図 2-2-4-7 参照）。そこで、天の川流域と石崎川流域の分水嶺で北部と南部を区分し（図 2-2-4-13）、それぞれの地域における植生割合について集計を行った。この結果を図 2-2-4-14 に示したが、北部ではスギ、ヒノキなどの針葉樹とササ、草地が多く、南部ではブナとイタヤカエデ、シナノキが多くみられた。

次に、空中写真の場合と同様に、年ごとのヒグマの位置データについて作成した 95%固定カーネルと衛星画像の解析結果から GIS を用いてヒグマの利用環境について解析を行い、その結果を図 2-2-4-15 及び 2-2-4-16 に示した。年間行動圏の大きさは、No.4 の場合年間約 6～22km² を利用しており、No.6 は約 23～29 km² を利用していた。このうち行動圏に含まれる広葉樹林全体（ブナ、ミズナラ、オニグルミ、イタヤ・シナノキ及びその他の広葉樹）の面積は、No.4 の場合約 5～16 km² で、No.6 は約 11～16 km² であった。年ごとの利用環境に関する結果では、No.4 は 2002 年に最も高い割合でブナ林を利用しており、1999 年と 2001 年にはミズナラ林を比較的多く利用していた。また、2000 年及び 2003 年にはミズナラ林の利用割合が低くなっているが、これらの年は雲とその影が占める割合が高かった。No.6 は 4 年間ほど同じような利用のパターンを示したが、1999 年はややミズナラ林の利用割合が低くなっていた。

季節ごとの利用パターンの比較では、No.4 の場合、夏と秋 2 にブナ林を多く利用しており、秋 1 にはミズナラ林を高い割合で利用していた（図 2-2-4-17）。春には雲が占める割合が非常に高くなっていた。一方 No.6 は春と秋 1 にササ、草地の利用割合が高くなっており、夏にはオニグルミ林の利用割合が高かった（図 2-2-4-18）。また、春には針葉樹林をやや高い割合で利用しており、夏にはスギ、ヒノキ林の利用が他の季節と比べて少なかった。

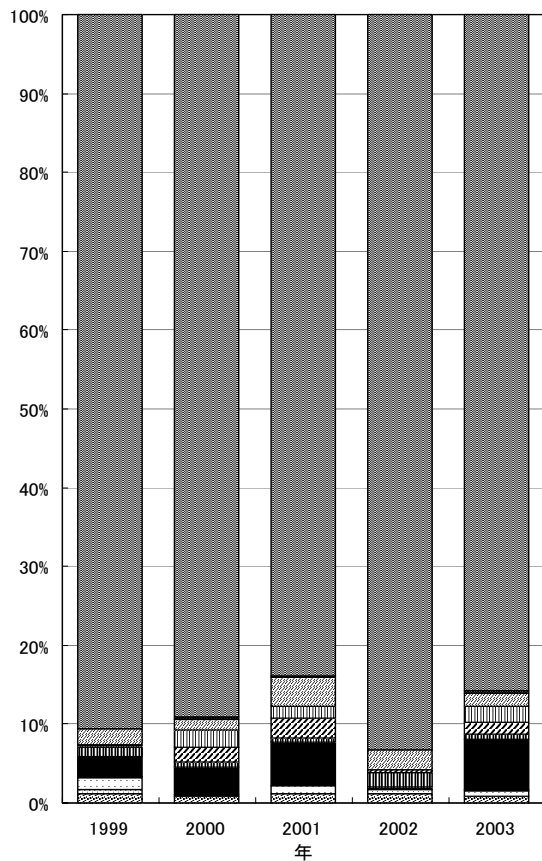


図 2-2-4-8 空中写真の判読結果による
No.4 の年ごとの利用環境

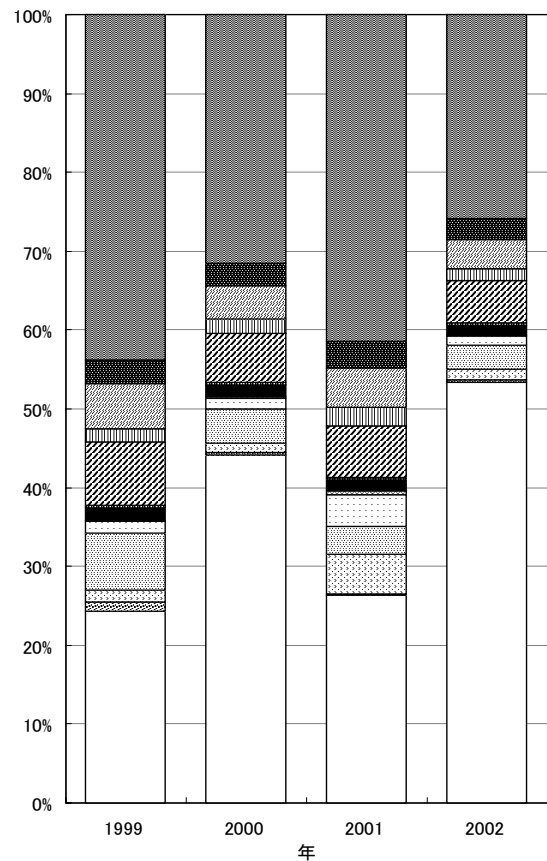


図 2-2-4-9 空中写真の判読結果による
No.6 の年ごとの利用環境

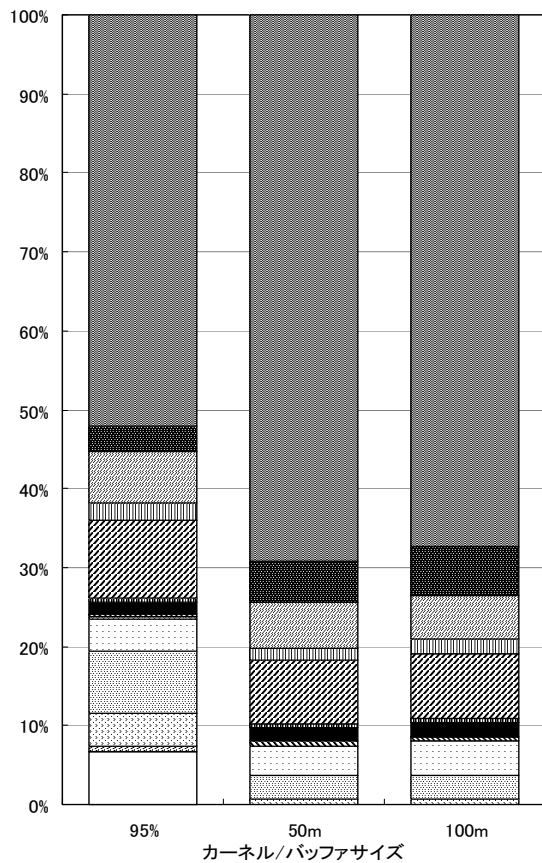


図 2-2-4-10 空中写真の判読結果による
天の川斜面における No.6 の利用環境

- 広葉樹林
- 伐採跡地
- 不成績造林地/混交林
- 若齢人工林
- スギ
- カラマツ
- トドマツ
- クロマツ
- 水域(河川など)
- 自然草地
- 草地
- 水田, 畑地
- 人工地
- 未分類

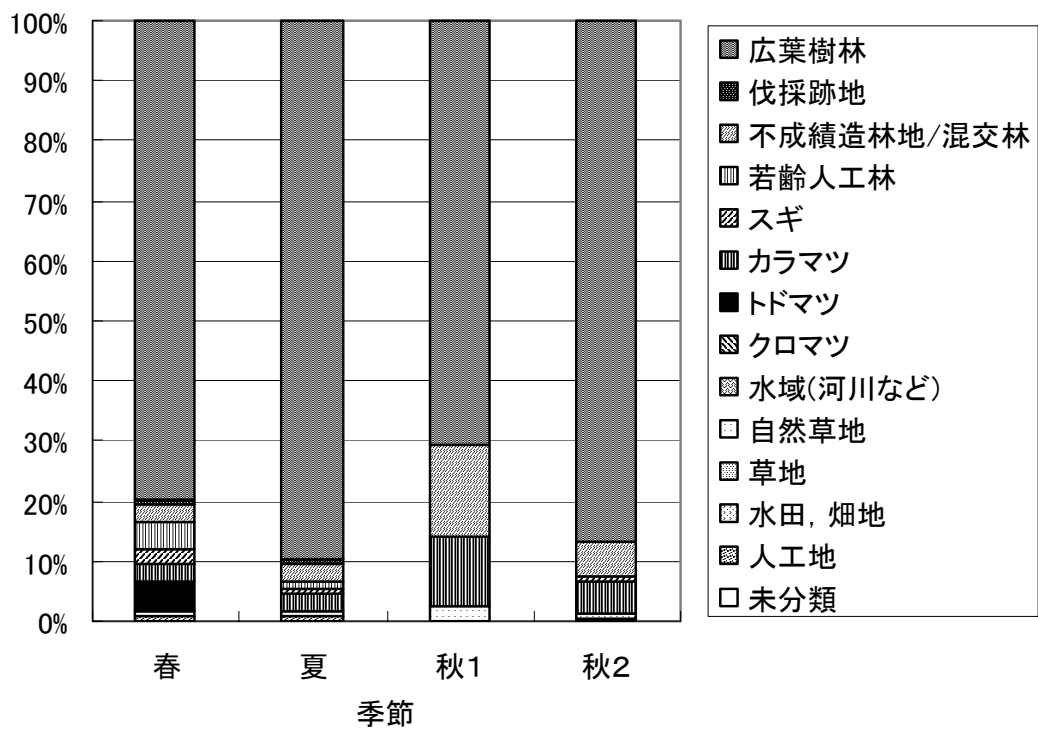


図 2-2-4-11 空中写真の判読結果による No.4 の季節ごとの利用環境

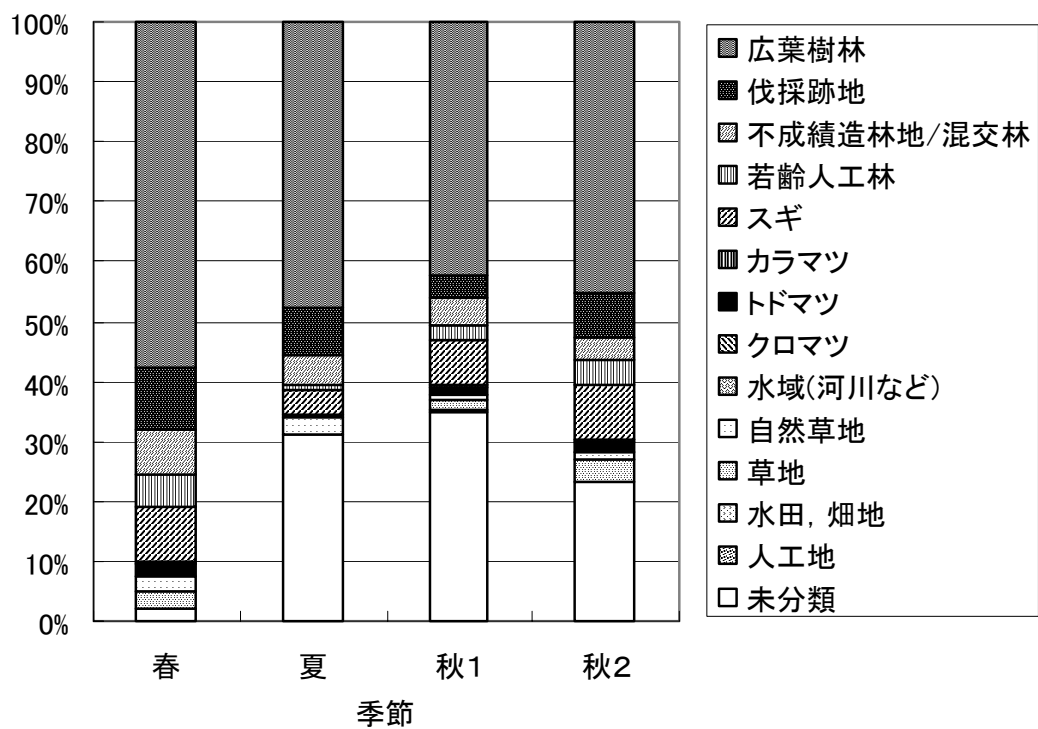


図 2-2-4-12 空中写真の判読結果による No.6 の季節ごとの利用環境

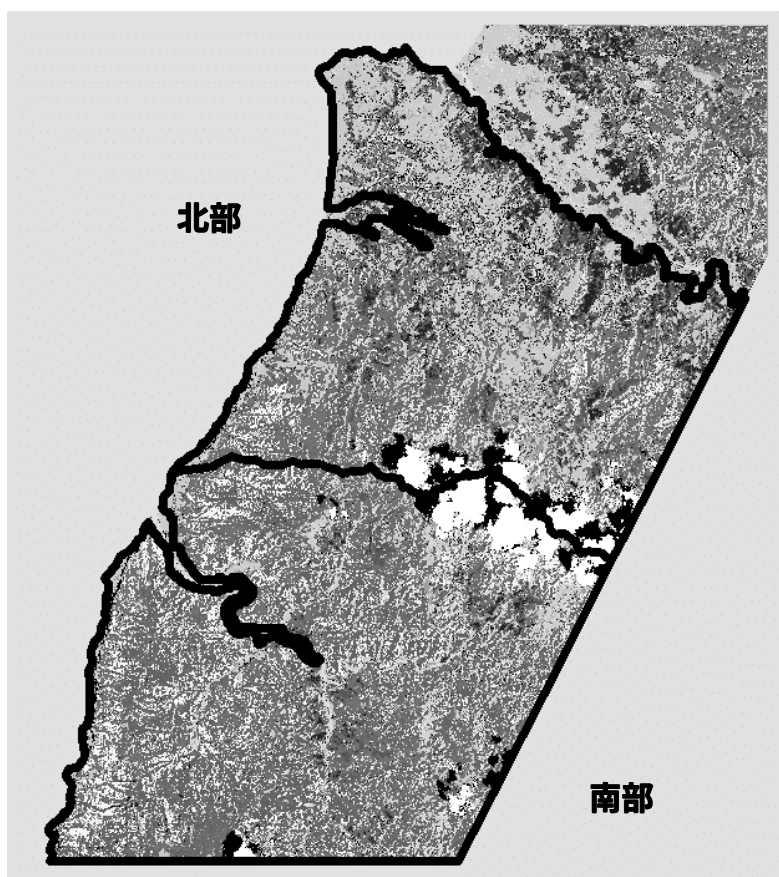


図 2-2-4-13 対象地域北部と南部の区分
(カラー図 2-2-4-7 39 ページを参照)

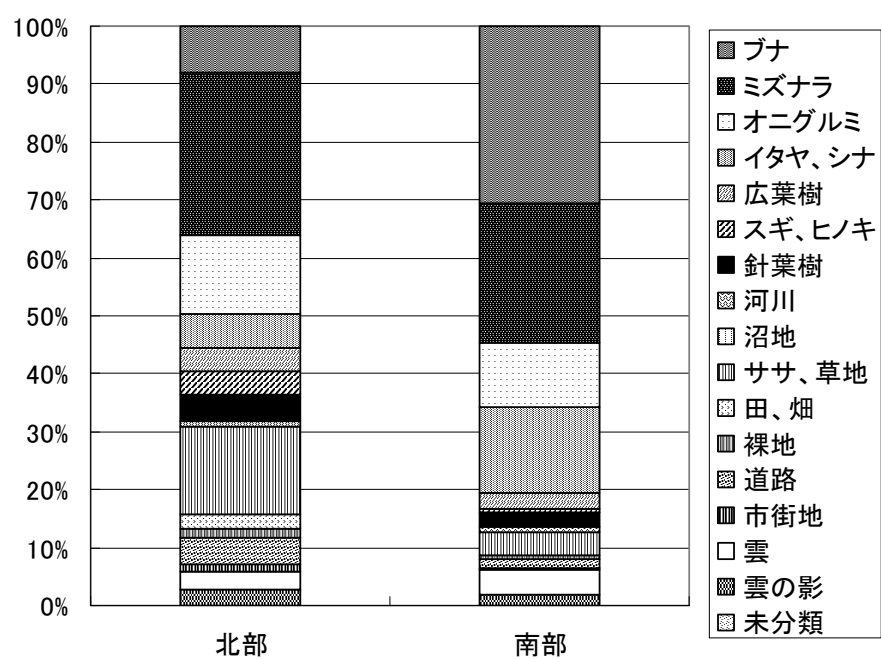


図 2-2-4-14 衛星画像の解析結果による対象地域北部と南部の植生の比較

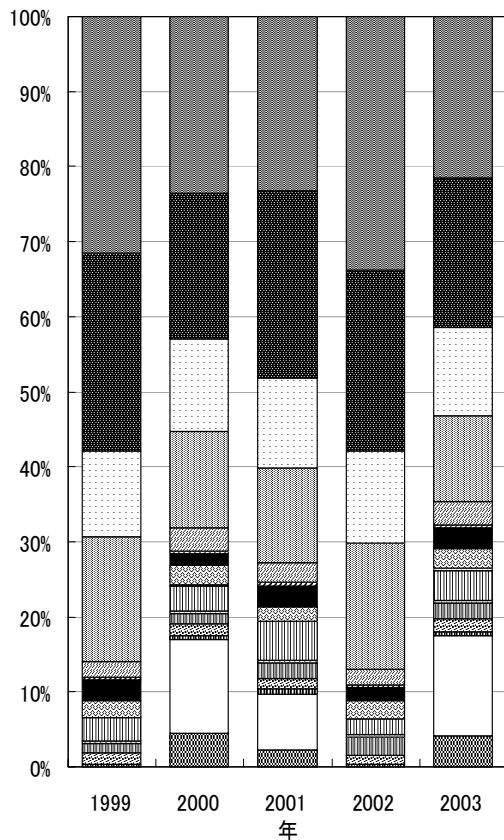


図 2-2-4-15 衛星画像の解析による
No.4 の年ごとの利用環境

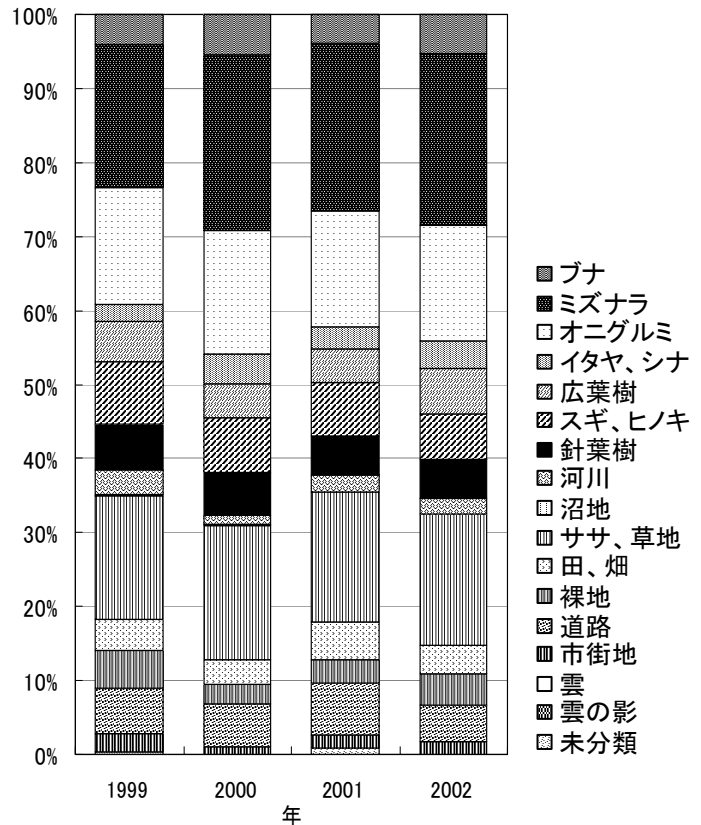


図 2-2-4-16 衛星画像の解析による
No.6 の年ごとの利用環境

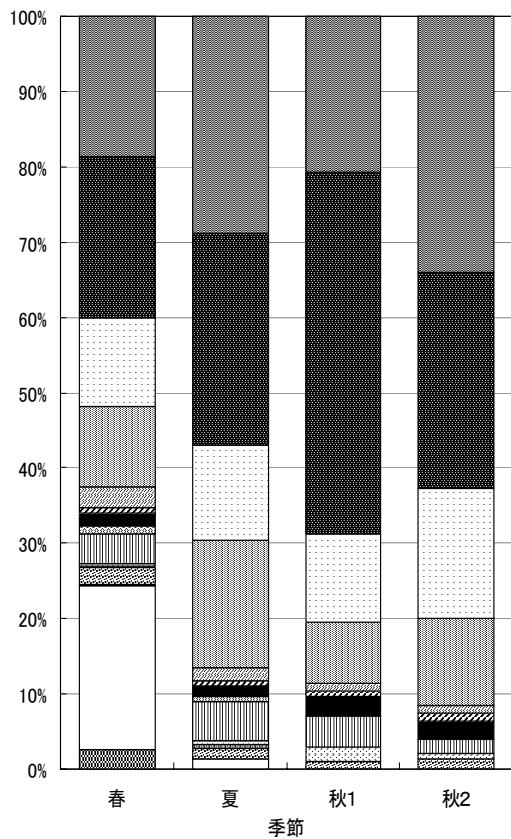


図 2-2-4-17 衛星画像の解析による
No.4 の季節ごとの利用環境

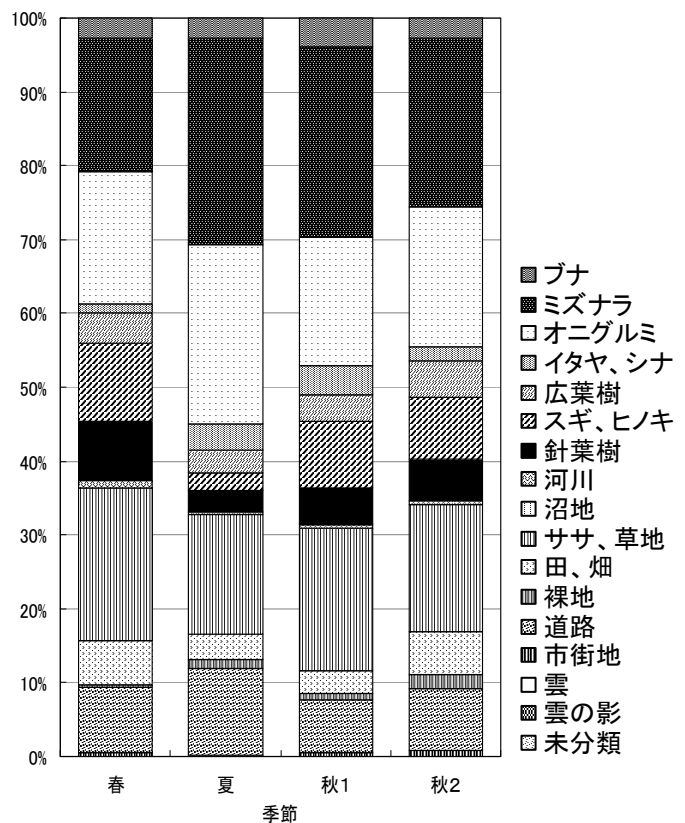


図 2-2-4-18 衛星画像の解析による
No.6 の季節ごとの利用環境

3. 考察

(1) 水鳥類

1) 石狩低地帯に飛来するガン類・ハクチョウ類

i) 現地調査等による生息情報の収集

渡り鳥は、その生活史の各ステージにおいて、広範囲にわたる複数の生息地を利用するため、それらの生息地利用は、個々に独立した形ではなく渡り鳥の生活史を通じて相互に結びついていると言える。したがって、渡り鳥の生息環境管理はこのような生息地間のつながりを考慮し、フライウェイ（渡りの移動ルート）を単位として行う必要がある。

北海道中央部を南北に縦断する石狩低地帯は、多くの水鳥類にとって重要な渡りルートである。例えば、国内で越冬するマガンの約7割は石狩低地帯を縦断し（嶋田，未発表；星子，2001）、ロシア極東部の繁殖地へ向かうことが知られている。その主要な罫としては、ウトナイ湖、ネシコシ地区幅広水路（旧長都沼）、宮島沼などがあり、個体の衛星追跡などから、マガンはこれら罫周辺の農地を広く採食場として利用しながら北上すると考えられている（Takekawa et al., 2000）。コハクチョウやヒシクイについても、個体の衛星追跡などからフライウェイ利用の断片的な現状を知ることができるが、詳細な生息地選択の特性や集団レベルのフライウェイ利用の現状などはこれまで把握されておらず、中でも秋の渡りにおける石狩低地帯の利用についての知見はほとんどない状況にある。本調査において得られた知見は、そのような観点からきわめて重要であると同時に、水鳥類の渡り移動における空間利用と環境選択に関する解析を通して今後の広域的な生息環境管理に寄与し得るものと思われる。以下、個別に考察する。

① マガン

3月中旬に入るとマガンは本州から北海道に移動し始めることが全国一斉調査（嶋田，未発表）の結果からわかっているが、この時期、道内の主要な罫はウトナイ湖、主要な採食場は鵜川町と厚真町の水田であると考えられていた（宮林，1994）。本調査の結果は概ねこれを支持したが、例えば2005年3月12日には、日中は鵜川町の水田に2,726羽のマガンが観察されたのに対し、同日のウトナイ湖では615羽の罫入りしか確認できなかった。鵜川町で日中に確認された群れは、ウトナイ湖周辺の未確認の罫（弁天沼や鵜川河口部など）に入った可能性があるほか、そのまま十勝川流域の中継地へ渡っていった可能性もある。既存の標識調査から、道内のマガンの一部はウトナイ湖から鵜川町を経由して十勝川流域に向かうことが判明している（呉地，1986）一方、十勝川流域から宮島沼へ移動した例もあり（牛山，未発表）、今後道内における生息地を明らかにする上で、こうした移動を定量的に把握することが課題のひとつといえる。

4月末にはマガンの罫は宮島沼周辺に集中するが、4月上旬から中旬にかけては広く分散しており、全体像を把握することが難しいと言える。近年、うりゅう沼（滝川市）に、雪解けの進む数日間、万を越すマガンが罫を取るという情報も寄せられているが（武田，未発表）、いまだ調査はなされていない。同様に、奈井江町の火力発電所の沼なども短期的にマガンの罫となっている可能性がある。このように、4月上旬から中旬にかけて短期的に利用される罫もマガンの生活史を支える重要な生息地であると考えられ、この時期の罫分布の全体像を把握することが今後求められる。

なお、ルートカウント調査の総観察個体数が、罫入りカウント調査の総観察個体数より少ないのは、マガンが日中は農地に広く分散して採食するためといえるが、4月上旬から中旬にかけてマガンの採食分布が比較的広く分散すること、群サイズの時期的変異があることなどを考えると（Amano et al., 2006）、そのバイアスに時期的な違いが生じていることも想定される。

② ヒシクイ

マガンの国内最北の中継地が石狩低地帯であるのに対して、亜種オオヒシクイは、サロベツ原野が国内最北の中継地であるため（宮林，1994）、4月中旬から下旬にはほとんど観察できなくなったと考えられる。亜種ヒシクイは、一部厚真町や鵜川町の水田地帯を経由して、能取湖（網走市）や

濤沸湖（網走市・小清水町）など道東の湖沼に向かうため（宮林，1994）、石狩低地帯全体ではごく少数しか観察されないものと考えられる。

ヒシクイがマガンと比べて罫入りカウント調査の総観察個体数に対するルートカウント調査の総観察個体数の割合が高いのは、その大多数を占める亜種オオヒシクイが、罫に利用する湖沼とその隣接農地で採食するためだと考えられる。ただし 2006 年 10 月 29 日にルートカウント調査の総観察個体数が相対的に減少したのは、ルートカウント調査のルートを砂川市袋地沼、奈井江町茶志内沼、千歳市長都沼など、亜種オオヒシクイが多く集まる湖沼周辺に設定したため、その日多くの亜種オオヒシクイが罫入りしたウトナイ湖の周辺が、ルートカウント調査からもれたことによるものと推察される。これまで知られている亜種オオヒシクイの生態を考慮すると、その生息地選択性を解析する際には、釣り人の有無など日中の湖沼の攪乱や湖沼における食物資源量など、湖沼に関する要因がより重要になってくることが考えられ、加えて、小さな池沼や流れの緩やかな河川なども利用する可能性もあり、今回収集した生息情報に加えて、今後更なる情報の蓄積が必要と考える。

③ハクチョウ類

春期にルートカウント調査の総観察個体数が罫入りカウント調査の総個体数を上回ったのは、ガン類に比べハクチョウ類は罫の環境選択性が少なく、罫入りカウント調査を行った湖沼以外にも広く水辺を利用して罫を取っていたからだと考えられる。また、ハクチョウ類は秋にはほとんど観察されず、少数が湖沼で休息をとるものの、大多数は石狩低地帯を通過する、もしくは別ルートで南下することが示唆された。

今回の調査ではコハクチョウとオオハクチョウの識別は十分にできなかった。先行研究によると、コハクチョウは春季には石狩低地帯から浜頓別町クッチャロ湖にかけての内陸部が渡り経路であり、オオハクチョウは太平洋側の海沿いが主要な渡り経路である（樋口，1991；金井，1997）。また、宮島沼に飛来するオオハクチョウは数百羽であるのに対して、コハクチョウは数千羽になることがわかっており（草野，1998）、4 月中旬から下旬のピーク時のハクチョウ類はほとんどがコハクチョウであると考えられる。ヒシクイの亜種と同様に、両種には生態的棲み分けがあると考えられ、季節消長や生息地選択のパターンにも違いがあることも予想されることから、今後は両種の識別に重点を置いた調査が求められるものとする。

ii) 衛星画像による積雪域の抽出

MODIS から作成した融雪日マップの精度について検証するためにアメダスデータから取得した融雪日との比較評価を行った。北海道には 162 地点のアメダス観測地点があり、積雪深を観測している箇所のうち、今回の対象地域及びその周辺域（石狩、空知、上川、留萌、胆振、日高、渡島、檜山支庁管内）の 51 地点のデータを用いた。

図 3-1-1-1 にアメダスデータから得た融雪日と MODIS から推定した融雪日の関係を示した。両者の残差の平均は -6.96 日、標準偏差は 8.37 日、そして相関係数は 0.856 と、推定値の方がやや早めではあるが良好な相関関係を示した。推定値の方がやや早めとなったのは、数～数十 cm の積雪に対する実測と衛星画像の手法の違いとも受け取ることができる。

今回精度を高めるための試行錯誤を行う中で、Snow プロダクト（雲マスクが強くかかっている）と Snow Cover Reduced Cloud プロダクト（雲マスクがやや弱い）を組み合わせることによって、誤差を低減させることができた。すなわち、Snow プロダクトは積雪の有無についての判別精度が高い一方、積雪終日と消雪初日の間隔が大きくなりがちとなる。そこで、その期間を Snow Cover Reduced Cloud プロダクトで補完して積雪終日と消雪初日の推定を行った。また今回、「雪有り」と判断された日が 2 日連続する 2 日目の日（積雪終日）による画像で解析を行ったが、条件の改良によってはさらに推定の精度が高まる余地もあると考えられることから、今後、他の年次のアメダスデータにより比較検証を行うなど、手法の改善を図っていく必要がある。

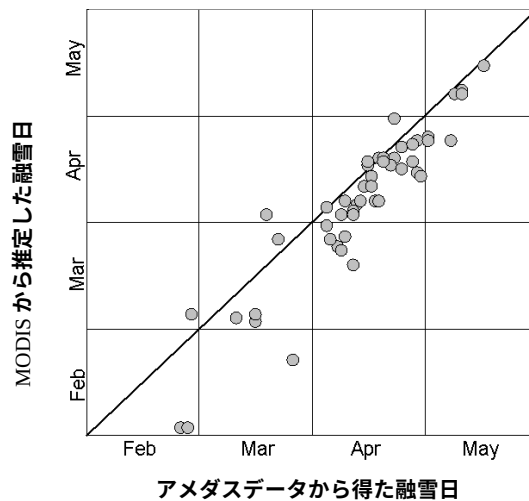


図 3-1-1-1 MODIS から推定した融雪日の検証

iii) 衛星画像による農用地等の抽出

教師データの一部を利用して分類結果に対する精度検証を行った。表 3-1-1-1 に現地調査データと分類結果のクロス集計結果を示した。その結果、水田、森林、原野、開発地については 84.7～94.2% という高い区分正当率を得た。これに対して牧草地、小麦畑、その他畑は 50%以下、裸地は 61.3% という低い数値となった。特に牧草地と小麦畑は、現場においても判別が困難であり、衛星画像から両者を区分するには、他の情報（農業基盤整備に関する行政情報、営農情報など）とを関連づけることも有効と考えられ、それは今後の課題と言える。ただし前述したように、特にマガンやハクチョウ類は水田を利用する頻度が圧倒的に高いことから、広域的な視点でどこまで区分するかについては、解析の目的と要求精度に応じて検討していくべきものとする。

今回、春季と夏季という 2 時期の衛星画像を組み合わせ、それぞれの時期において特徴的な植生を把握しながら広域的な区分を試みた。例えば、水田の場合は春季は水面で夏季は植生、畑の中には春季は植生で夏季に収穫等で非植生となっているところもあり、これら農地の多くは他の植生とは異なった季節変化をする。また今回は、ALOS と SPOT という異なった衛星を組み合わせ（マルチソース）。両者とも地上分解能は 10m と同じであるが、ALOS が青バンドを有するのに対して SPOT は中間赤外バンドを有するという違いがあり、それぞれの分類においてそれらの特徴が生かされたものと推察される。特に ALOS に関しては、青バンドがあることによってトゥルーカラーによる地物判断が可能となり、判読による教師の精度向上に利点が認められたとともに、費用効果も高い。このように撮影時期及びソースの異なる衛星画像を組み合わせることにより、一定精度の広域的な土地被覆分類を行うことができ、今後のマルチソース利用に向けて実用性がより広がったものと言える。

表 3-1-1-1 現地調査データと分類結果とのクロス集計結果 (%)

現地調査データ	分類結果								
	水田	牧草	小麦	畑	森林	原野	休耕地	開発地	裸地
	水田	94.2	0.0	0.0	5.7	0.1	0.0	0.0	0.0
	牧草	0.5	49.6	0.0	0.2	5.9	23.2	7.6	3.4
	小麦	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	畑	0.0	28.4	0.6	49.1	0.0	22.0	0.0	0.0
	森林	0.0	0.3	2.1	1.9	85.7	10.0	0.0	0.0
	原野	0.0	8.2	0.0	7.1	0.0	84.7	0.0	0.0
	休耕地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	開発地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	93.7	6.3
	裸地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.1	22.6

iv) 広域的な生息環境利用に関する解析

ガン類・ハクチョウ類の移動における環境利用特性を明らかにする目的で、衛星画像から抽出した融雪情報及び土地利用情報等を用いて、マクロスケール及びミクロスケールの視点から分布を説明する要因について回帰モデル等によるいくつかの解析を試みた。これらの結果から、マガン及びハクチョウ類については、春季は融雪とともに移動している傾向が明確に示された。観察地点の周辺環境との関連性がモデル化できなかったのは、融雪とともに北上する移動に伴って、周辺環境が大きく異なっていることがその一因と考えられる。例えば、石狩低地帯南部にいる3月では周囲を畑や森林が多くを占めているのに対して、北に移動した4月では水田が周囲の環境の多くを占めるという結果となっている。

これに対してマガンの秋季の移動については、罫からの距離と周囲の土地利用に依存する環境選択性を示していることは興味深い。すなわち春と秋では移動の動機を異にしていることを示唆するものといえる。つまり、春においてはマクロスケールの融雪に支配されつつミクロスケールの環境因子にとらわれずに繁殖地に向けて北上し、秋においてはミクロスケールの環境選択をしながら越冬地に向けて南下しているということである。そのような中で、春における潜在的な分布の動機を探るべく、5km メッシュスケールでの重回帰分析を行った結果、奇しくも秋の環境選択との共通性が見出された。すなわち、罫からの距離と水田面積が最も寄与が高く、次いで畑面積が効いているという傾向である。5km メッシュスケールでの分析は、広域的な環境利用に重きをおいた分布潜在性を推定するための地図化の試みであり、今後、より合理的な解析手法の検討とともに、地点単位でのミクロスケールでの環境利用との整合について、検討を深めていく必要がある。

今回は融雪、土地被覆、罫という限られた要因による分析であったが、主たる餌である落穂の賦存量／消費量やかきこしの有無といった餌資源の要因、群れ単位で行動する習性的側面、人為的な攪乱要因などを考慮しながら、どの程度空間解析的手法で説明が可能なのかについて、さらに研究を積み重ねていく必要があると考える。

罫の選択特性についても一定の知見が得られたといえる。具体的には、周辺に人工地が多いところや樹林に囲まれたところは避ける一方で、湖岸が湿原のところを好む傾向がうかがわれた。周辺の農地割合が負の相関となったことについては、罫に利用していない湖沼の周りにも農地が多いことを意味するものと推察され、また、湖沼がマガンを受け入れるキャパシティに関わるものについては、湖沼面積よりも湖沼周囲長に関係しているという傾向が見られた。今回は、石狩低地帯の中央部に点在する50湖沼について11の空間情報を説明因子として分析したが、多数ある湖沼の中で選択的に特定の湖沼を罫に利用する理由を説明する環境要因としては、必ずしも十分とはい切れず、さらに解析に使用できる要素を模索しつつ、その上でマガンの内的要因（経験、集団行動など）などの行動学的知見も踏まえて研究を深めていく必要があるものと考えられる。

渡り鳥の生息環境解析においては、移動要因（マクロスケール）と環境選択要因（ミクロスケール）を分けて分析することが重要であり（Freemark et al., 2002）、その2つの要因やスケールをつなぐ構造や機能についても分析する必要がある。今回の調査では、両スケールで一定の成果が得られたが、広域性と空間情報精度とを両立させることは容易ではなく、また採食場や罫とを行き来する移動ルートの追跡に関する情報を得ることも簡単ではない。今後のさらなる改善が求められる。しかしながら、従来にない視点として、広域における精度の高い生息分布調査を行い、このデータと衛星画像から得た情報とを結びつけて、季節移動という現象について環境との関連を定量的に分析できる手法の一端が見出されたことは、野生生物の広域的な空間利用評価における空間解析技術の活用可能性を高める観点から非常に有意義であると考えられる。

2) 石狩川中下流沿いの湖沼に生息する水鳥類

i) 鳥類の現地調査

今回の調査では 33 種の鳥類が確認された。このうち、カモ科鳥類は 17 種であった。この結果を、北海道内でカモ科鳥類の調査研究が進んでいる十勝地方の結果（藤巻，2001；奥山・藤巻，2001；内田・藤巻，2002；正富ほか，1978）と比較した（表 3-1-2-1）。十勝川上流部のダム湖では、カモ科鳥類は 7 種が確認されており、十勝地方の平野部に比べて種数が少ない傾向があるが（藤巻，2001）、今回の調査ではシマアジを除いて、ダム湖で確認された鳥類はすべて確認された。十勝地方の平野部に位置する十勝川下流沿いの沼、帯広川下流部、湧洞沼ではそれぞれ 18 種、9 種、19 種のカモ科鳥類が確認されているが、今回の調査ではコクガン、ハクガン、ヨシガモ、シマアジ、ウミアイサの 5 種が確認されなかった。コクガンとウミアイサは、北海道では主に沿岸海域や海岸近くの湖沼に飛来する種で、内陸部にはあまり飛来しない種である（藤巻，2000）。ハクガンは、北海道内の飛来数は少なく、迷鳥である（柳川・武藤，1991；日本鳥学会，2000）。これらの理由で今回の調査ではコクガン、ハクガン、ウミアイサが確認されなかったと考えられる。ヨシガモとシマアジは北海道においては、普通に生息する種である（藤巻，2000）。この 2 種はあまり大きな群れは作らず、特にシマアジは、単独や番いで行動したり、コガモやヒドリガモの大きな群れに混じることがある。今回の調査は夏から秋を中心に行ったが、この時期、ほとんどのカモ科鳥類はエクリプスで、今回の調査で確認したオスのほとんどは、メスに似た地味な羽色をしていた。識別には細心の注意を払ったが、個体までの観察距離が遠かった観察地点では、ほかの鳥類と誤認した可能性はある。また今回の調査では、十勝地方の平野部で確認されなかったコハクチョウ、オシドリが確認された。コハクチョウは日本海側に多く飛来する種で、十勝地方や釧路地方ではオオハクチョウの群れに混じって飛来することがあるが（藤巻・橋本，1987）、あまり多くない。このことから、コハクチョウが十勝地方の調査では確認されず、今回の調査だけで確認されたものと思われる。オシドリは樹洞で営巣する種で、今回の調査では大沢池や瑞穂池においては確認されなかったが、2006 年 6 月にこれらの地域に生息していた（玉田，未発表）。本州などの越冬地においても、開けた広い水面を好まず、周囲に樹木のある湖沼に多い（高野，1980）。今回の調査で確認された場所も沼岸に樹林がある東沼と西沼だけである。十勝地方の調査で確認されなかったことは、調査を行った地域が開けた広い湖沼が多かったことによるものと考えられる。

表 3-1-2-1 石狩川中下流と十勝地方に生息するカモ科鳥類の比較

	コクガン	ハクガン	ヨシガモ	シマアジ	ウミアイサ	コハクチョウ	オシドリ	カモ科鳥類	種数
石狩川中下流沿いの湖沼(本調査)	○	○	○	○	○	○	○	○	17
十勝川上流のダム湖(藤巻 2001)								○	7
十勝川下流沿いの沼(奥山・藤巻 2001)	○	○	○	○	○	○	○	○	18
帯広川下流部(内田・藤巻 2002)			○	○	○	○	○	○	9
湧洞沼(正富ほか 1978)	○	○	○	○	○	○	○	○	19

十勝地方の調査結果からも、カモ科鳥類は春と秋に種数と飛来数が多くなることが示されているが（藤巻，2001；奥山・藤巻，2001；内田・藤巻，2002；正富ほか，1978）、今回の調査から石狩川中下流沿いの湖沼においても秋に種数、飛来数が多くなることが明らかになり、種数、多様度指数ともに 10 月下旬から 11 月中旬の値が最高になる傾向があった。北海道の平野部において水鳥類の飛来状況を調べる場合は、種数及び多様度指数が多い時期に調査を実施することが重要であると考えられ、本地域においては、10 月下旬から 11 月中旬が重要であると言える。多様度指数は 9 月下

旬から10月上旬に低い値を示した。多様度指数は、特定の種が特に多く生息していた場合、値が低くなる傾向があり、今回の調査では、9月下旬から10月上旬は種数は比較的多いものの、宮島沼に多数のマガンが飛来していたことが、多様度指数が低くなった原因と考えられる。このことから、マガンに着目した飛来状況調査を行うには9月下旬から10月上旬の調査が重要であると言える。

また、今回の調査では、飛来数が多くなる時期は種によって多少異なることが明らかになった。飛来数が多くなる時期をまとめると、マガン属とコブハクチョウ属のうち、マガン、オオハクチョウ、コハクチョウの3種は9月下旬から10月中旬が多く、ヒシクイは11月上旬が最大になるが、マガン属とコブハクチョウ属の鳥類は、特定の湖沼に特に多くの個体が集中する傾向がある。マガモ属のうち、北海道で普通に繁殖するマガモとカルガモは8月上旬から11月中・下旬まで多くの個体が確認されるが、個体数についてはマガモが10月上旬から11月中旬に増加する傾向があり、カルガモは8月上旬から10月上旬まで比較的安定している傾向があった。マガモ属のうち、北海道では繁殖しない（あるいは稀に繁殖する）、コガモ、ヒドリガモ、オナガガモの3種については、秋に飛来数が増加する傾向があるが、個体数が最大になるのは、コガモが10月中旬、ヒドリガモが11月中旬、オナガガモが11月上旬である。スズガモ属の3種（ホシハジロ、キンクロハジロ、スズガモ）は10月上旬から11月上旬に多くなる傾向があった。ホオジロガモ属のホオジロガモとアイサ属のミコアイサ、カワアイサが飛来するのは10月下旬から11月下旬で、11月に飛来数が増える傾向がある。この時期は種数、多様度指数がともにやや低くなるが、ホオジロガモ属とアイサ属の種に関する調査には、11月の調査が重要であることが明らかになった。今回確認されたカモ科鳥類は、分類群と行動から以下のように区分することができる。大型カモ科鳥類（マガン属とコブハクチョウ属）、繁殖する水面採餌型（マガモとカルガモ）、繁殖しない水面採餌型（マガモとカルガモを除くマガモ属）、潜水採餌型（スズガモ属、ホオジロガモ属、アイサ属）。この区分によって飛来時期などの特徴を考察すると、大型カモ科鳥類は飛来する場所が特定の湖沼に集中し、繁殖する水面採餌型は8月から11月まで生息し、繁殖しない水面採餌型と潜水採餌型のうち、スズガモ属は10月中旬から11月上旬に多く飛来、潜水採餌型のうちホオジロガモ属とアイサ属はやや遅れて11月に多く飛来する傾向が明らかになった。

本調査では、単一の生息環境（湖沼）の評価ではなく、地域規模の湖沼群としての観点から、種数、個体数のほかに多様度指数も用いて、飛来数の季節変化の評価を試みた。多様度指数については、理論的にはほぼ認められつつも実用性の面からはまだ議論もあるが、今回、調査適期を模索する方法として試みたものである。その結果、種数と多様度指数が高くなる時期が一致していること、マガンや秋遅くに飛来するホオジロガモ属やアイサ属などについての調査適期が見出されたことは、今後の調査計画立案やデータの解析にあたってのひとつの基準になり得るものと考えられる。

今後は、さらに現地データを蓄積し、様々な湖沼が空間的に配置された地域における水鳥の生息環境を適切に評価し、効果的にモニタリングする方法について、検討を深めていくことが望まれる。

ii) 水鳥類の湖沼利用特性に関する解析

GISを用いて作成した湖沼環境情報を用いた重回帰分析の結果、水鳥類の種数及び個体数と利用選択される湖沼環境との間に関係があることが示された。具体的には、種数については人工湖岸の割合が大きければ少なく、湖沼面積及び周辺の農地・草本植生の割合が大きければ多いという傾向が示され、湖岸環境と周辺の餌場環境が水鳥類の多様性に影響している可能性が示唆された。また個体数については、湖岸の湿原割合が高いほどまた湖沼面積が大きいほど多い一方、周辺の人工地割合が大きいほど少ないという傾向が示され、これらの因子が湖沼の水鳥類収容能力と関連している可能性が認められた。

これらの成果を踏まえて、今後さらに、周辺環境の範囲の妥当性を検証する、あるいは水深や水草の有無、周辺地形や直接的な攪乱因子などを数量化するなどして、水鳥類によって選択される飛

来環境条件について詳細な分析を進めていく意義は高いものと認められた。

次に重回帰分析手法を用いて、広域的な視点から水鳥類の潜在的な利用環境の空間配置について分析を試みた。それによると、南北方向の各緯度帯において、利用可能性の高い湖沼とそうではない湖沼が比較的まんべんなく配され、その間隔も中～大型の野鳥の飛翔力からみて十分な連なりを見せていると判断された。石狩低地帯は、農業地帯及び市街地の中に多くの湖沼がいまだに残されており、水辺を利用する渡り鳥にとって良好な環境を提供していると考えられる一方、年々消失する湖沼もあり、注意を払う必要がある。これまでは、水鳥類の生息環境は、各サイトで評価されてきたが、個々には必ずしも質が高くななくても、それが連なることによって面的に重要な環境価値を発揮する場合があります、今後はこのような広域的視点で生息環境を評価していくことが望まれる。今回 50 湖沼を選定して広域的な評価を試みたが、その点において、野生生物の広域的な空間利用評価手法に向けたひとつの知見になり得るものと考えられ、今後、広域的な生息ポテンシャル、すなわち利用可能な環境の立地評価や、他地域への汎用技術として発展させることを通じて、全国規模の環境を広域にモニタリングしていく手法に寄与していくことを期待するものである。

(2) ヒグマ

1) 現地植生調査

標識個体の位置データが集中している人工林の植生調査によって、いずれの地域も単純な人工林ではないことが明らかになった。植生を調査した地域は、人工林に隣接した広葉樹林や、いわゆる不成績造林地で広葉樹が混交していたり広葉樹林に置き換わったりしている場所、あるいは若齢の人工林でヒグマのエサとなる高茎草本が繁茂している場所がほとんどであった。前述のように、テレメトリーデータには 300m 程度の誤差があることを考慮しなければならない。実際今回調査を実施した地域に隣接して、過密で林床に何も生育しておらずヒグマの採餌環境としてはあまり好適ではないと考えられる人工林が存在する場合もあったことから、結果の解釈には注意を要すると思われるが、逆に、データの誤差範囲内に良好な生息環境が存在すると考えることもできる。

今回は、解析対象地域として比較的人工林率の高い地域を選択したが、現地調査によって人工林にも多様な環境が存在することが明らかになった。針葉樹のみで構成され、林床も限られた植生しか存在しない場所から、広葉樹が混交して非常に多様な植生に覆われている場所まで様々であり、ヒグマの採餌環境としても十分に利用可能と思われる場所が多く存在した。このことは、ヒグマをはじめとする野生動物の生息環境として人工林を評価する際に考慮しなければならない点であるとともに、今後、より機能的な森林施業を実施する中でも重要なことと考えられる。

次に利用した時期と環境について考察してみると、春（4 月）、夏（6 月）にはアキタブキなどの高茎草本、秋の早い時期（9 月、10 月）にはオニグルミ林やブナ科の広葉樹林、漿果類のある環境、そして秋が深まると（11 月以降）ブナ科の堅果類を生産する環境に位置データが存在していることがわかった。これらの結果は、過去の糞分析や季節ごとに利用可能な資源に関して得られた結果（横山，2005）とよく一致しており、ヒグマが採餌環境として良好な場所を選んで利用していたことが推測される。

以上のように現地調査によって、ヒグマにとって利用価値のある人工林環境に関する情報が得られた反面、今回用いた位置データのほとんどが VHF 発信器を用いて数日間に 1 回ほどの頻度で得られたデータであったため、精度、量ともに生息地利用について考察するには十分ではなかった。このことは同時に、移動に関する情報の乏しいことも示しており、標識個体が調査地点を滞在して利用したのかあるいは移動の途中で利用したか不明であった。今後、より高頻度（少なくとも 1 日に数回の頻度）で正確なデータを取得するために、GPS を用いたテレメトリー調査を実施することが望まれる。

2) 空中写真による森林判読

① 森林の空間分布構造の特徴

今回、空中写真判読によって上ノ国地方の森林域の植生図作成を試みたが、その結果、この地域の森林分布構造には以下のような特徴が認められた。

- ・ 天の川左岸地域は、ひとつの人工林パッチの単位が小さく、様々な樹種の人工林が細かなモザイク構造を作っていた。
- ・ コアとなるような天然性広葉樹林はないが、人工林モザイクの間に広葉樹二次林が回廊のように連なっており、様々な生息環境が形成されていると考えられた。
- ・ 不成績造林地が多く、森林調査簿に記録されている内容（人工林面積率など）以上に、質的には広葉樹二次林に近い林分が多いと考えられた。
- ・ 天の川左岸の川に近い地域や、低標高帯ではスギ造林地の割合が高く、道内の他地域のようにトドマツ主体の造林地とは林床の状態や林床植生、侵入広葉樹などが異なるので、ヒグマの生息にも何らかの影響をもたらしていると考えられた。
- ・ 石崎川右岸地域では広葉樹林面積が増え、伐採跡地や針葉樹植栽地はある集水域にまとまっ

た規模で出現した。すなわち広葉樹林の面的な広がりが認められつつも、人工林パッチ 1 か所あたりの規模が大きく、天の川左岸で見られたような細かなパッチモザイク構造ではなく、均質な環境に改変されていると考えられた。

白黒の空中写真判読では広葉樹の樹種判読は困難であったが、樹冠のテクスチャから区分しており、針葉樹と広葉樹の判読精度は高いと思われる。その結果として、民有林主体の天の川左岸地域では細かなパッチモザイク構造が、また道有林管理区内に入る石崎川右岸ではパッチサイズが大きくなるという特徴が抽出された。森林所有者の差異と、それに付随して起こる森林施業形態の差異が、森林のパッチモザイク構造に影響を与える例は、北米などで既に報告があり (Turner et al., 1996)、ランドスケープエコロジー (Landscape Ecology) の研究トピックとして注目されており、今回作成した植生図は将来的にそうした解析にも活用できると期待される。

② 空中写真の判読手法

今回の植生図作成にあたっては、ヒグマの生息環境評価への活用を念頭に置いたため、植生区分もヒグマの生態、行動を考慮した区分を試みた。すなわち、森林域・農地域の区分はもちろん、森林を広葉樹天然林・針葉樹人工林・針広混交林 (不成績造林地) に区分し、生息場の「質」を評価できるような植生図を作成できたことは収穫であったと考える。逆に言えば、評価対象や目的が異なってくれば、またそれに応じて判読基準を設ける必要も生じることになり、1 回の判読作業で様々な目的を達成できるような植生図を作成することは難しいということである。例えば、森林の資源状況を評価する場合には、疎密度や発達段階 (樹高別の区分) を区分した林相図を作成する必要があるだろう。今回の判読作業では、樹種構成の違いには留意したが、資源量の違いを表すことができるような区分まではできなかった。本来、森林航測の分野では、むしろ空中写真判読による疎密度区分や樹高測定 of 技術を有しており、これを簡易に、また迅速に行うことができるようになれば、より詳細な情報を付加した植生 (林相) 図が作成できるものと期待される。

空中写真判読のネックは、技術的習熟度が判読精度に影響を及ぼすこと、それに関連して、作業時間がなかなか短縮できないことにあると言える。今回の対象範囲の植生図作成には、現地調査も含め 2 ヶ月ほど要しており、広域をカバーできるようになるには専門の技術者集団が必要と思われる。仮に自動判読ソフトを用いたとしても、その判読の確からしさを判断するのも最終的には人間の目と技術によるため、立体視による植生 (樹種) 判読技術の習得と維持は、今後とも必要になると思われる。ただしその点を克服すれば、空中写真の情報は貴重なものであり、今回試みたような野生生物の生息地評価に大きな力を発揮できることは間違いない。衛星画像解析の教師データとして、また衛星画像が取得される以前の空間情報を記録する貴重なデータとして、活用の道は多岐にわたると考える。

最後に、今後植生図作成を行う中で、積極的に空中写真を GIS データベースとして整備したり、GIS 上で植生図を作成したり、また解析に活用したりする上で、作業効率を向上させるためのいくつかの課題についてあげたい。

まず、モザイク写真を作成する手間の短縮化、効率化である。国土地理院撮影の空中写真では、現在デジタル頒布されるようになっているが、林野庁撮影の空中写真はまだデジタル化されておらず、購入後自前でスキャンもしくは外注する必要性が生じてくる。近年の撮影技術や画像処理技術の向上はめざましく、GPS やデジタル画像処理によってスキャンからモザイク写真 (もしくはオルソ画像) 作成までの手間が大幅に短縮できるようになっているため (中北, 2006)、空間情報として貴重なデータベースの活用を広げるためにも、最新の解析ツールや技術に応じた写真の提供は必要不可欠と思われる。

次に、カラー空中写真の活用である。白黒空中写真で今回のような林相判読を行うことができたのは、立体視による精細な樹冠のテクスチャの判読を行ったからだ、労力がかかることは否めず、

また広葉樹の樹種判読そのものは困難であった。カラー空中写真は高価という印象があるが、デジタル画像であればコスト削減も期待できる。撮影時期を工夫すれば、衛星画像のように広葉樹の樹種判読にも踏み込める可能性があり、将来の可能性として期待したい。

3 つめは過去の空中写真の活用についてである。戦後の森林資源の量的・質的变化は想像に難くないが、どのような場所でどのような質の森林が変化しているか、といった空間分布に関する情報はほとんど蓄積されておらず、近年ニーズが高まっている「公益的機能の評価」や「公益的機能の高度発揮を目指した森林管理」を遂行する上で、森林資源情報のマップ化は急務といえる。特に、過去から現在に至る森林空間の変遷をマップ化することにより、より重要な保全地域や早急に森林再生を行うべき地域の抽出が効率的にできるようになると期待される。先に述べた空中写真のデジタル化と併せ、過去の空中写真のデジタルアーカイブとしての意義は、今後の森林資源管理（野生生物の生息地管理も含む）、森林再生施策を効果的に推進する上でさらにクローズアップされてくると予想される。

3) 衛星画像による植生区分

①衛星画像の分類手法

今回の検討においては、既往の研究成果（環境省自然環境局，2006）を踏まえ、地形補正と精度検証を行いつつ対象範囲の広域化を試みた。具体的には、地形補正の有無（地形補正：非ランベルト法及びバンド和法）、主成分分析の有無、ノンパラメトリックルールの適用の有無、分類方法（最尤法及びマハラノビス距離法）、微小ピクセル除去（エリミネート処理）の有無の各組み合わせについて、現地調査データと検証することを通じて最適手法を検討した。

その結果、非ランベルトモデルによる地形補正が有効であることが明らかとなった。既往の研究（環境省自然環境局，2006）では、Landsat ETM+と SPOT の分類画像で、ブナ林と分類された区域を比較したところ、誤分類が生じている箇所は山影の部分に多く存在していたことがわかっており、このことと併せて考慮すると、今回の解析結果は地形補正の効果を裏付けられたものと言えることができる。また、微小ピクセル除去について、除去しない場合の方が高い区分正当率となる傾向が見られた。これは、本地域が林相の変化に富み、多様な種の樹木がパッチ状あるいはモザイク状に群落を構成しているという現地観察結果を反映した結果とも考えられる。

衛星画像による森林域の植生区分の妥当性と限界に関して、クラスの統合に伴う全体の区分正当率及び k 統計量の変化を見る限りでは、ブナ林、ミズナラ林、オニグルミ林といったヒグマの生息にとって重要な林分については区分が困難とも受け取れるが、個々の区分正当率を見ると、一定程度の区分精度を有しているものと判断できる。その精度水準を踏まえながら広域的な植生分布や構成を考慮することは、針広混交も含めて林相が複雑な地域において動物行動圏を評価する上で、ブナ林、ミズナラ林、オニグルミ林等の林分抽出に相応の意義を与え得るものと考えられる。

一方、精度向上に向けた課題も存在し、さらに区分精度を高める余地があるものと思われる。具体的には、教師データの不足である。本地域は森林に入り込むことが困難なところであり、サンプルの取得が難しいが、今回新たに拡張した北側の区域（天の川流域）は、空中写真判読結果のうち草地と針葉樹の一部を教師データに用いたのみで、現地調査をいずれも検証に用いたため、新たな教師データを得ることができなかった。林道周辺等を活用して当該区域の教師データを加えることにより、画像分類精度は必然的に向上するものと思われ、今後のさらなる広域化にもつながっていくものと考えられる。

また、本地域のような林相が小規模単位で変化に富むところでは GPS から得られる位置情報の精度は極めて重要であるが、森林内で位置精度を発揮するためには高価な機種が必要となるなど、必ずしも現実的ではない。衛星画像の幾何補正において、位置ずれを最小化しよう心がけると同時に、多くの教師サンプルを得ることによって誤差を引き下げていくといった対処が必要である。

今回は Landsat ETM+ の 1999 年の画像を用いたが、昨年 1 月に打ち上げられ 10 月にデータ配布が開始された国産衛星 ALOS について、今後の活用が期待される。ALOS の光学センサはバンド数が 4 と Landsat ETM+ より少ないが、解像度が 10m と高く、画像取得頻度も高まると期待されていることから、ALOS を用いた場合との精度比較を含め、今後の精度向上に向けて検討の余地がある。

②空中写真判読結果との比較

空中写真判読結果と衛星画像分類結果の比較に関して、今回は概ね一致していたが、細部ではさらに点検が必要であり、今後現地調査などで区分結果が異なったところについての検証等を要する。両方法は基本的に全く異なる手法であり、空中写真判読は主として樹冠のテクスチャを見て林相を判別するのに対して、衛星画像分類は分光反射情報から分類を行うものである。また、前者は植物社会学的な視点から特徴種の有無、群落均一性と単純化を考慮しながら行うものであり、後者は基本的にピクセル単位で細規模に識別される。両者の結果を一概に比較するには注意を要するが、双方の利点を生かして両者を組み合わせてヒグマの生息環境評価を行うのが有用と考える。

このことを踏まえて今後の展開方向について考えると、本検討を通じて、さらなる広域化と野生生物の生息環境評価における空間解析技術の適用の可能性への手応えが得られたものと認識された。すなわち、ヒグマの行動圏に関する新たな情報を得つつ、空中写真判読による過去からの林相（森林構造、人為的攪乱程度）変化の抽出や、渡島半島全体のブナ分布域の抽出と広域的な潜在生息環境予測、鳥類や植物種といった生物多様性及び生態系といった視点からの森林機能評価などへの応用発展に向けて取り組んでいける方向性が見出されたものとする。

4) 広域的な森林環境利用に関する解析

①空中写真判読成果を用いた解析

今回の調査で空中写真の判読を実施した理由のひとつには、人工林の環境による区分が可能かどうかを試験することがあった。前述の、ヒグマが実際に利用した人工林の現地調査によって明らかになったように、人工林にも状況によって様々な環境が含まれており、中にはヒグマの利用環境として十分に価値のあるものも存在すると思われる。今回の調査結果から推定すると、若齢で高茎草本が多く存在するような環境や不成熟で広葉樹が多く入り込んでいるような環境がそれにあたると思われる。このような環境を典型的な人工林（定義が難しいが、針葉樹主体で林床を含めて広葉樹が入り込んでいないもの）と区分することによって、潜在的なヒグマの利用好適環境を抽出できる可能性があると考えたからである。今回行った空中写真の判読結果では、不成熟造林地や若齢の人工林が区分されており、ヒグマの利用環境としてこれらを評価できる可能性がある。

No.4 の行動圏の利用形態は、位置情報数が少なく年間を通して追跡ができた可能性が低いにもかかわらず、年によってあまり変化がなく概して広葉樹林を主に利用するという結果であった。一部不成熟造林地やトドマツ林を利用していたが、このような環境を利用する理由として、不成熟造林地には今回現地調査を実施した地域のようにヒグマにとって比較的良好な環境も含まれていると考えられる。一方のトドマツ林に関してはその利用意義は不明である。この個体の利用環境の季節変化を見てみると、通年広葉樹林を利用している傾向はあるもの、秋（1 及び 2）に不成熟造林地とカラマツ林を比較的高い割合で利用していることが興味深い。この個体が秋に利用していた地域に含まれる不成熟造林地とカラマツ林は、まさに現地調査を実施した地域周辺であり、これらの環境がヒグマにとって比較的良好な環境であることが推測される。ここでカラマツ林が含まれるのは、常緑針葉樹の人工林に比べ林床が明るいことから、他の広葉樹や灌木類、草本が侵入しやすいことが、その理由として考えられる。

No.6 は No.4 と比較してより人工林を多く含む環境を利用しており、人工林の利用に関する知見が得られることが期待された。実際に年ごとの利用環境の内訳は、未分類の地域を多く含むものの、

伐採跡地、不成績造林地やスギ林などを利用していた。エサ資源となる草本が多く生育していると考えられる伐採跡地や、これまで述べてきたように不成績造林地が、ヒグマの好む環境として利用されたことが推測されるが、スギ林が比較的高い割合で利用されたことは、今後さらに検証を重ねなければならないと思われる。経験に基づいて考えられる可能性としては、トドマツ林と比較してスギ林の林床には光が入りやすいと思われ、カタクリやエゾエンゴサク、シラネアオイなどの草本が生育している例が多く見られる。特に、手入れが行き届き適度な密度のスギ林に、このような状況が見られるようである。こういったことがヒグマによる利用と関連している可能性がある。行動圏の広さを季節ごとにみると、秋1に極端に広がっている。これまでの調査では、エサ資源が狭い範囲に集中しやすい秋には行動圏が狭くなることが観察されていたが（北海道環境科学研究センター，2004；環境省自然環境局，2006）、今回はまったく逆の結果となった。この個体の季節ごとの50%固定カーネルを見てみると（図 3-2-4-1）、秋のカーネルは数ヵ所に分かれている。エサ資源の分布が何ヵ所かに分かれて集中していた結果とも考えられるが、用いた位置データが少ないことなどからその理由は確かではない。このことについてはさらに事例を重ねるとともに、取得するデータの精度、頻度を向上させる必要がある。季節による環境の利用については、行動圏全体の植生情報が得られなかったことから考察が不可能であった。今後残りの地域についても、早い時期に植生判読を実施して解析を進める必要がある。

No.6 の天の川左岸に面した斜面にある位置データに関しては、他の地域のものに比べて誤差が少ないことが予想されることから、本来の推定誤差である 300m よりもかなり少ない数値(50m、100m)でバッファ処理を行い、それぞれの位置データの持つ環境属性について検討を試みた。空中写真の判読結果（カラー図 2-2-4-5、36 ページ参照）を見てわかるように、この地域にはモザイク状に様々な環境が配置されており、面よりも点で環境の利用形態を解析することで、より正確な環境利用に関する情報を得るためである（図 3-2-4-2）。その結果、この地域に含まれる植生の割合に対して、広葉樹林や伐採跡地を利用した割合が高く、これらの場所を選択的に利用した可能性が考えられた。スギ林については、この解析においても一定の割合で利用しており、今後スギ林の利用形態について考察することが重要と考えられる。一方、この地域には水田や畑が含まれるが、これらをほとんど利用していないことが明らかになった。人の生活圏や農耕地に近い場所に行動圏を持っているにもかかわらず、テレメトリーによる電波追跡調査中、ほとんど目撃されなかったことが裏付けられるような結果となった。

以上のことから、正確な位置情報を得ることによって様々な興味深い考察が可能となることが示唆されたが、今後植生判読を行動圏全体にわたって進めるとともに、この地域のテレメトリー調査における位置データの誤差を、実際に推定する作業が必要である。また、前にも述べたが、今回用いた VHF 電波を用いたテレメトリー調査による位置データは、大きな誤差を含むとともにその取得頻度が低いことから、移動途中の位置情報なのか採餌環境としてのものなのか、あるいは休息のためなのかといったことが一切不明である。GPS 装置による調査を導入することが今後に必要な課題であるといえる。

②衛星画像分類成果を用いた解析

まず年間行動圏の年による変化を見ると、No.6 はその面積にあまり変化がなく、この地域のヒグマの平均的な行動圏の広さから考えると（北海道環境科学研究センター，1995、2004）、かなり広い範囲を利用していると考えられる。No.4 の行動圏についても、この地域のヒグマとしてはやや広いと考えられるものの、他の年に比べ 1999 年と 2002 年に狭くなっており、特に 2002 年は極端に狭い。これまでの調査結果からメスの成獣は毎年ほぼ同じような地域を利用することがわかっており、あまり極端に行動圏が変化した例は見られない（北海道環境科学研究センター，1995、2004）。今回用いた位置データが 2000 年、2001 年、2002 年といずれも 30 ポイント未満の少数であったことから、

1 年を通しての行動を反映しているとは考えにくく、このような結果になったと考えることが自然であろう。行動圏全体に占める広葉樹林の面積をみると、いずれの個体のどの年についても、およそ 16km² までであった。この数値は広葉樹林がその行動圏の大半を占める個体の行動圏面積と大差がない（北海道環境科学研究センター，1995、2004）。このことは、広葉樹林の質的な要素（樹種や林齢、密度など）に関する考察をする必要はあるが、その面積がヒグマの行動圏の広さを決める上で重要であることを示していると考えられる。

空中写真の判読では人工林をその環境によって細かく区分できたが、その一方で天然林を区分することは困難である。環境省ではこれまでに衛星画像の解析によるブナ林やミズナラ林の区分を試みており（環境省自然環境局，2006）、今回も天然林の利用形態を中心に考察を行った。年ごとの利用環境では、No.4 の場合、2002 年にブナ林を最も高い割合で利用した結果が得られた。2002 年は豊作年であり（今，2003）、ブナの堅果が豊富な年にはこれを好んで利用していたことが推測された。また、ミズナラ林が比較的高い割合で利用された 1999 年と 2001 年はブナ凶作年であり（今，2003）、ブナ林に換えてミズナラ林を頻繁に利用した可能性が考えられる。一方、No.6 については、この個体が利用する北部山地にブナ林が少ないためか（カラー図 2-2-4-7、図 2-2-4-13、図 2-2-4-14 参照）、年ごとの変動は少なかった。このような地域による植生の違いとヒグマの生息地利用形態の関係を明らかにしていくことは、今後ヒグマの生息に必要な環境要素を明らかにしていく上でも重要であると考えられる。例えば、生息環境の違いと生息密度の関係を解析することで、広域にヒグマの生息状況を予測することが可能性になるかもしれない。

なお、今回用いた Landsat ETM+ の画像では解析範囲の中央部付近に雲がかかっている。No.4 については、雲やその影の部分が高い割合で利用した年があり、このことは、後述の季節ごとの利用環境の比較結果についても同様で、考察を困難にしている。特にブナ林の利用が少なかった年には雲がかかっている場所を多く利用しており、今回の結果がこの影響によるものである可能性は否定できない。今後、ALOS など、他の衛星画像を用いた解析を行うことにより、この点について明らかにすることができるものとする。

季節ごとの変化を見ると、No.4 は秋 1 にミズナラ林を多く利用した結果となった。これまでの糞分析の結果などからは、ミズナラ林が利用されるのが秋の遅い時期であることが知られている（横山，2005）。理由は不明であるが、秋の比較的早い時期にミズナラの種子を利用していた可能性も考えられる。No.6 に関してはこれといった季節による変化が見られなかった。これら一連の結果に対しては、「衛星画像による広域的な植生区分」の項で述べられているとおり、「その他の広葉樹林」が「ミズナラ林」、「オニグルミ林」に誤分類される傾向があり、広葉樹林の利用状況に関してはまだ実用的な精度が得られていない可能性も考えられた。しかしながら、一定程度の分類精度を有していることは事実であり、今後この精度が向上するとともに飛躍的に有効な情報量が増えることも期待され、より広域的な生息環境解析に向けた取り組みが望まれる。

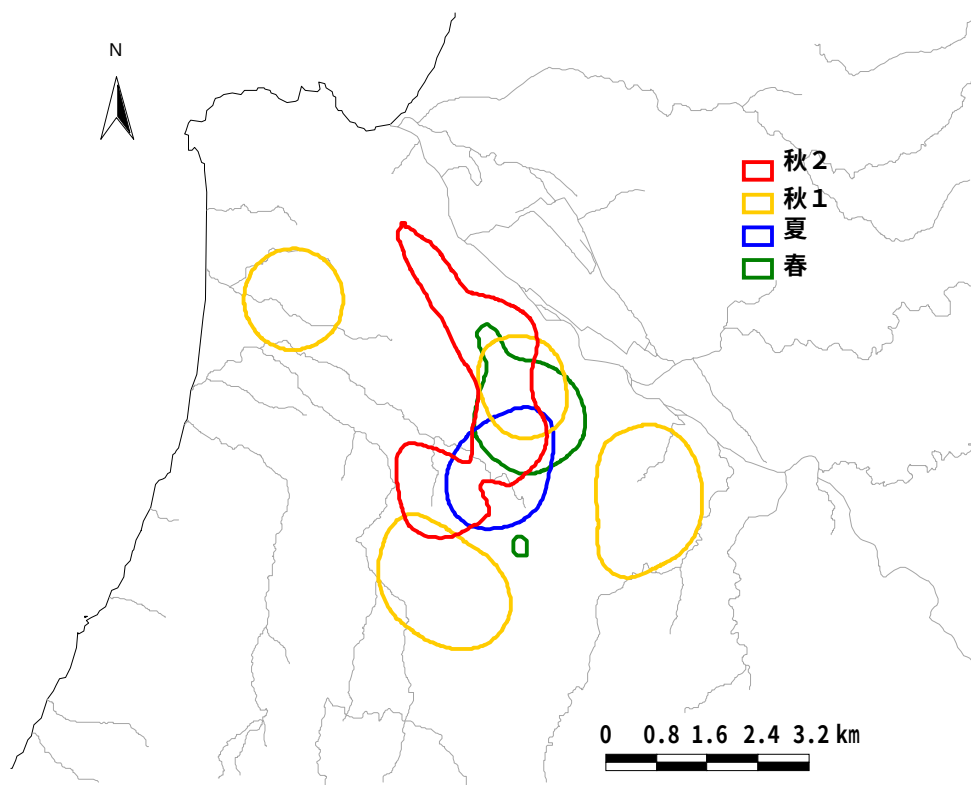


図 3-2-4-1 No.6 の季節ごとの行動圏 (50%カーネル)

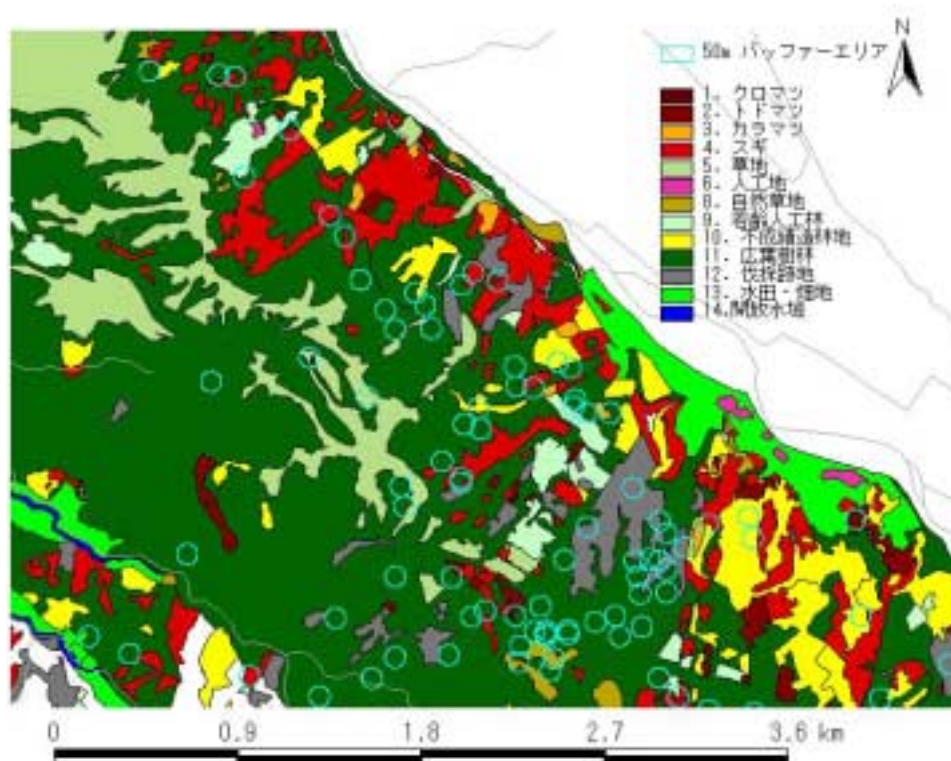


図 3-2-4-2 空中写真の判読結果と 50m バッファ処理した No.6 の位置データ

4. まとめ

野生動物の生息環境を評価し適正に保全していくためには、環境を構成する要素に着目するのみならず、広域的な空間利用とその時系列的な変化についても評価していくことが重要である。特に移動能力が高い渡り鳥や大型哺乳類は行動範囲が広いため、これらの野生動物の保全には広大な行動圏全体にわたって、広域的な視点に立った生息環境の評価をしていくとともに、移動という動的な評価軸を考慮する必要がある。

これを実現するためには、野生動物の移動に関する情報と、相応な精度の空間情報の2つが求められる。前者については、機器を用いるにせよ、人海戦術で行うにせよ多大な労力とコストを要する作業であり、同時に失敗のリスクも小さくない。今回は、水鳥類については時系列としての点情報を集約し、ヒグマについては過去に得た情報を活用する形でこれに供したが、さらに十分かつ精度を伴った野生動物の移動情報を得ることについては、引き続き今後の課題であると考ええる。

もう一方の空間情報についてであるが、移動性の高い野生生物が利用する各地点の周囲に関する十分な情報を得るには、その移動範囲を網羅するスケールで相応の精度を有した空間情報の整備が必要である。本調査に関して言えば、水鳥類については、毎年変化する農地の作物種をどう把握するか、あるいは多数の小湖沼に関する十分な精度の環境情報をどう効率的に整備していくかが課題である。加えて、農地に関しては餌資源の有無といった質的な因子が、また湖沼に関しては水深や水草・魚類相といった環境条件が重要であることも想定され、これらを広域的視点からどのように取り扱うかについての新たなアプローチ技術も求められる。また、ヒグマに関しては、空中写真と衛星画像の両面から林相区分を行い、広域的な環境評価への精度向上が図られたものといえるが、林床やツル植物に関する情報については課題として残されており、広範囲にこれを推定評価する新たな手法へのアプローチが今後の研究に求められる。また、現地へのアクセスが困難なところからどれだけの教師データまたは検証データを得る必要があるかについても、求められる精度との兼ね合いで試行錯誤する余地がある。空間情報の利点のひとつにはコスト効果があげられ、望ましい精度と想定される誤差の狭間で、リモートセンシング及びGISといった空間解析技術をより有効に活用し、他地域への汎用技術として生かすと同時に、全国的視点の環境モニタリングに向けた手法確立に向かっていくべきであると考ええる。

本調査を通じて得られたいくつかの成果は、そのような観点から考えて、今後に向けた手法提起として意義あるものと思われる。例えば、潜在生息地の推定、広域的な環境容量（生息可能個体数など）の推定、圏域スケールでの生息環境の空間配置評価（孤立性・連続性など）、広域モニタリング、生態系視点からの環境管理（森林管理、湖沼管理等）、種の多様性評価といった、今後の自然環境保全において重要と考えられるアプローチ手法である。数年前には困難とされていたことが、リモートセンシング技術の発展などにより、様々な可能性を拓きつつあり、それは今後もさらに進んでいくことであろう。それは言い換えればフィールド科学とバーチャルな空間技術を融合させて、双方の利用価値を高めていくことであり、そのための一里塚として本成果の意義が認められ、さらなる手法開発と汎用化に寄与していくことが期待されるところである。

5. 文献

[水鳥類関係]

- Amano, T., Ushiyama, K., Fujita, G. and Higuchi, H. 2006. Costs and benefits of flocking in foraging white-fronted geese (*Anser albifrons*): effects of resource depletion. *Journal of Zoology* 269 (1), 111–115.
- Freemark, K., Bert, D. and Villard, M. A.. 2002. Patch-, landscape-, regional-scale effects on biota. Applying landscape ecology in biological conservation with a foreword by Richard T. T. Forman. Kevin J. Gutzwiller edit : 58-83.
- 藤巻裕蔵. 2000. 北海道鳥類目録改訂 2 版. 帯広畜産大学野生動物管理学研究室, 帯広. 83pp.
- 藤巻裕蔵. 2001. 北海道十勝地方の鳥類 9. 十勝川上流部ダム湖の水鳥類. 帯大研報 22 : 95-101.
- 藤巻裕蔵・橋本正雄. 1987. 十勝と釧路の野鳥. 日本野鳥の会十勝支部・釧路支部. 82pp.
- 樋口広芳・佐藤文男・松井繁・相馬正樹・冠昇. 1991. 人工衛星を利用したコハクチョウの渡り追跡. 山階鳥研報. 23 : 6-12.
- 北海道野鳥愛護会広報. 2002. カワウ営巣・道内初確認. 北海道野鳥だより 129 : 12-13.
- 星子廉彰. 2001. 北海道宮島沼における 1975 年から 2000 年のマガンの個体数変化. *Strix* 19 : 169-173
- 伊藤嘉昭・佐藤一恵. 2002. 種の多様比較のための指数の問題点—不適当な指数の使用例も多い—. *生物科学* 55 : 204-220.
- 金井裕・佐藤文男・植田睦之・ジェイソン ミントン・樋口広芳・相馬正樹・三田長久・松井繁. 1997. オオハクチョウの渡り経路と重要な中継地 (英文). *Strix* 15 : 1-12.
- 呉地正行. 1986. ガン類の渡り経路. アニマ 1986 年 11 月号. 平凡社.
- 草野貞弘. 1998. 表とグラフで見る宮島沼の水鳥. 美唄市.
- 真野 徹. 2002. 河川敷では鳥類の多様性がなぜ高くなるのか. *NUE* 11 号 2. 環境科学株式会社.
- Martin, T. G., Wintle, B. A., Rhodes, J. R., Kuhnert, P. M., Field, S. A., Low-Choy, S. J., Tyre, A. J. and Possingham, H. P.. 2005. Zero tolerance ecology: improving ecological inference by modelling the source of zero observations. *Ecology Letters* 8 : 1235–1246.
- 正富宏之・藤巻裕蔵・川辺百樹・橋本正雄・中田千佳夫. 1978. 湧洞沼及びその周辺の鳥類相. 野鳥生息環境実態調査報告書. 湧洞沼, 43-76.
- 三田賢哉・喜澤一史・矢部浩規・中津川誠. 2004. 豊平川における河畔林の伐採と生態環境との関係. 独立行政法人北海道開発土木研究所月報平成 16 年 6 月号 No.613 : 16-31.
- 宮林泰彦 (編). 1994. ガン類渡来地目録 第 1 版. 日本雁を保護する会.
- 日本鳥学会. 2000. 日本鳥類目録改訂第 6 版. 日本鳥学会, 帯広. 345pp.
- 奥山美和・藤巻裕蔵. 2001. 北海道十勝地方の鳥類 10. 十勝川下流沿いの沼のカモ科鳥類. 帯大研報 22 : 135-142.
- 嶋田正和・山村則男・粕谷英一・伊藤嘉昭. 2005. 動物生態学新版. 海游舎. 東京. 614pp.
- 嶋田哲郎. 2007. 全国一斉マガン調査. 未発表データ
- 嶋田知英・小川和雄・三輪誠・長田泰宣. 2002. 生態園における昆虫類等多様性モニタリング調査. 環境科学国際センター報第 3 号 : 93.
- 高野伸二. 1980. 野鳥識別ハンドブック. 日本野鳥の会, 東京. 327pp.
- 武田忠義. 2004. 私信
- Takekawa, J.Y., Kurechi, M., Orthmeyer, D.L., Sabano, Y., Uemura, S., Perry, W.M. & Yee, J.L. 2000. A Pacific spring migration route and breeding range expansion for greater white-fronted geese wintering in Japan. *Global Environment Research* 4 : 155-168.
- 内田句子・藤巻裕蔵. 2002. 北海道十勝地方の鳥類 11. 帯広市帯広川下流部の水鳥類. 帯大研報 22 : 221-227.

牛山克巳. 2007. マガンの標識個体の観察. 未発表データ
川久・武藤満雄. 1991. 北海道におけるハクガンの記録と十勝における初観察例. *Strix* 10: 268-271.

【ヒグマ関連】

- 福士亮太・米康允・富沢昌章・釣賀一二三・高田雅之・長坂晶子・小熊宏之. 2006. 航空機リモートセンシングを用いた広葉樹の情報抽出. 農業環境工学関連学会 2006 年合同大会講演要旨集. 北海道環境科学研究センター. 1995. ヒグマ・エゾシカ生息実態調査報告書 I. 北海道環境科学研究センター, 札幌. 164+30pp.
- 北海道環境科学研究センター. 2004. 渡島半島地域ヒグマ対策推進事業調査研究報告書(1999～2003 年度) 北海道環境科学研究センター, 札幌. 77+16pp.
- 北海道林業試験場 HP | ブナ資源の回復を図る更新技術の確立, <http://www.hfri.bibai.hokkaido.jp/> 環境省自然環境局・生物多様性センター. 2006. 第 7 回自然環境保全基礎調査 生物多様性調査種の多様性調査(北海道) 報告書. 92pp.
- 気象庁 HP | 気象統計情報, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 今 博計. 2003. ブナの豊凶パターンを左右する要因は何か? ～ブナ豊凶モニタリング 13 年の成果より～. *Oshimanography* 10: 10-15.
- 村上拓彦. 2002. SPOT/HRV データから森林タイプ別に求めた Minnaert 定数. 写真測量とリモートセンシング, 41(1): 47-55.
- 村上拓彦・藤井秀亮・今田盛生. 1998. ランドサット TM データに与えられた地形の影響の補正方法の比較—九州大学宮崎演習林内のスギ林分を対象として—. 九州大学農学部演習林報告, 78: 13-28.
- Murakami, T. and Mano, T. 1998. Improvement of errors in radiotelemetry locations of brown bears, *Ursus arctos*, in Hokkaido, Japan. *Mammal Study* 23: 41-48.
- 中北 理. 2006. 驚愕! 最新の空中写真技術 実は.... 森林技術 No.776: 14-15.
- 瀬川秀良. 1974. 日本地形誌北海道地方. 朝倉書店. 東京. 303pp.
- Turner, M. G., Wear, D. N. and Flamm, R. O. 1996. Land Ownership and Land-Cover Change in the Southern Appalachian Highlands and the Olympic Peninsula. *Ecological Applications* 6(4): 1150-1172.
- Worton, B. J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70: 164-168.
- 横山嶺央. 2005. ヒグマ (*Ursus arctos yesoensis*) における食性の季節変化の決定要因—餌の量と質に注目して—. 北海道大学大学院農学研究科修士論文. 20+9pp.

資 料

資料2-1-2-1 浦臼沼の鳥類調査の結果

浦臼沼	8/10	8/16	8/24	9/6	9/14	9/27	10/2	10/14	10/29	11/8	11/14	11/24	12/7	12/13
	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬
種名	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬
カイツブリ	0	6	3	6	2	6	2	1	0	0	1	0	0	0
アカエリカイツブリ	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
カワウ	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
アオサギ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
マガン	0	0	0	0	0	0	26	9	0	0	0	0	0	0
オオハクチョウ	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
コハクチョウ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
マガモ	10	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
カルガモ	0	14	8	3	11	2	2	0	0	0	0	0	0	0
コガモ	0	0	0	12	54	12	14	5	0	0	6	0	0	0
ヒドリガモ	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
オナガガモ	0	0	0	0	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0
ホシハジロ	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
キンクロハジロ	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	1	0	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4	0	0	0
バン	0	0	2	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0
オオバン	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

資料2-1-2-2 新沼の鳥類調査の結果

新沼	8/10	8/16	8/24	9/6	9/14	9/27	10/1	10/14	10/29	11/8	11/14	11/24	12/7	12/13
	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬
種名	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬
カイツブリ	2	0	2	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
カワウ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
アオサギ	1	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
マガン	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ヒシクイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0
オオハクチョウ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
マガモ	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
カルガモ	3	5	10	20	12	16	13	16	0	0	0	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	6	0
バン	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0

資料2-1-2-3 東沼の鳥類調査の結果

東沼	8/10	8/16	8/24	9/6	9/14	9/27	10/1	10/14	10/29	11/8	11/14	11/24	12/7	12/13
	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬
種名														
カイツブリ	0	0	0	4	5	1	0	2	7	0	0	0	0	0
カワウ	0	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0
カワウ	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
ダイサギ	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
アオサギ	2	3	1	1	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0
ヒシクイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	284	6	0	0	0
オオハクチョウ	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
コハクチョウ	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
オシドリ	0	0	1	14	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
マガモ	0	0	0	2	0	2	60	0	0	11	41	0	0	0
カルガモ	0	14	2	11	0	3	20	0	0	5	0	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	6	94	67	24	22	0	0	0	0	0
ヒドリガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
オナガガモ	0	0	0	0	0	0	85	0	9	23	0	0	0	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	0	0	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	35	26	0	0
カワセミ	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

資料2-1-2-4 西沼の鳥類調査の結果

西沼	8/10	8/16	8/24	9/6	9/14	9/27	10/1	10/14	10/29	11/8	11/14	11/24	12/7	12/13
	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬
種名														
カイツブリ	0	1	4	0	0	5	9	3	10	0	0	0	0	0
ダイサギ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
アオサギ	20	5	4	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0
オシドリ	0	0	0	1	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0
マガモ	2	0	4	0	8	14	0	0	1	0	5	25	0	0
カルガモ	29	6	12	3	22	33	2	0	0	0	0	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
オナガガモ	0	0	0	0	0	2	0	0	0	22	0	0	0	0
キンクロハジロ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	8	0	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	2	1	0
オオバン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
カワセミ	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

資料2-1-2-5 菱沼の鳥類調査の結果

菱沼	8/10	8/16	8/24	9/6	9/14	9/27	10/2	10/15	10/28	11/9	11/14	11/24	12/7	12/13
種名	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬
カイツブリ	6	1	2	4	3	1	3	2	2	0	2	0	0	0
アオサギ	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
マガモ	0	0	2	0	0	8	0	0	7	0	0	0	0	0
カルガモ	8	2	9	9	13	31	12	37	0	18	11	0	0	0
キンクロハジロ	0	0	0	0	0	0	1	7	4	5	4	3	0	0
スズガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	31	11	0	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
バン	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

資料2-1-2-6 伊藤沼の鳥類調査の結果

伊藤沼	8/16	8/24	9/6	9/14	9/27	10/2	10/15	10/28	11/9	11/14	11/24	12/7	12/13
種名	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬
カイツブリ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
アオサギ	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ヒシクイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
マガモ	0	7	0	0	0	7	0	25	42	21	30	0	0
カルガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	19	3	0	0	0	0	0	0	0
ヒドリガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
オナガガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
キンクロハジロ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	22	1	0	0	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
イソシギ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
カワセミ	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

資料2-1-2-7 宮島沼の鳥類調査の結果

宮島沼	8/10	8/16	8/24	9/6	9/14	9/27	10/2	10/15	10/29	11/8	11/14	11/24	12/6
種名	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬
カイツブリ	0	2	0	1	5	0	1	0	0	0	0	0	0
カワウ	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ダイサギ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
アオサギ	1	4	5	10	21	16	14	1	2	2	0	0	0
マガン	0	5	5	4	4	4590	5592	1788	1	0	0	0	0
ヒシクイ	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
オオハクチョウ	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	2	0
コハクチョウ	0	0	0	0	0	0	0	486	1	0	0	0	0
マガモ	5	3	5	3	3	9	0	4	19	17	0	0	0
カルガモ	89	113	69	26	34	87	119	4	0	0	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	27	139	669	1414	21	55	69	0	0
ヒドリガモ	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	88	0	0
オナガガモ	0	0	0	0	0	15	183	496	109	549	153	0	0
キンクロハジロ	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
スズガモ	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ホオジロガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	35	53	20	14	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	15	24	54	45	0
ツルシギ	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0

資料2-1-2-8 雁里沼の鳥類調査の結果

雁里沼	8/10	8/16	8/24	9/6	9/12	9/27	10/1	10/13	10/28	11/8	11/14	11/24	12/7	12/13
種名	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬
カイツブリ	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
カワウ	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	1	0
アオサギ	0	1	5	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
マガモ	0	0	0	0	0	2	0	0	0	8	6	0	0	0
カルガモ	0	2	0	25	27	38	20	5	0	115	0	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	0	0	10	0	4	56	56	0	0	0
ヒドリガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
オナガガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
オオセグロカモメ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

資料2-1-2-9 鏡沼の鳥類調査の結果

鏡沼	8/10	8/16	8/24	9/6	9/12	9/27	10/1	10/13	10/28	11/8	11/14	11/24	12/7
	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬
種名													
カイツブリ	1	5	4	2	1	3	3	4	0	0	0	0	0
アオサギ	0	1	4	1	2	1	2	1	0	0	0	0	0
マガモ	0	2	7	4	6	11	11	43	22	12	1	0	0
カルガモ	35	32	25	19	36	70	96	79	4	0	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	0	3	2	67	7	115	2	5	0
ヒドリガモ	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
オナガガモ	0	0	0	0	1	2	20	7	0	0	0	0	0
キンクロハジロ	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	1	1	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	17	9	7	0

資料2-1-2-10 大沼の鳥類調査の結果

大沼	8/10	8/15	8/24	9/6	9/12	9/26	10/1	10/15	10/28	11/8	11/14	11/24	12/7
	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬
種名													
カイツブリ	1	0	1	1	5	6	15	7	1	4	4	0	0
アオサギ	13	7	6	16	26	0	42	0	0	1	0	0	0
マガモ	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
カルガモ	21	2	3	20	19	45	41	1	0	0	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	3	2	0
ヒドリガモ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
キンクロハジロ	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
スズガモ	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

資料2-1-2-11 しづ湖の鳥類調査の結果

しづ湖	8/10	8/15	8/24	9/6	9/12	9/26	10/1	10/15	10/28	11/8	11/14	11/24	12/7	12/13
	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬
種名														
ハジロカイツブリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
アオサギ	1	5	0	1	2	1	1	1	2	0	0	0	0	0
マガモ	2	0	2	0	0	0	0	0	66	57	118	73	0	0
カルガモ	2	7	16	47	12	5	1	2	80	156	137	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	14	0	0
ヒドリガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0
オナガガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25	4	0	0
ホオジロガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	5	0	0
イソシギ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
カワセミ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
アヒル	15	16	9	10	14	0	14	15	14	13	13	11	0	0

資料2-1-2-12 旧石狩川の鳥類調査の結果

旧石狩川	8/10	8/15	8/23	9/6	9/12	9/26	10/1	10/15	10/24	11/7	11/15	11/22	12/7
	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬
種名													
カイツブリ	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
ダイサギ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
アオサギ	0	2	8	22	7	4	9	4	0	0	0	1	0
コハクチョウ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
マガモ	5	2	2	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
カルガモ	57	66	39	29	5	16	22	10	13	31	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	0	0	20	2	6	0	0	0	0
ヒドリガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	12	22	0	2	0
オナガガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
ハシビロガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ホシハジロ	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
キンクロハジロ	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	86	66	0
ハマシギ	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0
アオアシシギ	0	0	0	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0
キアシシギ	0	0	0	0	0	10	0	0	4	0	0	0	0
カワセミ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

資料2-1-2-13 宝水沼の鳥類調査の結果

宝水沼	8/9	8/15	8/23	9/7	9/12	9/26	10/1	10/14	10/24	11/7	11/15	11/21	12/7	12/13
	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬
種名														
カイツブリ	2	0	0	4	0	1	4	0	2	3	1	0	0	0
アカエリカイツブリ	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
カワウ	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
アオサギ	4	11	8	2	2	3	1	1	0	1	0	0	0	0
マガモ	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	48	0	0
カルガモ	9	0	20	7	1	30	2	0	0	0	0	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	0	15	1	0	0	0	0	6	0	0
キンクロハジロ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	23	0	0
バン	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
カワセミ	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0

資料2-1-2-14 モエレ沼の鳥類調査の結果

モエレ沼	8/9	8/15	8/23	9/7	9/13	9/29	10/2	10/14	10/23	11/7	11/15	11/21	12/6
	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬
種名													
カイツブリ	0	3	0	1	3	0	4	6	3	0	0	1	0
アカエリカイツブリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
カワウ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
アオサギ	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
マガモ	7	15	27	28	46	84	156	121	93	44	252	69	0
カルガモ	0	0	0	3	0	7	6	0	0	0	2	0	0
コガモ	0	0	0	11	23	48	48	16	3	0	0	0	0
ヒドリガモ	0	0	0	0	0	1	0	8	39	18	14	36	0
オナガガモ	0	0	0	0	0	2	1	14	0	0	19	0	0
ハシビロガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ホシハジロ	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	5	0
キンクロハジロ	0	0	0	1	0	0	1	0	19	33	14	8	0
スズガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	26	0
バン	4	2	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0
オオバン	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0

資料2-1-2-15 越後沼の鳥類調査の結果

越後沼	8/9	8/15	8/23	9/7	9/13	9/26	10/1	10/14	10/23	11/7	11/15	11/21	12/7
	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬
種名													
カイツブリ	1	2	4	7	2	8	9	1	8	2	2	3	0
ミミカイツブリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
アカエリカイツブリ	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0
カワウ	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
アオサギ	2	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
オオハクチョウ	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0
コハクチョウ	0	0	0	0	0	0	0	27	50	0	0	0	0
マガモ	11	31	5	7	0	0	0	0	14	24	10	21	0
カルガモ	25	18	11	21	16	11	16	22	0	0	0	1	0
コガモ	0	0	0	0	0	4	0	11	23	0	0	0	0
ヒドリガモ	0	0	0	0	0	2	0	0	7	0	3	0	0
オナガガモ	0	0	0	0	0	4	0	19	13	0	0	0	0
ホシハジロ	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0
キンクロハジロ	0	0	0	0	0	0	6	7	9	14	1	6	0
スズガモ	0	0	1	0	1	6	0	6	0	1	0	0	0
ホオジロガモ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
ミコアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	3	0
カワアイサ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	3	0
オオバン	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

資料2-1-2-16 大沢池の鳥類調査の結果

大沢池	8/9	8/15	8/23	9/7	9/13	9/29	10/2	10/13	10/23	11/8	11/15	11/21	12/7
種名	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬
カイツブリ	4	4	4	0	2	3	6	0	5	0	0	0	0
アオサギ	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
カルガモ	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	0	3	1	0	11	0	0	0	0

資料2-1-2-17 瑞穂池の鳥類調査の結果

瑞穂池	8/9	8/15	8/23	9/7	9/13	9/29	10/2	10/13	10/23	11/8	11/15	11/21	12/7	12/13
種名	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬	9月中旬	9月下旬	10月上旬	10月中旬	10月下旬	11月上旬	11月中旬	11月下旬	12月上旬	12月中旬
カイツブリ	4	0	4	1	3	3	2	2	3	0	0	0	0	0
アカエリカイツブリ	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
アオサギ	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
マガモ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
コガモ	0	0	0	0	0	0	6	10	0	0	0	0	0	0
ホシハジロ	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
キンクロハジロ	0	0	0	0	0	0	0	2	8	4	0	0	0	0
オオバン	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

資料2-2-4-1a 利用環境調査結果 高木)

調査地点№	1-2		2-1		2-2		3-1		3-2		4-1		4-2		5-1		6-1		7-1		8-1		9-1	
調査年月日	2006/8/9		2006/8/10		2006/8/10		2006/8/9		2006/8/9		2006/8/10		2006/8/10		2006/9/7		2006/9/7		2006/9/7		2006/9/7		2006/9/8	
樹種名	密度 (本/ha)	断面積 (㎡/ha)	密度 (本/ha)	断面積 (㎡/ha)	密度 (本/ha)	断面積 (㎡/ha)	密度 (本/ha)	断面積 (㎡/ha)	密度 (本/ha)	断面積 (㎡/ha)	密度 (本/ha)	断面積 (㎡/ha)	密度 (本/ha)	断面積 (㎡/ha)	密度 (本/ha)	断面積 (㎡/ha)	密度 (本/ha)	断面積 (㎡/ha)	密度 (本/ha)	断面積 (㎡/ha)	密度 (本/ha)	断面積 (㎡/ha)	密度 (本/ha)	断面積 (㎡/ha)
カラマツ															450	28.70	125	5.37	450	27.64	75	4.01		
スギ			1,200	19.10	700	50.31			100	9.30								25	0.19				1,425	65.28
トドマツ											800	12.90	2,000	22.75										
ヒノキアスナロ							75	1.13																
ミズナラ	500	4.05			400	0.18	575	22.89	75	5.06	1,133	10.27	1,911	3.29			125	2.33	150	3.32			25	0.11
イタヤカエデ					25	0.03					1,267	2.34	133	0.49	250	0.65			700	2.23	50	0.04	125	0.05
クリ	350	12.74					200	8.19	400	13.63	467	2.01	489	1.86					50	1.14				
シナノキ	150	0.12					25	2.00	175	5.62	600	3.90					50	1.65	50	0.42				
キハダ											133	0.16			50	1.39	50	0.52	75	1.43	75	2.62	50	0.05
ミズキ					25	0.07							89	0.03	50	0.62	125	1.87	25	0.38	25	0.36		
ホオノキ							50	0.39			200	0.88	67	0.31			75	0.89	125	0.37			125	0.15
ヤマグワ							25	0.09							650	3.14	425	4.04	125	0.25	200	0.94		
ノリウツギ					900	0.31					67	0.11					50	0.03	100	0.14			150	0.05
エゾヤマザクラ					1,400	0.36							267	0.19			25	2.00	175	0.34				
ヤマモミジ											67	0.03			125	0.57	50	0.03	25	0.05				
ブナ													67	0.01			300	5.89					2,500	8.23
ハリギリ											75	0.25	178	0.46			25	6.15						
アオダモ											1,333	1.04	333	0.23					250	0.63				
ナナカマド																	75	0.34	75	0.96			800	0.55
オオバクロモジ					25	0.04													150	0.05			100	0.03
ハルニレ															100	0.75					325	10.74		
ハウチワカエデ																	350	0.73	1,775	1.70				
アズキナシ											133	0.57							75	0.45				
サワシバ											67	0.01					75	0.50						
キブシ					1,700	0.37							67	0.01										
タラノキ					25	0.03									125	0.32								
コブシ							50	0.05			267	0.11												
ワタゲカマツカ											133	0.07	67	0.02										
オオカメノキ																	25	0.02	25	0.01				
オニグルミ																					200	9.36		
ハクウンボク											67	1.19					25	0.17						
トチノキ																	50	0.30						
コシアブラ																							325	0.25
ニワトコ															50	0.18								
ニガキ																	100	0.17						
オノエヤナギ			25	0.14																				
ガマズミ											333	0.05												
ヤマウルシ																							25	0.01

資料2-2-4-1b 利用環境調査結果 (5m×5m)

(単位: %)

調査地点№	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1
種名												
タラノキ								5				
クサギ								5				
ニワトコ								+				
ノリウツギ			5						5			
イタヤカエデ			5			+			5			
ヤマモミジ							+		+			
ウリノキ									+			
オオカメノキ			+							5		10
ハウチワカエデ										10		
オオバクロモジ			+	+	+	+	5			+		5
ヤマウルシ										+		
フッキソウ											+	
ブナ												20
ツルシキミ												5
ハイイヌガヤ			+									5
ナナカマド												+
ヒメモチ												+
ホオノキ		+										
コブシ	5		5									
ミズナラ	+		5		+	+	+					
クリ	+											
ムラサキシキブ				+		+						
ヒノキアスナロ					+							
ウダイカンバ					+							
キブシ			30									
サワシバ			+									
ヒメアオキ			+			+						
アオダモ						+	+					
ガマズミ						+	+					
アクシバ							5					
イヌエンジュ							+					
ツリバナ							+					
ツルアジサイ										+	+	+
イワガラミ											+	
ツタウルシ	+	5	+	25	20	+	+					+
コクワ					5							
ヤマブドウ					+							
ノブドウ					+							
ツチアケビ					+							
マタタビ						+						
チシマザサ	95	+		90	90	30	20	55	25	60	10	
クマイザサ						30						
ヨブスマソウ		+	+					5				
ウド		+						+				
エゾイラクサ											25	
オオウバユリ											5	
コンロンソウ											5	
オククルマムグラ											+	+
スギナ												5
アキタブキ		60	+									
トリアシショウマ		10	15	+	5							
オオハンゴンソウ		+										
ススキ		+										
サラシナショウマ		+										
スミレサイシン			+									
ミミコウモリ								5				
スゲSP						20	5			50		
スミレSP							5					
オシダ									60		35	
ジュウモンジシダ									10		20	
イワガネゼンマイ											5	
ワラビ		10										
シンガシラ							+					
シダSP			5			+						

資料2-2-4-1c 利用環境調査結果 高木)

調査地点№	8-1-参考		1-2-参考		2-1-参考		3-2-参考		4-1-参考	
調査年月日	2006/9/7		2006/8/9		2006/8/10		2006/8/9		2006/8/10	
樹種名	密度 (本/ha)	断面積 (m ² /ha)	密度 (本/ha)	断面積 (m ² /ha)	密度 (本/ha)	断面積 (m ² /ha)	密度 (本/ha)	断面積 (m ² /ha)	密度 (本/ha)	断面積 (m ² /ha)
カラマツ	350	19.28								
スギ							1,956	114.19		
トドマツ			1,300	43.99					2,711	69.55
ミズナラ	50	0.33					89	1.24		
イタヤカエデ	200	0.24								
クリ							178	2.44		
キハダ			100	0.59						
ミズキ	50	1.19								
ホオノキ	25	0.05								
ヤマグワ	200	1.45	100	0.26						
ノリウツギ			300	0.47						
エゾヤマザクラ							44	0.42		
ヤマモミジ	325	0.91								
ハリギリ	25	0.04								
ハルニレ	225	3.88								
サワシバ	25	0.02								
オニグルミ	75	3.17								
トチノキ	50	0.25								

資料2-2-4-1d 利用環境調査結果 参考 5m×5m)

(単位 :%)

調査地点№	8-1-参考	1-2-参考	2-1-参考	3-2-参考	4-1-参考
種名					
ヒメアオキ	+				
ウワミズザクラ			10		
ヤマハギ			10		
ミズナラ			10		
ムラサキシキブ			5		
ヤマモミジ			5		
オオカメノキ			5		
スギ			+		
オオバクロモジ			+		+
ヌルデ			+		
バッコヤナギ			+		
ナツグミ?			+		
コブシ			+		
ハリギリ					+
ガマズミ			+		+
ツタウルシ			5		5
マタタビ					+
チシマザサ	30	5	5		5
コンロンソウ	30				
アキタブキ	5		15		+
ムカゴイラクサ	5				
ヨブスマソウ	+		+		
オオウバユリ	+				
オククルマムグラ	+				
コウライテンナンショウ	+				
トリアシショウマ			10		5
オカトラノオ			+		
フタリシズカ					5
オオアマドコロ					+
チゴユリ					+
ノブキ					+
クモキリソウ					+
クマガイソウ					+
オシダ	60				

第7回 自然環境保全基礎調査

**生物多様性調査
種の多様性調査（北海道）報告書**

平成19(2007)年3月

環境省自然環境局 生物多様性センター

〒403-0005 山梨県富士吉田市上吉田剣丸尾5597-1

電話：0555-72-6033 FAX：0555-72-6035

業務名 平成18年度 生物多様性調査
種の多様性調査（北海道）委託業務

受託者 北海道
〒060-8588 札幌市中央区北3条西6丁目
電話：011-231-4111 FAX：011-232-6790

