

# 一般講演・口頭発表

3月9日（水）14:15-17:30

生態系管理

保全

景観生態

物質循環

行動

動物生活史

動物群集

動物個体群

数理

分子

進化

外来種

遷移・更新

植物繁殖



## A1-01

## 異なる放牧システムシナリオ下におけるモンゴル草地劣化の定量的予測

加藤聡史(龍谷大学)

乾燥地の草原植生は、降雨等の気象変動の影響を受けやすい。こうした気象変動に対するリスクを軽減するため、定住的な農業ではなく広域の草地を利用する遊牧が伝統的に行われてきた。放牧が植生の分布パターンやバイオマスに応じておこなわれる一方、植生自体も家畜による摂食によって変化する。すなわち、こうした放牧下における生態系では、社会的・経済的要因による人間活動の変化が、植生と相互作用しながら環境を変えていくと考えられる。

モンゴルでは古くから放牧が営まれてきたが、1990年の市場経済導入後、都市部を中心として家畜頭数の短期間での急激な増加が報告されており、さらに、2002年には居住地と農耕地について制限付きの私有化が認められる土地私有化法が制定され、将来的に遊牧民の定住化を促進すると予測されている。こうした社会の変化によって、モンゴルにおける牧畜の在り方は伝統的な遊牧からより定住的なものへ変わっていくことが考えられる。

本研究では、こうした人間活動の変化や地球環境の変化が、将来のモンゴルの植生パターンにどのような影響を与えるか予測するために計算機シミュレーションを行った。植生バイオマスの空間的な分布を二次元の格子モデルとして記述し、放牧による植生利用については植生分布空間上に配置される個体ベースモデルとして記述した。さらに、環境変動による降雨量の変化、経済市場価値の変化や土地利用のやりかたの違いなどについて、将来的にありうる可能性をシナリオとした。これらのモデルを用いて、それぞれの異なるシナリオの下での放牧による植生変化を予測することで、モンゴルにおける持続的な放牧の在り方について検討する。

## A1-03

## Application of high resolution satellite imagery to internalize carbon conservation as globally important ecosystem service into sustainable forest management using a case study in Sabah, Malaysian Borneo

\*LANGNER Andreas, KITAYAMA Kanehiro (Kyoto University)

To mitigate climate change and preserve biodiversity the conservation of tropical forests has to be promoted. Most of the forests in Borneo are permanent forest estates that are selectively logged using conventional logging techniques, causing high damage to the forests. The incorporation of sustainable forest management (SFM) in a REDD+ scheme can help to avert forest degradation. Therefore, it is crucial that above-ground biomass (AGB) values can be operationally estimated. We used Landsat data to develop a crown cover and forest index of lowland dipterocarp forests, which showed a correlation with an R2 of 0.43 to the AGB measurements on the ground. Based on this index a model has been developed, which allowed the estimation of AGB. The accuracy of the model had an R2 of 0.37 with an error of 87.1 t C/ha. Study areas were two forest estates in Sabah: while Tangkulap has been logged conventionally, Deramakot is still managed in accordance with SFM principles. Our research revealed that while Tangkulap lost in average an annual amount of 5.1 t C/ha between 1991 and 2000, Deramakot experienced an average annual recruitment of 5.4 t C/ha between 2000 and 2007. The difference of 10.5 t C/ha/year can be attributed to the different management systems, confirming the hypothesis that SFM in combination with reduced-impact logging helps to protect AGB.

## A1-02

## ブナの「花見」でクマ出没を予測する

井田秀行(信州大・教・志賀自然教育研)

ブナ林が山林を優占する長野県飯山市において、リタートラップで把握したブナ繁殖器官(雄花序、雌花序、堅果)の生産量とツキノワグマ有害捕獲数との関連性を検証した。同市内のブナ林3サイト[C:極相林(標高1000m), R:里山林(同540m), S:社寺林(同320m)]にリタートラップ(開口面積0.5m<sup>2</sup>)を5~6基設置し、2004年から2010年にかけて連続してブナ繁殖器官の落下状況を観測したところ、年間総落下量(年間生産量)はサイト間でばらつきはあるものの、年次変動のパターンはサイト間で同調することが示された。特にクマ有害捕獲数が大量(17~36頭)となった'06, '08, '10年は、3サイト共にブナの雌・雄花序、堅果のどれもが他の年に比べて非常に少なくなっていた。このことは、ブナの繁殖器官の生産量が少ない年は人里へのクマ出没が多発しやすいことを示唆するが、夏季(6~8月)のクマ有害捕獲数に注目すると、ブナ繁殖器官の生産量との関連性はどのサイトでも認められなかった。一方、秋季(9~11月)のクマ有害捕獲数でみると、サイトR, Sでの雌・雄花序数およびサイトCでの堅果数との間に負の相関関係が認められた。このことはすなわち、ブナ里山林で春に開花が少なく奥山のブナ極相林で秋に堅果が不作だとクマが秋季に人里に出没多発する傾向があることを示唆する。

以上から飯山市では、春(4~5月頃)、人里近くのブナ林の開花状況を観察することで、秋季の人里へのクマ出没をより早期に予測できると言える。現在、クマ出没の予測はブナ科堅果の豊凶状況(堅果の成り具合)の観測によってなされることが多いが、本研究により、ブナが優占する地域では、ブナの開花状況のモニタリングが秋季のクマ出没多発の予測に有効であることが示された。

## A1-04

## 北海道の生態系一次生産と農林業生産-陸域生態系モデルのHANPP解析への応用-

\*庄山紀久子, 山形と志樹(国環研・地球C), 甲山隆司(北大・地球環境)

物質循環を扱う陸域生態系モデルの開発によって純一次生産量(NPP)や生態系純生産(NEP)などの有機体炭素の蓄積量や気候変動に伴うそれらの変化予測が可能になってきた。そして純一次生産の人間による専用率(HANPP)は物質循環のみならず生物多様性や生態系サービスの供給量に影響することから、生態系生産と人間の生産活動を統合した解析が求められている。これまでに全球レベルではHANPPの地理的分布に大きな相違があることが報告されており、その空間的不均一は主に農業など人間利用による生態系生産分配の地理的相違や人為的な有機炭素移動に起因する。

本研究では地域スケールにおけるHANPPの地理的分布を明らかにすることを目的に、北海道内の221市区町村を対象として解析を行った。解析には各市区町村の社会・経済指標と陸域生態系モデルによって推定された純一次生産力と生態系炭素蓄積量データベースを同行政区毎についてまとめた指標を用いた。

北海道市区町村単位の農業生産は可住地域面積比率と比例しており、NPPによって規制されている傾向がみられた。また森林地域は農地利用をされていない流域上流部に分布し高いNPPを有していることから、林業生産のみならず可住地域における土地利用の基盤を提供していることが推測された。北海道はその気候条件から比較的低いNPPによって特徴付けられるが、短期間の土地利用履歴から高い生産潜在力を保持している。本研究では生態系生産に対応した社会システムを概観するために、空間詳細グリッドデータの生態系情報を行政単位の社会統計情報と対比する手法が有効であることを示し、今後の課題について議論する。

## A1-05

## 生物多様性優先保全地域の選定手法開発—島嶼のデジタル群落での事例

\* 郡 麻里 (首都大院・理工・生命・客員研究員), 可知直毅 (首都大院・理工・生命)

生物多様性を保全する手段の一つに重要保全地域の選定が有効であることは既に多くのNGOやIUCN等による生物多様性ホットスポットの概念などで明らかとなってきた。しかし、日本列島全体がホットスポットに該当していたり、実際に線を引きに当たり人の居住区が含まれる等、スケール上多くの課題が存在する。これまでWWFによる南西諸島の重要地域マッピング、Birdlife InternationalによるImportant Bird Area、Conservation InternationalによるKey Biodiversity Area、WIJによるラムサール条約の候補地としての重要湿地等が提案されている。これらは各自の対象主体に応じた選定地域がマッピングされており、ある特定の分類群に対象が偏りがちではあるが、ハビタットの保全は多くの生物を同時に守れるため最も効率的な手法と思われる。一方、生物保全においては分布データの整理が追いついておらず、絶滅危機の回避には緊急を要し、より効率的な優先順位を付けた対策が求められる。本研究では、既存の保護地域の境界線を活かし、漏れのある地域を抽出し、それらにおいて、特定外来生物による被害が及んでいる地域、分布北限種、南限種、地域固有種などの生息環境を考慮した、新たな優先保全地域を選定する手法を伊豆諸島をモデルに開発している。既存の自然環境情報、空中写真・衛星画像解析により、植生自然度が第3回自然環境保全基礎調査において8以上であった地域において、植生の劣化が顕著な部分をGISで抽出し、よりインパクトの大きいと思われるエリアを抽出した。植生自然度10の地域はすでに自然環境保全指定地域に含まれている場合が多く、植生自然度の8から9レベルの群落においてより保護・保全の必要な生物群が見られ、集中して対策をとる必要があると考えられた。

## A1-07

## 都市近郊の里山林におけるNPOや行政による非伝統的管理と生態系サービスからみた林床の多様性との関係

\* 島田和則, 勝木俊雄 (森林総合研究所), 岩本宏二郎, 伊東宏樹 (森林総合研究所多摩森林科学園), 齊藤 修 (早稲田大学高等研究所)

近年二次林の管理の必要性が指摘され、放置林の一部において、行政やNPOなど新しい管理主体によって下刈などの管理が行われるようになってきた。しかし、これらは利用されていた当時の伝統的な管理手法などが必ずしも踏襲されているわけではなく、実際管理形態の差異により多様性の指標となる植物の種数が影響を受けていることがわかっている。しかし、このような非伝統的な管理と生態系サービスとの関係については明らかになっていない。

里山における生態系サービスのうち、送粉は調整サービスのひとつである。この送粉機能については、さまざまな送粉昆虫のうちハナバチの種数が最も多く、送粉の働きはハナバチの種数で測るのが適当であると考えられている。また、ハナバチの種数は林床種数の影響を受けていることもわかっている。そこで本研究では、東京都多摩地方南西部の里山林において、林床の管理形態と、送粉機能と関係の深い林床種数とを比較検討して、旧来の農業利用とは異なるボランティアや行政による現代的な二次林の管理と生態系サービスとの関係を検討することを目的とした。

その結果、送粉機能と関係の深い虫媒の草本種数について管理形態との関係を検討すると、虫媒の夏緑多年草は継続的な管理が現在行われており、しかも10年以上の中断期間がない林分で多かった。また、一・二年草は管理があり、過去に中断期間がない林分で多かった。

虫媒夏緑多年草種数の度数分布による比較では、放置と単発的管理では種数が少なく、伝統的管理では逆に種数が多く、非伝統的管理では種数の少ない林分から種数の多い林分まで出現した。

以上をまとめると、長い間の林床管理によって多様性が維持されてきた里山は、従来の方法を踏まえ、中断期間をおかず継続的な管理をすることが、送粉の調整サービスを低下させないために必要である。

## A1-06

## 流域圏レベルにおける森林生態系サービス生産・消費評価

大場真\*, 村上正吾, 水落元之, 王勤学, 木幡邦男

自然と共生した持続可能な社会の実現のため、生態系の過剰利用や管理不足を避けるための自然の利用や保全について評価が必要とされている。生態系からの財やサービス(生態系サービス)について、ミレニアム・エコシステム・アセスメント以降に多くの研究がなされてきた。しかし、生産された生態系サービスに対して社会で消費されているか、という評価はあまりなされていないと言える。本研究ではその試みとして、流域圏スケールにおける森林生態系サービスの生産と消費を定量的に分析した。

過去(1960年)、現在(2005年)、将来(2030年)において、長野・岐阜・愛知・三重県にまたがる伊勢湾流域圏における森林生態系サービスの生産をシミュレーションした。生態系サービスとして水源涵養(流出量)、炭素蓄積を選択した。対応する生態系サービスの消費としては水消費、炭素排出を選択肢、統計資料から空間的に定量化した。

その結果、水源涵養と炭素蓄積については、流域内で非常に大きく森林生態系に依存していることが明らかにされ、かつ管理された森林ほどこれらのサービス生産が大きいことが推定された。

## A1-08

## 里山の生態系サービスのインベントリ整備とダウンスケールリング

齊藤修(国連大)

国連のミレニアム生態系評価(MA)では、生態系から人々が得る恵みを「生態系サービス」と定義し、生態系サービスの変化がどのように人間に影響するかが検証された。このなかで、生態系サービスは、供給サービス(食糧や水、木材、燃料などの供給)、調整サービス(洪水・気候調整)、文化サービス(レクリエーションや精神的・教育的な恩恵)、基盤サービス(栄養塩循環や土壌形成等)の4種類で定義されている。一方、第二次循環型社会形成推進基本計画では、循環資源の性質と地域の特質に応じて、コミュニティ、地域、広域ブロック、全国規模、そして国際的なレベルに至る最適な規模の「地域循環圏」構築が推進されることになっている。さらに同計画では、循環型社会づくりにおいて、自然共生社会形成との統合的な取組の推進が強調されている。本研究では、里山を対象として、里山の各生態系サービスを複数の空間スケールで評価し、インベントリ化を試みた。特に、供給サービスのうち森林系木質バイオマスに着目し、全国、広域ブロック、都府県、市町村の4つのスケールで定量化し、生態系サービス間の相関分析を行い、生態系サービス間の相互関係を解析した。また、得られたインベントリデータを地理情報システム(GIS)に取り込んでマップ化した。このようなインベントリとマップは、それぞれの地域における生態系サービスを把握するのに役立つだけでなく、周辺地域の生態系サービスとの関係、生態系サービス間の関係を分析するための基盤となる。最後に、現状での生態系サービス評価のダウンスケールの方法と精度について検討し、方法論上の課題を明らかにするとともに、地域循環圏形成を生態系サービス管理と調和的に進めるための論点と政策的なインプリケーションについて考察した。

## A1-09

## 里山におけるシジュウカラの減少

\*大堀 聡・黒江 美紗子(早稲田大学自然環境調査室)

持続可能な利用がされなくなり、里山の林は変化した。下刈りや落ち葉かきが行われなくなり、林床にはアズマネザサが侵入した。萌芽再生のための定期的な伐採が行われなくなって、シラカシなどの常緑雑木が優占するようになった。本講演では林の管理作業放棄に伴う樹高、樹冠、樹種、層構造、立木密度などの林分構造の変化が、里山の鳥類相にどのような影響を与えるのかについて報告する。

調査地である早稲田大学所沢キャンパスは、首都圏の緑の孤島といわれる狭山丘陵にある。キャンパスは水源林に隣接するコナラ二次林に囲まれ、谷戸や草地、小川、ため池などの里山環境が残されている。キャンパスでは1983年から現在まで週1回の鳥類センサスが行われている。

林の管理放棄による植生の変化が鳥類相に与える影響を明らかにするため、長期間の鳥類センサスの結果を解析したところ、最も大きく減少した種は、シジュウカラだった。そこで、繁殖期と越冬期のシジュウカラ個体数の変化を比較した。シジュウカラは繁殖期には巣箱を利用して繁殖する。繁殖期には、センサス記録個体数、巣箱での繁殖つがい数と繁殖成功率、冬期にはセンサス記録個体数を用いた。

繁殖成功率や越冬個体数に影響を及ぼすプロセスについては、餌資源量や採食効率の低下、繁殖期や巣立ち後の捕食圧の増加などが考えられる。なかでも、シジュウカラは、落葉後や開葉前には林床で採食することが知られており、林床の植生密度の増加や低木の樹種変化が餌資源量や採食効率の低下を引き起こし、その結果として繁殖成功率や冬期の若鳥生残率の低下に至っている可能性が高い。各環境条件とシジュウカラの個体数変化との関係を明らかにすることによって、どのプロセスが個体数変化に大きな影響を与えているのかについて考察する。

## A1-11

## イネ害虫アカスジカスミカメ個体群の実験的分断化による抑制効果

\*吉岡明良(東大・農)、高田まゆら(帯畜大)、鷲谷いづみ(東大・農)

近年、日本の水田で最も猛威をふるっている害虫の一つであるアカスジカスミカメ(以下アカスジ)は、イネ科植物の穂を餌ならびに産卵場所として利用する。したがって、稲の出穂時のみ水田に侵入するが、水田ではほとんど繁殖できない。すなわち、水田には一時的なシンク個体群のみが存在する。したがって、従来の圃場レベルでの防除は、コストに比して効果が低い。むしろアカスジの発生源(主要な生息場所)と考えられているネズミギの転作牧草地をイネの出穂前に刈り取ることで、農業にたよることなく被害を抑制できる可能性がある。

減反政策により広範に存在する転作牧草地を全て刈り取り管理することは必ずしも現実的ではない。しかし、メタ個体群理論(Hanski 1999)に基づけば、適切なスケールで生息場所の分断化をもたらすように刈り取ることで、より効率的にアカスジのメタ個体群サイズを抑制できるはずである。

環境保全型稲作先進地である宮城県大崎市田尻において演者らが2008年度に行った調査では、アカスジは周辺200m程度の範囲内のネズミギ牧草地面積率が高い地点ほど密度が高く、一定面積の牧草地を刈り取り管理する場合には、200m程度のスケールで分断化の効果をもたらすように刈り取ることの有効性が示唆された。

本研究ではその仮説の実験的な検証のため、半径400mの調査区を6区設定し、刈り取り面積を変えることで、各調査区内の牧草地の分断化の程度を操作した。その結果、操作後のアカスジ密度は分断化の程度が低い調査区ほど高かった。これらの結果から、保全生態学に用いられるメタ個体群理論が多食性の害虫の防除に応用できる可能性が示唆された。

## A1-10

## 農業環境影響指標の構築と都道府県での影響評価及びその解析

\*三島慎一郎, 神山和則(農環研)

【はじめに】本研究では農業における肥料施用に伴う環境への負の影響に焦点を当て、窒素(N)施用に伴う一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)発生による温暖化、N施用に伴う地下水汚染ポテンシャルと土壌流出に伴う河川水の富栄養化ポテンシャルと施肥リン(P)と施肥の余剰による土壌蓄積Pの土壌流出に伴う河川水の富栄養化ポテンシャルを求め、これらを都道府県別に求めた。そしてDistance to Target法を適用する事により全体でみた環境影響指標を求めた。

【方法】三島と神山(2010)の都道府県別施肥量DBを元に、N<sub>2</sub>OはIPCC Tier2の方法で、地下水汚染は農業生産で余剰となるNを土壌浸透水量のポテンシャルで除して、N,Pによる河川水の富栄養化ポテンシャルはUSLE式による農耕地からの土壌流出ポテンシャルと農業生産で余剰となるN,P量に土壌中の可給態N,P量を加えたものから、1990年に関してそれぞれ算出した。これに環境基準・政策上の目標を目的値として重み付け係数を出し、Distance to Target法で環境影響指数に統合した。対象年度は1990年と2005年である。

【結果と考察】N<sub>2</sub>Oの発生は静岡県で多く、地下水への影響ポテンシャルは香川県で高かった。河川水への影響のポテンシャルは西日本太平洋側で高く、北東日本日本海側で低かった。環境影響指標は極端に高い静岡・愛知・香川・愛媛・長崎・沖縄と特に低い北海道・秋田・山形・新潟・富山・石川・福井とその他の県に分けられた。特に高い県では、香川県を除きN・Pの流出が大きな割合を占めていた。一方特に低い県では地下水汚染とN<sub>2</sub>O排出が主であり、北海道を除くと水田地帯であり窒素・リン余剰自体それほど多くない県であった。環境影響指数低減のためにはN,Pの省施用、Pの土壌肥沃度に依存した施用が必要である。

## A1-12

## 農業用水路に生息するイシガイ類群集の分布制限要因

\*秋山吉寛(名大環境)

淡水二枚貝の1グループであるイシガイ類は、多様な生物の生存基盤として機能するため、生物多様性の豊かな水域の形成に貢献する。この機能の恩恵を受ける生物の種数は、イシガイ類の種数が増すほど増加する。水田地帯は生物多様性が豊かであり、国内に分布するイシガイ類の約6割が水田地帯の水路を利用する。イシガイ類の幼生は、宿主となる魚類へ寄生しなくては生存できないため、宿主の減少はイシガイ類の減少原因となる。近年の農業用水路におけるイシガイ類の減少は、収穫量増大に向けた圃場整備法や水路の管理法の変化が一因であると考えられ、その減少プロセスとして、以下の2点が挙げられる。1. イシガイ類生息場の非生物的環境の悪化。2. 宿主の減少に伴うイシガイ類の減少。本研究は、イシガイ類を介して生物多様性を豊かにする水路構造と水路管理法を明らかにすることを目的として、イシガイ類の種数および宿主の分布と、人為的に改変・調整された水路環境との関係を調べた。

イシガイ類と水路環境との関係は、滋賀県内100地点で調査した。50mの区間で8種の環境因子とイシガイ類の種数を調べた。一方、宿主と水路環境との関係は、彦根市内を流れる一連の水路内20地点で行なった。20mの調査区間で4種の環境因子と魚類組成を調べた。

イシガイ類は農閑期に流水環境が維持され、土砂の堆積する幹線水路でしか発見されなかった。これらの条件がそろい、排水路としての役割により特化した水路ほど、多種のイシガイ類が見つかった。一方、主要なイシガイ類の宿主であるヨシノボリは幹線水路で水深6cmを超える水域でしか採集されなかった。これらの条件を満たした上で、さらに水深が深くなるとヨシノボリの密度は増加した。上記の条件を満たす水路を増やすことで、多種の貝と豊富な宿主の生息する水路を作れる可能性がある。この事を検証する為、今後野外実験を行なう必要がある。

## A1-13

農業水路モニタリングデータを用いた水生植物に対する  
高リスク除草剤の推定

\* 池田浩明, 石坂真澄, 山中武彦, 細木大輔, 稲生圭哉, 山本勝利 (農環研)

わが国における農薬のリスク管理は、定められた試験生物を用いた個体レベルの室内毒性試験に基づいて実施されており、実際の生態系からの乖離が問題視されている。しかし、野外において農薬の影響を分離・特定する手法は確立されていない。そこで、水生植物が分布する農業水路でモニタリング調査を行い、除草剤の濃度と連動する水生植物の被度の季節変化を指標として高リスク除草剤の推定を試みた。

茨城県つくば市周辺域の農業水路に調査区(10地点)を設置し、2010年の3月から9月にかけて、隔月で出現種(藻類を除く)別の被度と水質(水位、流速、EC、pH、水温)の調査を行った。また、同地点において4月から8月まで毎月1回(5,6月は毎週1回)表層水を採取し、主要な水稲用除草剤であるスルホニルウレア系除草剤(SU剤)5有効成分の濃度をHPLC-MS/MSを用いて分析した。高リスク除草剤の推定には、種別の被度を目的変数、調査時期別の除草剤強度(SU剤有効成分の濃度をそれぞれ標準施用量で除した値)を説明変数とし、調査時期別の水質5項目、調査時期、調査区を共変数とするモンテカルロ並べ換え検定を行った。

調査区にはそれぞれ、沈水植物のエビモ、オオカナダモ、コカナダモ、ササバモ、セキショウモ、半抽水植物のオオフサモ、コウホネが優占していた。SU剤は、どの調査水路でも、5月中旬から下旬にかけて、いずれかの有効成分が最高濃度を示した。水生植物のうち、エビモは除草剤濃度のピークと合致して被度が減少した。モンテカルロ並べ換え検定の結果、ベンスルフロメチルだけが有意な効果を示し( $P = 0.046$ )、SU剤の中では、この成分を使用する製剤が最もリスクの高い除草剤であると推定された。

## B1-01

## 準絶滅危惧種シデコブシの現状と今後

\*石田清(弘前大・農)、鈴木節子(森林総研)、玉木一郎(森林文化アカデミー)、肥後陸輝(岐阜大・地域)、木佐貫博光(三重大・生資)、平山貴美子(京都府大・院・生命環境)、戸丸信弘(名大・院・生命農)

シデコブシは東海地方の湧水湿地に生育する準絶滅危惧種であり、1993～1995年に全集団を対象とした調査が行われている(日本シデコブシを守る会 1996)。広域調査はこれ以降行われておらず、現在も続く土地造成や自然遷移がシデコブシの存続にどのような影響を及ぼしているのかは定量的に評価されていない。そこで、分布域のなかから5地域(北勢地域、中濃地域:各務原市、東濃地域南部・北部:多治見市・中津川市、渥美半島)を選び、地域内の全集団(湧水湿地)について株数や環境などを2007～2009年に調査し、1990年代以降の株数増減の推定と将来予測を行った。調査した187集団のうち、株数増減を推定できた79集団についてみると、減少率(10年あたりの株数減少率)は平均で約25%であり、前回調査時の推定値(環境庁2000)とほぼ同じであった。集団サイズ(株数)と減少率の関係は明瞭でなかったが、集団消失は約20株以下の小集団のみで起こっていた。土地造成などの人為的攪乱と保全管理は減少率に大きな影響を及ぼしていた。これらの影響を受けていない集団については、高木による被陰の有無が減少率に影響を及ぼしていた。さらに、集団サイズクラス(小・中・大集団)ごとに減少率のデータセットを作成し、将来の集団サイズ分布を予測するためのシミュレーションを行った。その結果、100年後には、いずれの地域についても株数、集団数両方ともに80%以上減少すると予測された。100年後の絶滅確率は低かったが(北勢地域のみ絶滅するケースが認められた)、このような集団数の減少は、集団間の遺伝的交流を減らし、近交弱勢の増加や遺伝的多様性の減少をもたらし、地域個体群全体の脆弱性を高める危険性がある。

## B1-03

## 絶滅危惧植物ハナシノブにおける結実率の個体群間の変異を決める要因

横川昌史(京都大院・農)、安部哲人(森林総研・九州)、井鷲裕司(京都大院・農)

植物の繁殖成功は送粉や資源など様々な要因によって制限されている。個体群の存続性は繁殖成功の影響を強く受けるため、繁殖成功の変異を決める要因を明らかにすることは絶滅危惧植物の存続性を予測する上で重要である。本研究では阿蘇地方に固有の草原性絶滅危惧植物であるハナシノブ *Polemonium kiusianum* の結果率と訪花昆虫相を複数の個体群(野生4個体群、復元3個体群)において評価した。

ハナシノブの結果率は個体群間で大きく変異した。他家花粉添加実験によって、ほとんどすべての個体群において花粉制限があり、その大きさは集団間で異なることが明らかになった。また、ハナシノブの主な訪花昆虫は、小型ハナバチ類・マルハナバチ類・ハナアブ類で、これらの訪花頻度は集団間で大きく異なっていた。

訪花頻度と個体サイズを説明変数、結果率を目的変数として一般化線形混合モデルで解析した結果、訪花頻度と個体サイズは結果率に正の効果を与えていた。訪花昆虫のタイプ別に同様の解析した結果、小型ハナバチ類とマルハナバチ類の訪花頻度が結果率に正の効果を与えており、予測モデルはマルハナバチ類の訪花頻度に強く応答した。この結果は、マルハナバチ類が特に有効な送粉者であることを示唆している。また、訪花昆虫の観察を行った個体の周囲のハナシノブの開花密度・他種個体の開花密度・他種の開花種数を説明変数、訪花頻度を目的変数として一般化線形混合モデルを用いて解析した結果、ハナシノブの開花密度が訪花頻度に正の効果を与えていた。保全への示唆として、花粉制限とマルハナバチ類の送粉の有効性から、訪花昆虫(特にマルハナバチ類)の生息環境の維持が重要だと考えられた。また、ハナシノブの開花密度の大きさは訪花昆虫の誘因に効果的であるため、個体群サイズの維持が種子生産を促進すると考えられた。

## B1-02

## 絶滅危惧種レブンアツモリソウの個体群動態—最近の状況—

\*河原孝行(森林総研北海道)、北村系子(森林総研北海道)

レブンアツモリソウは礼文島に産する絶滅危惧植物で、過去の盗掘により個体数は減少したが、現在は保護区の設置、監視活動により保護されている。2002年より鉄府保護区や礼文島南部の小集団で、永久方形区を設けて全個体をマッピングし、保全の基盤となる個体群動態の調査を行ってきた。その結果、個体群増殖率の低下傾向は強まり、特に実生や小型の非繁殖個体の減少が著しかった。このような衰退の原因として、土留めなどで土砂が安定したため攪乱が減り、実生の発生に適すると考えられる半裸地が減少したこと、ササやススキの高茎草本が侵入して被陰が強まったこと、近年の早い雪解けとそれに続く春の乾燥、遅霜により耐性の少ない小型個体が重篤な影響を受けたこと、が考えられた。

今回、鉄府保護区内で、ススキに覆われるレブンアツモリソウ群落を用いて、2008年からススキの刈り取りによる光環境改善試験を試みた。その結果、2/3刈り取り区で非開花ステージから開花ステージへ移行したものが対照区の1.3倍になった。また、結果率は1/3・2/3刈り込み区でも対照区より増加が認められた。一方、新たな実生の出現は認められなかった。以上の結果から、高茎草本の刈り取りにより光環境を改善してやれば、開花数が増えるとともに、また、ハチの訪花頻度が上がるか、光合成量が増えることで養分を種子生産に共有することで結果率が上がることが期待される。しかし、2年程度ではあらたな実生の発生には効果がないことが明らかになった。

## B1-04

## 生物多様性評価の試み:希少性及び生態系サービスの視点から

杉村 乾(森林総研・国際)

種レベルでの生物多様性保全においては多様性の維持とともに、希少価値が高い種の保護が求められる。そこで、森林性の鳥類種に対して、分布域の大きさから見た希少性と系統的特異性をもとに作成した指標を用いて重み付けし、一定地域で観察される種の集合体としての多様性を評価した。分布域の大きさにもとづく種の評価値はレッドデータカテゴリーのランクと相関する傾向があり、客観的な定量的指標として有用であることが示唆された。これらの指標を用いて2次メッシュ単位で全国規模(総グリッド数2,899)の評価を行ったところ、大半の区域で種数に比例した評価値が得られたのに対し、(a)種数が多い以上に評価が高い地域と(b)希少種が多いことによって同等の種数を持つ地域よりも格段に評価が高い地域を抽出することができた。一方、系統的特異性の高い種がとくに多い地域は抽出できなかった。また、これらの中から評価の高い50グリッドを抽出したところ、希少種が多い島嶼域(南西、伊豆、小笠原諸島)から多くのグリッドが抽出された。相対的に天然林率の高い北海道、東北、中部地方からは比較的多くのグリッドが抽出されたが、人工林率が高い四国、九州からは抽出されなかった。これらのうち保護地域の指定(国立公園等)が含まれているグリッドは半数に満たず、島嶼域や渡り鳥の中継地などに対しても新たな指定が重要であることが示された。

## B1-05

## Phylogeographic analysis and population genetics of the threatened, slave-making ant

*Myrmoxenus ravouxi* (Formicidae: Myrmicinae)

\*Suefujii, M. (Univ. Regensburg), Heinze, J. (Univ. Regensburg)

Socially parasitic ants are dependent on societies of other ant species. Because they require large and healthy host populations, most species are currently listed by IUCN as threatened, but little is known about their population structure based on genetic investigation, and thus their actual risk of loss of genetic variability and extinction. Recently, we developed 13 polymorphic microsatellite loci suitable for such investigations in the slave-making ant, *Myrmoxenus ravouxi* (Formicidae: Myrmicinae).

*Myrmoxenus* is one of six socially parasitic genera in the tribe Formicoxenini. Its 12 species parasitize ants of the related genus *Temnothorax* around the Mediterranean Sea. Here, we focused on the species *M. ravouxi*, which occupies a larger geographic range than its congeners. It therefore is a most intriguing model organism for population genetic analyses. Between 2008-2010 we collected *M. ravouxi* from dead twigs and under bark in a pine-oak forest from three different populations in Southern Germany: Kallmuenz, Schoenhofen and Weichseldorf. After DNA-extraction using a modified CTAB protocol we conducted fragment analysis using an ABI PRISM 310 for phylogeographic analysis with all populations and for population genetics with Kallmuenz population.

We discuss the genetic variability and how each population is genetically structured in this ant species.

## B1-07

## カシノナガキクイムシの行動モデルによるナラ枯れの感染拡大予測

\*大野(鈴木)ゆかり, 今廣佐和子, 河田雅圭, 中静透(東北大・生命科学)

ナラ枯れとは、ナラ菌によってナラが立ったまま枯れる現象を指す。ナラ菌は、カシノナガキクイムシ(以下カシナガ)の共生菌であり、カシナガがナラに産卵する際に、ナラに感染する。このナラ枯れは全国に拡大中であり、ナラ枯れにより、鳥獣害の増加や、里山の景観や紅葉の喪失、土壌流出や土砂崩れの増加が危惧されている。昨年、全国的にクマ被害が急増し、原因は猛暑によるドングリ不足とされたが、ナラ枯れによるドングリ不足も影響しているのではないかと推測された。また京都では、ナラ枯れにより、黄色に紅葉するはずのナラが紅葉せず、観光資源が減少した、と報告された。ナラ枯れの悪影響はこれからも大きくなると考えられ、ナラ枯れの感染拡大を予測し、防除対策を立てる必要がある。

そこで著者らは、カシナガの行動モデルを構築し、ナラ枯れの感染拡大予測をすることを目的としている。本研究では、カシナガの移動、集合性や選好性を考慮した行動モデルを構築し、植生分布の違いが感染拡大や立ち枯れに与える影響を、コンピュータシミュレーションにより推測することを目的とした。

カシナガは大きい空間スケールでは、飛翔によって移動し、小さい空間スケールでは、幹の太いナラを好み、集合フェロモンによって集合する。あるナラに産卵するカシナガが多いほど、そのナラは枯死する傾向にある。しかし一回ナラ菌に感染し、枯死せずに生き残ったナラは、次の年から抵抗性を持ち、カシナガからあまり産卵されず、枯死もしにくい。これらをモデルに組み込み、個体ベースモデルを構築した。個体ベースモデルのシミュレーションでは、ナラの本数が均一な場合、ランダムな場合、そしてナラ林とナラ林の間が離れている縞模様の場合を設定した。また、ナラの幹の太さが均一な場合とランダムな場合も設定した。これらの植生分布の違いが、感染拡大や立ち枯れの被害に与える影響を調べる。

## B1-06

## 哺乳類の地域絶滅がブナ林に生息する糞虫群集の多様性に及ぼす影響

\*江成広斗(宇都宮大・農・里山), 小池伸介(農工大・農), 坂牧はるか(岩手大・連合農学)

食糞性コガネムシ(糞虫)群集の多様性は、その餌資源や産卵場となる「糞」を提供する哺乳類の生息状況に強く影響を受けることが一般的に知られている。しかし、哺乳類種の地域絶滅が糞虫の群集構造に与える影響を定量化した研究は極めて乏しい。そこで、明治後期から昭和初期の乱獲により、生息する中・大型哺乳類種の異なる3地域のブナ林(白神山地、津軽山地、八甲田山)において、ニホンザル・ツキノワグマ・ニホンカモシカ・ウシの新鮮な糞を誘引餌としたpitfall trapを2009年の春季と夏季にそれぞれ設置し、糞虫の群集構造と多様性を評価した。その結果、合計で1862個体、14種の糞虫が確認され、その多くが特定の哺乳類種のみを嗜好するスペシャリスト種であることが分かった。また、生息する哺乳類種の減少(特にニホンザル生息の有無)は、当該地域に構成される糞虫群集の「コア種-サテライト種」の關係に影響するものの、冷温帯林に生息する糞虫群集の多様性の低下に必ずしも繋がらないことが明らかになった。一方で、唯一3調査地すべてに生息するニホンカモシカの糞は、多くの糞虫から忌避されることなく利用されており、ニホンザルやツキノワグマの地域絶滅に伴う負のカスケード効果を低減させる役割(fallback resource)を担っている可能性も考えられた。

## B1-08

## 富士山亜高山域における標高別のシカ剥皮

\*竹内亨(電中研・環境), 小林卓也(電中研・環境), 梨本真(電中研・環境)

高標高域へのシカの拡大が森林生態系におよぼす影響が危惧されている。我々は、富士山の亜高山域から森林限界付近にわたり、シカによる高密度の剥皮が部分的に存在している事を確認し、調査を進めている。本発表では、富士山3斜面の亜高山帯針葉樹林において、シカによる樹木剥皮状況を調査した結果を報告する。本調査では、南斜面、西斜面、東斜面それぞれに、計20個ずつ(1800-2000mに7個, 2000-2200mに7個, 2200-2400mに6個)の調査プロットを設置し、糞数、胸高直径、剥皮状況(幹及び根の表出部)等を記録した。

南斜面の調査結果では、シカの糞密度は低標高域(1800-2000m)で最も高く、高標高域(2200-2400m)の3倍以上となっていた。一方、幹の剥皮を受けた樹木の密度は、高標高域で最も高い結果となっており、高標高域においてシカの剥皮を受けやすい小径木の密度が高いためと考えられた。各プロットにおいて、剥皮インテンシティ(剥皮を受けた樹木の本数/全樹木の本数)を標高別に比較すると、低標高域が最も高い値を示したことから、剥皮行動の強度は低標高で最も高いことが示唆された。樹種、太さ別に比較すると、胸高直径20cm以下の落葉樹ナナカマド、針葉樹シラビソに剥皮が集中していることが分かった。根の表出部における剥皮の状況を標高別に比較すると、低標高域において太い径の樹木の根に剥皮が多く確認されたものの、高標高域ではほとんど見られなかった。

本報告では、上述した南斜面に加え、西及び東斜面の結果も合わせて報告する予定である。

## B1-09

## 草原劣化に対するヤギとヒツジの影響は異なるか

藤田昇(地球研), N.Amartuvshin(モンゴル・植物研), 山村則男(地球研)

モンゴルでは、余技とヒツジを一つの群れとして放牧している。肉と乳はともに食用とされるが、羊毛よりヤギのカシミアの方が高価で、毛を売っての一匹あたりの収入はヤギの方が高いため、近年、ヤギの増加が著しい。ヤギは、ヒツジと比べて、樹木を食べるとか草本を根こそぎ食べるとかの理由で、森林と草原を退行させる悪役とされているが、意外に実証はみあたらない。本研究の目的は、草原に対するインパクトが果たしてヤギとヒツジで異なるのかを確かめることである。

モンゴルの草原地帯のバヤンウンジュールの灌木が混じる草原にて、10m 平方の柵に、2010年8月に、ヤギとヒツジを1匹づつと2匹づつを入れて実験を行った(繰返しは各5)。入れる前にそれぞれの柵の灌木の樹冠の被度を求め、ヤギとヒツジは体重を測定した。柵に入れて4日後にすべての家畜の体重を測定し、植物の残存量を求めた。二匹づつ入れた柵はさらに3日間延長して7日後にも家畜の体重と植物の現存量を測定した。

ヤギとヒツジの違いは、ヤギは灌木の葉を優先して食べ、ヒツジは草本を優先して食べることであった。4日後に、ヤギは灌木の被度が大きい柵では体重減が見られず、灌木の被度が小さい柵で体重が減少した。ヒツジは草本を好むにもかかわらず、草本の被度とは関係なく体重が減少した。これは、面積あたりの現存量が、草本より灌木の葉が5倍以上大きかったためと思われる。7日後には、ともに、灌木の葉も草本も食い尽くし、体重は減少した。

ヤギとヒツジは灌木と草本に対する好みの違いはあるが、飢えが強くなると、ともに草本の地下部を含めて樹木と草原を食い尽くすという悪影響は違いがない。草原退化への悪影響を避けるためにはヤギとヒツジを含めて過放牧にしない必要がある、それ以前では、ヤギの方が灌木に対する影響が大きいのと思われる。

## B1-11

## 森林施業方法の違いがもたらす猛禽類の狩場としての有効性

\* 松木佐和子, 藤岡惟, 佐藤遼太(岩手大農)

岩手県住田町では現在、希少猛禽類であるイヌワシの保全活動が行われている。イヌワシの繁殖率減少の主要因として、ノウサギ等の餌動物や狩場となる草地の減少が挙げられている。放牧地や採草地などの維持管理が困難な現代、人工林の伐採地は、狩場や餌動物の生育場所として重要な役割を果たしていると言える。

住田町は短伐期施業を軸とした循環型の林業経営を進めるとともに、持続可能な森林管理を行うことでFSC森林認証を受けている。町有林の多くは人工林伐採後の再造林のために施業(地拵え、植栽、下草刈)が行われる一方、伐採後は天然更新にゆだねられる場所も少なくない。同じ伐採後地でも、施業を行った場所と行っていない場所では、伐採地に生育する植物の種類やバイオマス量、炭素/窒素比等が異なることが予想される。本研究では、スギ人工林皆伐後の施業地と非施業地で植生の違いを比較し、更にノウサギの餌場としての有効性について評価した。

2009年の調査では、1) 広葉樹二次林、スギ人工林、スギ人工林皆伐後施業地、非施業地の4パターン(各3カ所)について春から秋にかけての植生を比較したところ、植物種数やバイオマス量は季節を通して施業地で最も大きかった。非施業地も夏以降バイオマス量は急増したが、種数は施業地より少なく、高茎草本のタケニグサや低木のクサギなど哺乳類動物への忌避効果が報告されている植物が茂っていた。2010年の調査では、非施業地(4カ所)に模擬施業区(地拵えと下草刈年2回:1m×1mを4個/調査地)を設置して無処理区と比較したところ、模擬施業区は無処理区よりもバイオマス量は低かったが、木本より草本種の割合が多くなり、木本種の幹の太さは細くなった。ノウサギは夏季には木本より草本をよく摂食し、冬季は直径5mm以下の低木を餌として好む事が報告されている事から、施業を行うことでノウサギの餌場としての有効性が高まると推察された。

## B1-10

## マガンの小麦食害に対する代替採食地の効果

\* 佐藤舞子(酪農学園大院・酪農), 熊谷麻梨子(酪農学園大・環境), 牛山克己(宮島沼水鳥・湿地センター), 山舖直子(酪農学園大院・酪農)

北海道美唄市に所在する宮島沼は、毎年春と秋にマガン(*Anser albifrons*)が飛来する渡りの重要な中継地である。宮島沼におけるマガンの飛来数の増加等に伴い、宮島沼周辺圃場ではマガンによる秋撒き小麦への食害問題が深刻化している。

小麦食害の主な要因としては、マガンの好適な食糧資源の落ち初め枯渇が挙げられるため、小麦圃場における防除器具の効果が高めるためにも、小麦圃場からマガンを誘引する代替採食地の整備が有効な対策と考えられている。代替採食地に関しては、1999年から2005年にかけて予備的な実証試験が行われており、その結果を受けて2010年に規模を大きくした実証試験が行われたのでここに報告する。

2010年度の代替採食地試験においては、顕著な小麦食害が発生する直前にあたる4月下旬に、宮島沼から半径約1.5km圏内の圃場において、計9箇所(約35ha)に総量約5tの初を一回散布した。代替採食地の効果を検討するため、散布の開始翌日から、代替採食地を含む圃場から約3km圏内の圃場において、一日3回、散布日から9日間実施した。また、マガンの飛来期間において、マガンの飛来数、時から約8km圏内の圃場におけるマガンの分布数、圃場の作付け状況、防除器具の設置状況、マガンによる小麦食害の把握調査を定期的に実施した。

調査の結果、代替採食地におけるマガンの利用は、散布の翌日から確認され、散布日から3日目に利用羽数のピークを迎え、マガンを効果的に誘引していた。一方で、誘引の効果は短期間であり、広範囲に及ばなかった。各9箇所の代替採食地については、マガンの利用時間帯や利用日数に顕著な差が確認された。

本研究では、大規模な代替採食地の設置による小麦食害の軽減効果を検証し、今後の代替採食地設置事業の方針について検討する。

## B1-12

## 北海道にタンチョウの営巣できる場所は残されているか

\* 正富欣之(北大院・農), 正富宏之(NPO・タン保研)

タンチョウ *Grus japonensis* は日本の北海道およびユーラシア大陸の北東アジアに分布し、野生個体数は約2,800羽とされている。北海道個体群は、1900年代初頭に絶滅の危機に瀕したが、給餌等の保護活動により現在1,300羽ほどにまで回復した。しかし、個体数増にともない、営巣地の過密化や営巣適地の減少による繁殖への悪影響が懸念され、近年は北海道北部への繁殖地分散傾向も見られる。

タンチョウは湿原を繁殖地とするが、個体数が増えた現在、湿原環境とは異なる周辺部にも生息域を広げつつある。したがって、現在の営巣環境を基にして繁殖適地の条件を明らかにし、それに準拠して現存する繁殖可能な地域の保全を行うことが将来の個体群増加および長期的な個体群維持につながると考えられる。そこで、2007年におけるタンチョウの営巣地点データと植生図を基に、地理情報システム(GIS)を利用して、営巣適地を推定した。北海道全域を2kmメッシュで分割し、営巣に影響すると思われる植生面積を説明変数、メッシュ内の営巣地点の有無を応答変数とする一般化線形モデルを作成した。2008年におけるタンチョウの営巣メッシュ(N=308)を用いて作成したモデルの検証を行うと、営巣に適する確率が0.9~1.0のメッシュに50.3%、0.6以上のメッシュに86.4%の営巣メッシュが分類された。現在営巣が確認されていないメッシュから、営巣地に適すると高い確率で推定されたメッシュを抽出すると、道北・道央の湿原地域や湖沼・河川流域などが選択された。

営巣適地確率により分類したメッシュ地図を作成することにより、今後繁殖が想定され、保護対象として留意すべき地域の概要がより明確に示された。しかし、モデル作成に使用した植生図と現在の植生が異なる可能性もあり、精度を高めるために、新しい植生図を基にした再モデル化や現地調査等による評価が必要となる。

## B1-13

## 新潟県におけるイノシシの好適環境 – Maxent を利用した生息適地の抽出 –

\* 望月翔太 (新潟大・院・自然科学), 山本麻希 (長岡技科大・生物系), 村上拓彦 (新潟大・農)

野生動物管理を行う際、分布や環境利用を評価することが重要である。特にマクロスケールにおける情報は、野生動物管理に対する基礎情報であり、全国規模で整備することが必要である。本研究では、新潟県におけるイノシシ (*Sus scrofa*) に着目した。1970年代から2000年代にかけて、イノシシの分布は大きく変化した。かつて新潟県ではイノシシの生息は確認されていなかったが、現在、目撃情報は増加し、農作物被害も報告されている。分布拡大や農作物被害の増加が懸念されるが、イノシシに関する情報は整備されていない。本論では、新潟県全域を対象スケールとして、イノシシの潜在的な分布の予測を試みた。また、今後被害が増加すると考えられる地域の抽出を目的とした。

イノシシの好適環境予測には Maxent (Maximum entropy) を使用した。使用データは2008年と2009年に取得された目撃情報と、2009年に取得された捕獲情報である。また、生息環境の評価には、2002年9月に撮影されたLANDSAT/ETM+画像から作成した土地被覆分類図を使用した。好適環境予測の変数は、林縁からの距離・水田からの距離・市街地からの距離・河川からの距離・標高・傾斜角・斜面方位・最大積雪深である。最終的に、目撃情報と捕獲情報それぞれの予測マップから、イノシシの好適環境を示す分布マップを構築した。

目撃情報を用いたモデルでは、最大積雪深・標高・林縁からの距離・市街地からの距離が重要な因子であった。捕獲情報を用いたモデルでは、標高・水田からの距離・市街地からの距離・河川からの距離が重要な因子であった。両者から潜在的な分布マップを構築した結果、今後被害が増加すると推察されるコアエリアが存在することが明らかとなった。

## C1-01

## 北海道大雪山五色ヶ原地区広域における植物の環境応答

\*星野弘方(酪農大・環境)、金子正美(酪農大・環境)、工藤岳(北大、環境科学院)

本研究では現地調査データに基づき、マイクロ波と赤外線リモートセンシング技術を用いた北海道大雪山五色ヶ原を中心とした広域山岳生態系における植物(ササと高山植物)の土壌の温度と土壌水分に対する応答を解析した。マイクロ波衛星データはALOS/PALSARのHH/HVの後方散乱係数(Polarimetric Backscatter Coefficient,  $\sigma_0$ )を計算し、現地計測土壌水分値(volumetric soil water content(%))の間の相関を調べ、線形モデルを確立させ、マイクロ波衛星データを用いた広域における土壌水分分布マップを作成した。また、ランドサットTMの熱赤外データから地表面温度(LST)を推定した。衛星正規化赤外指数(Normalized Difference Infrared Index、NDII)を計算し、対象地の植物の葉の水分含有量を推定した。これらのデータを高解像度の航空写真から抽出した植生分布、及びササの拡大情報と重ね合わせ、五色ヶ原周辺のササが拡大している地域におけるササの拡大、及び高山植物衰退のメカニズムを研究した。

## C1-03

## 異なる景観スケールにおける河川生態系の解析

三浦佳林\*(横浜国大・院・環境情報)、大野啓一(横浜国大・院・環境情報研究院)、渡邊浩一郎(帝京科学大)

湖沼の富栄養化の問題は広く認識されているが、栄養塩類濃度の増大は閉鎖水域に限ったことではなく開放水域としての河川においても年々増大してきている。生活環境に密着している都市河川の汚濁問題は以前からも問題視されているが近年では農村河川の汚染も認められており河川の汚染問題は全国規模になっている。また、三面張り等の護岸整備事業が及ぼす植生と水質の変動も懸念されている。国内外にはヨシ・ガマ類などの抽水植物やヒルムシロ類などの水生植物を活用した水質浄化法がある。また、一級河川等の大きな河川では流路を蛇行させ河川敷に野生生物の成育空間としての湿地や池沼を再生し、自然河川特有の自浄作用を回復させる自然再生事業も各地で行われている。しかしながら三面張り等の護岸整備が行われている小河川では、水生植物や河川植物による栄養塩類の除去及び水質浄化は期待できない。そこで小河川においても、河川植物による水質浄化機能など河川の自浄作用を回復させる生態学的技法の実験・開発が必要となる。本研究では、河川の自浄作用を回復させる生態学的技法の実験・開発のための基礎資料の取得と、小河川における河川植物群落の水質浄化効果など機能的関係性の解明を目的として、神奈川県境川の上流部、中流部、下流部において水質調査、底質調査、植生調査及び植生景観調査を実施し、水質及び底質の分析結果と河川植生の種組成構造及び植生景観構造を比較し、その対応関係を分析・評価した。また、一級河川の相模川では、河川敷に形成された池沼の水質浄化効果など河川生態系における生態学的役割を明らかにするため、境川と同様に当該池沼の水質調査、底質調査、植生調査及び植生景観調査を実施し、水質及び底質の分析結果と河川植生の種組成構造及び植生景観構造を比較し、その対応関係を分析・評価した。

## C1-02

## 十勝農耕地景観に点在する孤立林に生息する鳥類群集と景観構造の関係

\*高田まゆら(帯畜大)、平井克亥(岩手連大)、赤坂卓美(北大)、辻修、柳川久(帯畜大)

北海道十勝地方は、約100年前の開拓事業の際に自然林の大部分が農耕地に置き換わり、また防風や木材生産を目的としてカラマツなどの針葉樹人工林が造成された、現在、本地域の大部分は農耕地が占めているが、その中に小面積の自然林や人工林がパッチ状及びライン状に無数に点在しており、鳥類などさまざまな生物の生息場所として機能している。こうした森林性生物の多様性は、当該林内の環境条件だけでなく、その周辺環境からも影響を受けて決定されていると考えられる。そこで本研究では、残存する孤立林の鳥類多様性が、林内の植生構造及び林周辺の景観構造の環境要因から受ける影響を評価した。

注目する局所要因は、林冠木の平均胸高直径、林冠木の密度、草本類の被度の3つ、また景観要因は、当該林の面積及び林周辺に分布する森林、草地の面積割合の3つである。夏期に森林を営巣・繁殖場所として利用する鳥類を対象に、2009年5月～6月の間に以下の野外調査を行った。19の広葉樹孤立林において、各林の中心で半径25mのプロットを一つ設置し、その中心において早朝30分間待機し、プロット内に出現した鳥類をなるべく種レベルで記録すると同時に、プロット内の植生調査を行った。

調査期間中34種の鳥類が記録された。本発表では、樹洞営巣性(シジュウカラ、アカゲラ等)、地表営巣性(アオジ、エゾセンニュウ等)、樹上営巣性(アカハラ、コサメビタキ等)という3つのグループを対象に、各グループの個体数を説明する環境要因を特定し、営巣特性により環境要因の種類やそれらが影響を及ぼす空間スケールがどのように異なるかを比較する。

## C1-04

## 河川改修と土地被覆の変遷—河畔林の減少と増加—

\*久保まゆみ、中村太士(北海道大学・農)

河畔林は河川攪乱によって形成される多様な立地環境の上に成立し、その種組成や構造は高い多様性を持つ。しかし、都市が発達した下流域では治水対策として河道の直線化や水制工などの河川構造物が造成され、河川環境は大きく改変されてきた。本研究では網状の礫質河川である十勝川水系札内川を対象とし、過去50年の航空写真を用いて築堤による河道の直線化や水制工・護岸等の河川構造物が河畔林に与えた影響を明らかにした。また、現在の植生とその成立要因を把握するため現地植生調査を行った。

1950～60年代における築堤の造成により河道と河畔林の面積が減少し、河川攪乱を受ける範囲が大きく減少した。その後、水制工や低水護岸により流路変動が制限され、低水路が固定された。また、1980年代まで続いた土砂採取によって河床が低下し、低水路の安定化がより促進したと考えられる。築堤によって河畔林面積は大きく減少したが、低水路の安定化により高水敷きの面積が大きくなり、そこに河畔林が成立したため1980年代以降、河畔林面積は増加した。現在は、頻繁に攪乱を受ける低水路とほとんど攪乱を受けることのない高水敷きに二極分化している。水制工により土壌が堆積した場所ではオノエヤナギが優占していた。十勝地方の礫床河川に優占するケシヨウヤナギは乾燥耐性が高く、礫質の土壌を好むため、水制工周辺に堆積した水分含有率の高いシルト状の土壌では生育が難しく、生育条件が適合したオノエヤナギが優占したのと考えられる。

札内川下流域の河畔林は戦後の高度成長期の農地・住宅開発などの土地利用によって減少した。その後、土砂採掘や水制工による低水路の安定化により高水敷きや水制工周辺に河畔林が増加したものの、本来の網状礫床河川に成立する河畔林と種組成は異なっていた。

## C1-05

## Landscape habitat model of Asiatic black bears using resource selection functions

\*Chihiro Takahata, Shigeyuki Izumiyama. Interdisciplinary Graduate School of Science and Technology. Shinshu University

Both rapidly improved GPS relocation data and increased geographical data available have brought great chances for progressing habitat studies of elusive large fauna species previously regarded as very difficult in research. Furthermore, GIS based habitat modeling enables us to present visual consequences of predictions easy to grasp public concern.

We focused on resource selection functions (RSF) modeling to investigate habitat use by Asiatic black bears *Ursus Thibetanus* using GPS data and design III procedure Manly's defined accounting for individual differences in habitat use.

As a result, we found great potential in RSF modeling to highlight some areas with higher probability of bear use. Particularly in summer when the most human-bear interactions occur, such aggregation areas of bear use can be also high bear mortality areas. Therefore, for conserving local populations and mitigating human-bear conflicts, RSF modeling could be reliable and vigorous tool for identifying important areas in where we have to implement appropriate habitat management.

## C1-07

## 気候変動に伴ったアフリカ植生変化における migration 過程の影響：シミュレーションによる検討

\*佐藤永(名古屋大・環境学), 伊勢武史(海洋研究開発機構)

動的全球植生モデルは、変動する気候環境下の陸域生態系の分布と機能を予測するシミュレーションモデルである。現状において、すべての動的全球植生モデルが、新しい気候区に適した植物種(または植物機能型)が直ちに侵入・定着できることを仮定している。この仮定により、植生変化の速度は実際よりも過大に予測されてしまう可能性が指摘されている。そこで本研究では、動的全球植生モデル SEIB-DGVM に、植物種の侵入と定着のしやすさを単純なパラメーターとしてモデルに導入し、このパラメーターが陸域生態系の分布と機能の予測に与える効果について、アフリカ大陸における今世紀中の植生変化を対象に、感度分析を行った。その結果、年降水量の増加に伴って大陸の東方に森林生態系が拡大するトレンドが予測されたが、その速度は侵入定着パラメーターに強く依存した。また、この拡大速度の違いは生態系機能にも大きく影響し、例えば生態系炭素量(生物量+土壌有機物)に関しては、侵入定着の最も容易な条件で現状とほぼ同じ、最も厳しい条件で 0.2kg C m<sup>-2</sup> (大陸全体の平均値)減少すると予測された。

## C1-06

## 天敵昆虫による生態系サービスの定量化：ダイズ圃場と周辺環境における卵寄生蜂の害虫抑制効果

\*田淵研(東北農研), 滝久智(森林総研), 水谷信夫(中央農研), 長坂幸吉(中央農研), 守屋成一(中央農研)

天敵昆虫は農薬の代替手段として古くから注目されてきたが、技術的・労力的な問題から圃場を越えた広域スケールでの利用が考慮されることはまれであった。しかし非農耕地と農耕地との間を移動する天敵昆虫による害虫抑制サービス利用を積極的に利用するためには、非農耕地の発生源における発生量の把握と害虫抑制効果の定量化が必要である。我々はダイズ害虫ホソヘリカメムシの卵寄生蜂カメムシタマゴトビコバチ(以下、トビコバチ)を用いて、発生源(林縁環境)とダイズ圃場において発生量を調査し、寄主卵への寄生率との関係を検討した。調査は2009年8、9月につくば市近郊の林縁11カ所とダイズ圃場17カ所で行った。トビコバチを誘引するホソヘリカメムシ集合フェロモンを誘引源とした粘着板トラップからトビコバチの発生量を調査した。同時に♀成虫の存否確認のために粘着板のないトラップを設置し、寄主カメムシのおとり卵20個を貼り付けた濾紙をクリップで固定した。トラップとおとり卵は1週間後に回収し、卵は25℃14L10D条件で飼育して寄生の有無を確認した。

林縁ではダイズ圃場の27.9倍(8月:103.5♀/トラップ)、3.7倍(9月:14.5♀/トラップ)のトビコバチ♀が誘殺された。8月には林縁で22.7%、ダイズ圃場で4.1%の卵が寄生されたが、誘殺数の少なかった9月では全地点で寄生が確認されなかった。トラップの誘殺数と寄生率には正の関係があったが、ばらつきが非常に大きかった。以上の結果からトラップへのトビコバチ誘殺数は寄生率に影響していることは確認されたが、誘殺数からの寄生率の予測は精度が悪いことが示唆された。効率的な害虫抑制サービスの利用のためには、寄生率のばらつきを左右する要因について検討する必要があると考えられた。

## C1-08

## Designing low carbon society management toward sustainability of homegarden practices in Indonesia

\*Kaswanto, Nobukazu Nakagoshi (Hiroshima Univ.), Hadi Susilo Arifin (Bogor Agricultural Univ.)

"Pekarangan" in Indonesian and the homegardens are the small scale of agro-forestry practices that have contributed significantly on low carbon society (LCS) when they are properly managed. In Indonesia, *pekarangan* covers more than 7.5 % of land in 2009. It means, when we manage *pekarangan* in a good way biophysically and economically, it gives a lot of benefits for households. It is proved that a *pekarangan* could support a rural community, whether to increase its income, nutrition, social status and welfare. Therefore, it is needed to revitalize *pekarangan* as a proper assessment by the land-use policy and make some recommendations as new approaches to develop *pekarangan* that can survive in present and future conditions. This research elaborates a *pekarangan* system that helps to keep environment more sustainable and to create a promising future for rural communities while at the same time expect reduce carbon emission. Our recommendation is that the designing of LCS can be started from a micro scale, such as *pekarangan* system including an idea of *Satoyama* system in Japan.

## C1-09

## 瀬田地域での320年間の里山景観の変遷と生物多様性

\* 林珠乃(龍谷大学・里山研), 松田庄司(南大萱資料室), 谷川洋平(龍谷大学・理工学部), 丸山敦(龍谷大学・里山研), 宮浦富保(龍谷大学・里山研)

里山景観の特徴の一つは、森林・農地・住宅地等の異なる土地利用区分がモザイク状に配置されていることである。この土地利用のモザイクは、社会経済情勢の推移に伴って変化し、地域全体の生物相に影響すると思われる。そこで、滋賀県大津市南大萱地区に残る古文書を基に、過去320年間の土地利用の変遷を明らかにし、各土地利用区分に生育する生物相の違いを調査した。

南大萱地区には、1877年に作成された地籍図と、1690年以降数十年おきに作成された7年代分の地籍簿が保存されている。地籍図には地区の形と地番や小字の境界が示されており、地籍簿には地番ベースで森林・水田・畑・住宅地等の土地利用が記されている。この二つを対応させることで、1690年・1778年・1877年・2004年の森林・水田・畑・住宅地・水域の面積の変化を解析した。

里山景観を構成する各土地利用区分の面積は、年によって推移した。1690年には森林が最も広い面積を占めていたが(58%)、1877年には地区の68%が農地になり、さらに2004年には住宅地の専有面積が最も広がった(69%)。

土地利用のモザイク構造も、年によって変化した。1690年には、モザイクのパッチ数は78であったが、1877年には210に増え、その後2004年には87に減少した。また、平均パッチサイズは、1877年で最も小さく、0.022 km<sup>2</sup>であった。

これらの結果から、里山景観を構成する各土地利用区分の面積だけでなく、モザイクの構造も時代によって変化したことが明らかになった。さらに、森林・農地・住宅地における鳥類の分布を調査したところ、鳥類相が大きく異なることが明らかになったことから、過去320年間の里山景観の変遷に応じて、地区の生物多様性も変化したと思われる。

## C1-11

## 地図情報を用いた植生面積推定法の検討—中国地方の半自然草地抽出の事例—

\* 太田陽子(緑と水の連絡会議), 井上雅仁(島根県立三瓶自然館), 堤 道生, 高橋佳孝(近中四農研)

過去の植生を復元しようとした場合、時系列的な空中写真や地形図の利用が有効である。GISやデジタルデータの普及により判読作業は格段に容易になったが、衛星画像を利用する場合と違い、空中写真の判読などの作業は手作業による部分が多いため、現実的に作業可能な範囲に限られる。また、一般に入手可能な空中写真のうち最も古いものは昭和初期のものしかなく、それ以前は地形図を判読することで植生を把握する機会が多い。そこで、地形図の凡例から、より広範囲に時系列的な植生の分布を把握する方法を、中国地方の半自然草地を事例として検討した。

中国地方でも広い草原が残る山口県秋吉台地域と島根県三瓶地域において、国土地理院発行の5万分の1地形図から、明治、昭和初期、平成の各時期における地形図凡例をGISのポイントデータとして抽出した。そのポイントを中心に、サイズを変えたバッファを発生させ、「荒地」および「草地」のバッファ全域を草地面積とした場合と、「荒地」および「草地」のバッファがそれ以外の凡例のバッファと重なる部分を凡例の数で等分した場合の面積を求めた。さらに、地形図を異なるスケールのメッシュで等分し、「荒地」および「草地」の凡例が含まれるメッシュの合計面積を求めた。

これら3種の推定面積と空中写真の判読や地形図の境界線から求めたポリゴンの面積との一致状況を検討した結果、バッファを使用するには半径150mで、「荒地」および「草地」以外のバッファと重なる部分を等分した場合、メッシュを使用するには250mメッシュを使用した場合に、ポリゴンから求めた面積との整合性が高いと判断できた。さらに、様々なデータとの重ね合わせなどを考えると、バッファよりもメッシュを用いて面積を推定の方がより有用であると思われる。

## C1-10

## Effect of historical land use on spatial distribution of evergreen broadleaved tree species at their northern limit

\* Luis Alberto Vega Isuhuaylas (Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University), Fumito Koike (Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University), Suzuki Makoto (Tokyo University Forest in Chiba)

Introduction: At their distribution limits, plant species subsist under climatic stress and are considered as regionally endangered. Also, land use change increases the environmental stress and influences modern vegetation composition. Such effect could affect marginal plant populations more significantly and cause their reduction.

Methodology: Current distribution of 20 evergreen broadleaved species (5 at their northern limit) was studied at the Tokyo University Forest (2171 ha). Presence and absence was surveyed in 7112 plots of 10m by 10m. Current distribution was modeled by multivariate logistic regression with factors derived from a 10m DEM mesh (slope, solar radiation, surface curvature), a 1 km mesh climatic data, and land use maps: current (2005) and historical (1900).

Results: For northern limit species the historic land use was always a more important explanatory factor than current land use; surface curvature, precipitation and winter minimum temperature were also important factors.

Conclusion: For northern limit species, the historical land use has greater influence over their population distribution.

## C1-12

## 国指定重要文化的景観の生態系評価

\* 中越信和(広島大・院・国際協力)

2005年、長年にわたって文化財行政を統括してきた文化庁は、文化財保護法によって規定される文化財に「文化的景観」を加えるべく同保護法を改定した。そして、その物件(文化的景観)を「重要文化的景観」と定義することにした。したがって、文化財専門委員会の中に独立した一部会として「文化的景観委員会」が設置されることになった。以後、同委員会では毎年4月と10月の定例の調査会において、全国からあらかじめ調査された指定物件候補である文化的景観について、それを国の「重要文化的景観」に指定するか否かを審議してきた。演者は2005年の同委員会設立以来、急病による欠席1回を除いて2010年10月までの間12回に全日にわたり出席し、審議に関わった。委員会では唯一の生態学研究者であり、また景観生態学を専攻する者として、各物件に生態学的価値や生態系の評価を下してきた。2010年10月現在、21件の重要文化的景観が指定されている。本講演では、これら21件の重要文化的景観における景観要素に関して、その生態系評価を試みた結果を報告し、今後の指定に関して生態学的視点の重要性を喚起するものである。なお演者の検討の基準は、単体としての生態系の充実度、景観を構成する要素間の相互作用、生物多様性、生業による維持の可能性、伝統を保守する新たな試みなどであった。対象物件(略称): 1) 沙流川流域、2) 遠野荒川高原牧場、3) 一関本寺、4) 金沢市、5) 姥捨、6) 近江八幡市、7-8) 高島市、9) 宇治市、10) 樫原(上勝町)、11) 遊子水荷浦(宇和島市)、12-16) 四万十川流域、17) 蕨野(唐津市)、18) 平戸島、19) 通潤用水と白糸台地(山都町)、20) 小鹿田焼の里(日田市)、21) 田染荘小崎(豊後高田市)。

## C1-13

## 奥日光の湿原域の消失速度

千葉幸弘(森林総研)

戦場ヶ原を中心とする奥日光地域を対象に、1952年以降の土地被覆区分、気象や植生に関する自然環境に関する情報、周辺市町村の人口推移や経済指標、道路建設等を含めた社会生活基盤に関する情報、国立公園への入園者数、狩猟頭数などの情報を収集し、対象ランドスケープの変動を分析しており、湿原面積の変化とその要因を中心に取りまとめた。

ラムサール条約登録湿地となった2005年時点の奥日光湿原面積は260.1haである。本研究で得た土地被覆区分では、1952年の244haから、2000年には144haに減少した。ある程度まで湿原面積が縮小すると、乾燥化が加速して数十年で湿原が消失する可能性もある。その原因として気候変動に伴う乾燥化を指摘する報告もあるが、気象データからはそうした傾向は認められない。ただ、降水パターンには1960年代以降やや特徴的傾向が見られた。年降水量は2200mm前後で推移するが、日最大降水量は増加傾向にあり、10年ごとに300～500mmを記録する年が出現した。

戦場ヶ原および小田代ヶ原は湯川を中心とする集水域にあり、その集水面積51km<sup>2</sup>および年平均降水量2248mmから湯川の平均流量を推定すると1.3m<sup>3</sup>/sとなる。しかし日降水量から類推すると流量はその数十倍に及ぶこともあり、短時間雨量の増加は上流あるいは上部山地から湿原域への土砂供給を促進するであろう。特に小田代ヶ原の上部では、1950年代から1960年代にかけて40ha以上の皆伐の後、10年以上に及ぶ放置状態が継続していたことが小田代ヶ原の減少を加速したと考えられる。奥日光での戦後の農地開拓、植林、道路整備等は湿原の消長に直接関与するとは考えにくいですが、それに付随して設置された排水溝は湿原減少に少なからず影響したであろう。

## D1-01

## 淡水二枚貝カラスガイの成長に伴う安定同位体比の変化

\* 菊地永祐, 安野翔 (東北大・東北アジア研), 進東健太郎, 嶋田哲郎 (伊豆沼財団), 高木優也 (東北大院・生命), 鹿野秀一 (東北大・東北アジア研)

安定同位体比解析は食物連鎖の解析に有効な手段として使われている。窒素安定同位体比は栄養段階がひとつ上がる毎に約3.4%ほど上昇することが知られており、そのため窒素同位体比は消費者の栄養段階や食物連鎖長を決める有効な指標となるが、その決定には食物連鎖の出発点(基点)の同位体比を正確に決める必要がある。しかし、水圏生態系では、食物連鎖の基点となる生産者の同位体比が時期的にも場所的にも大きく変化することが知られており、そのため生産者の同位体比の代わりに、長寿命の1次消費者の同位体比を基点値の推定に使うことが提案されている。1次消費者の同位体比は、生産者の同位体比の長期にわたる平均値を反映するからである。湖沼の浮遊系食物連鎖研究においては、1次消費者として懸濁物食の底生二枚貝類が使われることが多い。

宮城県北部に位置する伊豆沼において、2006年にカラスガイの同位体比を測定したところ、生産者である植物プランクトン(POM)よりも窒素同位体比が6%も高い値を示した。当時、伊豆沼ではカラスガイの稚貝の加入が見られず、殻長が15cmよりも大きな個体しか採集できなかった。そこで、伊豆沼の湖底で、稚貝を籠にいれて飼育し、カラスガイの成長に伴う同位体比の変化を調べた。

一方、2010年7月伊豆沼内でカラスガイの稚貝が発見され、少ないながらも稚貝の加入があることが分かった。そこで10月に稚貝から大型個体まで体サイズの異なるカラスガイの採集を行い、サイズと同位体比との関係から、成長に伴う同位体比の変化を調べた。

その結果、伊豆沼のカラスガイの窒素同位体比が成長に伴い増加することが分かったことで報告する。

## D1-03

## 暖温帯におけるミズゴケ湿原の維持機構：物質収支と温暖化の影響

\* 福田栄二, 中坪孝之 (広島大・院・生物圏)

ミズゴケ湿原は冷温帯を中心に発達することが知られているが、オオミズゴケ (*Sphagnum palustre*) は寒帯から暖温帯にまで広い分布域を持ち、暖温帯でもミズゴケ湿原を形成している。こうした暖温帯のミズゴケ湿原は、希少な湿性植物の生育地として重要な役割を果たしているが、その維持機構に関する情報は少ない。そこで、本研究では生産と分解のバランスである物質収支の面から維持機構を明らかにすることを目的とし、分解過程の解明と物質収支の推定に加え、温暖化がミズゴケ湿原の維持に与える影響の検討を行った。なお、生産については第57回日本生態学会で発表した結果を用いた。

調査対象は、広島県東広島市のため池池上流部(標高250m)に位置し、イヌツゲ群落下に発達した面積約100m<sup>2</sup>、厚さ30cm程のオオミズゴケ湿原とした。本研究では、緑色をした表層5cmのミズゴケを生産層、光が届かず褐色のミズゴケが堆積する表層5cm以下を分解層として扱い、調査地の気温と各層のミズゴケ温度を連続的に測定した。季節ごとに分解層のコアサンプル(φ=5cm, h=5cm)を採取し、赤外線ガス分析装置を用いた同化箱法により呼吸速度(mgCO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>)を求めた。

分解層の呼吸速度は表層から下層になるにつれ低下したが、季節による明瞭な違いは見られず、Q<sub>10</sub>も2.1-2.6の範囲の値を示した。得られたデータをもとにモデル式を作成し、物質収支の推定を行ったところ、現在の温度条件下で生産量と分解量はほぼ釣り合い、暖温帯のミズゴケ湿原は活発な生産と分解のもと平衡状態を維持していることが明らかになった。また、温度条件が2℃、4℃上がると仮定して物質収支の変動を調べると、物質収支は大きくマイナスへ転じ、温暖化によりミズゴケ湿原の分解層が減少し新たな平衡状態へと向かうことが示唆された。

## D1-02

## ヨシ優占湿地における1年間の総一次生産量、生態系呼吸量、純生態系生産量—閉鎖系施設を用いた評価—

\* 鈴木静男 (環技研), 横沢正幸 (農環研), 犬伏和之 (千葉大・園), 原登志彦 (北大・低温研), 木村康倫 (サイエンテック), 津賀正一, 多胡靖宏, 中村裕二 (環技研)

湿地生態系における年間の二酸化炭素交換量を閉鎖系陸園実験施設を用いて評価した。陸園モジュールの大きさは床面積が5.8 m × 8.7 mで平均の高さは8.8 mであり、ヨシが優占する湿地生態系を野外からこの中へ導入した。この施設は、溶存態有機炭素の漏えいがなく気密性がきわめて高く気温を自動制御する。二酸化炭素濃度は、上昇時には二酸化炭素分離装置を用い空気中の二酸化炭素を一時的にタンクに分離し、減少時には分離された二酸化炭素をモジュールに注入して自動的に制御される。この施設を用い、1時間当りの二酸化炭素分離量と二酸化炭素濃度の変化、一時間の平均気温と気圧から夜間の生態系呼吸速度を求めた。この生態系呼吸速度は気温と共に指数関数的に増加したため、日中の生態系呼吸速度を気温から推定した。1時間当りの純生態系生産量は、生態系呼吸速度と同様に求め、さらに二酸化炭素注入量を考慮し計算した。1時間当りの総一次生産量は、純生態系生産量と生態系呼吸量との差で定義した。これらを積算し以下を算出した。1日当りの生態系呼吸量は-0.06から-3.58 g C m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>、総一次生産量は0から6.48 g C m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>、純生態系生産量は-1.10から3.34 g C m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>の範囲で変化した。年間の純生態系生産量は、64.2 g C m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup>であった。これは、総一次生産量555.8 g C m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup>と生態系呼吸量-491.6 g C m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup>の収支である。以上のことから、湿地生態系は、1年間で炭素の吸収源として振舞っており、これらの結果は、渦相関法を用いた他の研究結果と比較して妥当な値を示した。本研究は、青森県からの受託事業により得られた成果の一部である。

## D1-04

## 森林溪流における栄養塩吸収に関する研究

\* 江草 智弘, 東大院農, 大手 信人, 東大院農, 福島 慶太郎, 京大フィールド研, 徳地 直子, 京大フィールド研, 佐藤 拓哉, 京大フィールド研, 谷尾 陽一, 京大院農

溪流や河川は、降雨や土壌中での生成の結果負荷されるNO<sub>3</sub>-PO<sub>4</sub>-といった栄養塩を水の流れを通じて下流に運び、湖沼・海に供給する。これらの栄養塩は河川中でも、有機物の無機化によって負荷される一方、藻類や微生物による吸収・取り込みを繰り返しながら下流に流れていくと考えられている。この河川中での栄養塩吸収・放出は湖沼・海への栄養塩供給量を規定する大きな要因と考えられているものの、日本で実際に測定が行われた例はいまだ少なく、流域間比較を可能とするデータも得られてはいない。

本研究では、原位置栄養塩添加実験の手法を用いて、流域特性の異なる2つの森林流域(和歌山県有田川流域と千葉県猪川流域)におけるNO<sub>3</sub>-, PO<sub>4</sub>-吸収量の違いについて検討した。2流域の集水面積はともに100ha前後であるが、有田川流域の試験溪流は急峻で、比流量が3.0mm/day以上であるのに対し、猪川流域のそれは緩やかで、比流量0.2mm/dayであった。

NO<sub>3</sub>-に関しては、有田川・猪川ともに、無降雨日が続く比較的流量が低下していた観測時に吸収が見られ、吸収量はそれぞれ101mg/m<sup>2</sup>-hr, 97mg/m<sup>2</sup>-hrと同程度の値を示した。PO<sub>4</sub>-に関しては、いずれの観測でも吸収されていたが、有田川の吸収量が3.4-4.0mg/m<sup>2</sup>-hrであったのに対し、猪川では9.5mg/m<sup>2</sup>-hrで、大きな差が見られた。

PO<sub>4</sub>-は生物による吸収よりも物理的な吸着が大きく影響し、NO<sub>3</sub>-の吸収は生物学的な影響によるものが大きいと考えられている。2流域PO<sub>4</sub>-吸収量の差は溪流の河床構造の違いを反映しているものと考えられる。一方、NO<sub>3</sub>-の吸収は、観測結果から流量(流速)に強く左右されることが示唆された。

## D1-05

## アジア大陸起源の大気降下物は日本の湖沼へどのような影響を与えているか？

\* 槻木玲美 (愛媛大・SRFC), 占部城太郎 (東北大・生命), 谷幸則 (静岡県立大・環境研), 上田眞吾 (日大生物資源), 阿草哲郎 (島根大・医), 小田寛貴 (名大・年代測定センター), 王婉琳 (東北大・生命), 田辺信介 (愛媛大・CMES)

アジア大陸では、近年、急速な経済発展に伴い、土壌浸食等の自然発生的な浮遊物質に加え、石炭石油燃焼など人為的発生源による浮遊物質量の増加が報告されている。このような人為起源の浮遊物質量の増加が、水域生態系にどのような影響を及ぼすのか、特にリン負荷の影響はこれまでほとんど注目されてこなかった。水域の中でも、高山湖沼は人里離れた地域に立地し貧栄養湖が多く、大気降下物による栄養塩(窒素やリン)負荷の影響を検証し易い。

そこで本研究は、八幡平国立公園内にある標高1500m以上の蓬萊沼と八幡沼を対象に、古陸水学的手法を用いて湖底堆積物中のC・N・P含有量、安定同位体( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{206}\text{Pb}$ ~ $^{208}\text{Pb}$ )、色素や遺骸を調べ、過去300年にわたる動植物プランクトンの動態を再現し、その変動要因も検証した。その結果、蓬萊沼ではTP・TN量の顕著な増加が認められる1990年代以降、植プラ量が急激に増加すると共に、リン要求の高い動物プランクトンの *Daphnia* も大幅に増加していた。これらの結果は、蓬萊沼の動植物プランクトン動態が栄養塩負荷によるBottom-up的な制御を受け、近年大きく変化していることを示している。蓬萊沼では集水域開発は行われておらず、栄養塩負荷の増大は、大気降下物由来と考えられた。一方、八幡沼はTP量に大きな変化は認められず *Daphnia* の増加も認められなかった。両沼は僅か1.3kmしか離れていないが、このようにプランクトンの動態は大きく異なっていた。発表では、このような違いが生じた要因や、蓬萊沼での大気経由と考えられる栄養塩負荷の起源について、鉛の安定同位体に基づいて考察した結果を報告する。

## D1-07

## カタクチイワシの栄養段階と食源一バルク窒素・炭素及びアミノ酸窒素同位体分析に基づく

\* 宮地俊作, 馬谷原武之 (日大院生物資源), 對馬孝治, 笹田勝寛, 河野英一 (日大生物資源科学), 小川奈々子, 石石嘉人, 大河内直彦 (JAMSTEC)

bulk 安定同位体分析は、食物網構造について多くの生態学研究で用いられてきた。これまで著者はポスターセッション (ESJ54, 55) で発表してきたように、相模湾において bulk  $\delta^{15}\text{N}$  の幅広い変異がカタクチイワシ (*Engraulis japonicus*) の中に見つけられていた。この原因として考えられるものは、個体群の中で各個体の栄養段階が異なるか、各個体の食源の  $\delta^{15}\text{N}$  が異なるかのどちらかである。これを bulk 法で解明するには、ピコ植物プランクトンのような基礎になっている一次生産者の  $\delta^{15}\text{N}$  を測定することが必要である。しかしながら、実際の海洋生態系で生産者の妥当な bulk  $\delta^{15}\text{N}$  値を測定することには困難があった。

栄養段階決定のために一次生産者を採捕/分析せずに、捕食者だけのアミノ酸毎の  $\delta^{15}\text{N}$  を調べる方法がある。われわれは、このアミノ酸法を用いてカタクチイワシはどちらの個体でも栄養段階は3であることを実際の食物網において初めて示す。これを基にその食源を復元したところ bulk  $\delta^{15}\text{N}$  値の広い変異は、捕食者の食源の  $\delta^{15}\text{N}$  が異なることに由来することが明らかにされた。

さらに、2010年9月から10月に行われた中央水産研究所の調査船による貧栄養な外洋域のカタクチイワシの提供を受け、分析し比較した。その結果、bulk  $\delta^{15}\text{N}$  値が比較的低いカタクチイワシの食源は、外洋の貧栄養な太平洋生態系のN循環における cyanobacteria (e.g. *Synechococcus* sp.) のかわりが見られる。今回用いたアミノ酸法と、これによって解明された事実は、今後、海洋生態系における trophic relationships と material cycle の研究に貢献するだろう。

## D1-06

## 瀬戸内海食物網構造における地域特性に関する研究

\* 柴田淳也, 濱岡秀樹, 松元一将, 南口哲也, 赤松泰雅, 宮崎寛史, 近藤修平, 國弘忠生, 大西秀次郎, 大森浩二 (愛大・CMES)

瀬戸内海は瀬戸や海峡部で区切られた環境異質性の高い半独立した複数の海域からなり、各海域で特有の生態系構造を示している。水深が浅い瀬戸内海は底生一次生産量も多いと考えられることからその食物網構造は、表層一次生産が主な有機物源となる外洋の食物網構造よりも複雑になると考えられる。瀬戸内海における沿岸生態系の維持機構を理解するには海域毎の食物網構造を明らかにすることが必要であるが、大阪湾や広島湾など一部の海域で研究が行われているのみで、瀬戸内海全域の食物網構造に関する知見は限られている。本研究では瀬戸内海の湾や灘など9つの海域において、安定同位体比分析を用い地域生物群集を構成する各生物の栄養段階や依存する有機物源を推定し、各地域食物網構造の特徴を明らかにすることを目的とした。

その結果、瀬戸内海の各海域の食物連鎖長は、大阪湾で最も小さく3.7、燧灘にて最も大きく4.2で有意な差が認められたものの大きな違いがないことが分かった。また、瀬戸内海全域において最高次捕食者の魚食魚に底生一次生産が大きく寄与し、瀬戸内海生態系の維持に底生一次生産が極めて重要な役割を果たしていることが裏付けられた。しかし底生一次生産の重要性に関しては、瀬戸内海で最も水深の深い海域で太平洋沖合生態系との移行帯に位置する豊後水道において、瀬戸内海の他の海域に比べ底生一次生産の重要性が低い特徴があることも明らかとなった。このような海域間でみられた食物連鎖長や底生一次生産の寄与率などにおける食物網構造の違いが生じた要因について、各海域の水質・地理的環境や一次生産性との関連性から考察する。

## D1-08

## 長距離渡りする海鳥の越冬地と汚染物質濃度

宮崎麻衣, 中沢亜里砂, 山下麗, 高田秀重 (東京農工大農), 山本誉士 (総研大), 高橋晃周 (極地研), P. Trathan (英南極局), \* 綿貫豊 (北大水産)

海洋生態系における高次捕食者である海鳥は、生物濃縮によって海洋中の微量汚染物質(重金属、有機塩素化合物など)を高濃度に蓄えるので、海洋汚染のモニターとしてよく使われてきた。その行動範囲が広いこと、大洋の平均的汚染度を知るには役に立つが、一方で、汚染海域を特定しづらい、という欠点があった。最近、その移動経路を長期にわたりを詳細に追跡する技術や、尾腺ワックスを使って非侵襲的に体内に蓄積された残留性有機汚染物質(POPs)を分析する技術(Yamashita et al. 2007 Env. Sci. Technol.)が開発された。われわれは、これらの技術をつかい、新潟県粟島で繁殖し、太平洋亜熱帯で越冬するオオミズナギドリ(越冬海域)とPOPsの関係性を明らかにした。足に装着したデータロガーで日の出入り時刻を推定し越冬場所を推定したところ、南シナ海、バブアニューギニア北部海域、アラフラ海の3つの海域で越冬する個体がいることが明らかとなった(Yamamoto et al. 2010 Auk)。尾腺ワックス中のPOPs(PCBs, DDE)濃度は、南シナ海、アラフラ海で越冬した個体の方がバブアニューギニア北部海域で越冬した個体よりも高い傾向にあった。これは、中国の大都市沿岸部、台湾、東シナ海を経由して粟島に戻る南シナ海越冬個体が、POPs汚染が進んでいる沿岸域を利用するためであろう。アラフラ海越冬個体の汚染度がやや高い理由ははっきりしないが、ここは様々な汚染が懸念されている海域である。本研究は、海鳥やガン・カモ類など長距離渡りをする鳥類の行動範囲と汚染物質蓄積を同時に個体ごとに調べることで、現場での直接測定が困難な特定地域の汚染度を安価にモニターできる可能性があることを示している。

## D1-09

## カワウがもたらす物質循環が土壤生態系に与える影響

\* 都築一秀(名城大学院・農) 近藤慶一, 新妻靖章, 日野輝明, 富田直樹

カワウ (*Phalacrocorax carbo*) は森林にコロニーを形成して繁殖活動を行い、それ以外の時期にも集団でねぐらとして利用する。そのため、カワウが利用する森林にはフンが供給され、森林土壌の含水率の増加や酸性化など土壌の物理化学環境が変化することが報告されている。このような土壌の性質の変化は、カワウが利用していない森林と比較してそこに生息する生物に影響を与えていることが予想される。しかし、カワウのフンが土壤生態系に与える影響として、土壤動物相に着目した研究例は乏しい。そこで本研究では、愛知県弥富市弥富野鳥園において、カワウのフンによる土壌の物理化学環境の変化と、それに伴って生じる土壤動物の群集構造をコントロール区(カワウの営巣を禁止している区)と比較した。その結果、カワウのフンによる土壌の物理化学環境の変化によって、ダニ目やトビムシ目、甲虫目などの個体数や出現種はコントロール区と比較して、顕著な増加がみられた。カワウのフンによる土壌の物理化学環境の変化が土壤動物相に影響を与えていることが示唆された。

## D1-11

## 落葉広葉樹林における異なる3手法を用いた土壤呼吸の分離

\* 友常満利, 吉竹晋平, 渡辺真也, 関根有哉(早稲田大・院・先進理工), 小泉博(早稲田大・教育)

土壤呼吸(Sr)を根呼吸(Rr)と従属栄養生物呼吸(Hr)に正確に分離することは、生態系の炭素収支を決定するのに重要である。これまで様々な手法でSrに対するRrやHrの寄与率が推定されてきたが、手法による差が大きく、同一環境下で適切な分離手法を検討する必要があった。本研究では、トレンチ法・回帰法・サンプリング法の異なる3手法を用いてSrに対するRrの寄与率を推定し、比較・検討を行った。また、分離されたRr・Hrから、Srの変動要因について明らかにした。

調査は、長野県軽井沢町のコナラを優占種とする冷温帯落葉広葉樹林において、2009年6月から2010年10月まで行った。測定の結果、トレンチ法でのRrの寄与率の平均値は、13%(4~23%)で、夏に高く冬に低い値を取る明瞭な季節変化を示した。一方、他の2手法では季節変化を示すものの、複数の問題点が確認された。回帰法でのRrの寄与率の平均値は11%(-19~36%)であったが、Srと根バイオマスの相関が弱く、またHr値がSr値よりも高く推定される月もあった。サンプリング法でのRrの寄与率の平均値は131%(55~318%)と、他の2手法に比べRr値が高く推定される傾向が見られ、Sr値を超えてしまう月が多く確認された。したがって森林生態系においては、トレンチ法がSrの分離に適する方法であると考えられた。各手法から得られたデータより、Srの変動要因について考察すると、本調査地でのSrの変動にはHrが大きく関与していた。しかし、夏期には $Q_{10}$ がHrよりもRrの方が高いため、Rrの寄与率は上昇した。さらにRrを太さ別でみると、呼吸活性やバイオマスは細根の方が高いため、Rrの変動には細根が最も強く影響すると考えられる。

## D1-10

## 土壤炭素プールの温暖化応答—微生物分解の温度依存性を規定する因子の解明

\* 和頼朗太, 岸本(莫)文紅, 米村正一郎, 白戸康人, 平館俊太郎(農環研)

植物から供給されるリターの大半は微生物分解を経て $CO_2$ となるが、一部は土壤鉱物との反応などにより安定化する。このため、土壌には分解・安定化程度の異なる炭素が蓄積され、陸域最大の炭素プールとなっている。生態系モデルにおいて、土壤炭素は、分解速度(つまり平均滞留時間)の異なる複数のプールから構成されるが、どの炭素プールも同一の温度依存性( $Q_{10}$ )を持つと仮定されている。一方、化学反応および酵素反応の熱力学的な理論は、難分解性の基質(つまり分解速度が遅い炭素プール)ほど、分解反応の温度依存性が上がることを予測する。また近年の実測研究では、 $Q_{10}$ の基質コントロール仮説を支持する例が増えてきている。我々は、基質コントロール仮説の厳密な検証には、土壤炭素中の基質の定量手法の確立、そして基質の質・量と $Q_{10}$ の対応関係の解明が必要と考え、気候、地形、土壤母材条件が同一であり土壤炭素含量が大きく異なる4つの畑地表層土壌の比較を行った。不耕起・落葉堆肥区、耕起区I、II、裸地区の順に、土壤炭素含量(TOC)は15%から4%に低下した。TOCと線形的に対応し、微生物バイオマスC、培養実験(15、25、35℃)による1ヶ月間の微生物呼吸量は減少した。一方、分解の $Q_{10}$ は、TOCの低下に伴い非線形的な上昇傾向を示した。この $Q_{10}$ 変動は上記パラメーターおよび土壤全炭素の炭素構造( $^{13}C$ 核磁気共鳴法から推定)では説明できず、各土壌の低比重画分の炭素構造とのみ有意な相関を示した。よって、鉱物の安定化作用を受ける高比重画分中の土壤炭素は短期的な基質とはなり難しく、鉱物フリーの低比重画分中の炭素構造が微生物分解の $Q_{10}$ を支配すると考えられた。以上の結果は、現在使われているシミュレーションモデルは、温暖化に対する微生物分解速度を過小評価している可能性を示唆する。

## D1-12

## RothCモデルへのベイズ的アプローチによる土壤炭素分解率の温度依存性の推定

櫻井玄(農環研), 上村真由子(日大・生物資源), 米村正一郎(農環研), 飯泉仁之直(農環研), 白戸康人(農環研), 横沢正幸(農環研)

陸上生態圏における土壌は、非常に多くの有機物を蓄積しており、この土壤炭素分解速度の環境変化に対する応答は、将来の気候変動予測において大きな関心を集めている。ほとんどの土壤炭素動態モデルは、土壤有機物の基礎分解速度が異なる複数のコンパートメントを含んでいるが、温度変化に対する分解率の変化は、どのコンパートメントでも同一であると仮定されている。しかしながら、多くの実験的研究は、土壤有機物の基礎分解率と温度変化に対する分解率変化量は同一ではないことを示唆している。しかし、土壤有機物の基礎分解率と温度変化に対する分解率変化量の関係は、研究によって様々であり、統一的な見解を得ていない。

本研究では、土壤有機物の長期観測データを下に、最もよく利用されているモデルのひとつであるRothamsted Carbon model(RothC)のパラメータをベイズ推定することによって、基礎分解率と温度変化に対する分解率の変化量の関係を検証する。ただし、対象とする観測データは長期にわたるデータであるため、観測期間にわたって同一値をとるとは考えられないパラメータもモデルには含まれている。この問題を解決するために、我々はパーティクルフィルター法とM-Hアルゴリズムのハイブリッド法の適用を試みた。

結果として、土壤分解率が最もコンパートメントは、温度変化に対してより低い感受性を示す結果が得られた。この結果は、単純なアレウス式から予測される結果と一部合致する。また、土壌の窒素含量が多くなるほど分解率が低下することが示唆された。窒素含量が増加することによって、徐々に酸性度が増していき、土壤有機物の分解速度に抑制がかかっている可能性がある。

## D1-13

土壌炭素モデルの垂直構造化と放射性炭素データによる  
検証

\* 伊勢武史 (海洋研究開発機構・物質循環), 加藤直人 (海洋研究開発機構・物質循環)

土壌有機炭素(SOC)の蓄積・分解のダイナミクスは炭素循環を通して気候に影響を与え、ひるがえって気候はSOCのダイナミクスに影響を与える。このフィードバックを的確に解明することは気候変動の予測精度の向上に不可欠であるが、このフィードバックの過程は気候モデルや陸域生態系モデルに十分に組み込まれていない。特に、大量のSOCが蓄積されている北極高緯度地域では、気候変動による永久凍土の崩壊などが劇的な土壌環境の変化をもたらす、それによってSOCの急速な分解が進むことが懸念されているが、これら北方林やツンドラの土壌環境の変化とそれに付随する土壌微生物活性の相互作用は、これまでのシミュレーション研究では再現されていなかった。そこで本研究では、アラスカの有機土壌をケーススタディとして用い、物理メカニズムに基づく土壌環境のシミュレーションと土壌の物質循環シミュレーションを結合し、相互に影響を与え合うシステムを構築した。深さや温度・水環境によって異なるSOCの状態を的確に表現するため、土壌の垂直構造を明示的にモデル化した。これにより、分解速度が比較的早く空隙の大きなリター層や、分解速度が非常に遅く透水係数の低い腐植など、異なるSOCのタイプが土壌の温度・水環境に与える影響を物理法則に基づいてシミュレーションできるようになった。モデルの出力結果は、アラスカ州フェアバンクス近郊で観測された温度・土壌水分量などの物理環境条件や、深さごとの炭素蓄積量・放射性炭素を用いた年代測定の結果などの詳細なデータと比較され、モデルが土壌中のプロファイルを的確に表現するポテンシャルを持つことが分かった。このシミュレーションモデルを用いた、広域での土壌炭素動態のシミュレーションが期待されている。

## E1-01

## 可携巣トビケラにおける鉱物組成が及ぼす砂巣材選択の学習への影響

\*岡野淳一, 菊地永祐, 佐々木理, 大井修吾

多くの可携巣トビケラの幼虫は、川底質の砂から適切な巣材を選び、それらを綴り合せて筒巣をつくる。一般的な種は、体との摩擦を軽減するために巣内壁に分泌物で内張りをするが、フトヒゲトビケラ科(Odontoceridae)は例外的に内張りを行わず、代わりに表面が滑らかな砂(石英など)を選び分けて巣材として使う。しかし、幼虫は成長に伴い、より大きな巣材を必要とする。このことから、底質中の滑らかな砂の豊富さが、その粒径によって異なる場合、選択する(探す)コストも成長段階により変化し、結果、選好度が変わることが考えられた。

そこで、大きい粒径ほど滑らかな砂の含有率が少ない底質を持つ、花崗岩由来の川で採集した本科に、表面粗さが異なる2種の人工砂(粗い、滑らか)を同数づつ混ぜた底質で、砂巣材を選択させる実験を行い、成長による選好性の変化を見た。また、野外における底質と、巣に使われている砂の表面粗さと鉱物組成を粒径別に測定し、実験で見積もられた選好度の変化と比較した。

その結果、当該の花崗岩由来の底質は、小さい粒径ほど石英の含有率が高く(即ち滑らかな砂が多い)、大きい粒径ほど長石の含有率が高く、滑らかな砂が少なくなることが分かった。選択実験においても、小さな砂を必要とする未熟幼虫は、滑らかな砂の選好性が高いが、成長に伴い、選好性が低くなることが分かった。

この結果から、最適理論から予想されるように、底質の鉱物組成の粒径変化によって選好度(資源選択の意思決定)が変化することが示唆された。さらに本結果を元に、滑らかな砂が豊富な環境下で育てる移植実験を行い、この意思決定の変化のメカニズム(遺伝的規定か、学習か)を探った。本発表ではその結果とともに、今後の展望として学習能力の地域変異の可能性を議論する。

## E1-03

## コイ科魚類オイカワにおける免疫力ハンディキャップ仮説の検証

\*高橋大輔(長野大・環ソー), 大原健一(岐阜県水産課), 安房田智司(中央水研), 三浦さおり(OIST)

多くの動物において、雄性ホルモンは雄の性的形質を発現させると同時に、免疫力を低下させることが知られている。免疫力ハンディキャップ仮説(Immunocompetence handicap hypothesis; 以後ICHH)は、この雄性ホルモンの免疫抑制効果とハンディキャップの原理を組み合わせた性的二形の進化モデルである。ICHHは、雌を誘引する性的形質を発現させる雄は、そのような形質を発現させない雄と比べ病原菌感染のコスト(すなわちハンディキャップ)を背負うと仮定している。このハンディキャップゆえに、免疫能の高い雄しか性的形質を十分に発現できないのであれば、雌は雄性ホルモン依存の雄の性的形質に基づく配偶者選択により、雄の病原菌への抵抗性を正確に評価でき、高い免疫能を持つ雄と配偶することが可能となるだろう。これまでICHHの検証に用いられた材料は鳥類に偏っており、また仮説の妥当性について未だ統一された見解は得られていない。コイ科魚類オイカワでは性的二形がみられ、雄は婚姻色や追星などの性的形質を持つ。ICHHの検証のため、本種において雌の配偶者選択性を調べ、また魚類特有の雄性ホルモンである11-ケトテストステロン(KT)と雄の性的形質および免疫能との関連性について検討した。配偶者選択実験において、雌は婚姻色の面積が広い雄を好むことが明らかとなった。KT投与実験では、KT非投与雄よりもKT投与雄の方が婚姻色を含め性的形質の発現が顕著で、また溶菌作用を持つリゾチムの腎臓中濃度が低かった。これらの結果から、KTは雄の性的形質の発現を促すと同時に、免疫能の一部を低下させると思われた。そのため、雄の婚姻色に基づく配偶者選択は、雌が免疫能の高い雄を正確に選び出すことを可能とするだろう。本研究は、魚類においてICHHが成り立つことを強く示唆する。

## E1-02

## 傷ついたことを知った親は：保育行動における外傷への補償戦略

\*馬場成実(九大院・生防研), 弘中満太郎(浜松医大・生物), 上野高敏(九大院・生防研)

動物の親は生理状態や環境条件の変化をキューとして、将来を反映させた当座の投資配分を行う。特に「老化・病気感染のような期待寿命に関わる要因」や「投資量に直接的に関わる飢餓経験」などへのストレス反応が、投資配分の決定に強く関与すると考えられている。一方で、「外傷」などの不快刺激による侵害受容型ストレス反応が、親の投資配分の決定にどのような影響を与えるかは全くの未知である。さらに他のストレス反応とは異なり、外傷はその反応部位が生体全体ではなく、一部に限定される。そのため、どの部位を損失するかにより投資への影響が異なると予想され、投資配分の可塑性を理解する上で興味深い。

今回我々は、亜社会性のシロヘリツチカメムシの保育における投資に注目して、1) 外傷部位ごとに投資への影響は異なるか、2) 外傷に対する投資配分の可塑性はみられるか、3) それは外傷部位を弁別した反応を示すか、について調べた。本種の雌親は子への初期投資として栄養卵を産生し、その後、寄主種子の運搬によって給餌する。産卵前の雌親の片側の後脚、触角、前翅をそれぞれ基部から切除したところ、後脚及び触角を失った雌親の種子給餌量は減ったが、前翅を失っても変化はみられなかった。また、後脚及び触角の処理により栄養卵給餌量は増えたが、前翅の切除では変化はなかった。外傷処理した雌親の生存日数は減少したが、部位ごとに差はなかった。以上より、1) 外傷部位ごとに種子給餌量の低下の程度が異なること、2) 外傷による種子給餌量の低下は栄養卵で補償されること、3) 外傷部位を反映して栄養卵投資への配分を決定すること、が分かった。本種は外傷に対する侵害受容型ストレス反応の結果として、その反応部位ごとに生じる投資への影響の違いを弁別した補償機構を獲得している。

## E1-04

## 鳥類警戒声情報の信頼性とトカゲ類による他種警戒声の盗聴

\*伊藤亮(京大・野生研), 森哲(京大・理)

動物の中には、他種の警戒声を盗聴して利用する種が数多く存在する。他種警戒声の盗聴行動は、本来想定された受信者でない動物が発信者の対捕食者警戒声を盗み聞きして、対捕食者行動を行うような行動である。これまでの他種警戒声の盗聴に関する研究は、警戒声の進化や学習、新たな相利的な種間関係の発見といった観点から行われることが多かった。本発表では、警戒声の盗聴行動に関する研究例を挙げ、近年の研究の傾向を紹介する。

盗聴行動の研究は、種内で音声コミュニケーションを頻繁に行う鳥類や哺乳類を対象に行われることが多い。しかし、本研究で対象とした盗聴行動は、種内で音声コミュニケーションを行わないトカゲ類二種、プキオトカゲ *Oplurus cuvieri* とカタトカゲ *Zonosaurus laticaudatus* によるマダガスカルサンコウチョウ *Terpsiphone mutata* の警戒声の盗聴行動である。これらのトカゲ類は、サンコウチョウのモビングの際に発する警戒声を盗聴する。盗聴行動の存在が明らかにされるまで、音声を発しないこれら二種のトカゲ類と警戒声を発するサンコウチョウの生物群集における生態的な関係は、被食―捕食関係や競争関係などといった直接的な生態的な関係がない、無関係とされてきた。しかし、これらのトカゲ類とサンコウチョウの間には、盗聴を介した新しい非対称な種間関係が存在することが示された。そこで、この新たな種間関係に注目し、生物群集における生態的な地位と警戒声の信頼性という観点から盗聴行動に関する研究の新たな展開について議論する。

## E1-05

## 寄生蜂ゾウムシコガネコバチにおける host constancy

\*石井弓美子(国立環境研), 嶋田正和(東大・広域システム)

多くの寄生蜂で匂い学習は餌の探索に重要な役割を果たしている。ゾウムシコガネコバチ *Anisopteromalus calandrae* は豆内の近縁な2種のマメゾウムシ幼虫(アズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis*, ヨツモンマメゾウムシ *C. maculatus*) を匂いで区別し、産卵を経験した寄主に対して選好性を示す。2種類の餌の頻度が時間的に変化するとき、寄生蜂の匂い学習が寄生蜂の連続した採餌行動にどのような影響を与えるかを、2種マメゾウムシの頻度を変えて調べた。

その結果、ゾウムシコガネコバチは頻度の高い寄主を学習し選択的に寄生した。さらに餌頻度が増加すると寄主選好性を増加した寄主に切り替えることができたが、切り替えには1日以上の時間的な遅れが見られた。アズキゾウムシとヨツモンマメゾウムシはゾウムシコガネコバチの寄主として同程度の価値があると考えられるにも関わらず、学習により選好性が一方の寄主に偏った。このような寄生蜂の学習は、訪花昆虫に見られる flower constancy のように、寄生蜂でも一定の期間同じ種類の寄主に連続して訪問する host constancy を引き起こすと考えられる。これらの結果からゾウムシコガネコバチにおける匂い学習と効率的な採餌行動について考察する。

## E1-07

## Social and Environmental Effects on Mating Strategies in Barn Swallows

\*Matsuda, A.<sup>1</sup>, Kitamura, W.<sup>1</sup>, Yamaguchi, N.<sup>2</sup>, Higuchi, H.<sup>1</sup> (University of Tokyo, <sup>2</sup>University of Nagasaki)

In socially monogamous birds, extrapair mating is a common strategy amongst breeding individuals. By mating with multiple females, males may reap fitness benefits by siring more offspring, but this is contingent on the security of paternity with his social partner. Males, therefore, face a trade-off between investments in seeking extra-pair copulations and mate-guarding, the balance of which is likely an outcome of complex social interactions involving the availability of other male competitors and the fidelity of his social partner.

In addition to the social scene, abiotic factors such as weather may influence how males budget their breeding activities. A number of empirical studies have suggested a relationship between weather conditions and extrapair offspring, but few have investigated actual changes in mating/guarding behaviour. The role of the environment in male strategy may provide clues to ecological conundrums such as variations in the occurrence of extrapair offspring.

This study aims to identify the environmental and social contexts involved in mating/guarding Barn swallow males. The effects of local weather conditions on male guarding effort, female evasion of guarding, and male-male competition, were examined. The relative importance of each context in male decision-making is discussed.

## E1-06

## ギルド内捕食に対するアブラムシ寄生蜂の回避行動

\*安東義乃, 内海俊介, 大串隆之 京大大学生態学センター

同じ餌種を利用する寄生蜂・捕食者ギルドにおいて、ギルド内捕食とは、寄主内の寄生蜂未成熟個体が寄主と共に捕食者に捕食されることである。このギルド内捕食がおこる場合、寄生蜂はそれに対する回避戦略として、産卵時の寄主選択だけでなく産卵後においても寄主の行動を操作している可能性が指摘されている。寄生されたアブラムシの行動や植物上の空間分布が未寄生のアブラムシと異なることはよく知られているが、この変化がギルド内捕食を回避する機能を果たしているかを検討した研究はほとんどない。

本発表では、寄生蜂アブラバチによる寄主セイタカアワダチソウヒゲナガアブラムシの寄主植物上での空間分布の変化が、このアブラムシの主要な捕食者のナナホシテントウ成虫からの回避として機能するかについて調べた結果を報告する。野外および室内での操作実験から、未寄生アブラムシは植物の先端部の茎や葉の表に定着するが、寄生されたアブラムシは葉の裏に移動した後マミーを形成することが分かった。捕食実験より、ナナホシテントウ成虫は、未寄生アブラムシ、寄生アブラムシ、マミーのいずれも捕食することが分かった。また、未寄生アブラムシとマミーを選択させた実験では、テントウムシ成虫は未寄生アブラムシに対して強い摂食選好性を示したが、未寄生アブラムシを捕食してしまうとマミーも捕食した。ナナホシテントウ成虫は、未寄生アブラムシとマミーが茎先端や葉の表にいる場合にはどちらも捕食するが(捕食率はそれぞれ89%と86%)、葉の裏にいる場合には捕食率が低くなった(捕食率はそれぞれ0%と10%)。これらの結果から、アブラムシの寄生蜂は、寄主の行動を操作してナナホシテントウ成虫が見つけにくい場所に定着させることにより、テントウムシによるギルド内捕食を回避していることが示唆された。

## E1-08

## ヒゲペンギンの潜水行動：抱卵期と育雛期の比較

\*森貴久(帝京科学大), 國分互彦, 高橋晃同(極地研)

鳥類では、雌雄で抱卵・育雛をする種が多い。このとき、雌雄は交代で採餌に出かけることになる。抱卵期の採餌は自分のためだけの採餌であるのに対し、育雛期の採餌は、自分と雛のための採餌となる。

ヒゲペンギン *Pygoscelis antarctica* も雌雄が交代で抱卵・育雛する。ペンギンは肺呼吸動物で、水中で採餌する。このとき、採餌努力は、潜水回数と潜水時間、潜水深度、採餌トリップ時間などで測ることができる。採餌努力は、自分のための採餌期間である抱卵期と、雛のための採餌も加わる育雛期で異なることが予想されるが、どのように異なるかは明らかではない。雛への給餌は親にとっては負担増であるが、それへの対応としては、潜水回数を増やす数的な応答と、潜水行動を変化させて対応する機能的な応答とが考えられる。そこで、抱卵期と育雛期の採餌行動の変化を、同一個体の潜水行動を追跡記録することで明らかにした。

調査は2006年12月に南極キングジョージ島で行なった。10個体に連続水深記録計を2週間程度装着し、卵の孵化前と孵化後の潜水行動を比較した。

結果は、抱卵期における採餌トリップ時間は育雛期よりも長くなり、したがって採餌トリップあたりの潜水回数も多かった。潜水時間は、育雛期には抱卵期に比べて1回あたりの潜水時間が長くなったが、必ずしも潜水深度が大きくなったわけではなかった。これらのことは、雛への給餌という制約は餌資源の利用の仕方に影響し、潜水回数を増やすだけでなく、潜水の時間配分をより適応的に精緻に組立てることで、潜水自体がより収奪的になることを示しており、雛への給餌という負担増に対して、機能的に対応していることを示唆している。

## E1-09

## カワウにおける最適逃避行動の時空間的変動 ～先験情報利用の可能性～

\* 富永光 (筑波大・院・生命環境科学), 藤岡正博 (筑波大・農技センター)

ある動物個体に何らかの危険が接近してきたとき、その個体にとって「残留すること」と「逃げ去ること」の間にはトレードオフが生じる。したがって、動物は迫る危険からの逃避を開始する距離 (FID) を最適化することが知られており、それには自分を取り巻く他個体や環境条件、過去の経験などが影響しうる。カワウ *Phalacrocorax carbo* は内水面漁業における害鳥であり、各地で有害捕獲やロケット花火による追い払いなどの防除活動が行われている。

防除の規模や実施時期が異なる関東地方4県の河川でカワウの人に対する警戒性を評価するために FID を 2008 年に調べたところ、捕殺の有無に関わらず、カワウは防除活動をリスクと認識していることが明らかになった。しかし、同じ県内でも警戒性には空間的な差異がみられた。そこで 2009 年には、河川や漁協ごとに被害防除対策や人口密度の変異が大きい群馬県において、集中的な防除活動期 (4月中旬) の前後に FID を測定し、最大6つの要因を説明変数とする GLM で分析した。

防除前には河川タイプと FID に有意な関係はなかったが、防除後には郊外の河川では FID が有意に増大したのに対し、都市部の河川では変化がなかった。防除は全調査河川で実施されたことから、郊外と都市部では防除を経験したカワウの警戒性や逃避行動が異なっていたと考えられる。カワウにとって無害な人が多く利用する都市部の河川では、その存在や接近に対する逃避行動はなるべく避けるべきだろう。したがって、カワウは河川の様相に関する事前情報をもとに、人に対して回避的にふるまうか否かを意思決定しているのかもしれない。この仮説は、いずれも銃器による捕殺が行われた 2008 年度の神奈川県 (都市部) と栃木県 (郊外) でみられた差異も矛盾なく説明できる。

## E1-11

## 鱗食性シクリッドの右利き・左利きにおける捕食行動の運動解析

\* 竹内勇一 (名大・理), 堀道雄 (京大・理), 小田洋一 (名大・理)

動き回る被食者を捕食するには、それらが逃げる前に捕えるといった、対象に応じた一連の俊敏な動作が必要とされる。

タンガニイカ湖には、泳ぐ魚の鱗をはぎ取って食べるシクリッド科魚類数種 (*Perissodus* spp.) が生息している。彼らの口は、左右どちらかに曲がって開く。右顎が発達し口が左に開く右利き個体は相手の右体側の鱗を、左顎が発達した左利き個体は左体側の鱗をはぐことが、野外調査から示されている。我々は鱗食魚の捕食行動の運動成分、時間経過、左右性を解明するため、その一種 (*P. microlepis*) を輸入し、水槽内でこの鱗食魚の捕食行動をキンギョを被食魚として高速度カメラ (500fps) で撮影し、運動解析を行った。

鱗食魚は通常、底沿いに忍び寄ってから被食魚に突進する。典型的な捕食行動は、①被食魚後方への接近、②側方への回り込み、③構え、④胴の屈曲を伴う噛みつき、⑤垂直方向への体躯の捻り、の5過程で構成されていた。過程④では、左か右への素早い体の屈曲運動が行われた。実験した個体の90%以上で鱗をはぐ被食魚の体側と屈曲方向が著しく偏っており、その方向が開口方向と合致する時に捕食成功率が極めて高かった。また、最大屈曲角度と最大角速度は利き側が逆側より有意に大きかった。

この運動の脳内機構を探るため、過程④の屈曲運動に酷似し、後脳のマウスナー (M) 細胞で駆動される音刺激での逃避運動を同一個体で調べた。その結果、左利きも右利きも、逃避方向の最大屈曲角度と最大角速度に左右差は見られなかった。もし鱗食時の屈曲運動も M 細胞で駆動されるなら、M 細胞から下位の脊髄や胴筋に左右差はなく、M 細胞より上位中枢に左右差があると考えられる。

以上より、鱗食魚は大きく屈曲できる利き側を認識して襲うことが示され、鱗食行動の左右性を生む責任部位が後脳以前の神経系にあることが示唆された。

## E1-10

## 勝ち癖・負け癖の行動生理学：社会性昆虫と武器甲虫の事例から

\* 岡田泰和 (岡大・環), 辻和希 (琉大・農), 三浦徹 (北大・環), 佐々木謙 (金工大・バイオ), 岡田賢祐 (岡大・環), 宮竹貴久 (岡大・環)

多くの動物は資源や配偶相手をめぐる種内での闘争を行う。闘争の勝者が次の闘争に積極的になる勝ち癖 (Winner Effect) や、敗者が消極的になる負け癖 (Loser Effect) は、マウスや魚類から、軟体動物、昆虫に至るまで広い分類群で見られる行動の可塑性であり、戦術や生活史を多様化させる重要な原動力である (Camazine 2001, Rutte et al. 2006)。動物界に広く存在する勝ち癖・負け癖の背景には、勝敗の経験を何らかの形で脳内に保持するような共通の生理メカニズム (= 闘争記憶のメカニズム) が存在すると類推される。本発表では闘争を介して劇的に行動を変化させるトゲオオハリアリとオオツノコクヌストモドキを例に、1) 闘争前後でどのような行動変化がおこるのか、2) 行動変化の生理的基盤、とくにアミン系の作用、について報告し、種間での共通性・相違性や生態学的意義について議論する。

## E1-12

## 南アルプス北部におけるニホンジカの季節移動

\* 瀧井暁子 (信州大院・総合工学系), 泉山茂之 (信州大・農), 望月敬史 (あかつき動物研究所)

南アルプス北部の高山帯において、1990年代末からニホンジカが初めて確認されるようになった。さらに、2006年頃からは高山植物群落に、ニホンジカによる採食の影響が顕著にみられるようになり、現在では希少な植物群落の消失が危惧されている (中部森林管理局 2007)。

高山帯まで進出したニホンジカの年間を通じた行動を明らかにするため、当地域では、2006年より電波発信器を装着した追跡を実施している (泉山・望月 2008)。しかしながら、当地域の山岳地形の複雑さやアクセスの悪さから、地上波による個体追跡では詳細な環境利用の把握に限界があるため、2007年以降は GPS 首輪による個体追跡を継続的に実施している。

本発表では、2007-2009年に南アルプス北部の北沢峠 (標高 2,032m) 付近で捕獲し、9ヶ月以上追跡可能だった成獣5頭 (オス4頭、メス1頭) の利用場所、利用標高、移動距離、移動時期について報告する。GPS 首輪の測位間隔は、1時間に設定した。各シカの GPS 首輪の測位成功率は 36-86%であった。追跡個体は、それぞれ異なる地域を季節的に利用しており、3ヶ所以上の集中利用域を有していたが、共通して捕獲場所の北沢峠付近に一定期間滞在していた。年間の利用標高差は、個体により 332-2,078m と大きく異なり、メス1頭を除くオス4頭が標高 2,500m を利用していた。また、月毎の平均利用標高は、11-4月まで大きく変化せず、5月以降上昇し、7-8月に最も高く (標高 2,019.9-2,913.6m)、その後徐々に下降し 10月には標高 2,000m まで下がった。標高 2,500m 以上の亜高山帯上部-高山帯における滞在期間は、個体により異なっていた。このように大規模な標高移動をするニホンジカについての知見は、これまで本州地域で得られていなかったものである。

## E1-13

## 表面採食性海鳥の海上分布に影響する要因

\*倉沢康大、小笠恒夫(北水研)、板橋豊(北大院水産)、山本麻紀(長岡技大)、綿貫豊(北大院水産)

海鳥は巧みに海洋資源を利用する。その海上分布のメカニズムの解明には、(1) 物理海洋環境から一次生産性、餌生物、海鳥の分布に至るプロセス、(2) その海域での餌種、の2点を明らかにしなければならない。日本周辺で繁殖するオオミズナギドリは、育雛期には、北海道南東部太平洋(道東海域)に採食のために飛来するが、どういった水塊で何を食べているのか十分にわかっていない。

本種は一度繁殖地を離れてから再び戻るまでの期間が長く、餌を消化して胃内に脂肪(胃油)を蓄積するため、残滓の分析やDNA分析では餌構成を完全に知る事は難しい。そこで、餌種推定のために、胃油の脂肪酸組成を分析して、海産動物の脂肪酸組成と比較した。また、海鳥の海上分布は調査船を用いた目視調査、餌生物の分布は魚群探知機による音響調査、物理海洋環境と一次生産性は海洋観測と衛星画像解析によってそれぞれ明らかにし、本種が集中する水塊とその特徴を調べた。

胃油の脂肪酸組成は、サンマやイワシ類(カタクチイワシ、マイワシ)、それらの中間的な値を示し、浮魚類に依存していると考えられた。着水個体は沿岸の高塩分の水塊で多く、この水塊では魚類密度も高かった。道東海域では、暖流系水の影響がある高塩分の水塊にカタクチイワシが多いため、それを採食する本種も多かったと考えられる。飛翔個体は沖合の親潮域内で高温の水塊で多く、繁殖地への往復、もしくは低温の親潮域と暖流系水との前線付近に探索努力を集中させていた事を示唆する。一方、ファインスケール(1-20km)では本種の密度と魚類密度には相関がなく、魚類密度や本種の密度とクロロフィルa濃度には一定の関係は見られなかった。以上から、オオミズナギドリは浮魚類に依存し、それらが多いと予測される水塊を知っているが、その中では全ての魚群を的確に発見している訳ではない事が示された。

## F1-01

## 道東・標津町における携帯電話を活用したリアルタイム通信によるヒグマ行動追跡

\* 坪田敏男(北大・獣), 平野沙衣子(北大・獣), 藤本靖(NPO 南知床ヒグマ情報センター), 上野洋一(NTTドコモ), 長田雅裕(標津町), 郡山尚紀(北大・獣), 下鶴倫人(北大・獣)

道東・標津町では、近年ヒグマ(*Ursus arctos*)の目撃情報が増加しており、人との軋轢の高まりが懸念されている。しかしながら、有効なヒグマ保護管理策を策定するための生態学的情報が不足しているのが現状である。そこで、ヒグマの行動圏、土地利用ならびに移動ルート把握のために、新たに携帯電話のGPSシステムを活用した発信機を開発し、リアルタイム通信によるヒグマ行動追跡を行ったので報告する。

2009～2010年に標津町で8頭のヒグマを捕獲し、7頭(すべて雄、体重48～367kg)の行動を追跡した。追跡期間は1～51日間であった。ヒグマを捕獲した場合、基本的に翌日に麻酔をかけ発信機を装着して野外に放獣した。麻酔には、塩酸ゾラゼパムと塩酸チレタミンの混合液(ゾレチル、ビルバック社)と塩酸メドミジン(ドミトール、明治製薬)を使用した。体重測定、採血、各部身体計測、発信機装着、抜歯および耳標装着を行った後、ドミトールに対する拮抗薬、塩酸アチパメゾール(アンチセダグ、明治製薬)を投与して覚醒を促した。その結果、全個体がハンドリングの翌日には移動を開始した。最も長期にわたって行動を追跡できた個体の移動距離は平均7.1km/日であった。行動圏については算定できなかったが、知床半島基部から別海町まで南北に大きく移動する傾向にあった。主に河川沿いや林帯を利用して移動し、海岸付近から山間部まで全ての環境を利用していた。以上のように、今回新たに開発した発信機はヒグマ行動追跡に有効であることがわかった。

本研究は、セブンイレブンみどりの基金、ニトリ北海道応援基金および三井物産環境基金の助成を受けて行われた。

## F1-03

## 雄アマゴの成熟サイズの個体群間変異：小さい川では小さい雄がお得？

\* 森田健太郎(北水研), 坪井潤一(山梨水技セ)

多くの動物では体サイズに性差がある。一般に、一夫多妻の哺乳類では雄の方が大きく、乱婚で産仔数が雌の体サイズに規定される魚類では雌が大きい。

しかし、サケ科魚類の体サイズの性差は一様ではなく、これは雄の多様な繁殖戦略と関係すると考えられる。つまり、サケ科魚類の雄の繁殖行動にはスニーカーとファイターという二つの戦略があり、大きい雄はファイターの戦略、小さい雄はスニーカーの戦略をとるが、両者の繁殖成功には産卵場の物理環境なども影響するだろう。例えば、水深が浅く狭い川では、小さい雄の方が繁殖時の行動圏が広く、スニーカーの繁殖成功が高まると予想される。

本研究では、サケ属アマゴの成熟サイズの個体群間変異を調べ、それらと河川規模との相関関係を調べた。調査は、2010年10月15-20日に山梨県富士川水系の8支流で行った。各支流において、産卵場を含む200-300mの区間でアマゴを捕獲し(計613個体)、川幅および水深を計測した。捕獲したアマゴは、体長の計測と性成熟の判別を行った。

雌雄ともに支流間で成熟サイズは有意に異なったが、雄の方が大きな支流間変異が認められた(支流間の分散成分、雄38%、雌16%)。雄の成熟サイズは、水深および川幅と負の相関があり、小さい川ほど早熟の傾向にあった。一方、雌の成熟サイズは、河川規模と相関はなかった。相対成熟サイズ(成熟雄の体サイズ/成熟雌の体サイズ)は河川規模と正の相関があり、大きい川では雄の方が大きく、小さい川では雌の方が大きかった。

以上の結果から、小さい川では雄の成熟開始サイズが小さく、また、小さい川では雄の方が雌よりも相対的に小さいことが示された。これは、小さい川ではスニーカーが有利になり、雄の体サイズに性淘汰があまり働かないためであると考えられた。

## F1-02

## 釧路湿原のタンチョウ新規営巣地はどのような植生か

\* 正富宏之(NPO・タン保研), 正富欣之(北大院・農)

北海道のタンチョウ *Grus japonensis* は約1300羽を数え、現在も増加傾向にあり、繁殖番い数も380番いほどに達したと思われる。繁殖番いは一定地域を排他的なわばりとして占有する傾向を示すから、増加番いは一般に新たな繁殖場所を選ぶ必要がある。そのときの選択条件を知ることは、個体群成長にかかわる環境収容力や、種維持のための環境保全上からも重要な知見となる。そこで環境要素の一つである植生との関連をみるため、釧路湿原を対象に、最近10年間(2000-2009)のGISデータ化した営巣地点を2005年環境省作成の植生図に重ねて解析した。その際、当該年以前3年間の半径約700m営巣圏内に含まれない巣(ただし地形条件等も考慮)を、便宜的に各年の新規営巣とみなした。

使用植生図は、植物群落のほか開水域など含む24環境タイプを含み、地域としては湿原への流入河川中・上流域等を除く、いわば湿原中心域である。釧路湿原地域のタンチョウ繁殖番い数は10年間で約1.7倍に増えたが、植生図範囲内では約1.3倍に留まり、新規営巣地増は植生図範囲外で著しい。それでも、植生図範囲内で新規とみなした巣が年平均5.1(範囲3-9)ヶ所認められた。そこで、それらの営巣地点植生を、試みに2004年および2009年における新規以外のそれと較べたが、異なる傾向はみられなかった。さらに、営巣地点を中心に周辺約10ha円内の環境タイプの構成・面積をみても、新規営巣地点周辺とそれ以外との間で差異はなかった。

したがって、タンチョウの営巣地は基本的にヨシ群落かヨシ・ハンノキ群落が選択され、植生図で示された他の植生タイプとの明確な結びつきは認められなかった。このことから、小スケールの営巣地点選択において、二次元的表現の植生図群落よりも、各営巣地点における空間構造、地理的条件、採餌条件等が大きく関わることを想定すべきである。

## F1-04

## 魚のにおい物質がミジンコ個体群に与えるコストとは？

\* 井上美幸, 花里孝幸(信州大学山岳科学総合研究所)

ミジンコの仲間水界生態系食物網において重要な位置にあり、湖沼にふりそそぐ太陽エネルギーを、植物プランクトンからプランクトン食魚へ受け渡す、かけ橋の役割を担っている。そこには、捕食一被食の関係だけでなく、生物たちが水中に放出するにおい物質を介したコミュニケーションが存在する。

ミジンコの仲間には、魚のにおい物質を感知して、生活史特性を変化させるものがある。その変化は、ミジンコ個体が、小さな仔虫をたくさん生むというもので、魚から見つかりにくくなるという利点があると考えられている。ところが、この生活史特性の変化に付随するコストは明らかにされていない。

そこで、ミジンコ(*Daphnia pulex*)が、魚のにおい物質に曝されたときの反応を実験的に解析した。まず、ミジンコ個体を2つの餌密度が異なる条件下で魚のにおい物質に曝し、小仔多産の戦略が見られるかどうか検証した。その結果、低餌密度条件下では、その戦略が見られなかった。ミジンコは、餌条件が異なると、魚のにおい物質への反応を変えることがわかった。一方、ミジンコを個体群で魚のにおい物質に曝すと、個体数はいったん増加するものの、その後、低密度で推移した。つまり、個体実験で算出された個体群増殖率に比べ、著しく増殖率が低下した。すなわち、魚のにおい物質に反応することに、個体群レベルでのコストが存在すると考えられる。

本実験で示されたように、ミジンコとプランクトン食魚の間には、捕食一被食の関係だけでなく、におい物質を介した関係がある。それによって、生態系全体のエネルギー転換効率が変化し、湖沼生態系の機能が左右されることが予見される。

## F1-05

## 池の堆積物中におけるミジンコ耐久卵の分布と孵化条件

\* 平野真聡, 花里孝幸 (信州大学山岳科学総合研究所)

## F1-06

## 群集における機能形質の動態と生態系機能：霞ヶ浦動物プランクトン群集への適用

田中嘉成 (国環研・リスク)

環境変化に対する生物群集の反応を、機能形質の分布(形質の平均値など)の変化として解析する理論的枠組みを研究した。群集の動態が多種のロトカ・ボルテラモデルに従い、種間競争が資源分割モデル(多次元類似限界モデル)に従うとき、群集内平均形質値の変化は、種選択係数(種の内的自然増加率の形質値に対する回帰係数)と形質分散の積に比例する。種数が多い場合、形質が種の競争能力を左右する場合でも、群集内形質変化は種間相互作用によってほとんど影響されず、群集内の形質分散と種選択によってほぼ決まる。ただし、このことは、群集が動的平衡状態にあること、種間競争が対称的である資源分割型であることが条件である。また、多形質の場合は、形質の応答が形質間の共分散に左右されることがわかった。

さらに、形質間の共分散と群集内平均形質値の変化から、群集変動をもたらした環境因子を推測する方法を考案した。適用例として、霞ヶ浦動物プランクトン群集の機能形質を整理したうえで、霞ヶ浦長期モニタリングデータに基づいて、動物プランクトン群集における同化効率(生態効率)の長期変動を解析した。また、環境要求性に関する機能形質の解析も同時に行い、同化効率変化に対する環境要因(温度変動、栄養塩負荷量)の影響評価を試みた。動物プランクトン群集の平均同化効率の時系列データに対して、特定期間内の周期変動をウェーブレット解析によって調べた。その結果、比較的短周期のピークが機能形質間で一致し、水温の変動に対して2ないし3年遅れでミジンコ群集が同調していること、群集レベルの同化効率も同様に共変動していることがわかった。水温の長期的変化に反応して、生態系機能が応答していることが示唆された。

## F1-07

## 文献調査に基づく60年代琵琶湖食物網の構築

\* 高嶋あやか(龍谷大・理工), 近藤倫生(龍谷大・理工)

琵琶湖は、日本の湖の中でも特に豊かな生物相を有する。報告されている水生動植物1000種あまりのうち61種(亜種、変種を含む)が固有種である。琵琶湖の生物群集は、外来種の移入や、湖岸整備、人為的な水位調整などといった人間活動の影響を受けて変化しているといわれている。生物群集の変化を論じるためには現在と過去の状態を比較することが必要だが、琵琶湖の食物網が過去どうであったのかという問いに対する具体的な研究は少ない。

そこで、琵琶湖総合開発が行われる以前であり、まだブラックバスやブルーギルなどの外来魚の影響が顕著ではなかった1960年代に注目し、文献調査に基づいた食物網構築を試みた。食物網構築に必要な食性に関する情報は、原則的に胃内容調査のデータを収集し使用した。今回の研究では、扱った生物種に関してはすべて連鎖するような、50個のノード、201本のリンクから成る食物網が得られた。だが、複数の調査論文を総合して食物網構造を決定する過程で解像度の統一に関する問題が生じた。ある調査では種レベルでの同定がなされているのに、他の調査では機能群に基づいた同定がなされるなど、データ間で解像度が一定でなく、しばしば項目のオーバーラップが発生した。これらの問題を解決するために解像度を調整することで複数の食物網を構築し、これらの食物網の構造的特徴を比較した。本発表では、琵琶湖食物網の構造的特徴と、食物網構築方法への食物網構造指標の依存性についても考察したい。

## F1-08

## 河川横断構造物のない朱太川水系における魚類群集と空間分布

\* 宮崎佑介, 照井 慧, 鷺谷いづみ(東大院・農)

通し回遊魚の移動を妨げる河川横断構造物による分断化や、止水性魚類の生息場所を喪失させる氾濫原湿地の開発は、水質汚染や外来生物の影響とともに淡水・汽水魚類の生息を脅かす主要な要因となっている。

本研究では、本川には河川横断構造物がない一方で、氾濫原湿地の大半が既に失われている北海道南西部の朱太川水系に生息する魚類の分布、および局所環境要因と河川に沿った海からの距離が種の個体数に及ぼす影響を検討した。

朱太川水系の本川16地点(48トランセクト:20m×2m)、4支川12地点(36トランセクト:20m×2m)を調査地点として設定し、2010年の夏季および秋季に定量調査(魚類の種ごとの個体数、DO、流速、底質、水深、被覆率)を行った。各地点までの河川に沿った海から距離は地形図から算出した。記録された種を、既往の知見から河川と氾濫原の依存度の指標となる流水性・準流水性・止水性の3タイプに分けて、季節別に魚類群集組成の比較を行った。また、10トランセクト以上で記録された魚種について、個体数と諸要因との関係を、地点をランダム効果としたGLMMによって解析した。

調査の結果、夏季・秋季ともに、流水性、準流水性、止水性の降順に個体数が多かった。また、秋季には夏季よりも流水性魚類の割合が増加、準流水性魚類の割合は減少した。

GLMMの結果、秋季には湖上中のシマウキゴリ稚魚を除き流水性の種には概ね流速の正の効果、準流水性の種には負の効果が認められた。さらに、秋季には絶滅危惧種のカジカ中卵型は大礫の、カワヤツメ属未同定種(アンモシーテス幼生)には砂の有意な正の効果が認められた。また、夏季と秋季の双方について解析した種において、秋季の方でのみ被覆率や底質の影響を受けている種があり、成長段階によって微妙にハビタットを変化する可能性が示唆された。

## F1-09

## 花崗岩溪流における底生動物の特性：群集構成とトゲマダラカゲロウ属の体斑紋

\* 山中信彦, 加賀谷隆 (東大院・農・森林動物)

東アジアは火山帯が多く、流域地質や河床が花崗岩である溪流が少なくない。流域地質は、河川の水質、流量変動パターン、河川地形や河床の特性などを介して河川生物に影響を与えると考えられるが、流域地質として花崗岩帯が優占する溪流(花崗岩溪流)の特性が河川生物に与える影響についての実証的な研究はほとんどない。演者らは、花崗岩溪流の河床に占める砂の割合の大きさに着目し、花崗岩溪流における瀬の底生動物群集の特性について以下の仮説を立てた。(1) 出水時に河床の表面を移動する掃流砂の石面付着物に対する研磨作用が大きく、石面付着物が発達しやすい緩流域を好む石面付着物食者の生息数は少ない。(2) 礫間を砂が埋めるはまり石の割合が大きく、生息場の安定性の高さにより礫面に生息する浮遊有機物食者の生息数は多い。関東近辺の、花崗岩帯、堆積岩帯、火山岩帯がそれぞれ優占する20地点で調査を行ったところ、(1)はコカゲロウ科とヒラタカゲロウ科について、(2)はシマトビケラ科について支持する結果が得られた。

花崗岩の優占する河床は、礫が白黒斑であり、白砂が多いという特性がある。底生動物は、この色彩特性に対し、捕食被食関係を通じた応答を示す可能性がある。体背面の斑紋に大きな種内変異を示すオオマダラカゲロウ幼虫について、様々な地質に由来する砂礫の河床を持つ18地点で採集した成熟個体の体背面の32部位における明度を測定し、クラスター分析により斑紋パターンを6タイプに分類した。その結果、花崗岩優占河床においては、他の河床に比べ、地色が明るく斑紋が明瞭なタイプの個体の割合が大きかった。斑紋パターンは同一地点の個体ほど類似する傾向が認められたことから、斑紋の決定には表現型の可塑性だけでなく遺伝的要因の存在が示唆される。

## F1-11

## 高水温によるサンゴ大規模白化の短期的“勝者”は長期的にも“勝者”だったか？

R. van Woiesik (Florida Inst Tech), \* 酒井 一彦 (琉球大・熱生研), A. Ganase (Florida Inst Tech), Y. Loya (Tel Aviv Univ)

サンゴ群集(造礁サンゴとソフトコーラルの群集)は近年、世界的に高水温ストレスの影響を受けている。沖縄県瀬底島南東岸のサンゴ礁原において我々は、1997年~2010年の間に7回、サンゴ群集の調査を行った。1998年夏季に水温が平年よりも2.6℃上昇し、高水温と強光が原因でサンゴの大規模白化が起こり、サンゴ群集の被度が85%減少し、造礁サンゴの種数が61%減少した。特に樹状サンゴが強く影響を受け、ほとんど全てが死亡した(短期的“敗者”)が、塊状サンゴは白化したものの、多くが生き残った(短期的“勝者”)。本研究の目的は、短期的な“勝者”と“敗者”が、長期的にはどうなるかを検討することである。大規模白化後約10年で、造礁サンゴの被度と種数は大規模白化前と同程度に回復したが、種構成は変化した。短期的“勝者”の多くは、成長が遅かったため、回復した群集では優占とならなかった。長期的“勝者”は、(1) 短期的“勝者”で、親の近くに幼生が定着する繁殖様式(幼生保育)を持つ種、(2) 短期的“敗者”で、高水温期に生き残った部分から、破片分散を含め急速に成長した種、(3) 短期的“敗者”で、大規模白化後幼生加入が成功した種、であった。群集形がテーブル状とコリンボース状(短い枝状)のミドリイシ属数種は、上記(3)の長期的“勝者”であったが、2004年以降の新規加入はほとんどなく、メタ個体群の範囲内での親サンゴの減少により、幼生の供給量が減少していることが示唆された。サンゴの世代時間は、以前考えられていたよりは短いことや、サンゴに共生する褐虫藻には温度耐性の異なる遺伝子型があることから、サンゴの高水温への適応や順化の可能性を議論する。

## F1-10

## サンゴ礁魚類の局所群集とメタ群集の構造：拡大航空写真を用いた生息種数の予測

\* 服部昭尚 (滋賀大・教育・理数情報), 渋野拓郎 (水研セ・養殖研)

海洋生物は、基本的に浮遊幼生期に移動分散を行うため、大きな生息地パッチだけではなく、小さな生息地パッチにも定着・定住が可能である。しかし、生息地保全等の対象としては、大パッチのみが注目される傾向にある。例えば、多様な魚類等が生息するサンゴ礁では、大規模なサンゴ群落を有する場所は海洋保護区として検討されうるが、小さなパッチリーフの散在する場所が注目されることはない。小パッチ群でも大パッチと同等な総面積とサンゴの被度があれば、生息種数は同等と考えられよう。これまでの著者らの石垣島白保サンゴ礁におけるスズメダイ科魚類の種数面積関係の研究では、むしろ、小パッチ群の方で生息種数が多いことが示された(Hattori & Shibuno 2010)。大パッチではなわばり制藻食魚による負の種間関係が存在しうるが、小パッチではほぼランダムな定着によってのみ生息種が決まるからである。しかし、実際には、なわばり制藻食魚の中には、負の影響を示さない種も存在し、大パッチでは想定外の要因が負の影響を及ぼしていると考えられた。本研究では、まず、なわばり制藻食魚の3種(ハナナガスズメダイ、クロソラスズメダイ、スズメダイモドキ)の空間配置を観察し、大パッチの高パッチでは垂直面と水平面を種間で使い分けることを見いだした。また、プランクトン食魚の一部についても高パッチで生息種数が多い傾向が示された。そこで、全パッチ高を計測し、パッチ面積とサンゴ被度に加えて説明変数を増やすと、生息種数予測の回帰関数の寄与率は上昇した。また、リーフ高と面積の回帰分析の結果は、大パッチでは相対的にリーフ高が大きくなることを示した。パッチリーフの投影面積だけでは生息種数の予測に限界があるが、リーフ高とサンゴ被度のデータを加えれば、ある程度生息種数を予測でき、生息地パッチ群の質を評価できるのではないだろうか。

## G1-01

## アフリカ熱帯林におけるマンドリルの採食生態 - 200頭の大集団が何を食べて生きるか -

\* 本郷峻, 京都大・理

果実食性を示す多くの霊長類は、群れの遊動域内の生息地利用のパターンを生息地の果実資源量の季節的な変化に応じて大きく変化させることが知られている。また、いくつかの種において、遊動域内の果実量の季節的な減少に応じて群れの凝集性を低め、小さなパーティを形成することが報告されている。アフリカ熱帯雨林に生息する霊長類であるマンドリル (*Mandrillus sphinx*) は、数百個体にも及ぶ非常に大きな群れを形成し 100km<sup>2</sup> を超える広い遊動域をもつことがあるが、生息地利用や凝集性の季節的な変化の有無や傾向についてはほとんど明らかにされていない。

発表者はガボン共和国、ムカラバ - ドウドゥ国立公園内に約 30km<sup>2</sup> の探索域を設定し、探索域内を年間遊動域の一部として考えてられる、群れサイズおよそ 200 個体と推定されるマンドリルの群れを対象として、行動観察と糞の内容物分析を実施した。また、同時期の結実フェノロジーの推移についても、落下果実センサスによって評価した。

探索域内における集団の発見率は探索域の結実種数に相関し、多くの果実が結実する時季ほどマンドリルの発見頻度が高かった。また、発見頻度が高かった時季は果実食性を最も高く示す時季と一致した。さらに、発見したパーティの推計個体数はその時の食性によって異なり、果実をより多く採食する時季には 50 個体未満の小さなパーティが他の時季に比べ多く観察され、一方で、地中の根や樹皮、昆虫類を多く採食する時季には 150 個体以上の大きなパーティが観察された。

マンドリルの群れは結実フェノロジーに応じて生息地利用パターンを変化させ、少なくともある時季には、遊動域の一部を偏って集中的に利用することが示唆された。また、多くの霊長類と異なり、果実食性傾向の高まりに応じて群れの分派を促進させ、パッチ状に分散した果実を効率よく採食することを可能にしていると考えられる。

## G1-03

## 北海道で繁殖するオジロワシの遺伝的多様性

白木彩子\* (東農大・生物産業)・杉本太郎 (北大院・環境科学院)・斎藤慶輔 (猛禽医学研)・大沼学 (国環研)

オジロワシ *Haliaeetus albicilla* は北半球に広く局所的に分布する。北海道は極東地域の繁殖地南限に当たり、2009 年度の調査では約 150 つがいの繁殖が確認されている。本種の保全において遺伝子レベルでの検討も必要であることから、本研究は北海道における繁殖集団の遺伝的多様性および集団の遺伝構造について明らかにすることを目的として行った。

北海道の営巣地で捕獲したオジロワシの巣内ヒナの皮膚組織や営巣つがいの羽、回収された死体の筋肉や血液から DNA を抽出し、Hailer et al. (2007) で報告されているプライマーを用いてミトコンドリア DNA コントロール領域 504bp 断片の塩基配列を決定した。

これまでに塩基配列が決定できたサンプルのうち、越冬個体の可能性を否定できないものや同一個体の可能性のあるものを除いたサンプルを北海道繁殖集団 ( $N=76$ ) とした。北海道繁殖集団においては 10 種類のハプロタイプを確認した。これらのハプロタイプのうち 3 タイプは、先行研究 (Hailer et al. 2007) により北海道とロシアのアムール地域で確認されていた。また、これらの 3 タイプのうち 1 つは北海道各地で出現し、全体の 80% を占めた。残りの 8 タイプは本研究で初めて確認されたが、いずれも出現頻度は非常に低かった。

北海道繁殖集団のハプロタイプ多様度は 0.4280 ( $\pm 0.0706$ )、塩基多様度は 0.002019 ( $\pm 0.001522$ ) と算出され、両者とも比較的低かった。また、北海道繁殖集団を東部地域、北部地域に分けて両者の遺伝構造を比較したところ、両集団は遺伝的に分化している可能性が示唆された ( $F_{st}=0.3248, P < 0.00001$ )。

## G1-02

## 岐阜県大野郡白川村周辺に生息するニホンツキノワグマの食性の年次変化と栄養評価

\* 加藤 真 1・杉浦 里奈 1・内山幸紀 2・鈴木敏章 2・古賀桃子 2・日紫喜文 2・加藤 春喜 3・橋本啓史 2・新妻 靖章 2 (名城大院・農 1・名城大・農 2, トヨタ白川郷自然学校 3)

近年ツキノワグマ (以下クマ) の人里への出没などで人との軋轢が生じている。軋轢を減少させるためにはクマの生態を理解する必要がある。食性はクマの行動に大きく影響することが知られ、クマの保護・管理に必要な調査事項である。クマの食性は各地で調べられているが地域差や年次変化があり、食性解明には各生息地での長期的な調査が必要である。

本調査では岐阜県白川村で 2008 ~ 2010 年 4 月 ~ 11 月の期間クマの糞を採取し、08 年, 09 年, 10 年度それぞれ 189, 442, 244 個の糞を分析をした。糞の各内容物の割合、出現頻度から重要度指数から食性を示した。また、クマの採餌する食物の栄養分析もおこなった。春の食性: 前年度のドングリ類が豊作だった 08 年度と 10 年度は前年度に残存したミズナラ, コナラを多く利用した。一方前年度のドングリ類が並作だった 09 年度はザゼンソウに大きく依存した。初夏: 08, 10 年度は前年度に主に残存したミズナラ, コナラ堅果やササ属を利用し, 09 年度はササ属やシシウドの草本類を利用した。また、少量だがアリも利用されていた。晩夏: 08 年度はウワミズザクラ, 09 年度はミズキ, 10 年度はクリの果実に大きく依存し、はっきりした年次変化がみられた。秋期: コナラやミズナラなどが不作だった 10 年度はクリの堅果, 次いでコナラやミズナラ, 民家近くのカキノキの果実を利用した。ドングリ類が並作だった 08 年度はコナラやミズナラ, 次いでウワミズザクラやヤマナシを利用し, ドングリ類豊作だった 09 年度ドングリ類に大きく依存した。

本調査において堅果の豊凶がクマの食性に影響を与えていた。栄養価についてはアリは植物質に比べ栄養価が高く、重要度が過小評価になっていた。

## G1-04

## ベイズ推定を用いた大型野生動物の個体群動態について

\* 関香菜子 (兵庫県立大・院), 岸本康誉, 坂田宏志 (兵庫県立大学・兵庫県森林動物研究セ)

近年、野生動物による農林業被害が深刻であり、被害軽減に向け被害管理・生息地管理に合わせて、狩猟や管理捕獲による個体数管理が求められている。適切な個体数管理のためには、個体群動態の把握を行い、対象種の自然増加率及び個体数から捕獲頭数を決定する必要がある。

個体群動態を推定するためには、広域的及び継続的に収集でき、個体群の実情を反映した指標を用いる必要がある。さらに、推定手法に求められる条件としては、収集できたデータをできる限り柔軟に組み込むことができ、一定の信頼を得られる方法である必要がある。

本研究では、全国的に収集可能であったデータを用いて、階層ベイズモデルにより個体群動態の推定を行った。各パラメータの事後分布は、マルコフ連鎖モンテカルロ法により得た。用いたデータは、有害及び狩猟による捕獲数と銃猟及びびわな猟の狩猟登録者数で、対象とした種は、ニホンザル、ニホンジカ、イノシシ、ツキノワグマである。作成したモデルは、捕獲数及び狩猟登録者数あたりの捕獲数が個体数に比例すると仮定し、捕獲率、増加率は一定とした。個体群動態の推定は、全国スケール、県域スケールで行い、また、対象種間の推定精度 (中央値と最大値の差) の比較を行った。

その結果、各種の個体群動態の推定は可能であった。ただし、その精度は主な狩猟対象種であるニホンジカやイノシシの方が高かった。また、全国スケールでの推定精度が高くても、同じデータセット、モデルにより県域スケールで推定を行った場合、収束しないことがあった。そのため、県域スケールで推定するには、データの精度の向上と、その他県域スケールで収集可能な指標を組み込んだモデルが必要だと考えられた。

## G1-05

## 熱帯昆虫の個体数変動における季節性パターン

岸本圭子(地球研)

年中高温な熱帯に生息する昆虫の個体数は、温帯とは異なり1年を通して恒常的だと信じられてきた。ところが、熱帯でも雨量の季節変化が明瞭な季節林においては、多くの昆虫の個体数変動に年周期の季節性がみられることがわかってきた。その結果、熱帯においても生物群集全体の季節に連動した動態が普遍的な現象として知られるようになってきている。しかしながら、季節林でみられる特性が他の気象条件をもつ熱帯地域でもみられるのかどうかについては詳しく検討されてこなかった。

東南アジア熱帯の中心部は、年中高温・多湿・多雨で、1年を周期とする気象の季節的な変動が弱い。これまで演者らは、この地域の植食性昆虫(甲虫目ハムシ科)の個体数動態を調べ、季節林でみられるような予測性の高い個体群動態は多くの種でみられないことを明らかにした。これらの結果は、熱帯昆虫の個体数変動様式に関する従来の定説を覆す材料となり、東南アジア熱帯の非季節林に生息する昆虫では、非季節的な個体数動態が普遍的であることを示した(Kishimoto-Yamada et al. 2010)。ところが、同じ非季節林においても、植食性コガネムシ類が顕著な季節性を示すことが報告されている(Kato et al. 2000)。今回新たに植食性コガネムシ類十数種を対象に季節性の有無を検討した結果、多くの種において顕著な季節性を確認した。こうした一連の研究によって、東南アジア熱帯の非季節林に生息する昆虫の個体数変動様式には、非季節的な側面ばかりでなく、暦上の季節に連動した季節的なパターンもみられることがわかってきた。

Kishimoto-Yamada et al. (2010) Insect Conservation and Diversity 3:266-277 / Kato et al. (2000) Population Ecology 42:97-104

## G1-07

## 佐渡および新潟の砂浜海岸におけるナミノリソコエビ(端脚目) 個体群の時空間変動

高田宣武, 梶原直人(水研セ・日水研), 鈴木雄也(新潟大・院・自然科学), 山平寿智(琉球大・熱生研)

日本海沿岸の海岸線では、潮汐の振幅が小さく冬期の荒天によって底質が大きく攪乱されるため、砂浜がバッチ状に発達している。このような砂浜の汀線域には、フクロエビ上目に属する潜砂性の小型甲殻類が優占して生息している。これらの雌は哺育嚢内で幼体を成体と同様の形態になるまで生育させ、幼生期の長距離分散がないため、砂浜ごとに独立して個体群の変動が起こると考えられる。実際、汀線域に生息する端脚類ナミノリソコエビ *Haustorioides japonicus* の夏期の密度が新潟市内の近接する砂浜間で大きく異なっており、これは春期から夏期にかけての個体数の増加率が砂浜間で違うことが原因であると考えられている。そこで本研究では、佐渡および新潟近郊の砂浜にてナミノリソコエビの個体群を3年間追跡し、密度の年変動について調査した。

砂浜汀線域において汀線に垂直に3本のトランセクトを10m間隔で設置し、各トランセクト上に1m間隔で採集地点を設け、直径10cmのコアサンプラーで深さ10cmまで採集し、1mm目のふるいに残った生物を実験室に持ち帰った。持ち帰った生物は双眼実体顕微鏡下で同定し個体数を計数した。また、砂浜の傾斜、底質粒度、硬度、塩分などの物理的環境を記録した。

新潟では、ナミノリソコエビの密度が最低となる春期と最高となる夏期とでは2桁程度の密度変動が認められるのに対し、佐渡では1桁程度と変動の幅が少なかった。これは、佐渡では秋以降の密度減少が少なく、春期にもある程度の密度を維持するためであると推定された。北西季節風に伴う波浪による底質の攪乱が、秋期以降の密度減少の原因だとすると、波浪の影響の大きい新潟側で密度変動が大きいことが説明できる。冬期の波浪が厳しい砂浜海岸において汀線域の小型甲殻類が個体群を維持するメカニズムについて考察する。

## G1-06

## トゲサンゴ個体群の存続可能性解析

\*向草世香(JST さきがけ・長大水産・琉大熱生研), 新垣誠司(琉大・熱生研), 玉井玲子(琉大院・理工), 酒井一彦(琉大・熱生研)

1998年の大規模サンゴ白化現象によって、沖縄本島周辺のサンゴ群集は壊滅的な打撃を受けた。幼生の分散距離が短いトゲサンゴは、白化後、沖縄本島への加入がほとんどなく、個体群の回復は確認されていない。本研究では慶良間諸島に現在も残るトゲサンゴ個体群の存続可能性と、沖縄本島での回復可能性を推定した。

慶良間諸島座間味島うるのさちの水深約3mのリーフ上に定点方形区(5×5m)をもうけ、定期的な観察からトゲサンゴ個体群の変遷を追跡した。今回は、2009年と2010年に撮影した画像を解析に用い、個体の生存関数や成長率、部分死亡率、および幼生と破片の加入量を推定した。次に、個体群の動態を予測するために、個体ベースモデルを作成した。ここで、個体の生存や成長は推定した関数形に従って確率的に決まるとした。

解析の結果、うるのさちの個体群は緩やかな減少傾向にあり、20年後には消滅の可能性が高いことが明らかとなった。また、裸地から個体群が回復するためには、継続的な幼生の大量加入が必要であったことから、沖縄本島では今後もトゲサンゴの回復は望めないと考えられる。さらに、個体群の再生を促すために個体の移植を考えた場合でも、1度の移植では個体群は回復できないことが明らかとなった。以上の結果をふまえて、沖縄・慶良間海域のトゲサンゴ個体群の今後を議論する。

## G1-08

## フナ地域個体群の種内系統構成: 福井県三方湖水系におけるケーススタディー

\*武島弘彦(東大・大気海洋研), 松崎慎一郎(国環研), 児玉晃治(福井県・水試), 前田英章(福井県・海浜自然セ), 西田 睦(東大・大気海洋研)

フナ(*Carassius auratus* 種群)は、日本列島に広く分布する一次性純淡水魚であるが、近年の河川改修や外来魚の移植などの人為的な影響により、その個体数は減少の傾向にある。また、地域間の人為的移植放流の影響により、フナ地域個体群の遺伝的攪乱も危惧されている。ミトコンドリアDNA(mtDNA)分析に基づく最近の研究から、日本列島のフナは、本州、本州+四国、ならびに九州の、大きく3つの地域固有系統から成ることが明らかとなってきた。本研究では、フナの地域固有個体群の保全を目指して、ラムサール条約登録湿地として知られる、福井県三方湖ならびにその周辺水系に生息するフナの種内系統構成の把握を試みる。

2009年7月から2010年7月にかけて、三方湖周辺水系にて採集された、フナの稚魚ならびに成魚、合計306個体を試料とした。mtDNA調節領域の塩基配列を決定し、既知情報を用いて、ハプロタイプ間の関係を検討した。

mtDNAハプロタイプの最尤樹において、三方湖周辺水系のフナに見出されたほとんどのハプロタイプは、本州+四国で形成されるクレードに含まれた。その内の一部のサブクレードは三方湖周辺水域ハプロタイプのみで形成された。一方、九州ならびに中国大陸クレードにも、三方湖周辺水域ハプロタイプが各々1つずつ出現した。以上のことから、現在の三方湖周辺水域のフナは、少なくとも、本州+四国、九州、ならびに中国大陸の種内系統由来の個体から構成されることが伺われる。このような情報は、地域固有フナの保全の基礎となる。

## G1-09

## 小河川におけるウナギ漁獲量の変動

立川賢一\*・今村勝範(流域総合研究会)

「目的」日本におけるウナギの漁獲量は年々減少を続けており、2008年の漁獲統計では最盛期の85%にまで落ち込んだ。そのためウナギ資源が危機的状況にあるのではないかと懸念されている。河川環境の荒廃やシラスウナギの乱獲などが主な減少原因ではないかと考えられており、早急の管理対策が求められている。立川らは過去にウナギ漁獲量の多かった大・中河川ではウナギの生活環境を改善する対策が必要であることを提言してきた。今回、演者らは小河川のウナギ漁獲量の変動過程を解析することを通じてウナギ資源の管理のあり方をさらに検討した。

「方法」愛媛県の西南端にある僧都川(流域延長17.1km)の下流において、1994年以降、今村らは直径約1.5mの石倉を数基設置し、ウナギ鉢でウナギを漁獲した。漁獲日数や漁獲回数は一定ではない。漁獲日毎に目視によるウナギの大きさ(小、中、大、特大)別に漁獲尾数を記録しており、このデータを解析に使用した。なお、近くで別人らによる石倉のウナギ漁があるが、手元には利用できるデータはない。

「結果と考察」1)ウナギの大きさ別の年間漁獲量(C/Y)と年平均日当たり漁獲量(C/D)は、それぞれ異なる年で最高値を示した。2)大きさ別のC/YとC/Dの変動係数は共に、大>小>中の順であった。3)大きさ「小」との年遅れの相関を見ると、「大」では6年後、「中」では4年後の決定係数(R<sup>2</sup>)が高かった。4)僧都川へのシラスウナギの加入量の大きさが、その後のウナギ資源量に関連しているのではないかと、との示唆が得られた。5)ウナギ資源管理対策の有効な基礎資料を得るためには、環境条件の異なるいくつかの小河川でウナギ資源の動向を比較検討する必要があると考えられる。

## G1-11

## 太平洋クロマグロ0歳魚の漁獲死亡率推定を目的とした標識放流計画の検討

\*岩田繁英(水研センター・遠水研),市野川桃子(水研センター・遠水研),竹内幸夫(水研センター・遠水研)

標識放流実験とは、標識を対象個体に装着、放流後、放流位置・時間と個体が回収された時間・位置から移動率、死亡率等の推定を直接行う手法である。この手法は多くの魚類、陸上動物で行われている。しかし、実験計画や標識放流数の不足により、実際の管理に有用な推定値が得られた例は多くない。特に、広い海域を生息域とする高度回遊性魚類の標識放流には、実験計画段階での十分な検討を必要とする。遠洋水産研究所(現水産総合研究センター)と全米熱帯まぐろ委員会が1980年代に、水産総合研究センター・高知水産試験場では、1990年代より土佐湾で太平洋クロマグロの0歳魚を対象に、自然死亡率推定のための標識放流実験を実施した。その結果から推定された0歳魚の自然死亡率は、標識の放流年により異なる値を示し、自然死亡率に年変動のある可能性が示唆された。しかし、実際に自然死亡率に年変動がある場合、その値を正確に推定するためには十分な放流数の確保が必要である。

本研究では、シミュレーションモデルを用いた標識放流実験計画の検討を目的とし、太平洋クロマグロ0歳魚の自然死亡率、漁獲死亡率の推定を目標とした標識放流実験を対象とする。

シミュレーションモデルは遠洋水産研究所・高知水産試験場での実験結果を基に、空間構造を仮定しない単純な構造のモデルを作成する。次にシミュレーションモデルで用いた真の自然死亡率や漁獲死亡率と推定値との差を考察する。最終的に太平洋クロマグロ0歳魚の自然死亡率、漁獲死亡率の推定精度が向上すると期待される最低限必要な放流尾数、実験の継続年数、報告率について検討する。

## G1-10

## 絶滅危惧種ミヤマシジミのメタ個体群・地域個体群の構造について

渡辺 通人(河口湖フィールドセンター自然共生研究室)

ミヤマシジミ(*Lycaeides argyrognomon*)は、本州の宮城県から岐阜県にかけて記録があるが、2003年以降に確認された生息地数はそれ以前の約半数に急減し、環境省絶滅危惧Ⅱ類に指定されている(環境省動物分布調査報告書,2002)。山梨県内においても、1970年以降約100メッシュあった生息地が2005年以降は約10メッシュのみ(4メッシュは今回の調査地域内)の危機的状況にあり、絶滅危惧Ⅱ類に指定されるとともに早急な保全対策が必要と考えられている。

演者は、2003年以降富士山北麓地域を中心とした山梨県内で、本種の保全のための生態学的基礎調査を継続してきた。Watanabe & Hagiwara(2009)では、本種の特定の個体に特定の数頭のクロオオアリが幼虫期から羽化するまで随伴するという新しい忠誠的共生関係を発見したことを報告した。また、Ômura, Watanabe & Honda(2009)では、本種幼虫・蛹と随伴アリ4種の体表炭化水素の分析結果を報告し、これまで知られているCHCの化学擬態とは異なる機構で共生関係を築いているのではないかと考えた。

今回は、富士山北麓梨ヶ原地域(本種の地域個体群が4個、それらを包含するメタ個体群が1個存在すると考えられる地域)で、2004~2006年に計132日間実施した幼虫~成虫のルート・センサス調査および成虫のmark & recapture法による、2令以上の幼虫1412頭、成虫雄1465頭・雌637頭の調査結果を報告し、各地域個体群及びメタ個体群の内部構造について考察する。

## G1-12

## 産卵親魚量あたり加入量における密度効果のステューデントt検定

丹羽洋智(中央水産研究所)

個体群動態における密度効果の統計的検出に比べ、親魚量あたり加入量の親魚量密度依存性の検定に関する議論は意外なほど少ない。実際、個体群動態の時系列データとランダムウォークとを比較する検定法は、Bulmer(1975)を始め、いくつも提案されているが、資源・加入量の時系列から密度効果を検定する一般的な方法はない。一方、個体群成長率の密度依存関係の散布図を描く論文は驚くほど少ないが、魚類資源の再生産関係では一般的である(プロットの暴れは概して甚だしい)。

本研究では、線形化された確率モデルを用い、資源再生産の親魚量密度効果、および散布図に負の相関関係を見つけるための条件を、システムの(再生産ダイナミクスの)平衡点からの距離、および観測期間の長さに関して明らかにする。次に、密度効果の強さの統計尺度の従う分布関数を調べ、平衡点の不確定の幅と観測期間との間の関係を、ステューデントt統計量を用い定式化する。これによって線形確率モデルから導かれた密度効果検出条件の意味を平衡点の不確定性という観点から理解する。

資源・加入量の時系列のノイズの中から密度効果のシグナルが検出されるか否かを調べずに、再生産の(アприオリな)関係式をデータに当てはめたり、何らかの密度依存的関係式を推定したりすることは、データを読み解く上で重大な危険性を孕んでいる。Minto et al.(2008)は39魚種147個体群からなるデータセットのメタアナリシスにより、親魚量あたり加入量の変動性が資源密度に依存していると報告しているが、彼らのデータのうち密度効果が5%水準で有意なもの(102資源)だけを選ぶと、この不均一分散は支持されず、平衡点の不確定性に関係した見かけの現象であることがわかる。

## G1-13

## 生活史の違いで化学物質の生態毒性はどう変わるか

\*加茂将史(産総研・安全科学), 秋田鉄也(総研大・先導研), 林岳彦(国環研・環境リスク)

化学物質汚染地域から採取された生物は、順化・適応の結果として化学物質に対し低い感受性(高い抵抗性)を示すこともあれば、示さないこともあり、感受性に大きなバラツキがある。本研究では、生活史進化の理論モデルを用いてそのバラツキが存在する理由について調べた。

生物は環境から資源を吸収し、得た資源を繁殖、生命の維持、化学物質の毒性の緩和に配分するという仮定をおいた集団動態モデルを構築し、環境条件に応じて進化的に最適な配分比がどのように変わり、配分比に応じて化学物質への感受性がどのように変わるのかを調べた。

結果は、化学物質が無い環境で適応した生物は、毒性の緩和に対しては資源を配分しない。また、低密度で飼育された生物は、高密度で飼育された生物よりも、繁殖により多くの資源を投資するr-選択的な戦略になる。さらに、r-選択的な生物は、化学物質に対して感受性が低い(化学物質に抵抗性がある)ことがわかった。

次に、化学物質の汚染がみられる環境で、進化的に最適な配分比を求めた。配分比はどの程度効率よく毒性が緩和されるかに依存し、投資する資源量により指数的に緩和されると仮定した場合、緩和率が悪いと(効率が悪いと)、緩和に対し資源を配分しないが、効率が良いと一定量配分することがわかった。さらに、少しの投資では毒性はほとんど緩和されないが、ある一定量投資すると急速に緩和される、という関係にあれば、毒性の緩和へと投資を行い低い感受性を獲得する戦略と、投資せずに感受性が高いままの戦略が進化的に双安定になり、初期値に応じて感受性が異なることがわかった。この結果は、汚染地域に順化・適応した生物における、感受性のバラツキを説明する。

## H1-01

## ホンシュウハイイロマルハナバチの遺伝的多様性

\* 田中 洋之 (京大・霊長研), 須賀 丈 (長野県環境保全研), 丑丸 敦史 (神戸大・発達科学), 湯本 貴和 (総合地球環境研)

ホンシュウハイイロマルハナバチ (*Bombus deuteronymus maruhanabachi*) は、東アジア大陸や北海道に生息するハイイロマルハナバチ (*B. d. deuteronymus*) の本州産亜種である。須賀ら (2009) が行った長野県におけるマルハナバチ各種の分布と植生景観や標高・土壌との関係の分析で、本種は半自然草原に強い結びつきを示すことが明らかとなった。このような半自然草原は、過去数十年の間に急速に減少しているため、本種の生息場所の減少や分断化が危ぶまれており、事実、長野県において本種は絶滅危惧II類に分類されている。本研究は、半自然草原の重要な送粉昆虫であるホンシュウハイイロマルハナバチの遺伝的多様性を明らかにするために、マイクロサテライト DNA マーカーを用いて分析を行ったので、報告する。分析対象の個体は、霧ヶ峰群 (n=16)、八ヶ岳麓群 (n=21)、開田高原群 (n=27)、飯縄高原群 (n=7)、東御小諸群 (n=7)、軽井沢群 (n=10)、伊那群 (n=10) および菅平群 (n=27) からなる合計 125 個体である。マイクロサテライト 10 遺伝子座の遺伝子型判定を行い、各遺伝子座の遺伝的多様性のパラメータを算出した後、長野県内の個体群の平均ヘテロ接合率 ( $H_e$ ) を計算した。群間の遺伝的分化量を、 $F_{st}$  と  $Nei$  の遺伝距離によって測定した。分析した 10 遺伝子座の対立遺伝子数およびヘテロ接合率は、長野県全体で 2 ~ 13 個および 0.161 ~ 0.815 であった。各個体群の  $H_e$  は、 $0.411 \pm 0.072 \sim 0.494 \pm 0.062$  であった。遺伝的分化の調査から、伊那群および開田高原群が、長野県内の他の個体群から有意に分化していることがわかった。

## H1-03

## 環境 DNA を用いた魚類相把握法の開発

\* 源利文 (地球研), 山中裕樹 (龍谷大・理工), 本庄三恵, 川端善一郎 (地球研)

淡水域における生物多様性の喪失は深刻な問題となっている。そのため淡水域における生物相のモニタリングは非常に重要であるが、モニタリングには多大な労力が必要である。また、希少種などのモニタリングにあたっては非侵襲的な手法が求められる。そこで我々は淡水域における魚類の効率的かつ非侵襲的なモニタリング手法として環境 DNA を用いた魚類相把握法を提案する。環境水中にはさまざまな DNA が大量に含まれている。我々のこれまでの実験でも、湖水などの環境水中には魚類の DNA が大量に含まれていることが明らかになった。本研究では、環境 DNA を用いた魚類相把握法の可能性を見極めるため、水槽実験を行った。滋賀県内の河川で採取した魚類を用い、(A) カワムツのみの水槽、(B) カワムツ、メダカ、ブルーギルの水槽、(C) カワムツ、メダカ、ブルーギル、ドンコ、ギギの水槽を用意した。25℃で2日間飼育した後、各水槽の飼育水からエタノール沈澱法で DNA を回収し、市販の DNA 精製キットによる精製を経て、飼育水中のトータル DNA 溶液を得た。ミトコンドリアのチトクローム b 領域を標的とした縮退プライマーを使用して PCR 増幅した DNA 断片をクローニングし、各クローンのシーケンシングを行った。その結果、(A) の飼育水 DNA からはカワムツのみ、(B)(C) の飼育水 DNA からはそれぞれ水槽に入れた 3 種あるいは 5 種の魚と一致するシーケンスが得られた。このことは、水を診断することで、そこにどんな魚がいるのかを把握することが可能であることを示している。

## H1-02

## 免疫関連遺伝子座 MHC に基づくニホンテン集団の保全遺伝学的解析

\* 佐藤淳, 御厨昭平, 山口泰典 (福山大・生物工), 細田徹治 (和歌山耐久高校)

ニホンテン *Martes melampus* は食肉目イタチ科テン属に属する森林性の哺乳類であり、本州、九州、四国、対馬に自然分布する他、北海道には移入個体が生息する。本州、九州、四国にはホンドテンが生息する一方で、対馬にはホンドテンとは別亜種のツシマテンが生息しており、絶滅危惧II類 (VU) に指定されている。演者らは、これまでにミトコンドリア DNA 及び核遺伝子イントロン領域を用いた解析により、ツシマテン集団の遺伝的多様性がホンドテン集団よりも低いことを明らかにしている。本研究では、ツシマテン集団の絶滅リスクを生体防御能の観点から直接的に評価するために免疫機構に関連する MHC (主要組織適合遺伝子複合体) クラス II 遺伝子座の多型を解析した。ホンドテンとツシマテン各 14 個体について MHC クラス II DQB 遺伝子座を対象として PCR、サブクローニング、コロニー PCR、DNA 塩基配列の決定を行い、最終的に 28 個体から 356 個の DQB 遺伝子部分塩基配列を決定した。相同性解析の結果、DQB 遺伝子と相同であると考えられる 7 つのハプロタイプが得られた。コドン置換モデルに基づく最尤法を用いて分子進化解析を行ったところ、これら 7 つのハプロタイプの分化の過程において、正の自然選択が働いたことが示唆された。さらに、ベイズ法に基づき、抗原認識部位として知られる座位に正の自然選択を検出した。各ハプロタイプを採集地点にプロットすると、ハプロタイプ 1、3、4 は本州、九州、四国の複数地域で観察された一方で、ハプロタイプ 6 は対馬のみ、ハプロタイプ 2、5、7 は四国のみで観察された。また、本州、九州、四国はいずれも複数種類のハプロタイプを有する一方で、対馬集団の持つハプロタイプは 1 種類であった。この低い遺伝的多様性はツシマテンの高い絶滅リスクを示唆する。

## H1-04

## 湖底に堆積する動物プランクトン遺骸 (ミジンコ休眠卵鞘) の遺伝解析手法の開発

石田聖二 東北大 IAREO (\*), 大槻朝 東北大生命, 陶山佳久 東北大農, 占部城太郎 東北大生命

過去の湖沼の水質や生物種に関する知見は、水質改善などの具体的な施策を講じる上で不可欠である。一部の湖沼では水質や生物種などの定期的な調査がなされているが、ほとんどの湖沼では未調査である。未調査の湖沼でも、底泥に堆積している化学物質や生物遺骸を調べれば環境の変遷を推定できる。特にミジンコ (*Daphnia*) の休眠卵は湖沼環境の変遷を解き明かすツールとして有効である。アオコの大量発生や富栄養化などの環境変動が生じると、その湖沼にすむミジンコが敏感に反応して、ミジンコ休眠卵の遺伝的組成が大きく様変わりする。ただし休眠卵からの孵化率の高い湖沼では、解析に用いるミジンコ休眠卵を入手できず、この研究手法を利用できない。そこで本研究では、休眠卵が孵化しても休眠卵を包む卵鞘は底泥に残ることに着目し、その卵鞘から DNA を抽出して解析する技術を開発した。湖沼底泥に堆積している卵鞘の DNA は微量で断片化されていると想定されるため、DNA 抽出方法と増幅方法の両方を工夫をした。この結果、底泥より採集した卵鞘のうち 7 割程度を遺伝解析することに成功した。この新しい研究手法により、湖底に堆積した休眠卵からの孵化率の大小に関わらず、ミジンコの個体群構造を再現することが出来る。

## H1-05

## The use of morphometrics in the analysis of ecomorphology

\*Siewwright, H (University of Tokyo), Higuchi, H (University of Tokyo)

Accurate description of the morphology of organisms is vital in studies of morphological adaptation and taxonomy. Morphometric techniques provide the tools needed to summarise and quantify morphological variation between organisms. These can be divided into traditional, measurement-based techniques and geometric morphometric techniques which use 2D or 3D coordinate points to plot the relative positions of landmarks, curves and surfaces on specimens. Here we present examples of how various morphometric techniques are used to relate morphological variation to ecological variation in birds of prey. Traditional linear measurement based methods and landmark based relative warps analysis are used to identify differences in head and wing morphology between species with different feeding behaviours and migratory strategies. We look in particular at the unusual morphology of Oriental Honey Buzzards. We also describe how new developments in 3D imaging and morphometric methods allow us to examine between species differences in the wing bone shape of birds of prey with different flight requirements. We explain the relative advantages and disadvantages of using traditional and geometric methods and how future developments may impact on the field of ecomorphology.

## H1-07

## 系統比較法から明らかになったアリ共生型アブラムシの増大した wing loading

八尾泉(北大・農)

*Tuberculatus* 属アブラムシは、同属内にアリ共生型と非共生型を含み、季節・密度・アリ共生に関係なく、成虫はすべて有翅虫になる。昨年の講演で、アリ共生型アブラムシ *T. quercicola* は野外でほとんど飛翔しておらず、局所的な分集団を形成していることを、トラップ実験と microsatellite DNA による集団遺伝解析から明らかにした。飛ばないのに、なぜ翅を持つのか？翅形成・維持のコストを考慮すると、翅を消失し産子数を増加させた個体が選択上有利になるはずである。同種内に翅を持つタイプと持たないタイプが存在する翅二型性は、多くの昆虫で報告されており、その適応的意義を生涯繁殖数や好適環境の継続性で説明している。本種に翅二型性はないが、非飛翔性もたらす適応的意義は翅二型性を持つ昆虫類に類似していると考えられる。本研究では、国内の *Tuberculatus* 属 20 種(アリ共生型 9 種・非共生型 11 種)の wing loading(体サイズ/翅面積)を計測し、カテゴリ化したアリ共生・非共生との相関を検討した。種間比較には、ミトコンドリア COI (940bp) と ND1(377bp) から分子系統樹を作成し、系統的交絡を除去した方法を用いた。その結果、アリ共生型アブラムシの wing loading は非共生型より大きくなっており、栄養資源を翅形成より胚子数増加に充てたために、翅面積に比して体サイズの大型化が起きていると考えられた。

## H1-06

## 日本産アブラゼミ類の分子系統地理

\*長太伸章(京都大・理), 戸田守(琉球大・熱生圏), 曾田貞滋(京都大・理)

日本列島の生物のうち、動物・植物を含む大部分の種は朝鮮半島やユーラシア大陸から直接進出してきたと考えられる。一方、いくつかの種は南西諸島を経由して日本列島に進出してきたと考えられている。日本の夏に最も身近な昆虫の一つであるアブラゼミ属 *Graptopsaltria* には 3 種が含まれるが、中国大陸南部の内陸部に *G. tianta*、渡瀬線以南の中琉球地方にリュウキュウアブラゼミ、渡瀬線以北の屋久島から北海道と朝鮮半島の一部にアブラゼミが分布している。この分布からはアブラゼミ属も南西諸島経由で日本列島に進出してきたことが示唆される。このことから本属は南西諸島経由の日本列島への進出過程や、小さい島が多い南西諸島と本州など大きい島が含まれる日本列島での遺伝的構造の違いを明らかにするのに適している生物である。そこで、リュウキュウアブラゼミとアブラゼミの 2 種について mtDNA COI 領域と核遺伝子を用いて系統地理解析を行い、遺伝的構造を明らかにした。その結果、リュウキュウアブラゼミは分布が中琉球地方に限られるにもかかわらず非常に深く分化した 3 系統が認められ、地域間の分化が非常に大きかった。このことから、本種は琉球列島に古くから進出したことと、地域間での遺伝子流動が極端に制限されていることが示された。一方、アブラゼミはリュウキュウアブラゼミよりも広範囲に分布するもののリュウキュウアブラゼミほどの遺伝的多様性は見られなかった。しかし、遺伝的構造に地域性が見られ、九州・四国・西日本では遺伝的多様性が高く、東日本や東北・北海道では遺伝的多様性が低かった。これらのことからアブラゼミは南から北に分布を拡大したと考えられる。両種の種内の遺伝的分化の程度や遺伝的構造の違いは、それぞれの地域に進出してからの時間の長さや、生息地における定着性が高いことによって生じたと考えられる。

## H1-08

## 飛翔能力の退化は種多様性の増加をもたらすか—ヒラタシデムシ亜科を例に—

\*池田紘士(森林総研), 西川正明(海老名市), 曾田貞滋(京大・理)

昆虫は非常に種多様性が高く、これまでに 100 万種近くが知られている。昆虫の進化史における重要なイベントの一つに、約 4 億年前に生じた飛翔能力の獲得があげられる。これにより、様々な地域、ハビタットへの分布拡大が可能になった。飛翔能力の獲得は、昆虫の初期進化における種多様性の増加に大きく貢献したと考えられている。

しかし、飛翔器官の形成及び維持には多くのエネルギーが消費されるため、様々な分類群で退化が生じている。飛翔能力の退化は分散能力を低下させるため、退化した種では個体群間の分化が生じやすい。この個体群間の分化は、地理的隔離による種分化を促進しうするため、飛翔能力が退化した系統の方が異所的種分化は生じやすいと予想される。昆虫の多くの分類群で退化していることから、退化は種多様性を増加させる主要因の一つである可能性がある。

我々が研究対象としてきたヒラタシデムシ亜科においては、食性進化に伴って飛翔能力が退化したことが、これまでの研究によって明らかにされている。本研究では、飛翔能力の退化が地理的分化をもたらすか、さらにこれによる異所的分化によって種多様性の増加がもたらされるかを、ヒラタシデムシ亜科を用いて検証した。日本の各地から 8 種を採集して遺伝子解析を行った結果、飛翔筋の無い種の方が個体群間変異は大きく、地理的個体群間で遺伝的に分化していることが明らかにされた。また、ヒラタシデムシ亜科全体の系統樹を用いて種分化率を比較したところ、飛翔筋の退化後の方が種分化率は高いことが明らかになった。飛ぶことによって様々な地域、ハビタットに分布を広げて定着したのちの、比較的最近の昆虫の進化史においては、飛翔能力の退化が種多様性増加の主要因の一つとなっているかもしれない。

## H1-09

## 遺伝変異の隠蔽機構は存在するか? : キイロショウジョウバエを用いたスクリーニング

\* 高橋一男 (岡山大・RCIS)

遺伝的多様性は、環境要因の変化に対する進化的応答に不可欠であり、遺伝的多様性が高いほど速やかな適応、進化的応答が生じることが、理論的、実験的に知られている。近年、このような迅速な進化的応答に重要な寄与をする機構として、遺伝変異の隠蔽機構が注目されている。遺伝変異の隠蔽機構とは、発生過程を安定化することで、遺伝変異を緩衝し、表現型の多型を隠すことで、遺伝変異の集団中への蓄積を促進する機構を指したものである。先行研究により、*Hsp90* などの分子シャペロン遺伝子が、遺伝変異の緩衝能を持つ可能性が示唆されている。しかし、遺伝変異の制御は複数の遺伝子によって行われていると予測する理論研究もあり、遺伝変異緩衝機構の全容は未解明である。環境変異緩衝能と遺伝変異緩衝能には相関がある事が示されており、環境変異と遺伝変異が同一の機構により緩衝されている可能性が示唆されている。発表者の先行研究では、キイロショウジョウバエの翅、剛毛形質を対象として、ゲノムワイドに環境変異緩衝効果を持つゲノム領域の探索を行い、41個のゲノム領域に環境変異緩衝機能があることが特定された。本研究では、これらの領域が遺伝変異緩衝能を持つかどうかを検証することを目的とした。野生のキイロショウジョウバエの翅形態には、大きな遺伝分散があることが知られており、実際に、沖繩から札幌までをカバーする広い範囲から採集されたショウジョウバエ系統間で、翅形態には有意な遺伝的分化が観察されている。本研究では、顕著な遺伝的分化を示す野生由来系統10系統を材料として、翅形態の系統間分散(遺伝分散)に対する、上記のゲノム領域の効果を調べた。発表では、このスクリーニングの最新の結果を紹介するとともに、遺伝変異隠蔽機構の至近メカニズムや野外集団における遺伝的多様性維持機構についても考察したい。

## H1-11

## 平衡選択と局所選択のバランスが形づくる多型比の緯度勾配

\* 高橋佑磨<sup>1</sup>, 吉村 仁<sup>2</sup>, 守田 智<sup>2</sup>, 渡辺 守<sup>1</sup> (1 筑波大院・生命環境, 2 静岡大・創造院)

種内に遺伝的多型の出現する生物では、しばしば型の比率に地理的勾配が認められる。このような勾配は「遺伝子と環境の相互作用」と「遺伝子流動」によって形成されると考えられてきた。しかし、ふつう、遺伝子流動は近隣の個体群間で起こるので、大きい空間スケールで生じる型比の勾配の成立は説明しにくいと考えられている。本研究では、雌に遺伝性の色彩2型(オス型とメス型)生じるアオモンイトトンボを用い、大きい空間スケールにおける2型比の勾配を調べるとともに、その勾配の成立機構を解明するために、各型の潜在適応度の推定を行なった。2型比には、緩やかな緯度勾配が認められた。オス型の割合は、低緯度(北緯32度)では低かったが(約5%)、高緯度ほど高くなり、北緯36度でメス型を逆転し、分布北限(北緯38度)では80%に達していた。卵サイズと蔽卵数から算出した推定潜在適応度は、両型とも緯度の増加に従って直線的に増えたものの、その増加率は異なり、北緯36度以上ではオス型の方が高く、潜在適応度に関して「遺伝子と環境の相互作用」の存在することが示された。緯度と潜在適応度の関係から各緯度における2型の平衡頻度を計算すると、北緯36度を切り替え点とする断続的な地理的変異が予測された。そこで、本種においてこれまでに明らかにした2型に対する「負の頻度依存選択」の効果を考慮したところ、緩やかな緯度勾配が予測され、現実の型比の緯度勾配と良い適合を示した。これらの結果は「遺伝子と環境の相互作用」に起因する方向性選択と「負の頻度依存選択」という平衡選択の組み合わせで、大きい空間スケールにおける型比の勾配が成立することを示している。

## H1-10

## 湖沼適応と関連した網羅的遺伝子発現パターンの変化: タモロコ属魚類の場合

\* 小北智之, 熊田裕喜(福井県大・海洋), 柿岡諒(京大・理), 奥田昇(京大生態研)

祖先性の河川集団から、新たに形成された湖沼の沖合環境に適応した集団が進化する現象は、湖沼の生物多様性を創出する重要なメカニズムの一つである。このような“湖沼適応”は、様々な湖沼の様々な魚類分類群において知られているが、特に、高緯度地域の後氷湖に生息する冷水性魚類ペア種の平行進化は極めて有名な例である。

西日本の河川に広く分布するコイ科魚類タモロコは、琵琶湖やその他の中規模の湖沼で複数回の湖沼適応現象が認められる。興味深い点は、表現型の湖沼適応の程度に湖沼規模と関連した集団間変異が存在する点であり、広大な沖合環境を有する琵琶湖には、最も沖合生活に特殊化したと考えられる集団(ホンモロコ)が生息し、その他の中規模の湖沼には、祖先性河川集団とは明らかに異なった表現型を持つが、琵琶湖集団ほど特殊化していない集団が生息する。このようなパターンの適応進化をもたらす遺伝的基盤はどのようなものであろうか? 本研究では、まず沖合環境での生活と関連した生理的適応に着目し、これに関与した遺伝子群の探索を比較トランスクリプトーム解析によって試みた。本種は完全な非モデル生物であるため、ゲノムの事前情報が必要なく、網羅性が高いとされる改良型cDNA-AFLP法(HiCEP法)を用いた遺伝子発現プロファイリングを実施した。本発表では、HiCEP法によって得られた候補遺伝子群の発現量変異パターンをqPCRによって様々な集団で解析した結果を併せて報告する。

## H1-12

## ミジンコにおける防御形態形成リアクションノームの個体群間変異とその分子基盤

杉本直己, 宮川一志, \* 三浦徹(北大・院環境)

表現型可塑性は、新奇形質獲得や新たな環境への適応という意味において、進化的に重要な性質とされる。「環境に応じてどのように形質が変化するか」は、リアクションノーム(reaction norm, 反応規準、以後RNと表記)により表現されるため、これを遺伝的に異なる集団間で比較することにより、表現型と環境条件との関係がどのように進化してきたのかを考察することが可能となる。

ミジンコ *Daphnia pulex* は、捕食者のフサコ幼虫が放出するカイロモンを感受すると、頭部に突起(neckteeth, 以後NTと表記)を形成して被食を回避する表現型可塑性を示す。本属には様々な程度の防御形態を示す種が存在することなどから、集団間のRNの遺伝的な差違が形質の分化を促すと推察される。そこで本研究ではまず、カイロモン濃度に応じた *D. pulex* 防御形態の変化をRNとして表現し、個体群間でそのRNがどのように異なるのかを検討した。その結果、NT形成率とNT本数に関するRNが大きく異なる複数の系統を見いだした。前田森林公園系統(北海道)は、形成率も高く、生じるNTの本数も多い。NTの本数は多いほど、被食回避効率が実際に高いことも示された。

更に、RNが有意に異なる2系統を用い、NT形成に関わるとされる遺伝子の発現パターンを、リアルタイム定量PCRを用いて比較した。遺伝子発現量の変化を、カイロモン濃度に対するRNとして系統間比較を行ったところ、いくつかの形態形成因子や、インスリン経路および幼若ホルモン経路に関与する遺伝子において、発現パターンのRNに系統差が見いだされた。個体群が遺伝的に分化する過程で、捕食圧などの選択圧の差により、防御形態形成に関わる発生機構を介して、NT形成のRNを変化させてきたのだと考察される。

## H1-13

## イトヨにおける新規環境への急速適応

安達竜也(東北大・生命), 森誠一(岐阜経済大), 牧野渡(東北大・生命), 河田雅圭(東北大・生命), \*北野潤(東北大・生命, JST さきがけ)

野外移植実験は、環境への適応機構を解明する為の有力な実験手法の1つである。外来種は、意図せずに行なわれた野外移植実験ともいえ、皮肉にも、新規環境への急速適応機構を理解する上できわめて重要な題材になりうる。

トゲウオ科魚類のイトヨは、200万年以内に急速に適応放散を遂げた魚であり、進化生態学のモデル生物として位置づけられている。さらに近年、新たな水域に人為的に移植された集団も複数確認されている。そこで我々は、日本国内の複数のカルデラ湖において、カルデラ環境へのイトヨの適応過程を研究している。カルデラ湖は火山活動で形成された湖であり、多くの場合、在来魚は生息していなかった。その後、水産有用魚が人為的に放流されることによって、人為的生態系が確立されてきた。本州北部の十和田湖には、ヒメマスの放流に混入していたと考えられるイトヨが定着しており、湖内生態系の構成要員となっている。

我々はまず遺伝解析と過去の文献調査に基づいて、青森県奥入瀬川水系の淡水型イトヨが祖先集団であることを確認した。次に、過去の文献データとイトヨサンプルの形態計測データを収集することによって、移植直後にイトヨの体サイズが急激に増加し、ついで急速に減少し、現在の体サイズは比較的安定していることを発見した。また、放流直後には、祖先集団と類似した餌資源、つまりベントス(ヨコエビ、ユスリカなど)を主に利用していたが、1990年からはプランクトン、さらに近年には陸棲昆虫を食するように変化していた。祖先集団も十和田湖集団も遺伝的多様性は極めて低く、急激な表現型の変化が起こったのは可塑的な変化なのかもしれない。今後は、全ゲノム解析、摂餌形質と食性との相関の解析などを行ない、この過程で生じた適応変化の全貌を解明したい。

## 11-01

在来植物の分布パターンと局所プロセスが外来植物の分布拡大に与える影響：パンパスグラス (*Cortaderia jubata*) を例としたシミュレーションモデルによる解析  
横溝裕行 (国環研)

現在、カリフォルニアにおいて外来植物であるパンパスグラス (*Cortaderia jubata*) は生態系に大きな影響を与えている。そのために分布拡大を抑える事は、生態系保全のために重要な問題となっている。分布拡大を抑えるためには、分布拡大に影響を与える要因を把握する事は大変重要となる。侵略的外来植物の分布拡大速度は、生活史や、種子の分散距離などの外来植物の生態学的特徴だけではなく、生息適地の分布パターンや在来種等との局所的な種間相互作用等にも影響される。在来植物の生息域のエッジ部分では、パンパスグラスの種子を補食する動物の密度が低く、侵入が容易になる。一方、在来植物の生息域内部では種子が地面に定着する確率が低く、種子の捕食者の密度も高いために、侵入に耐性があると考えられる。そのために、在来種の生息域の分断化は、パンパスグラスの分布拡大を促進するといえる。本研究では、パンパスグラスをケーススタディとして、在来種の分布パターン (分断化の程度) や、エッジ効果の大きさ、生存率などの生態学的パラメータの分布拡大速度に与える影響の相対的な重要性を明らかにする。

## 11-03

外来生物の過去の分布拡大情報をもとにしたヒト新型インフルエンザ H1N1 の分布拡大予測

\* 小池文人 (横浜国立大学), 森本信生 (中央農業総合研究センター)

緊急に情報が必要であり、病原体の運ばれ方もわからないときには、詳細な予測モデルを構築しパラメータを決定するのではなく、とりあえずの近似としてこれまで知られている外来生物の分布拡大パターンを適用することが有益である。人や物の移動には一定の傾向があるので、それに随伴して非意図的に運ばれる多くの外来生物は、類似した分布拡大パターンを示すと思われる。新型インフルエンザのような新しい感染症も、人や物の移動によって分布拡大すると考えられるので、外来昆虫の分布拡大と同じパターンで分布拡大しても不思議ではない。ヒトの新型インフルエンザ (H1N1) は2009年4月にメキシコで発生が確認され、日本では5月に国内での感染が確認された。この研究では、ほぼ全国に分布拡大した外来昆虫のうち、初期の分布拡大パターンが2009年における新型インフルエンザの分布拡大と類似した種を抽出し、新型インフルエンザのその後の分布拡大の予測を試みた。今回は外来昆虫とインフルエンザともに都道府県レベルの分布情報を利用している。新型インフルエンザの分布拡大終了後の情報を用いた場合には、侵入の順番はおおむね正確に予測できていて ( $r = 0.75$ )、侵入時期の予測誤差の標準偏差は11.3日であった。分布拡大初期に予測を行う場合を想定し、感染が確認されてから1ヶ月後の2009年6月15日の時点の情報のみを使って予測を行った場合にも (6都道府県に定着)、侵入の順番はおおむね可能であったが ( $r = 0.67$ )、侵入時期の推定誤差の標準偏差は24.5日であった。この手法によって地域ごとの侵入の順番はおおむね予測できることが明らかになった。侵入の順番が自分の地域に近づいてきたら警戒すべきである。

## 11-02

日本における侵入害虫の分布拡大パターンの侵入順序解析による類型化

森本信生 (中央農研), 小池文人 (横浜国大)

我が国には500種近くのダニ目や昆虫がすでに侵入しており、今後も新たな害虫が侵入し分布拡大する可能性は高い。そこで、新たな侵入種の分布拡大を阻止するために分布拡大の予測が求められている。これまで外来種の分布拡大を記述するために、特定の種を対象とした拡散方程式を基本としたモデルが提出されている。しかし、このようなモデルを実際の予測に用いるには次のような問題点がある。すなわち、分布拡大の手段が人為的な物流物資、例えば苗などの流通に便乗して分散する場合は、飛び地的な発生となる。したがって、周辺地域に徐々に分散していくことを前提としている拡散方程式では、十分な記述は困難となる。また、多くのモデルは特定の種のみを対象としているために、モデルの対象となっていない種に対して単純に拡張できるとは限らない。この問題を解決するための一方法として、これまでに知られている複数の侵入害虫の分布拡大を、侵入順序にしたがってパターン化することが考えられる。そのためには、多くの外来種の分布拡大過程に関するデータが必要であるが、日本では多くの種で質の高い情報が存在しており、その活用が可能である。そこで、日本に侵入し分布を拡大した主な外来害虫17種の分布拡大を、各都道府県における侵入順序に注目して解析した。その結果、各害虫の分布拡大のパターンは、5つに類型化された。すなわち、イネミズゾウムシなどを含む関東東海型、アルファルファタコゾウムシやマツノザイセンチュウなどを含む西日本型、クリタマバチなどを含む近畿型と、オンシツコナジラミなどを含む蔓延型、タバココナジラミバイオタイプQなどを含む急速分布拡大型であった。日本における分布拡大のパターンは、侵入した地域が重要な要因であることが示唆された。

## 11-04

特定外来生物ナルトサワギクの分布の現状および潜在的分布の予測

\* 堤 道生 (近中四農研セ)

ナルトサワギク (*Senecio madagascariensis* Poir.) は南アフリカおよびマダガスカル原産のキク科の多年生 (ときに一年生) 草本であり、オーストラリア、南アメリカ、ハワイなど世界中に帰化している侵略的雑草である。わが国では1976年に徳島県鳴門市で発見された後、西日本を中心に分布域を拡大し、2006年には環境省により特定外来生物に指定されている。本種はピロリジジナルカロイドを含んでおり、飼料畑や放牧地への侵入、家畜の中毒および畜産物の汚染が懸念されている。したがって、本種の分布の現状把握および今後の分布拡大予測が必要である。

本研究では、まずわが国における本種の現状の分布について調査を行った。さらに、その位置情報と国内の3次メッシュ (約1km四方) ごとに推定された気候データに基づく16の気候変数との関係を最大エントロピー原理に基づいてモデル化し、潜在的分布 (分布の拡大可能範囲) の予測を行った。解析には、「在」データのみから潜在的分布を予測することができるMaxentを用いた。

調査の結果、17府県 (福島、静岡、三重、滋賀、京都、奈良、大阪、和歌山、兵庫、岡山、鳥根、香川、徳島、高知、長崎、熊本および鹿児島) 69市町村251地点で位置情報を取得した。潜在的分布の予測で寄与率の高かった変数は、最高四半期平均気温、最寒月平均最低気温、最寒四半期平均気温および年平均気温であり、わが国における本種の分布が降水量ではなく気温に制限されることが示唆された。潜在的分布予測の結果、関東から九州までの主に太平洋側および瀬戸内海側の沿岸部に生育適地が多く見られた。特に、東京湾岸、東海地方西部沿岸部、瀬戸内海沿岸地域西部および九州北部では現在まで本種は未確認であるが、生育適地が多かった。また、潜在的分布の北限は岩手県大船渡市、南限は奄美大島と予測した。

## 11-05

## 西ジャワ州における国立公園の移入種の分布調査

工藤芳文\* (鹿大, 理工学), Zaenal Mutaqien (チボダス植物園), 鈴木英治 (鹿大 理工学)

高い生物多様性を持つ熱帯域の国立公園で生物多様性を減少させる可能性のある移入種の分布を調べた。

調査は2009年と2010年の10-11月に、西ジャワ州のハリムン・サラック山国立公園(HS)とゲデ・パンゲランゴ山国立公園(GP)で行った。公園内の各3所で各数kmの山道沿いに50mごとに移入種の有無と被度、周辺林冠の被度、最大樹高を調べた。

対象移入種は34種で、HSのチカニキで15種、カバンドウンガンで17種、サラクでは11種あった。この3地点で *Eupatorium inulifolium* と *Clidemia hirta* は広く分布し被度も高かった。

GPのボドゴールでは16種あり、*C. hirta*, *E. inulifolium*, と *Maesopsis eminii* が優占した。*Cerstrum aurantiacum*, *C. hirta* は下部のみ分布していた。チボダスでは17種があり、*Eupatorium riparium*, *E. sordidum*, *Brugmansia suaveolens*, が最優占していた。特に *Brugmansia suaveolens* は川辺で優占する傾向があった。サラビンタナでは14種あり、*E. riparium*, *Brugmansia suaveolens*, *C. hirta* が優占していた。

HS優占種の *E. inulifolium* と *C. hirta* はGPでも優占し、危惧すべき移入種であろう。しかしDCAにより、調査区間の移入種を比較すると構成はかなり異なっていた。この差異は *E. sordidum* と *B. suaveolens* の影響していた。特にチボダスとサラビンタナでこの二種はHSで最優占の二種よりも優占していた。

## 11-07

## 外来タンポポに対して強い在来タンポポと弱い在来タンポポ：何が違うのか？

\* 西田隆義 (滋賀県立大), 西田佐知子 (名古屋大), 金岡雅浩 (名古屋大), 高倉耕一 (大阪市立環境研)

外来種が在来の近縁種を急速に駆逐する現象は、世界中で普遍的に生じている。しかし、そうした重要性にもかかわらず、なぜ特定の外来種が在来の近縁種を急速に駆逐するかについての生態学的な説明はほとんどない。著者らは、従来の「資源をめぐる競争」ではなく、近縁種間に潜在的にある「繁殖をめぐる干渉」こそが、急速な駆逐を説明する鍵であることを主張してきた。本講演では、繁殖をめぐる干渉が存在するかしないかで、外来種と在来種の優劣関係が劇的に変わり、分布パターンを合理的に説明できることを示す。

対象とした系は、外来のセイヨウタンポポと、在来のカンサイタンポポおよびトウカイタンポポである。在来種は、それぞれ西日本および東海地方に分布し、いずれも2倍体で自家不和合性である。両種は、滋賀県東部から岐阜県西部にかけて徐々に分布が移行し、分類学的には同種とみなされている。そして、カンサイはセイヨウに駆逐され分布域が狭くなっているが、トウカイは人為的攪乱地であってもしばしばセイヨウを圧倒する勢いを示す。この対照的な違いは、カンサイがセイヨウから花粉干渉を受ける一方で、トウカイは受けないと考えると合理的に説明できる。

そこで、この点について調べた。予測通り、カンサイはセイヨウから強い花粉干渉を受けたが、トウカイは受けなかった。この結果は、人工授粉実験でも、野外調査でもともに確認された。さらに、柱頭についてセイヨウの花粉がどのように伸長するかを調べたところ、カンサイでは花粉管が伸長し、胚に達するが、トウカイでは花粉管が全く伸長しないことが明らかとなった。以上の結果、在来タンポポのセイヨウに対する生態的有利不利は、花粉をめぐる干渉の有無によって簡単に説明できることが確かめられた。

## 11-06

## ハワイ諸島のギンネム林における在来植物の更新阻害

\* 吉田圭一郎 (横浜国大・教育人間), Daehler, C.C. (Univ. of Hawaii, Botany Dept.)

近年、移入植物の対策では移入植物の種特性 (invasiveness) や他の地域での侵入実績によるリスク評価が用いられてきた。しかし、在来生態系に対する移入植物の影響は同一種であれば全ての地域で同じなのだろうか？

このことを検討するため、同一の移入植物による影響の地理的な比較が有効である。そこで本研究では、琉球列島や小笠原諸島における既存研究との比較を目的として、ハワイ諸島オアフ島におけるギンネム *Leucaena leucocephala* の生物学的侵入について明らかにした。

オアフ島では低標高域の人為攪乱の跡地を中心にギンネム林が分布した。ギンネム林の成立から30年以上経過した二次林を対象に、28箇所の調査プロットを設置した。調査プロットでは、胸高直径1cm以上の個体を対象とした毎木調査 (100m<sup>2</sup>) を行い、草本を含めた出現種の被度を記載した (400m<sup>2</sup>)。

オアフ島では成立から30年以上経過した現在でも、ほとんど全ての場所でギンネムが優占していた。ギンネム以外の優占度は小さく、下層における他樹種の被度も低かった。草本を含めた出現種の大半が移入種で、在来種はほとんど分布せず、その定着や更新が制限されていた。

琉球列島や小笠原諸島では成立から30年程度でそれぞれ在来樹種や別の移入樹種によってギンネム林は置換され、ギンネムの優占度が低くなる。一方、ハワイ諸島では人為攪乱の跡地に成立したギンネム林は30年以上維持されていた。これらのことは侵入可能性 (invasibility) が島嶼間で異なることを示しており、同一の移入植物であっても、在来生態系に与える影響には地理的に異なる可能性があると考えられた。

## 11-08

## 港に生育する除草剤抵抗性ライグラスの存続性

\* 下野綾子 (筑波大), 下野嘉子 (農環研), 大澤良 (筑波大学)

除草剤の普及に伴い、除草剤抵抗性雑草の発生が多数報告されるようになった。なかでも世界中の農耕地で問題雑草となっているライグラス (*Lolium* spp.) は、除草剤抵抗性の発生報告数が多く、最も深刻な除草剤抵抗性雑草の1つとされている。国内においても穀物輸入港近傍において除草剤抵抗性ライグラスの生育が確認されている。ライグラスは牧草や緑化植物として広く利用されている他、日本各地で雑草化している。これらは風媒の他殖性であり、近縁種間でも容易に交雑が起こる。従ってライグラスに出現した抵抗性遺伝子は環境中へ拡散しやすいと考えられる。そこで本研究では、抵抗性遺伝子およびマイクロサテライト領域をマーカーとして、時間的・空間的な遺伝子の動きを明らかにし、除草剤抵抗性個体の存続性および除草剤抵抗性遺伝子の拡散可能性を評価することを試みた。

抵抗性個体の生育が確認されている港湾近傍の集団を対象に、生育個体とそれらの生産種子の除草剤抵抗性個体の割合を調べたところ、親集団、生産種子ともほぼ1:2割であった。また、周辺集団の空間的遺伝構造を解析したところ、距離による隔離の効果は弱く、道路の形状を反映した局所的な遺伝構造が検出された。次に遺伝子型頻度に基づくクラスタリングを行ったところ、抵抗性が見つかった集団と3キロ以内にある集団は同じクラスターに、3キロ以上離れた集団は別クラスターに振り分けられた。

以上の結果より、抵抗性遺伝子は自然条件下における交雑により同一集団内で維持されているが、抵抗性個体発生集団からわずか数キロ離れた周辺の集団への遺伝子拡散が生じている証左は現在のところ得られなかった。

## 11-09

## 上海ガニ問題を整理する：特定外来生物モクスガニ類の日本侵入可能性

小林 哲 (Independent)

特定外来生物であるモクスガニ *Eriocheir* 属を侵略的外来生物の観点から解説する。チュウゴクモクスガニ（上海蟹）は海外では100年近く侵略的外来種とされてきたが、日本で法的対応が整ったのはここ数年である。しかし欧米と異なる日本の環境は全く考慮されていない。欧米の被害予測を適用するのも現実的でなく、欧米ではモクスガニとの差が理解されていない場合も多い。

チュウゴクモクスガニは低温に適応し、長距離を移動分散する通し回遊種である。大規模河川の河口にエスチュアリーが発達する、暖温帯・亜寒帯の港湾と河川に侵入する。幼生が船のバラスト水で運ばれたり未成体や成体が船体に付着し非意図的に導入される可能性も高い。小卵多産の繁殖形質により侵入可能性が供給源の状況に支配されるため、遺伝子流動と瓶首効果の傾向が認められている。定着後は回遊に伴い海域と淡水域を通じ急速に分布を拡大する。一方中華料理の高級食材であるため商取引が盛んで、意図的導入の可能性も高い。欧米では個体群の成長期に様々な経済的被害をもたらす侵入が警戒されている。生物多様性が低い欧米では空いたニッチに侵入し爆発的に増加したと考えられる。

一方日本では、同じニッチを占めるモクスガニが日本の環境に適応している。干満差の大きいエスチュアリーは有明海以外ほとんどない。生物多様性は高く、在来種との競合や天敵の存在も大きい。そのためチュウゴクモクスガニに最適な生息環境はほとんどなく、大きな被害も考えられない。しかし盛んな取引と養殖が行われる現状では、野生化する可能性を否定できず、法の監視は必要である。近年の分子系統学的研究からモクスガニ属の系統関係が解明され、2種の交雑可能性が高いことも明らかとなっている。日本では、在来のモクスガニへの遺伝子攪乱（密かな遺伝子浸透）を防止する観点から対策を考える必要がある。

## 11-11

## プランクトン食魚による特定外来生物カワヒバリガイの幼生への捕食圧

\* 中野大助, 小林卓也, 坂口勇 (電力中央研究所)

特定外来生物に指定されているカワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* は淡水性二枚貝で、利水施設や在来の生態系に深刻な被害を及ぼす。本種の分布拡大防止や生息密度低減に効果的な対策の考案が望まれている。本種はその生活史の中に浮遊幼生期を持つ。浮遊幼生期は捕食からの回避が難しいことから、動物プランクトン食魚を用いた生物的防除によって本種の密度低減を行えないかと考えた。本種幼生は沖帯に広く分布することから、沖帯を生息場所とする本邦で代表的な動物プランクトン食魚であるワカサギ *Hypomesus nipponensis* に白羽の矢を立てその捕食圧をメソコスム実験により調査した。

大塩貯水池にメソコスム（直径56cm、高さ83cm、容量200L）6基を設置し、3基を対照区（ワカサギなし）、残り3基をワカサギ区（ワカサギあり）とした。全6基にカワヒバリガイ幼生を含む大塩貯水池の動物プランクトンを入れた後、ワカサギ区には15～18尾のワカサギを投入した。実験期間は2日間で、ワカサギ投入後に2回、全6基に対して動物プランクトンの追加を行った。実験後、ミジンコの密度は、対照区に比べてワカサギ区で有意に低い値となった。一方、カワヒバリガイ幼生の平均密度は、対照区77.0個体/Lに対して、ワカサギ区では65.3個体/Lであり統計的な有意差は見られなかった。しかし、ワカサギ区の中で1基だけカワヒバリガイ幼生密度が44.5個体/Lと低くなっているものがあつた。この基に投入されたワカサギ体サイズの中央値は5.3cmと他の2基（6.3cmと6.2cm）よりも小さく、5cm未満の個体が多く含まれていた。そのため、体サイズの小さなワカサギによって、ミジンコよりサイズの小さなカワヒバリガイ幼生も捕食されたものと推察される。

## 11-10

## 利水施設網に侵入した特定外来生物カワヒバリガイの生息状況

伊藤健二 (農環研・生物多様性)

特定外来生物カワヒバリガイは近年各地の河川や湖沼に分布を拡大し、水路や貯水池などの利水施設網に侵入し一部地域では通水障害や悪臭などの被害が発生している。しかし、これらの利水施設を対象とする系統的な調査は十分行われておらず、その分布実態や高密度になる環境条件などは明らかになっていない。千葉県北東部に位置する東総用水は農業用水・水道水を供給する目的でつくられた総延長約37kmの利水施設網であり、2008年に取水施設においてカワヒバリガイの新たな発生が確認されている。これら利水施設網におけるカワヒバリガイの分布実態の把握と発生条件の探索を目的として、2010年6-10月に用水に付随する小規模貯留施設（以下、ファーム Pond）16地点、沈砂池・調整水槽等の施設3地点の計19地点に稚貝付着トラップを設置し、調査地点毎の加入密度と環境条件の調査を行った。調査の結果、カワヒバリガイは侵入経路と考えられる貯水池（以下、侵入地点）から19km離れたファーム Pondにまで分布を拡大していること、定着板への加入密度が高いファーム Pond（付着密度516個体/400cm<sup>2</sup>）が侵入地点から17.6km離れた地点にあることなどが明らかになった。侵入地点から調査点までの距離と加入密度・発生の有無との間には明瞭な関係が見いだせず、調査点間の加入量の差は調査地毎の環境条件の違いに起因するものと考えられた。

## 11-12

## 外来ザリガニの侵入に対する生物的抵抗？在来捕食者が生態系を守る

\* 千谷久子 (東大院・新領域), 西川潮 (新大・超域), 高村典子 (国環研・リスク), 山室真澄 (東大院・新領域)

古くから、人為攪乱の少ない生態系では、外来種の侵入に対して在来種による生物的抵抗が働くため、外来種は定着しにくいものと考えられている（生物的抵抗仮説）。実際、Parkerら（2005）のメタ解析の結果から、外来植物は、在来草食動物によりその現存量が抑制されることが示されている。しかしながら、既往研究は外来植物に対するものが多く、動物間相互作用における生物的抵抗は知見が少ない。本発表では、野外実験とメタ解析を通じて、外来動物の侵入に対する生物的抵抗仮説を検討した結果について報告する。

アメリカザリガニ (*Procambarus clarkii*) は、沈水植物を摂食・破壊することにより陸水生態系全体を変化させる、外来キーストーン種である。野外実験では、アメリカザリガニの侵入に対し、カメ捕食者による生物的抵抗が働くかどうかを検証した。屋外に設置されたタンク（1m<sup>2</sup>）を用いて、在来種ニホンイシガメ (*Mauremys japonica*)、東アジア原産クサガメ (*Chinemys reevesii*)、北米原産ミシシippiaアカミミガメ (*Trachemys scripta*) がザリガニに及ぼす捕食効果と行動抑制の効果を調べた結果、ザリガニに対する捕食効果と行動抑制の効果は在来種イシガメで最も大きいことが明らかになった。次に、カメ類が沈水植物に及ぼす間接効果を調べた結果、イシガメとクサガメの存在下で、沈水植物に対するザリガニの摂食・破壊行動が抑制されることが示された。これらのことから、アメリカザリガニに対する在来カメ捕食者の生物的抵抗が示唆された。最後に、現在解析を進めているメタ解析の結果を併せて、外来動物の侵入に対する生物的抵抗について総合的に考察する。

## 11-13

## アライグマ捕獲用巣箱型わなの開発

\*阿部豪, 兵庫県立大学

アライグマの地域的根絶を図るためには、繁殖前の冬季間にメスを効率的に除去することが有効である。しかし、妊娠中のメスは誘引餌への反応も悪く、箱ワナによる捕獲だけでは目標の達成は困難である。

そこで本研究では、繁殖期のメスが越冬・繁殖用に樹洞などの巣穴を必要とするアライグマの習性を活かして、巣箱型わなを開発し、その機能試験を行なった。巣箱型わなの形状およびサイズについては、原産国で実用実績のある木製巣箱を参考にし、アライグマの自重により作動するトリガーの仕組みと逃亡防止用のストッパーを開発した。

試験では、1) 誘引餌を用いずに、アライグマを誘引できるか、2) 捕獲したアライグマが脱出できないか、3) 他動物の混獲を防げるかの3点について、飼育下及び野外環境で検証した。

試験の結果、1) 飼育下で2頭、野外で4頭のアライグマ捕獲に成功した。捕獲に要した時間は、飼育下では、いずれもわな設置後1晩だったが、野外では、最長5か月を要した。また、野外試験では、8月に成獣メスが幼獣と一緒に捕獲されるケースも確認された。2) 野外試験で一度、捕獲したアライグマが脱出した。わな作動時に進入口を塞ぐ遮蔽板が内側から破壊されたことが逃亡の原因であったため、新たに鉄製の補強板を追加対応した。3) 他動物の混獲は1例も発生していない。自動撮影では、テンの進入が複数回確認されたが、体重が軽く、わなは作動しなかった。鳥類のアプローチは記録されていない。

本試験の結果から、開発した巣箱型わなは、誘引餌を用いずにアライグマを選択的に捕獲、拘束できる可能性が示唆された。今後、試験機の数を増やして、捕獲に適したわなの設置環境や設置条件、繁殖期のメス捕獲に関する有効性の検討などを行う。

なお、本研究の一部は、平成20年度前田一歩園財団自然環境保全活動助成を受け実施した。また、飼育下試験の一部は、旭川市旭山動物園の協力を得た。

## J1-01

The role of *Melastoma malabathricum* L. during successional process in grassland area, Pangandaran-West Java

Dian Rosleine\* and Eizi Suzuki

The study about the pattern of grassland succession and the role of *M. malabathricum* in early successional process has been conducted from November 2009 to October 2010. Colonization of plant in early successional process takes an important role to define the successional rate and type of vegetation in the latter process. Pangandaran Nature Reserve (PNR) in the southern coast of West Java had three grassland areas; however they were changed into different community types due to management of grassland.

Study site and method: PNR mostly covered by lowland forest, but there are three grassland areas (Cikamal, Badeto, and Nanggorak) for pasturelands of deer and bulls. Two plots of 50 x 10 m<sup>2</sup> in each grassland and two line transects across the grassland were established to clarify the species composition, *M. malabathricum* population, and correlation between *M. malabathricum* and the other species.

Result and discussion: Early stage of succession can be observed in Cikamal area, then followed by Nanggorak, and Badeto. In Cikamal and Nanggorak, *M. malabathricum* had high coverage near forest edge and in the middle part of grassland they compete with other open area species, such as grasses, *Eupatorium odoratum* and *Breynia virgata*. Few young secondary forest species, such as *Rhodamnia cinerea*, *Guioa pubescens*, and *Syzygium linneatum* can be found inside population of *M. malabathricum*.

## J1-03

## 分断化された熱帯多雨林における非先駆性樹種の更新

\* 杉山杏奈, Chris J. Peterson (University of Georgia)

熱帯林の面積縮小と同様に、近年、世界の熱帯域で問題となっているのが森林分断化である。新熱帯域では、現在ではアマゾン地域や限られた保護地区を残し、元々は連続帯として存在していた森林 (continuous forest) のほとんどが、牧草地をはじめ、異なる植生や土地利用に囲まれ、パッチ状の分断森林 (fragmented forest) として存在し、新熱帯域の典型的景観となっている。森林分断化に伴い、様々な影響が報告されているが、その代表例として、種子散布者の種多様性低下及び個体数減少とエッジ効果が挙げられ、これらの影響は、いずれも一般に森林面積が小さい程深刻である。また、森林分断化に伴うエッジ効果の影響で、森林の種構成が先駆性樹種及びつる性植物に移行することが報告されている。この為、動物散布の非先駆性樹種は、森林分断化において最も更新が懸念される対象である。そこで、森林分断化が深刻なコスタリカ南部コト・ブルース郡において、5種の動物散布の非先駆性樹種を対象に、この地域で最も大きい原生林の分断森林 (209 ha) と、それよりも面積の小さい4つの分断森林 (4.33 ha) の2グループを比較し、森林分断化がその更新に与える影響をエッジ効果、個体密度、サイズ分布、種子散布などの視点から調べた。

非先駆性樹種を対象種とした為、いずれの種でも大きいサイズクラスに比べ、小さいサイズクラスで高い個体数が記録された。しかし、エッジ効果、個体密度、サイズ分布、種子散布などの指標においては、種間を越えて一貫した結果は得られなかった。このように、同じ動物散布の非先駆性樹種でも、種によって森林分断化の影響は異なる。分断森林において、種の維持や更新メカニズム解明には、分断化の影響を受けやすい局面や更新に必要な環境条件など、個々の種の理解が重要である。

## J1-02

## 針広混交林における遷移中期の林分動態

高橋耕一 (信州大・理)

北海道の針広混交林の林分動態を13年間にわたって調査した。この森林では、DBH 1.5 cm以上の個体で、落葉広葉樹30種と針葉樹のトドマツが出現した。13年間で個体密度は1677/haから1184/haへと約30%減少したが、胸高断面積合計値はほぼ一定であった (約49 m<sup>2</sup>/ha)。個体密度の大きな減少は小サイズ個体の死亡の多さと新規加入個体の少なさによるものであった。新規加入個体数は時間とともに減少する傾向があったが、死亡個体数はほぼ一定であった。小サイズ個体の死亡の主な原因は被圧であった。DBH頻度分布の歪度は種によって異なっていた。ドロノキやダイカンバのような耐陰性の低い種は小サイズ個体の少ないパターンであり、一方、イタヤカエデやシナノキのような耐陰性の高い種は小サイズ個体が多いパターンであった。13年間でほとんどの種で小サイズ個体が減少し、DBH頻度分布は変化した。耐陰性の高い種ほど個体密度が高く、また小サイズ個体、新規加入個体も多かった。さらに耐陰性の高い種ほど、大きな種子をもっていた。これらの結果は小さな種子をもつ耐陰性の低い種は、その種子の散布距離が長いために攪乱の後に素早く更新したが、林分の発達によって新規加入が途絶えたことを示している。一方、耐陰性の高い種は耐陰性の低い種の新規加入が途絶えた後も新規加入することができるが、林分の発達と共に下層では被圧が増すために死亡率が増加していた。したがって、調査した林分は攪乱後から種組成とサイズ構造の変化を伴いながら遷移の途中であり、そして耐陰性と種子サイズの種間差は林分構造の変化に重要であることを示唆している。

## J1-04

## 御岳亜高山帯常緑針葉樹林における主要3樹種の稚樹の出現パターンと更新環境の不均一性

\* 西村尚之 (群馬大・社会情報), 星野大介 (森林総研・東北), 清野達之 (筑波大・生命環境), 杉田久志 (森林総研), 丸鳥猛 (弘前大・農生)

亜高山帯常緑針葉樹林における生活形の類似した樹種の共存には、自然攪乱やマイクロサイト、樹木間競争などが重要な要因として相互に関係している。特に、原生状態の亜高山帯林では下層から上層までの垂直階層での樹種構成には大差がなく、各樹種の新規初期過程の解明、すなわち、稚幼樹の定着サイトや光環境の定量的把握は重要であるが、群集レベルでのこのような知見は十分とは言えない。そこで、優占樹種の稚樹期の更新環境 (マイクロサイトと光) の不均一性が樹種共存にどの程度関係するかを明らかにするために、岐阜県御岳の原生状態の亜高山帯林に設置した1ha調査区内の樹高 (H)  $\geq$  1.3mの幹の空間分布と林冠動態や林床環境との関係を検討した。胸高直径 (DBH)  $\geq$  5cmの樹木については19年間定期的に継続調査されており、2009年にはH  $\geq$  1.3mでDBH < 5cmの稚樹サイズを対象に毎木調査を行った。毎木調査の同年に5×5mメッシュ内の林冠被度 < 30%をギャップとして400メッシュの林冠状態を、また、同メッシュ内の地床の倒木割合を10%間隔で記録した。さらに2010年には5mグリッド441交点で全天写真を撮影し光合成有効放射量を推定した。本林分の主要樹種は、オオシラビン、シラビン、トウヒ、コメツガの4種で、幹密度ではオオシラビンが、胸高断面積合計ではトウヒが最優占樹種であった。異なる林床環境におけるこれら樹種の稚樹の出現や動態を把握するため、調査区内で一定の大きさの方形区を重複させてリサンプリングする moving window technique を用いた。このシミュレーションデータを使用した回帰モデルにより各樹種の稚樹出現パターンと林床環境との関係を解析した結果、光とマイクロサイトに対する各樹種の応答の違いを定量的に推測することができた。

## J1-05

## 亜高山帯性針葉樹の実生定着阻害に及ぼす積雪下温度環境の影響 ―地表面と根張り・マウンド上の冬季温度環境のちがい―

\* 杉田久志 (森林総研), 高橋利彦 (木工舎「ゆい」), 市原 優 (森林総研・東北)

林床に多数の実生・稚樹がみられる亜高山帯針葉樹林において、オオシラビソが地表上と根張り・マウンド上の両方で実生バンクを形成しているのに対し、コメツガの実生バンクは根張り・マウンド上に限定されていることが報告されている(杉田・高橋, 2008)。その実生バンク成立を規定する要因としては、以下のような仮説が考えられる。[仮説1] 冬季積雪下の温度条件のちがいにより雪腐れ病菌の蔓延の程度が異なる: 根張り・マウンド上は氷点下で凍結している期間が長いので菌害を免れるが、地表上は0℃で凍結しないため著しく菌害が蔓延する。[仮説2] 雪腐れ病菌の生育量そのものが基質によってちがう: 地表上は雪腐れ病菌が多く生育しているが、根張り・マウンド上は少ない。本報告では、まず仮説1を検証するため、地表上と根張り・マウンド上において冬季の温度環境を観測し、実生バンク成立に及ぼす影響について菌害回避と関係づけながら論議する。

調査地は岩手県早池峰山の小田越試験地で、最深積雪深は1.5～2m程度である。小型温度データロガーを根張り上、マウンド上および地表上に設置し、2007/08～2009/10の3冬季間1時間おきに温度を観測した。

地表上では、11月中旬の根雪直後から0℃となり、5月中下旬の消雪までその状態が続き、凍結した期間はきわめて短かった。一方、根張り上、マウンド上は根雪後も氷点下の値を示し、凍結した状態が2月末頃まで続いた。その後0℃となるが、その期間は地表上に比べて著しく短かった。雪腐れ病菌は-5℃では病原性を示さないが、0℃では高い病原性を示すことが報告されており(程, 1989)、根張り・マウンド上の冬季温度環境がコメツガの種子・実生ステージにおける菌害回避に貢献し、そこで定着を可能にしている可能性がある。

## J1-07

## 開花時期に伴い変動する複数訪花者の送粉貢献

\* 坂本亮太, 森長真一, 伊藤元己 (東大院: 総合文化), 川窪伸光 (岐阜大: 応用生物)

季節推移に伴い変化する送粉者相の量や構成は、顕花植物の繁殖成功に大きく影響する。これまでも特定昆虫の行動や訪花昆虫相の季節変動と、植物繁殖成功の季節変動との関連性が指摘されてきた。しかしながら複数種の昆虫が訪花する場合、昆虫分類ごとの種子生産に対する貢献を分離できなかったため、季節推移に伴った各昆虫分類における送粉貢献の変動は把握されていない。

そこで我々はクサギにおいて、アゲハチョウ属、ホシホウジャク、キムネクマバチの送粉貢献を分離して推定できる「ネットがけ処理」を開発した。アゲハチョウ選択排除と自然条件との種子生産率(種子数÷胚珠数)の差異をアゲハチョウ送粉貢献として、アゲハチョウ選択排除とアゲハ・ホシホウジャク同時排除との差異をホシホウジャク送粉貢献として、同時排除下での種子生産をキムネクマバチ送粉貢献として推定した。開花時期ごとでクサギ種子生産率を算出し、開花時期に伴い変動する3分類昆虫の送粉貢献を推定する。

そのためにまず、調査群落で開花した全ての花を個体識別し、果実・種子生産量を把握した。その後、開花時期全体を7日ずつの5週に分け、各昆虫分類の送粉貢献を比較した。

その結果、開花週ごとで訪花昆虫相の量および構成は大きく変動したにもかかわらず、自然条件下での種子生産率は有意には変動しなかった。一方で、アゲハチョウ属排除下・同時排除下での種子生産率は週ごとで有意に変動した。アゲハ送粉貢献は同属昆虫の訪花量が多い週でのみ検出されたが、訪花回数が多くとも、クマバチ送粉貢献が大きい週では検出されなかった。加えて、ホウジャク送粉貢献はどの週でも検出されなかった。これらの結果は各訪花者の送粉貢献は、その週の訪花量に対して相関するのではなく、他昆虫が有する送粉貢献から影響を受け、開花時期ごとで変動することを示している。

## J1-06

## 函南原生林における小氷期以降のブナ更新動態に与えた冬期と夏期の気温の影響

\* 小出 大, 持田 幸良 (横浜国大・環境情報)

夏緑広葉樹林帯の代表種であるブナ (*Fagus crenata*) は、更新時に積雪の影響を強く受けるため、その更新動態は冬期の気温の影響を強く受けると考えられる。一方で夏期の気温は、親木の種子生産量や定着した実生の生長量に作用し、生産性を通して更新動態に作用すると考えられる。そこで本研究は、太平洋側ブナ林の分布下限域にあたる静岡県函南原生林において、ブナの更新動態に与えた冬期と夏期の気温変動の影響を明らかにし、どちらが更新動態により強く影響するかを明らかにすることを目的とした。

過去に定着したブナの幼木本数は、現在生育するブナの年齢(10年単位)ごとの個体数と、ブナ林における樹木の死亡率を用いて推定した。気象庁による気温観測が始まる以前の気温は、八王子と横浜における古日記に記された天候記録から推定した。冬期の気温は古日記に記された冬期の降雪率(降雪日数/降水日数)から算出した。また夏期の気温は同じく古日記に記された夏期の降水日数から算出した。

結果として、幼木本数は近年になるにつれて減少し、冬期・夏期の気温は上昇するという全体的な傾向が見られた。しかし幼木本数の変動は夏期の気温よりも冬期の気温の方が相関も高く、値が変化するタイミングも冬期の気温でより一致する傾向が見られた。また冬期の気温に関しては、10年間の平均気温が0℃を超えると急に幼木本数が減少する傾向があり、これにはブナの更新を促進させる積雪の期間や量が、0℃を境に大きく減少するためと考えられた。

以上のことから太平洋側分布下限域のブナ個体群の更新動態は、夏期(生長期)の気温による生産性への影響よりも、冬期(非生長期)の気温による定着条件への影響に敏感に反応していることが明らかとなった。

## J1-08

## コバノガマズミに訪花する昆虫のサイズ・行動と結果率の関係

\* 吉本敦子 (石川県白山自然保護センター, 金沢大学・院), 木下栄一郎 (金沢大学環日本海域環境研究センター)

コバノガマズミとミヤマガマズミは同属の近縁種である。ミヤマガマズミは自家不和合性、コバノガマズミは自家和合性で、開花はそれぞれ4月中旬～下旬、4月下旬～5月上旬である。2種が同所的に生育する場所では、開花時期が一部重なり花序の形態が似ているため、同じ訪花昆虫を花粉媒介者としている可能性がある。その場合、2種間の開花時期のずれは、訪花昆虫との関係も考慮に入れて考察する必要がある。しかし、今のところ両種の訪花昆虫や訪花頻度等は不明な点が多い。

本研究では、2種のうち自家和合性をもつコバノガマズミの受粉に有効な訪花昆虫を特定することを目的としている。訪花昆虫の体長と体について花粉数および結実、昆虫の移動距離および行動、花の形態との関係を報告する。

コバノガマズミの訪花昆虫は、2007年から2009年の3年間共に7割以上が甲虫であった。そのうちヒラタハナムグリ、キバネソコメツキ、ヒメハナカミキリ sp 等を袋がけした花序中に入れた場合、結果率は処理を施さない花序および強制自家授粉した花序の結果率と同程度であった。一方、ジョウカイモドキ、クロフナガタハナムミ等ではほとんど結実しなかった。体について花粉数の比較では、前者は後者より体によく多くの花粉を付けていた。これは体長と相関があった。また、体長と1回の訪花による花序上の移動距離にも相関があった。どの訪花昆虫も蜜を吸いながら花序上を動いているが、種によってその動き方が異なっていた。コバノガマズミの花の形態から、花糸長より体長の長い種が授粉に有効な動きをすると考えられる。自家和合性をもつコバノガマズミでは、ある程度の体長をもった訪花昆虫が花序上を歩き回ることが授粉に効率的に働くと考えられる。

## J1-09

## 立山ハイマツ帯の果実数年変動

\*野間直彦, 曾根綾子(滋賀県立大・環), 上原佳敏, 久米篤(九州大・農)

山岳環境における果実数の年変動を知るため、立山のハイマツ帯に生育する木本種について5年間調査を行った。富山県立山の室堂平から浄土山にかけて、標高2400mから2750mの間に計5ヶ所の調査区を設けた。2006年から2010年まで、9月から10月上旬の間に1回調査区を回り、結実していた果実または果実の落ちあとを計数した。浄土山にある富山大学立山施設(標高2839m)の槽の上で、「おんどとり Jr」を用い30分ごとに測定した気温データを用い、各年の季節別平均気温を算出した。

調査できた種は、ガンコウラン、ウラジロナナカマド、タカネナナカマド、ベニバナイチゴ、コケモモ、マルバウスゴ、シラタマノキの液果をつける7種と、球果のハイマツであった。どの種も果実数は大きく変動した。ガンコウランでは2009年が最多で、ウラジロナナカマドは2007年が最多であった。この2種は2ヶ所の調査区に出現し、個体数も多かったが、種内で上記の傾向は一致していた。ベニバナイチゴは2007年、コケモモは2009年、マルバウスゴは2008年、シラタマノキは2006年、タカネナナカマドは2010年、ハイマツは2009年に最多であり、種間で最多年の一致は見られなかった。一方、結実数が最少の年は、ガンコウラン、ウラジロナナカマド、タカネナナカマド、ベニバナイチゴが2006年、コケモモとハイマツは2010年、シラタマノキは2008年であった。全体をあわせてまとめると、これらの種の結実数は、2007年と2009年に多く、2006年、2008年、2010年に少ないという、大まかには1年おきに多少を繰り返す傾向がみられた。季節別平均気温は、2007年の春・2009年の夏が低く、2006年の夏に高くなっており、生育期間の気温が翌年の結実数に影響することが本調査地でもある可能性がある。

## J1-11

## 一斉開花が樹木の肥大成長と炭素固定に与える影響

\*中川弥智子(名大・生命農), 片山歩美(九大・演習林), 中静透(東北大・生命)

東南アジア低地熱帯雨林では、不定期な間隔で起こる群集レベルでのマスティング、一斉開花という現象が知られており、大量の花や果実が一度に生産されるため、一斉開花期間中は多くの資源が繁殖に利用されると予測される。他方で、樹木が利用できる資源には限りがあるため、成長や繁殖のために適切な資源配分を行っていると考えられる。したがって、一斉開花期間中の樹木の成長は、非一斉開花期間に比べて低下する可能性があるが、年輪が明瞭でないことが原因となって、これまで検証されてこなかった。また、短期間の乾燥が落葉・展葉をもたらすことが報告されていることから、降水量も肥大成長に影響を及ぼす可能性がある。そこで本研究では、ほぼ毎年実施された毎木調査の肥大成長データ、リタートラップによる繁殖器官量の変動データ、および降水量データを用いて、一斉開花や乾燥が群集レベルでの樹木の肥大成長と炭素固定に与える影響について解析した。

調査は、マレーシア・サラワク州・ランビルヒルズ国立公園のクレーンプロット(4ヘクタール)において、2000年から2010年にかけて実施した。肥大成長に影響を及ぼす要因は一般化線形混合モデルで解析し、地上部炭素固定量は山倉ら(1986)のアロメトリー式より計算した。その結果、群集全体(1972個体、374種)、および主要な林冠構成種を多く含むフタバガキ科全体(425個体、44種)のどちらにおいても、樹木サイズ(正)と繁殖器官量(負)の有意な効果が検出された。また、繁殖器官量が多いほど地上部炭素固定量は少なかったことより、一斉開花が起こると繁殖への資源配分が増加するため、肥大成長と炭素固定量が低下することが示唆された。

## J1-10

## 種子生産のポジション効果と遺伝効果

\*工藤岳(北大地球環境), 井田崇, L.D. Harder(Univ. Calgary)

花序内の花間で種子生産が変動する事例は一般的である。この変動を説明する至近要因として、「花粉制限」と「資源制限」がある。例えば、花序内の先端部で種子生産が低下する現象は、より資源供給源に近い果実に資源を先取りされてしまうために起きる資源制限と考えられる。しかし、基部の果実を取り除いてもポジション効果が解消されない事例も多く、資源制限のみではすべてを説明できない。種子生産のポジション効果が花序構造に特有の構造的な違いを反映したものである場合、種子生産の違いは潜在的な「構造効果」と定義される。これら3つの制限要因とは異なる視点で種子生産の変動を説明するものとして、果実自身の資源要求性(シンク強度)が生み出す効果が考えられる。これは、資源要求度の高い部位に優先的に資源供給が行われると仮定する、「シンク・ソースバランス」に着目した考え方である。例えば、多くの花が受精されたり、他家受粉に成功した花序ほど資源要求性が強いために多くの資源が供給され、種子生産が増加すると予測される。果実の潜在的な成長速度に依存した資源供給が行われる、と仮定したシンク強度モデルを構築した。このモデルでは、1)繁殖器官全体への資源供給量は各繁殖ユニット(花・果実)のシンク強度の総和に比例し、2)個々の繁殖ユニットへの資源分配は花序構造によって決まる、という仮定に基づいている。花序内の種子生産パタンのシミュレーションを行った結果、1)花序内で他の花が他家受粉されるほどシンク強度が高まり種子生産は増大する、2)花序内で順次開花する間隔が長くなるほど後咲き果実のシンク強度が弱まり種子生産が低下する状況などが示された。これらの予測は、既存研究の種子生産パターンと矛盾しない。シンク強度モデルでは、花粉制限、資源制限、構造効果を包括的に理解することができることを示す。

## J1-12

## 遺伝子発現解析を用いた多年生ハクサンハタザオの温度依存開花機構の解明

\*鹿嶋一孝(北大・環境), 小笠原希実(北大・医), 鈴木悠也(北大・理), 工藤洋(京大・生態研), 千葉由佳子(北大・創成), 佐竹暁子(北大・創成)

植物は移動による環境選択ができないため、周囲の環境に応答して生長・繁殖などの活動をおこなうしくみが発達しているが、外部に表れる応答に先立って遺伝子発現量などの内的状態が変化する。そのため、温度や日長の変化に応じて開花・結実をする場合においても、遺伝子間ネットワークによる遺伝子発現の制御が重要であると考えられる。多回繁殖型多年生植物ハクサンハタザオは春に開花するが、冬の温度低下や春の温度上昇に反応して花成関連遺伝子の発現量を調節することが知られている。ハクサンハタザオは北海道から九州まで広く分布しており、温度シグナルへの応答形式を生育環境に適応させていると予想されるが、その仕組みは明らかでない。本研究では兵庫県と北海道由来のハクサンハタザオを材料に花成関連遺伝子発現量の季節的变化を解析し、温度依存型開花機構の地理的変異があるかを調べた。また兵庫県と北海道に由来するハクサンハタザオの遺伝子発現量を比較することで、生育地とは異なる温度条件への応答機構を明らかにする。2集団由来の個体を5~20℃の温度条件で1~8週間栽培し、春化経路の中心となる花成抑制遺伝子 *FLC* の発現量の変化を調べた。両集団とも10℃以下の条件において遺伝子発現量の経時的な低下が見られたが、低下速度は処理温度が低いほど速かった。また、これらの応答に系統間の差異は見られなかった。以上からハクサンハタザオでは温度シグナルの量的な変化に対応して *FLC* の発現を調節するが、少なくとも供試した2集団間では発現量変化の差は見られないことが明らかになった。さらに *FLC* の上流に位置する *VIN3* および下流の *FT* の発現量および開花・結実イベントとの関連について報告する。

## J1-13

## 海産緑藻の配偶システムと有性生殖のコスト

\*富樫辰也(千葉大・海)

卵配偶を行う他の多くの生物グループと違い、海産緑色藻類にはさまざまな配偶システムが見られる。特に特徴的なのは、両性で配偶子のサイズが異なる同型配偶を行う種が見られることである。また、多くの理論研究で進化的に極めて不安定だとされているわずかな異型配偶を行う種も多く見られる。さらに、顕著な異型配偶を行う種もある。これらの多様な配偶システムは、配偶子が示す特異的な行動ならびに、生息場所の環境と密接な関係を持っている。同型配偶、わずかな異型配偶、顕著な異型配偶を行う種のうち雌の一部は、眼点と光受容器官から成る走光性器官を持っており、放出されると直ちに正の走光性を示して、海面直下の2次元平面に集合して効率的な接合を行う。これらの種はいずれも海面までの距離が近い潮間帯上部に生息する。雌性配偶子が走光性器官を有しているにも拘わらず雄性配偶子が小型で走光性器官を有していない種では、性フェロモンによる雄性配偶子の誘導システムが見られる。海面までの距離が遠い深い場所に生息する種では雌雄の配偶子にはともに走光性器官が見られない。これらのことから、放出された配偶子の接合効率は、海産緑藻の有性生殖機構の進化における重要な淘汰圧となっていると考えられる。

従来の研究に見られるように、生産される配偶子が少ない方の性(一般には雌)の配偶子は全て接合してしまうとすると、同型配偶には性があっても2倍のコストは掛ってこない。本研究では、これまでに得られた配偶子のサイズや遊泳速度の計測データに基づいて、遊泳する配偶子の衝突頻度から形成される接合子の数を計算によって求めた。その結果、同型配偶でも、性が存在する場合には、存在しない場合に比べて最大で2倍近いコストが発生し得ることがわかった。



# 一般講演・口頭発表

3月10日（木）14:15-17:30

生態系管理

保全

都市

群落

物質循環

種多様性

行動

社会生態

動物群集

フェノロジー

数理

進化

植物個体群

外来種

動物と植物の相互関係

植物生理生態

植物生活史



## A2-01

## 三方湖(福井県)におけるヒシの繁茂が生態系の季節動態に及ぼす影響

\*加藤義和(東京大学・総合文化), 西廣淳(東京大学・農学生命科学), 吉田丈人(東京大学・総合文化)

三方湖(福井県)では近年、夏季にヒシ(*Trapa japonica*)が繁茂し水面の大部分を覆うまでになった。ヒシの繁茂によって湿地の生態系が大きく改変されることが世界各地で報告されているが、一年生の浮葉植物であるヒシの季節消長に合わせて生態系がどのように変化するのは、これまで明らかにされてこなかった。本研究では、ヒシの季節消長に応じて、湖内の物理化学環境および生物群集(ベントス・プランクトン)がどのように変化するかを明らかにした。

2009年8月から2010年11月にかけて、夏季にヒシが密生する地点(ヒシ帯)と密生しない地点に調査点を設定し、物理化学環境の測定およびベントス・プランクトンの定量採集を行った。ヒシが繁茂し始める6月頃から、湖底付近の溶存酸素は減り始め、特にヒシ帯の底層では、夏季に著しい酸欠状態になった( $< 1\text{mgO}_2/\text{L}$ )。その後、ヒシの枯死(11月頃)に伴い、湖内全域で溶存酸素量は回復した。クロロフィル濃度は、夏季には湖内全域で一様に低かったが( $< 20\ \mu\text{g/L}$ )、冬季には著しく増加した( $20\text{-}100\ \mu\text{g/L}$ )。夏季、ヒシ帯の底泥中には、大型のユスリカ幼虫や貧毛類は極めて少なかったが( $< 50$ 個体/ $\text{m}^2$ )、冬季には、ヒシ帯でもユスリカ幼虫や貧毛類が著しく増加した( $50\text{-}1500$ 個体/ $\text{m}^2$ )。夏季のヒシ帯には枝角類とカイムシ亜綱が多かったが、冬季には見られなくなった。

湖底付近での著しい酸欠およびベントスの減少が起こるヒシ帯は、湖底を利用する高次捕食者(魚類など)にとって不適な生息場所になっているといえる。一方、カイムシ亜綱のように、ヒシ植物体を生息場所に利用すると考えられる生物の増加が見られた。今後、ヒシ植物体表面を利用する生物相の評価も行うことで、ヒシの繁茂が湖の生態系に及ぼす影響を包括的に評価することを目指す。

## A2-03

## 湖沼の生態系構造と水質にウナギが及ぼす影響 — 隔離水界を用いた実験的解析 —

\*小林 宏輝, 花里 孝幸(信州大学 山岳科学総合研究所)

湖沼の水質浄化の手段として「バイオマニピュレーション」という手法がある。この手法は魚食魚の投入によってプランクトン食魚を減らし、その結果増えた大型ミジンコが水質汚濁の原因生物である植物プランクトンを効率よく摂食して減らすというものである。すなわち、食物連鎖を介したトップダウン効果を利用したものだ。しかし日本では魚食魚の湖への放流は一般的に受け入れられていない。そこで、日本において一般的な魚食魚であるウナギでバイオマニピュレーションを行うことを考えた。そこで本研究では、その可能性を隔離水界を用いて実験的に検証することを目的とした。

実験は諏訪湖畔にあるピオトープ池(面積 $1200\text{m}^2$ , 平均水深 $1.2\text{m}$ )で行った。この池に容積 $1000\text{l}$ の隔離水界を9個設置し、それを3つの処理区(魚除去区, モツゴ区, ウナギ区, 各3つ)に分けた。実験期間は2010年7月24日から9月24日までの62日間、水中の環境測定とプランクトンサンプリングを週に2度の頻度で行った。はじめはどこにも魚を入れず、モツゴ区とウナギ区に8月4日のサンプリング直後にモツゴを10個体ずつ投入した。更にウナギ区では8月14日にウナギを2個体ずつ投入した。なお、魚除去区には魚は投入していない。

実験開始後、どの隔離水界でも比較的高い透視度が維持されていた。モツゴ投入後のモツゴ区とウナギ区は、ミジンコ類が少なく低い透視度を示した。これは、モツゴがミジンコを減らした結果、小型の植物プランクトンが増えたことが原因だと考えられる。その後ウナギ区では、ウナギ投入後1~2週間で透視度が上昇し、ミジンコ類(種占種: オナガミジンコ)が増加した。これは、ウナギのトップダウン効果に現れたものと考えられ、ウナギの間接影響による十分な透視度の上昇を確認できた。

## A2-02

## 三方湖(福井県)におけるヒシの分布に影響する要因

\*西廣淳(東大・農学生命), 加藤義和, 吉田丈人(東大・総合文化), 鷲谷いづみ(東大・農学生命)

ラムサール条約登録湿地である三方湖では、近年、一年生の浮葉植物ヒシが急増している。特に2008年以降は、三方湖の湖面のうち、汽水湖である水月湖と接続している湖の下流部および流入河川の河口部にあたる上流部を除く、ほぼ全ての範囲を埋め尽くすように繁茂するようになり、地域ではヒシの駆除管理が開始された。本研究では、ヒシの繁茂をもたらす要因を解明し適切な湖沼管理方策を提案することを目指した研究の一環として、三方湖内のヒシの空間分布に影響する要因を検討した。

三方湖内に10点の調査地を設け、それぞれにおいて船上から鋤簾を用いて一定面積の底質を掻き取ることでヒシ種子を採集し、種子密度と発芽動態を調べた。その結果、前年にヒシが繁茂していた場所では、発芽期前の3月には $31\text{-}63$ 個/ $\text{m}^2$ の種子が底質中から検出されたが、ヒシの繁茂が認められなかった湖の上流部および下流部では種子はほとんど検出されなかった。

近年におけるヒシの繁茂が認められない下流部と上流部、および高密度な繁茂が認められる湖心部の湖底に、2010年3月に休眠解除処理をした種子をメッシュバッグに入れて設置し(45種子/地点)、発芽終了期にあたる6月上旬に発芽/休眠/死亡種子の割合を調べた。その結果、頻繁に汽水が侵入する下流部では設置した種子の80%が発芽後に死亡していた。一方、上流部では76%が発芽・展葉し、これは湖心における発芽率(51%)よりもむしろ高かった。

ヒシの繁茂を抑制している要因は三方湖内の地点によって異なり、上流部付近では種子供給の不足が、下流部付近では、種子供給の制限に加え、汽水の流入による実生の死亡が主要な要因となっていることが示唆された。

## A2-04

## 氾濫原水域における魚類群集構造を決定する要因

\*永山滋也(土木研究所), 根岸淳二郎(北海道大学), 久米学(土木研究所), 佐川志朗(土木研究所), 豊場祐一(土木研究所)

## A2-05

## メコン川の流域開発と魚類生息地評価

\* 亀山哲 (国環研・アジア G)、野原精一 (国環研・アジア G)、佐藤達明 (アルファ水工)、藤井良昭 (アルファ水工)

東南アジア最大の国際河川メコン川流域では、急激な社会構造の変化に起因する流域開発に伴い、そこに生息する淡水魚類の生息地の変化が大きな問題となっている。特に1980年代以降、上流に建設されたメコンカスケードと呼ばれる一連のダム群は、メコン本流に建設された最初の横断構造物であり、その下流への影響は国際的にも大きな懸念材料である。しかし、社会的背景や流域規模の大きさ故に、特に本流部分においては魚類生息地評価が行われた事例が少なく、具体的な生態系影響評価手法も確立されていない。

本研究では、メコン本流に最初に建設された(1986-1993)漫湾ダムを対象とし、その下流河川部分(タイ北部チェンセン下流、約20km区間)において淡水魚類の生息地評価を行った。2007-2008年の現地調査では魚群探知機(NAVMAN社製 TRACKFISH6600)および超音波ドップラープロファイラー(SonTec社製 Mini-ADP)を使用し、魚類の生息量・分布情報およびその場の水文物理環境を把握した。また、調査範囲を河川範囲全体に拡大する目的で、数値モデル(DHI社製 Mike シリーズ)を用いて一年間の流況を再現した。

生息地評価については、最初に魚群探知機から得られる魚影数を目的変数、同地点の水文物理環境(水深・流速・相対的位置(河岸までの距離/河川幅))を独立変数とする回帰式を求め、それぞれの式の積を計算することで行った。次に、生息適地に関わる独立変数を、水文物理モデルの再現結果に置き換えることにより、魚類生息地の評価範囲を空間的に拡大した。最終的に、水文モデル中の Orthogonal Curvilinear Grid に生息適地指数を表示することにより生息適地分布マップを作成した。

## A2-07

## ナマコの資源管理とナマコ経済の将来予測

中塚 彩人 北海道大学 環境科学院

## A2-06

## 意図せず創出された干潟に生息する希少ベントス：生息分布メカニズムの解明

\* 河井崇 (阿南高専・地域連携テクノセ)、大田直友 (阿南高専・建設システム工)

徳島県阿南市大潟干潟は、漁港拡張埋め立て工事に伴い航路浚渫土(細粒分:90%以上)、及び山土(粗粒分:70%以上)による盛り土を行った結果、意図せず創出された干潟である。創出後15年が経過した現在、この干潟には徳島県RDB指定種14種を含む多くのベントスが生息している。演者らは、創出干潟に優占して生息する希少ベントス、シオマネキとフトヘナタリに注目し、新規生息地創出実験、及び自然干潟との個体群比較調査を4年間実施した。本講演では、創出・自然干潟における2種の分布特性を比較検証し、干潟創出に向けた生態学的留意点を考察する。

両種の分布特性の違いは明確であり、シオマネキは泥質底に対する選好性が強く、細粒分の卓越した浚渫土及び泥土底のみに出現した。一方フトヘナタリは、砂質・山土底における生息数が泥質・浚渫土底を上回ったが、シオマネキほど基質選好性は強くなかった。

また、新たな生息地創出に対する時間的反応は、種により大きく異なった。実験区への移入はシオマネキが早かったが、1年で密度の増加は頭打ちとなり新規加入も極めて少なく、4年経過した後も自然干潟の水準に達しなかった。一方フトヘナタリは、初期反応は遅かったものの継続的に密度が増加し、新規加入も順調に起こり、4年経過時には自然干潟と同様な状況となった。

以上のように、希少種を含む多様な生物が生息する干潟創出の実現には、種による分布特性の違い、及びその要因となる生態的特性と環境条件との関連性を理解し、より多くの種が生息可能な条件を設定することが重要である。さらに、その評価過程においては、種間の環境に対する時間的反応性、生活史、寿命等の違いを考慮した、長期的な実験・観察が必要であることが示唆された。

本報告は、水産庁・水産基盤整備調査委託事業の成果の一部である。

## A2-08

## 知床世界遺産の海域管理計画における漁業の評価

\* 松田裕之 (横浜国大)・牧野光琢 (中央水研)・桜井泰憲 (北水産)

知床は2005年に世界自然遺産に登録された。登録海域で沿岸漁業が営まれているが、登録時に日本政府は新たな漁業規制を行わないと漁協に約束し、審査機関からは海域の保護水準の引き上げを求められた。両者は一見矛盾するようだが、漁協がスケトウダラ季節禁漁区を自主的に拡大し、遺産登録が実現した。結果として、知床は日本の自主管理漁業を世界に説明する機会を得た。漁協は50魚種についての漁獲量と漁獲高を集計している。これから、各魚種の資源状態を大まかに判断することができる。たとえば、漁獲量も魚価も減少する魚種は乱獲が懸念される。また、スケトウダラ、トドの資源状態も継続調査されており、これらを踏まえた順応的管理の方法を提案する。

The Marine Management Plan for the Shiretoko World Heritage Site describes which species and factors are monitored, how these data are evaluated, and how the benchmarks specified by ecosystem management are determined. The Plan will provide a valuable example for the establishment of "environment-friendly fisheries" in Japan and other countries, because it includes voluntary activities by resource users. We develop a method to evaluate fisheries integrity by catch and yield data.

## A2-09

## 知床国立公園における交通シミュレーション

北海道大学 環境科学院

2005年の世界遺産登録直後、知床国立公園を訪れる利用者が急増し、過剰利用による自然環境の破壊や混雑によるレクリエーション体験の質的低下、ヒグマなどの野生動物との遭遇などの問題が懸念されてきた。このような問題を緩和するために、立ち入り人数など細かい制限・規制を行うことが求められている。そこで、本研究では、今までにも問題となってきた車両による渋滞と、2011年より導入される認定ガイド制度とマイカー規制の変更の関心に着目し、交通量のシミュレーションモデルを開発し、規制が混雑に与える影響を定量的に予測し、今後の知床国立公園利用・管理に役立てることを目的とする。

モデルでは、知床国立公園内の道路を7.5mの区画で区切り、1区画あたり最大1台の車両が入ることができ、前の区画にすでに車両が入っていると前進できず行列が生じると仮定する。ウトロから出発し、2つの主な観光地である知床五湖とカムイワッカ湯の滝へ向かう分岐点に遭遇する。いずれの観光地を選択するかは、社会調査より推定された選択確率に基づいて決まると仮定する。その他に、それぞれの観光地の駐車可能量と平均滞在時間、車両が知床国立公園の入り口にあたるウトロに入ってくる確率をパラメータとして使用する。

このモデルの整合性を確認するため、2009年交通量調査より推定されたモデルのパラメータ値を用いて、観測された交通量パターンを再現できるか検討した。その結果、渋滞には午前と午後にピークが生じる傾向を再現でき、駐車場前の待ち行列長も実測値とほぼ同じ傾向を示した。また、各パラメータ値から計算される渋滞解消条件についても調べたところ、合理的な結果が得られ、モデルの整合性が確認された。以上の結果をもとに、認定ガイド制度とマイカー規制が渋滞に与える影響とその緩和策を検討する。

## A2-11

## 生態系から見る人間活動ー「生態系サービス利用」の提案

\*町村尚(大阪大・工)、松井孝典(大阪大・工)、R.N.SHAW(大阪大・工)、加藤悟(大阪大・工)、早田至(大阪大・工)

「生物多様性への民間参画決議」(2006)、「生態系と生物多様性の経済学(TEEB)」(2008, 2010)などで報告されたように、人間活動とりわけ産業活動は、生態系サービスの持続的利用と生物多様性保全に対して大きなインパクトと責任を持っている。ここで生物多様性対応行動の促進と具体的な計画策定のためには、人間活動の生態系サービスへの依存を「見える化」する必要がある。我々は人間活動の生態系サービス依存度の指標として、そのサービスを提供する生態系面積で表した「生態系サービス利用(Ecosystem Service Use; ESU)」を提案している。ESUの要点は、人間活動強度から生態系面積への換算方法の合理性と、人間活動のバウンダリー(活動主体、活動の時空間、間接影響)の設定および算定にある。日本の産業活動の森林生態系の供給サービス(木質資源、水)、調整サービス(CO<sub>2</sub>吸収、NO<sub>x</sub>/SO<sub>x</sub>緩衝)への依存度を、ESUで評価した事例を紹介する。産業セクター別直接ESUとセクター間経済取引を通じた間接ESUを計算し、また海外の生態系への依存度(輸入ESU)も評価した。ESUフレームワークの改善・普及とともに、持続可能社会への生態学の積極的な関与のため、活発な議論を期待する。

## A2-10

## Tourists and traditional divers in a common fishing ground

\*Lee Joung Hun, Iwasa Yoh(九大・理)

## B2-01

## 市民参加型コウモリ類モニタリングプロジェクト iBats-Japan について

\* 福井大 (森林総研北海道), Kate E. Jones (Zoological Society of London)

コウモリ類は、種数や分布域の大きさ、都市域から原生的環境まで様々な環境を利用すること、長寿命であり生態的機能も高いことなどから、各種生態系における指標生物として適していると考えられる。しかし、手法的制約や研究者および認識の不足などにより、これまで国内ではモニタリングの対象として扱われることは全くなかった。一方で海外では、近年の技術発達に伴い手法的制約がなくなったことで、指標生物としての注目度が急速に増し、長期モニタリングが様々な国で開始されている。

このような状況の中、ロンドン動物協会と英国コウモリ保護団体が主体となって、地球規模でのコウモリ類モニタリングプロジェクト (Indicator Bats Program 以下 iBats) が2006年から開始された。このプロジェクトでは、より多くの地域で多くの市民および研究者がモニタリングに参加でき、結果を効率よく得ることができるように、安価かつ容易な方法 (超音波マイク・録音機・GPSを自動車に設置して行うラインセンサス) を考案・採用している。各調査者が行ったモニタリングのデータはインターネットを通じてサーバにアップロードされ、結果はいつでも閲覧できる状態になる。2011年からは、専用アプリをダウンロードしたスマートフォンを利用したモニタリングも可能になる。また、本プロジェクトでは世界中で同じモニタリングプロトコルを採用することによる広範囲での比較も目標にしており、2010年の時点で15カ国が参画している。

日本でも、2010年より「コウモリの会」が主体となって iBats-Japan を立ち上げ、プロジェクトに参画することが決まり、第1回のワークショップならびに試験モニタリングを開催した。本発表では、プロジェクトの概要ならびに今後の展望および課題について紹介する。

## B2-03

## コイヘルペスウイルス病が琵琶湖の野生型コイへもたらした影響

\* 内井喜美子 (東大・総合文化), 奥田昇 (京大・生態研), 源利文 (地球研), 川端善一郎 (地球研)

野生生物感染症は、時として生物個体群の衰退や絶滅を引き起こす。1990年代に初めて認識された新興病原生物コイヘルペスウイルス (CyHV-3) は、2004年に琵琶湖のコイ (*Cyprinus carpio*) の大量死を引き起こした。琵琶湖コイ個体群には日本固有の野生型系統とユーラシア由来の飼育型系統が含まれることが知られるが、馬淵ら (2010) により、2004年に大量死したコイの90%近くが野生型の mtDNA ハプロタイプであったことが明らかにされた。感染実験により野生型は飼育型に比べ CyHV-3 への感受性が高いことが示唆されていることから、琵琶湖において CyHV-3 は野生型系統に、より甚大な被害をもたらしたことが推測される。本研究では、CyHV-3 が琵琶湖の野生型系統にもたらした影響を評価するため、2004年の大量死直後の琵琶湖コイ個体群における mtDNA ハプロタイプ頻度と、2006年のそれとを比較した。その結果、琵琶湖北部地域において野生型ハプロタイプ出現頻度の顕著な減少が認められた。北部地域は他地域に比べ、2004年には野生型ハプロタイプが際立って優占しており、野生型にとって極めて重要な生息地であったと考えられることより、この地域に置ける野生型の頻度低下は、琵琶湖における野生型系統のコイへの深刻なダメージを示唆する。

## B2-02

生息痕からみた韓国南部地域におけるユーラシアカワウソ *Lutra lutra* の長期推移

\* キム・ヒョンジン (東農大), 安藤元一 (東農大), ハン・ソンヨン (韓国カワウソ研究センター), 佐々木浩 (筑紫女学園大), 小川博 (東農大)

韓国に生息するユーラシアカワウソ *Lutra lutra* は1982年に同国の天然記念物に指定された。これまでカワウソの生息状況調査は各地において行われてきたが、長期モニタリング調査の例は少ない。本研究の目的は、開発による環境変化がカワウソの生息に与える影響を長期モニタリングを通じて探ることにある。調査は1982、1991-4および2010年の3回行われた。調査地は韓国南部の主要河川とリアス式海岸であり、各回の調査においてそれぞれ47、39および48地点を選び、平均500mずつ踏査して糞の分布密度を調べた。同時に聞き取りによる生息有無の情報を得た。糞密度と聞き取り情報をもとに、各調査地の生息密度に0~3のスコアを与えて時期ごとに比較したところ、スコアは1982年に河川1.3、海岸1.7であった。この値は1991-4年には1と1.4の値を示して減少傾向が見られたが、カワウソについての住民の認知度は増加していた。しかし2010年の調査では河川2.2、海岸1.6であり、むしろ増加傾向にあった。河川と海岸を比較すると1980-90年代には海岸における値が高かったが、2010年には河川の値が高くなった。とりわけ、2010年には大都市である釜山の海水浴場においてもカワウソの糞が見られるなど、人の往来が頻繁な場所もサインポストとして利用されていた。韓国南部の分布域については、大きな消長は見られなかった。以上から、1982年から1990年前半までも見られていた減少傾向が2010年までは続いていなかったこと、海岸よりも河川で生息状況が改善していること、安全な休み場が確保できれば都市域の近くにおいても本種の回復は可能であることが知られた。

## B2-04

## モニタリングデータと生態学的特性から探るラムサール条約湿地三方湖の淡水魚類相の変化

松崎慎一郎 (国環研), 児玉晃治 (福井県・水試), 照井慧 (東大・農), 武島弘彦 (東大・大気海洋研), 佐藤専寿 (福井県大・生資), 富永修 (福井県大・生資), 前田英章 (福井県・海浜自然セ), 多田雅光 (福井県・海浜自然セ), 鷺谷いつみ (東大・農), 吉田丈人 (東大・総合文化)

2007年の「改訂版 汽水・淡水魚類レッドリスト」では、実に144種が絶滅危惧種として選定されており、人為的な影響による個体数や種多様性の減少が著しい。種の絶滅や個体数の減少と生態学的特性の関係を明らかにすることができれば、減少要因の解明や今後影響を受ける種の予測など生物多様性の保全に貢献できると考えられる。

本研究では、ラムサール条約登録湿地である福井県三方湖流域に生息する在来純淡水魚類を対象とし、出現頻度が著しく減少している種群と結びつきの強い生態学的特性を明らかにすることを目的とした。まず、既存の長期モニタリングデータの網羅的な収集と、2006~2009年にかけて広域魚類調査を実施し、1984年以前、1990~1996年、1997~2005年、2006~2009年にわたる魚類相の変化を把握した。次に、全ての出現魚種 (22種) について、6つの生態学的特性 (最大全長・産卵基質への依存性・餌資源の広さ・生活型・産卵数・親の卵保護の有無) を調べた。系統的自己相関を考慮するために、科をランダム効果としたGLMMを用いて解析した。

長期の魚類相変化を調べたところ、5種について出現頻度の減少が認められた。また総当たりモデル選択の結果、産卵基質への依存性を説明変数とするモデルがベストモデルとして選択され、砂礫や二枚貝など特殊な産卵基質を必要とする魚種が減少していることが明らかになった。以上のことから、産卵基質や産卵場所の量や質の変化が、三方湖流域の淡水魚類の種多様性に大きな影響を及ぼしている可能性が示唆された。

## B2-05

## 水俣湾砂泥干潟における底生生物分布状況 一水銀汚染を乗り越えて一

森 敬介 (国立水俣病総合研究センター)

## B2-06

## 多毛類の海洋底質汚染物質浄化に係わる物質代謝機構の解明

\*伊藤克敏, 伊藤真奈, 持田和彦, 隠塚俊満 (水研セ・瀬戸内水研), 太田耕平, 三浦 猛 (愛媛大・南水研), 藤井一則 (水研セ・瀬戸内水研)

多毛類は汚染物質に対する耐性が高く、有機汚濁や化学汚染物質を代謝し環境を浄化する能力を持つ。しかしながら、その代謝機構を詳細に調べた研究例は少ない。これまでに我々は、多毛類が生息域に適応した有機汚濁浄化能力を保持していることを明らかにした。本研究では、化学汚染物質代謝機構の解明を目的とし、まず生息域の異なる2種の環形動物の代謝能力を調べた。

試験には、河口域に生息するイソゴカイ *Perinereis nuntia* と、有機汚濁が進行した底質から採取した *Capitella-like species* を用いた。被験物質として、海洋底質汚染物質として知られる1-ニトロナフタレン (INNAP) を用いた。試験水として、INNAP 飽和海水の10倍希釈海水を用いた。曝露試験は生物重量あたり150倍量の試験水中で行い、人工底質として生物重量あたり50倍量の珪砂を入れた。また、GC-MSを用いて、試験水中および生体中のINNAP濃度を測定した。なお、試験期間は72hとし、試験水に珪砂のみを入れた試験区をブランクとした。

試験の結果、72h後のイソゴカイ及び *Capitella-like sp.* 飼育水中INNAP濃度は、試験開始時の1.4mg/Lから、それぞれ0.56mg/L及び0.012mg/Lまで減衰した。さらに、生体中濃度は、それぞれ38mg/kg及び0.094mg/kgであり、これらから算出した試験系内全体の72h後のINNAP減衰率はイソゴカイ区が40%及び *Capitella-like sp.* 区が99%であった。なお72h後のブランクの水中濃度は1.3mg/Lであった。以上の結果から、環形動物は種間により異なった代謝能力を有し、特に *Capitella-like sp.* は極めて高いINNAP分解活性を示すことが明らかとなった。

## B2-07

## Priority Determination on Handling The Critical Land at Cirasea Watershed, Bandung Regency

\*FIRDAUS, RACHMAD,

The existence of Cirasea watershed is important for regional development on upland Citarum watershed, West Java. One of the main problems is the fact that there is a critical land that can disturb the sustainability of conservation and cultivation functions. The existing handling efforts were not successful because its handling efforts were only based on biophysics aspects. The objective of this study is to determine critical land level as an input for priority on handling critical land. There were two main analyses such as analysis of erosivity universal soil loss equation method and analysis of population pressure to the land using population pressure index method and overall analysis using GIS tools. The result shows that most part of area is a high critical land. It is affected by the high level of erosion hazard and population pressure. There is an obvious difference between the determination of critical land based on only biophysics and that synthesizing biophysics and social economic aspects. That variation is shown by the difference of the village numbers and its width area in each category. There are seven typologies that can be inputs for the handling priority. Finally, land use directions are divided into three types: a) conservation area (15 villages), b) limited cultivation area (19) and c) cultivation area (23).

## B2-08

## Distribution and Habitat Preference of Frogs in Kakuma Area, Kanazawa

Karlina Indraswari (Kanazawa Univ.)\*, Nakamura Koji (Kanazawa Univ.), and Yoneshima Ryo (Kanazawa Univ)

A study to determine the preference of *Rhacophorus arboreus* towards ponds, managed paddy fields, and manmade structures, was conducted in biotope areas of Kakuma area in Kanazawa, Japan. We measured the population dynamics and habitat utilization of this frog in three sites, the first site (Minamidani Valley) was an unmanaged pond area with no concrete structures, the second site (Kitadan Valley) was with unmanaged ponds and managed paddy fields, but no concrete structures and the third site (Zontan) consisted of both paddy fields and ponds, with concrete structures. As an explosive breeder, we found that *Rhacophorus arboreus* was most active in all three areas during May, when adult males start to emerge, until Late August, when metamorphosed juveniles mostly dominated the population. Though in all three areas, *Rhacophorus arboreus* are often found on leaves or trees, in Zontan this frog was utilizing a manmade structure, mostly found sitting under a bridge. Through this study we discovered that *Rhacophorus arboreus* has a preference towards areas with cover inside unmanaged ponds.

## B2-09

口頭発表 3月10日(木) B会場 16:15-17:15

### B2-09

#### 都市沿岸域の森林造成のあり方に関する植生学的研究

伴 武彦(東京農工大・院・連合農)

### B2-10

#### 都市の生物多様性は企業が守る！ - 企業保有地向け土地利用評価ツールの開発 - (1) 企業の取り組み

\* 三輪隆(竹中工務店), 原口真(インターリスク総研), 伊藤俊哉(住友林業緑化), 林豊(清水建設), 浦島裕子(三井住友海上), 竹内恵子(グリーン・ワイズ), 飯田慎一(パナソニック), 久保達哉(JSR), 永戸優子(凸版印刷), 高見謙(帝人), 西山由美(地球の芽), 足立直樹(レスポンスアビリティ), 木村幹子, 河田雅圭, 中静透(東北大学)

### B2-11

#### 都市の生物多様性は企業が守る！ - 企業保有地向け土地利用評価ツールの開発 - (2) 土地利用評価

\* 木村幹子(東北大学), 三輪隆(竹中工務店), 原口真(インターリスク総研), 伊藤俊哉(住友林業緑化), 林豊(清水建設), 浦島裕子(三井住友海上), 竹内恵子(グリーン・ワイズ), 飯田慎一(パナソニック), 久保達哉(JSR), 永戸優子(凸版印刷), 高見謙(帝人), 西山由美(地球の芽), 足立直樹(レスポンスアビリティ), 河田雅圭, 中静透(東北大学)

都市域では、自然公園や社寺林などに貴重な自然が残されているが、それらは縮小化、分断化が進み、生物個体群を持続的に維持するのが難しくなっている。都市域に点在し、概して大きな敷地面積を持っている企業保有地は、これらの貴重な生息地間を有機的につなぎ、地域全体として生物多様性を保全していく上で、大きな役割を果たすと考えられる。生物多様性に配慮した土地利用は、劣化が進んでいる都市の生態系サービスの持続的な利用にもつながる。しかし、これまで企業保有地での緑地作りに関しては、法対策として緑地の「量」を確保する事だけが重要視されており、生物多様性の視点が盛り込まれているガイドラインは存在しなかった。その結果として、地域の景観にそぐわない一律的な樹林化や芝地化が促進され、外来園芸種や産地の異なる国産種苗の導入による遺伝的攪乱が生じているのが現状である。

そこで私たちは、企業保有地での土地利用に関するガイドラインを作成し、取り組みを可視化するための評価ツールを開発した。本ガイドラインで重要視した点は、地域生態系との調和を図り、生物の進化を妨げないこと、そして生態系サービスを持続的に利用することである。そのため、緑地の面積だけでなく、立体構造や周辺環境とのつながり、動物の生息環境や移動経路、導入する動植物の種類や産地、物質循環への配慮、化学物質管理などの項目も評価に盛り込んだ。本稿では、それぞれの評価項目の詳細を解説し、科学的妥当性と実用性について議論する。

### B2-12

#### 都市の生物多様性は企業が守る！ - 企業保有地向け土地利用評価ツールの開発 - (3) 人材育成と波及効果

\* 久保達哉(JSR), 三輪隆(竹中工務店), 原口真(インターリスク総研), 伊藤俊哉(住友林業緑化), 林豊(清水建設), 浦島裕子(三井住友海上), 竹内恵子(グリーン・ワイズ), 飯田慎一(パナソニック), 永戸優子(凸版印刷), 高見謙(帝人), 西山由美(地球の芽), 足立直樹(レスポンスアビリティ), 木村幹子, 河田雅圭, 中静透(東北大学)

**B2-13****都市の生物多様性は企業が守る！ - 企業保有地向け土地利用評価ツールの開発 - (4) 生き物調査**

\* 林豊 (清水建設), 三輪隆 (竹中工務店), 原口真 (インターリスク総研), 伊藤俊哉 (住友林業緑化), 浦島裕子 (三井住友海上), 竹内恵子 (グリーン・ワイズ), 飯田慎一 (パナソニック), 久保達哉 (JSR), 永戸優子 (凸版印刷), 高見謙 (帝人), 西山由美 (地球の芽), 足立直樹 (レスポンスアビリティ), 木村幹子, 河田雅圭, 中静透 (東北大学)

生物多様性を高めるためには、生物の継続的な調査が不可欠である。しかし、従来の企業緑地においては緑地の「量」のみが重要視されていたため、設計された緑地が動植物の生息地としての機能を果たしているかどうかについての継続的な検討はなされていなかった。また、生物調査が行われていたとしても、外部の専門家に依頼し、結果だけを受け取る方法が主流であり、施設管理担当者をはじめ、従業員の意識の向上にはつながらなかった。そこで、生物が専門でない従業員でも生物に興味を持ち生物多様性がモニタリングできる手法を開発した。

モニタリングの方法は、対象となる企業保有地で生物を観察し、シートに記載してある大まかな分類、大きさ、シルエットなどから判断し、チェックを付けるという簡便なものである。モニタリングの対象生物は、山形大学の横山教授の監修のもと、生物多様性の指標となり、素人でも区別が付きやすい生物種を選定した。シートでは、各生物の生息特性と指標となる環境に関する説明を付加し、モニタリングを重ねるうちに生物多様性と環境に関する理解が深まるように工夫した。

各企業の保有地でこのシートを使ってモニタリングすることにより、順応的な管理に反映し効果的に生物多様性を高めることが期待できる。さらに、今後日本各地の企業にこの活動が普及すれば、生物多様性観測拠点の創出にも大きな効果があると考えられる。

## C2-01

## 龍谷の森の植生変遷と環境要因

\*清水裕輔(龍谷大・理), 倉地奈保子(平岡森林研究所), 宮浦富保(龍谷大・理)

龍谷大学が所有する「龍谷の森」は面積が約38haであり、コナラ群落とアカマツ群落、ヒノキ人工林が混在する森である。マツ枯れの影響によりアカマツは激減し、2009年にはナラ枯れも侵入した。この森の植生が現在どのように変化しつつあるのかを調査し、今後どのように変化していくのかを予測することで、放棄された里山の管理指針の作成に資する基礎的情報を得ることが研究の目的である。

本研究では龍谷の森全域を機械的に調査するため、緯度、経度それぞれ2秒(南北約61m、東西約50m)間隔で半径5mの円形プロット(全127個)を設定し、植生(2009年、2010年)、林内気温(2009年4月以降)、林内相対照度(2009年4月～2010年3月)について調査した。植生については、プロット内の毎木調査(DBH>1cm)を全測定点について行った。林内気温は抽出した31点に温度ロガーを設置し、1時間に1回の間隔で記録した。林内相対照度は、抽出した17点で毎月1回測定を行った。また、3月と7月に全測定点でアントラセン法による相対照度の測定を行った。これらのデータに加え、地図上から読み取れる地形等の環境値を併せて龍谷の森の環境を評価した。

2003年に行われた航空写真による植生図と今回行った2009年の毎木調査結果を比べると、龍谷の森のおよそ半分を占めていたアカマツ林が1割程度に減少し、主にコナラ林に変化していることが分かった。一方でヒノキ林はほとんど分布を変えていなかった。また、地形を平地、谷、尾根、斜面の4つに、斜面を8方位に分類し植生との関連を見た結果、コナラは平地、谷、尾根に多く分布しているが、斜面には南側以外は少なかった。東、北東、北、北西、西側の斜面にはヒノキが多く分布していた。

## C2-03

## 高齢スギ林における個体サイズと林分構造

\*右田千春, 壁谷大介, 齋藤智之, 千葉幸弘(森林総研)

(キャンセル)

## C2-02

## 八ヶ岳東麓における森林構造の標高による変化

\*清野達之(筑波大・生命環境), 山口翔太(筑波大・生物資源)

八ヶ岳の東麓にひろがる針広混交林から亜高山針葉樹林までの標高傾度に応じた林分構造と分布パターンの変化を定量的に解析することを目的に調査を行なった。調査は八ヶ岳連峰南部の東斜面に位置する東麓の標高1350mから2400mにかけて、300から450mおきに合計7箇所(0.25ha(一部0.24ha))のプロットを設置した。各プロットにおいて、胸高直径5cm以上の全ての個体について樹種を特定し、胸高周囲長、プロット内での位置を記録し、胸高直径5cm以上の個体の樹高を測定した。胸高直径階分布と空間分布の解析から主要な樹種の更新パターンを推測した。

一般に高緯度や高標高の森林では、構成する樹木のサイズが小さくなっていくことが報告されている。本研究の結果では、樹木サイズは標高の上昇に伴った減少は顕著にみられなかった。これは成長特性の異なる種に入れ替わることにより、必ずしも標高の上昇に伴って樹木のサイズは小さくはならないことを示唆している。1350mではウラジロモミと落葉広葉樹との針広混交林であったが、1800mからは常緑針葉樹林に変化しており、優占種は標高に応じてシラビソからオオシラビソへと変化した。標高間で優占種が異なった背景として、それぞれの標高での攪乱体制や更新過程の違いがあげられる。1350mで全体の6割強で優占するウラジロモミの直径階分布は、不連続な直径階分布を示した。1800mと2100mではダケカンバが集中分布を示し、比較的大きな攪乱が生じた後に定着したことが推測された。2400mではプロット全体の直径階分布は逆J字型を示したが、トウヒとダケカンバは一山型分布を示した。

以上の結果から、サイズの構造の変化と更新パターンの違いによって優占する種が異なり、標高に沿った種入れ替えの重要性が示唆された。

## C2-04

## 草地における群集および種のバイオマスの空間分布

\*塩見正衛(茨城大)・陳俊(西北農林科技大)・佐々木彩(茨城大・理工)

群集や構成種が形成している空間分布は、群集の形成プロセスや立地条件によって異なるので、空間分布は、これらの解明に欠くことができない特性であると考えている。

草地群集では、一定小面積当たり(たとえば、10cm<sup>2</sup>、2500cm<sup>2</sup>など)のある種の出現頻度(離散量)、出現密度(離散量)、被度(連続量)、種数(離散量)、種構成(連続量)、バイオマス(連続量)など種々の群集特性において空間的な不均一性が存在している。本報告では、種および群集全体が示す「バイオマスの空間分布」について示す。(バイオマス以外の特性についてはすでに報告した)

(1) バイオマスの頻度分布は、ガンマ分布に従う(理論分布でも調査データの分布でも)；

(2) バイオマスの空間分布の不均一性レベルを示す指数は、ガンマ分布の一パラメータ  $p$  で表現できる。 $p$  は(平均値) \* (平均値) / 分散と等しい。この指数は、Shiyomi and Yoshimura (2000) が出現頻度に対して導いた指数から導出したものであるが、結果は変動係数の2乗の逆数に一致している；

(3) バイオマスの空間分布におけるランダム分布(直観的には分かりにくい)とは何かを考えると、 $p=1$  のガンマ分布がランダム分布であること、が明らかになった。この指数を使って、バイオマスの空間的不均一性の判定を行う。

最後に、ガンマ分布に一致する草地群集の例を2-3示す。

## C2-05

## 本州日本海側山地の亜高山・高山植生史の再検討

沖津 進 (千葉大・園芸学研究所)

本州日本海側山地の亜高山域には、湿潤多雪環境のもと、オオシラビソ林、ダケカンバ林、ハイマツ低木林、雪田植生などの多様な植物群が分布している。こうした植生の成立過程は、従来、中部山岳地帯には森林限界の標高1000m付近まで寒冷乾燥環境に適応した大陸型針葉樹林が成立しており、オオシラビソは大型植物化石が全く産出せず、分布量は極めて少なかった。この上部は東シベリア要素と周北極要素からなる乾燥した高山荒原となっていた。この復元像の問題点は、種レベルでの同定が可能な大型植物化石の調査例がないために、現在の湿潤多雪環境に適応した植生の生い立ちを具体的に理解できない、現在の日本海側山地の植物群や環境とあまりにもかけ離れていて、現在へ至る説得的な変遷史が構築できない、ことである。亜高山・高山植生史を再検討するために、本州中部日本海側山地亜高山域の主な植生を取り上げ、極東ロシア沿岸、海洋域の対応植生との植生地理的關係を議論した。亜高山域は高木林域と低木林域から構成される。高木林域の主要植生はオオシラビソ林、ダケカンバ林、広葉草原(お花畑)、偽高山植生、低木林域の主要植生はハイマツ低木林、雪田植生、風衝植生、荒原植生である。偽高山植生を除く7タイプの主要構成種の組成や分布地理を検討した。重複も含めた分布地理を見るとオホーツク沿岸型が5タイプ、東シベリア型が3タイプ、環北太平洋型(ベアリング要素型)が2タイプ、周北極型は1タイプであった。日本海側山地亜高山植生は太平洋北部の湿潤気候に分布の本拠を置くことがわかる。これらの植生地理的議論から、最終氷期の亜高山植生は、現在推定されている状態と異なり、湿潤気候要素が地形的すみわけをしながら点在分布し、それらのレフュージアとなっていたことが想定される。

## C2-07

## 越後平野の主要な氾濫原要素における植物の出現特性

\*石田真也(新潟大院・自然科学), 高野瀬洋一郎(新潟大・超域研), 紙谷智彦(新潟大院・自然科学)

かつて日本各地の沖積平野に広がっていた氾濫原湿地は、圃場整備によってそれらの多くが干拓され、主に乾田として利用されてきた。農業用水路では、構造を土水路からコンクリート水路へと改築する工事が進められた。これらの人為的改変によって損なわれた植物種多様性を保全していくためには、まず、改変後の低地水田地帯における広域的な植物分布と、それを規定する要因を明らかにする必要がある。

本研究では、越後平野の氾濫原湿地に造成された水田地帯(約500km<sup>2</sup>)において、土地利用形態別(耕作水田68筆、休耕田68筆、土水路56本、コンクリート水路65本)に植生調査を行った。各圃場・水路において、10個の1m<sup>2</sup>の植生調査枠から成るベルトを1本設置し、夏季と秋季の二回、各枠に出現した維管束植物の種名を記録した。記録された植物種は原産・生活型・水湿生種か否か、について分類した。さらに、各圃場・水路の立地(高位三角州・谷底平野・海岸低地)について分類した。

土地利用形態と立地がベルトあたりの出現種数に与える影響について解析し、以下の結果を得た:(1)耕作水田では、現代稲作の攪乱体制に適応可能な種が安定的に出現、ベルトあたりの種数は多いがβ多様性に乏しい。(2)休耕田では、ベルトあたりの在来種数・水湿生種数が最大であり、β多様性にも富む。(3)土水路では、ベルトあたりの種数は少ないものの、固有の水湿生種(絶滅危惧種含む)が突出して多い。(4)コンクリート水路では、どの生活型の種数も著しく少ない。(5)山麓部に位置する谷底平野では、ほとんどの生活型で種数が多くなる。以上の結果をもとに、低地水田地帯における植物分布についてまとめると共に、水湿生種の保全に有効な水田地帯の管理体制について言及する。

## C2-06

## 青森県八甲田山地における有効花粉飛来範囲(RSAP)と相対花粉生産性(PPE)の推定。

\*中村琢磨(横浜国大院・環境情報), 高原 光(京都府大院・生命環境), 大野啓一(横浜国大院・環境情報)

近年、北米やヨーロッパを中心に定量的古植生復元(Quantitative reconstruction of Past vegetation)と呼ばれる手法が発展している。この手法によって、花粉の飛散・堆積モデルを用いて、花粉量と植生量の相関がそれ以上良くならない距離(有効花粉飛来範囲、Relevant Source Area of Pollen: RSAP)と、花粉生産量を相対化した相対花粉生産性(Pollen Productivity Estimate: PPE)を推定し、過去の花粉組成からRSAP範囲内の古植生の組成を計算することができる。本研究ではより精度の高い客観的な古植生復元の基礎資料を得るため、青森県八甲田山地においてRSAPとPPEの推定を行った。まず、様々な異なる植生の地点で表層堆積物を採取し花粉組成を明らかにした。次に空中写真や既往の植生図から各植生の面積を算出した。これらを花粉の飛散・堆積モデルPrentice-Sugita modelに当てはめ、RSAPと主要な分類群のPPEを推定した。その結果、亜高山帯のオオシラビソ林に囲まれた湿原(平均半径:36m)のRSAPは約590mと推定された。また、PPEはカバノキ属を1.0とした時、オオシラビソ2.42.6、マツ属単維管束亜属0.3-0.4、ハンノキ属はほぼ0であった。一方、山地帯の牧場(平均半径:141m)ではRSAPは亜高山帯と同じ590mであった。また、PPEはスギが9.6、ブナ1.5、コナラ亜属0.67、ハンノキ属0.5であった。PPEは亜高山帯では優占種のオオシラビソが最も大きく、山地帯では広大なスギ人工林を反映してスギのPPEが大きかった。このようにPrentice-Sugita modelを用いることで植生と花粉の関係を正しく表現できることがわかった。

## C2-08

## 北海道オホーツク海側の流紋岩地におけるミズナラ林の種組成と立地

\*板垣友規子, 星野義延(東京農工大・院・農), 佐藤謙(北海学園大・工)

ミズナラ林は北海道の代表的な森林植生であり、星野(1998)は9つの群集を報告している。しかし、オホーツク海側の一部にある流紋岩地には、既報とは構成種の異なるミズナラ林の分布が指摘されており(佐藤, 1996)、種組成や成立立地の詳細を明らかにする必要がある。本研究では、①オホーツク海側の流紋岩地におけるミズナラ林の種組成の特徴と、②群落の成立を規定している環境条件の2点を明らかにすることを目的とした。

調査は、流紋岩が分布する湧別川流域とその周辺域で行い、調査地の選定には、①斜面傾斜30度程度の斜面上部~中部、②露頭があり地質が流紋岩であるか否かが判定可能、という2つの基準を設けた。2003年~2010年の間にミズナラ優占林を中心とした林分107ヶ所で、植物社会学的手法を用いた植生調査を行い、地質の判定と土壌調査(断面記載、深さ5~10cmの三相組成、pH(H<sub>2</sub>O)、EC(μS)、強熱減量(%))、林齢の調査を行った。

表操作法により群落の識別を行った結果、3つの群落(ミズナラ-エゾマコナ群落(以下A群落)(n=34)、ミズナラ-マイヅルソウ群落(以下B群落)(n=69)、ハルニレ群落(n=4))に分けられた。このうち、ハルニレ群落を除いた2つの群落について、既報の群集との比較を行った結果、A群落が既報の群集とは異なる構成種をもつミズナラ林と考えられた。A群落とB群落との立地の比較を行った結果、A群落は流紋岩地、南~西向き斜面、ミズナラ優占林に偏り、分布標高域、群落高、pH、EC、液相率が低めであった。林齢には差がみられなかった。つまり、流紋岩地は崩壊しやすく土壌の発達が抑制されること、南~西向き斜面では日射量が大きく、土壌が乾燥しやすきこと、冬季の積雪が妨げられることなどが影響していると考えられた。

## C2-09

## 韓国洛東江河畔ヤナギ林の分布と群落分類体系

\*大野啓一(横国大・院・環情), 宋鍾碩(韓国・安東大), 比嘉基紀(森林総研)

演者らは、韓国中等部を南北に流れる洛東江の河畔に発達するヤナギ林を対象に植物社会学的植生調査を実施し、ヤナギ林を下記の3群集2群落に分類するとともに、その上級単位として1群団1オーダー1クラスを認めた。

〔群集・群落〕1) ヤマアゼスゲ-ネコヤナギ群集(仮称): 本群集は、ネコヤナギ、コリヤナギ、ヤマアゼスゲを識別種として区分されるヤナギ低木林で、源流域の太白山山麓の山間溪畔を中心に分布する。2) コウライヤナギ群集(仮称): 本群集は、コウライヤナギを識別種として区分されるヤナギ高木林で、扇状地形の発達する上流域、自然堤防の見られる中流域、沖積平野や三角州が形成された下流域から河口域まで広範に分布する。3) ヤガミスゲ-タチヤナギ群集(仮称): 本群集は、タチヤナギ、チョウセンオノエヤナギ、ヤガミスゲを識別種として区分されるヤナギ亜高木林で、中流域の自然堤防帯から下流域の三角州まで分布する。4) タチネコヤナギ群落: 本群落は、タチネコヤナギ、イチゴツナギを区分種として識別されるヤナギ低木林で、扇状地内の低水路沿いや自然堤防帯に形成されたワンド内の水辺に発達する。5) カワヤナギ群落: 本群落は、カワヤナギを識別種として区分されるヤナギ低木林で、下流域のみに分布する。

〔上級単位〕洛東江に分布するヤナギ林の上級単位として、群団レベルでは日本のネコヤナギ群団に対応するヤマアゼスゲ-ネコヤナギ群団(仮称)と、同じくタチヤナギ群団に対応するヤガミスゲ-タチヤナギ群団(仮称)を認めた。さらに上記2群団は、コウライヤナギ、コウライシダレヤナギなどを識別種として、タチヤナギ-コウライヤナギオーダー(仮称: 日本のコモチマンネングサ-タチヤナギオーダーに対応)およびタチヤナギ-コウライヤナギクラス(仮称: 日本のオノエヤナギクラスに対応)にまとめられた。

## C2-11

## 中国内モンゴ砂地における植物群落の類型・立地とその構成種の植物タイプに関する研究

鮑 娜仁高娃\*, 持田幸良(横浜国大・環情), 藤原一繪(横浜市大・生命ナ)

## C2-10

## 冷温帯下部夏緑広葉樹林における樹木分布と微地形の関係

\*若松伸彦(東京農大・地域環境), 比嘉基紀(森林総研), 加藤崇行, 竹内英人, 石田祐子, 武生雅明, 中村幸人(東京農大・地域環境)

植物の分布を理解するには、生育立地の成り立ちや基質といった地形に対する認識が不可欠である。本研究は冷温帯下部の夏緑広葉樹林内において詳細な地形図を作成し、樹木分布が微地形にどれほどの制約を受けているのかを検討した。恒常的な水流のある谷底から尾根に至る斜面に約1.2haの調査区を設け、約5000点の空間位置情報を取得し、GIS(Arc GIS9.3.1)により1m~10mのDEM(Digital Elevation Model)を作成した。調査区内の胸高直径3cm以上の全樹木個体を対象に個体位置、樹種を調べ、DBHと樹高を計測した。

1mDEMより作成した斜面傾斜角度の分布図より、連続する上位、中位と下位3本の遷急線と谷底付近に1本の遷緩線が抽出された。これら傾斜変換線は、2m, 3mDEMからの傾斜分布図で確認された一方、5m以上のDEMより作成した傾斜分布図では認められなかった。

調査区内で出現した木本種は79種であった。個体密度は中位の遷急線と谷底付近の遷緩線の間の斜面で高く、尾根や凹状地形で低かった。単位面積あたりの胸高断面積合計は、上位と中位の遷急線の間で最も高かった。ツガ、モミ、リョウブ、アセビ、ハリモミ、オノオレカンバは中位の遷急線よりも上部で、サワシバは中位遷急線と遷緩線の間で、チドリノキ、アブラチャンとシオジは下位の遷急線の斜面下方にそれぞれ多く出現した。イヌブナとミズナラは斜面に広く出現したが、斜面上方に大径木が多く胸高断面積合計も大きくなった。また、ハクウンボクやアワブキは中位遷急線付近に斜面に平行にライン状に集中分布していた。

このように冷温帯下部の山地斜面における樹木分布は微細に変化する斜面傾斜の変換線によって種の棲み分けや同じ種内でも個体サイズに違いがみられることが明らかとなった。

## D2-01

## 植物リターによる土壌分解過程の制御を弱める微生物群集の機能的多様性

\* 潮雅之 (京大・生態研センター), 三木健 (台湾大・海洋研), Teri C. Baiser (Univ. of Wisconsin-Madison)

植物・土壌間のフィードバック作用は生態系内の栄養塩循環や植物群集の構造の決定に大きく寄与する。植物はリターの化学性を介して土壌の栄養塩無機化過程に影響を与え、その影響は次世代の植物のパフォーマンスにフィードバック効果を及ぼすと考えられる。しかしながら、この植物・土壌間のフィードバック作用において、土壌微生物群集の多様性の役割は最近まで無視されてきた。そこで、まず数理モデルによって、土壌微生物群集の多様性が植物・土壌間のフィードバック作用に及ぼす影響が検証された。その結果、機能的に多様な土壌微生物群集は、植物リターによる分解過程の制御を和らげ、その結果植物群集の動態にも影響を与えるという予測が得られた。

本研究では、この数理モデルによる予測を実証研究によって検証した。分類群特異的な殺菌剤によって、細菌が優占する土壌、真菌が優占する土壌を作成し、また、蒸留水のみを処理した区を細菌と真菌が共存する区とした。細菌優占区、真菌優占区を微生物が機能的に多様でない区、共存区を機能的に多様な区とみなした。これら3種類の土壌に対して、5種類の異なる分解性のリターを添加し、28日間培養し、土壌呼吸速度、窒素無機化速度、土壌酵素活性を測定した。その結果、細菌優占区と真菌優占区の土壌呼吸速度は植物リターの分解性に依存したが、共存区ではその依存性は低かった。また、窒素無機化速度、土壌酵素活性においてもほぼ同様の傾向がみられた。これらの結果は、土壌微生物群集の機能的な多様性が植物リターによる分解過程の制御を緩和することを示している。従って、土壌微生物の機能的な多様性は植物・土壌間のフィードバック作用を介して、植物群集の構造や生態系内の栄養塩循環に影響を及ぼすであろう。

## D2-03

## やんばるの外生菌根菌類

\* 松岡俊将 (京大・生態研), 広瀬大 (日大・薬), 大園享司 (京大・生態研)

菌類は、有機物分解や植物との共生など、生態系において重要な機能を担う。菌根菌は、植物根に感染し、菌根を形成することで植物宿主の効率的な養分吸収に貢献している。北方林において、新規落葉等の土壌表層部の基質では分解菌が、数年分解を受けたリターでは菌根菌がそれぞれ優占することが報告されている。一方、熱帯・亜熱帯林では、林床の有機物蓄積が少なく、養分の移動が速いため、土壌表層部の基質にも菌根菌が定着していると考えられる。我々は、環境DNA法により、菌根菌と考えられる分類群の菌類が土壌表層部の落葉に定着している可能性を示した。しかし、菌根菌は培養や同定の困難さから、種多様性や森林内での時空間的分布といった基本情報がほとんど存在せず、熱帯・亜熱帯林における菌根菌の重要性は未だ分かっていない。本研究では沖縄県本島北部の亜熱帯林(やんばるの森)における外生菌根菌類の多様性を解明することを目的とし、子実体(きのこ)を対象に調査を行った。

調査地にプロットを設置し、2009年4月から3カ月おきに、計8回調査を行った。子実体は、フィールドで巨視的形態に基づきタイプ分けを行った。タイプごとに出現したプロットを記録し、出現頻度を求めた。各タイプのrDNA塩基配列を決定し、データベースと比較することで同定を行った。その結果、合計69タイプの外生菌根菌類の子実体が得られた。子実体の発生は9、10月に集中しており、中でもイグチ類が頻度・多様性ともに高かった。得られた塩基配列はデータベースに登録されていない配列も多く、未記載種・日本新産種が存在する可能性が考えられる。今後は、時空間的分布を調べるため、菌根を対象とした解析や、養分の溶出量が異なる様々な土壌基質間での菌根菌類相比較をメタゲノムにより行う予定である。

## D2-02

## 亜熱帯林の漂白落葉におけるアミノ酸及び無機態窒素動態

\* 保原 達, 野呂健太 (酪農大・環境), 大園享司 (京大・生態研)

森林の落葉分解では、白色腐朽菌をはじめとする菌類による難分解成分リグニンの分解がよく知られているが、この分解が窒素動態にどのような影響を及ぼすかについては不明点が多い。そこで本研究では、リグニン分解と窒素動態にどのような関連があるかについて明らかにすることを目的として、落葉の一部がリグニン分解菌などにより漂白されている落葉サンプルを用い、漂白部分と非漂白部分の遊離アミノ酸、加水分解性アミノ酸濃度、抽出可能な溶存有機態窒素濃度、窒素無機化速度を比較した。その結果、遊離アミノ酸、加水分解性アミノ酸とも、濃度(mM/g)は非漂白部に比べ漂白部で高かった。また、アミノ酸組成(mol%)は、加水分解性アミノ酸ではいくつかのアミノ酸で漂白部と非漂白部とでややパーセンテージが1~2%ほど異なっていたものの、概ね漂白部と非漂白部とで非常に似た組成を示した。また、窒素無機化速度は漂白部で明らかに高い値を示し、抽出可能な溶存有機態窒素の濃度も漂白部で高かった。これらの結果から、同じ落葉でも漂白部分では、リグニンをはじめとする落葉分解が進むことで遊離アミノ酸および加水分解性アミノ酸をはじめとする有機態窒素濃度が高くなっており、これが窒素無機化を促進していることが示唆された。それゆえ、白色腐朽菌によるリグニン分解は、アミノ酸態窒素をはじめとする有機態窒素や無機態窒素の動態に影響を及ぼすことが明らかとなった。

## D2-04

## 印旛沼におけるツボカビの多様性と出現パターン

\* 鏡味麻衣子 (東邦大学理学部), 石井伸昌 (放射線医学総合研究所)

湖沼において菌類は注目されてこず、その群集構造や多様性はほとんど明らかになっていない。近年、菌類の中でも寄生性のツボカビが湖沼食物網において重要な役割を果たす可能性が浮かび上がってきた。そこで、本研究では、ツボカビを含めた菌類群集の種組成、および植物プランクトン寄生性ツボカビの季節変動パターンを調べることとを目的とした。

2008年5月から2009年10月の間、西印旛沼(千葉県)にて湖水を採取し、湖水中に含まれる菌類の18S rRNAをターゲットに、DGGE法(変性剤濃度勾配ゲル電気泳動法)により菌類群集の種組成を調べた。また、2006年から2008年に採取した湖水を染色液(Calcofluor white)にて染色し、蛍光顕微鏡下にてツボカビの種組成と密度(胞子体数)を調べた。

DGGE法により多くのバンドが確認され、多様な真菌類が存在する事が示唆された。出現したバンドの中から24本のバンドを切り取り、シーケンスした結果、16本のバンドにツボカビ様の配列が認められた。*Chytridium* や *Rhizophyidium* など植物プランクトンに寄生する種類だけでなく、有機物を分解する種類も認められ、印旛沼には多様なツボカビが存在する可能性が示唆された。

印旛沼の植物プランクトン優占種である珪藻 *Aulacoseira* 属2種にツボカビが高い頻度で寄生している事が明らかとなった。珪藻2種に寄生するツボカビは形態が異なることから、別種であると考えられる。ツボカビの密度を求めたところ、1ml中に400胞子存在することが明らかになった。遊走子に換算すると1mlに4000細胞と、鞭毛虫の密度に匹敵するほどである。遊走子はミジンコなどの動物プランクトンにとって良い餌であり、ツボカビを介した物質経路(Mycolooop)が印旛沼など富栄養湖において重要である可能性が示唆された。

## D2-05

## 天ヶ瀬ダム放流による冠水が宇治川河川敷の地表性甲虫群集に与える影響

\*藤澤貴弘, 石井 実 (大阪府大院・生環・昆虫)

河川敷には、さまざまな環境が含まれ、砂地や泥地、砂礫、岩礫で覆われた環境もあれば、ヨシ原などの高茎草地、低茎草地、河辺林などの植生の発達した環境もある。しかし、多くの河川では洪水対策のための大規模な改修や、護岸整備のために河川敷のもつ本来の生態系は大きく変化している。宇治川は琵琶湖に源を発し、京都府宇治市域を流れる淀川の上流部分である。宇治川では淀川の治水対策として天ヶ瀬ダムの建設や、河道の拡幅や直線化、高水敷の設置など多くの人為的改変が行われてきた。このため河川敷の大部分で冠水の頻度が減少、乾燥化が進み、多くの地点でヨシなどの高茎草地がツル植物に覆われている。しかし、天ヶ瀬ダム付近の河川敷は、ダムの放流量が増加した際に一部が冠水する比較的湿った環境となっている。

地表性甲虫類はさまざまな陸上生態系に分布し、種ごとに異なる生息場所選好性をもつ。地表性甲虫類は、河川の水辺からの位置関係によって種構成が変化することが知られるなど(富樫, 1986 など)、河川敷の環境変化を反映する指標として優れていると考えられる。

本研究では、地表性甲虫類のうちオサムシ科とホソクビゴミシ科を対象とし、京都・大阪府境付近の三川合流部2地点(左岸, 右岸)、及びそれより上流域の京阪鉄橋付近(左岸)、淀大橋付近(右岸)、向島ヨシ原2地点(左岸)、観月橋付近(左岸)、桃山(右岸)、京滋バイパス付近(右岸)の河川敷に計9地点を設定、2010年4月~12月に合計18回(設置期間は1週間)、無餌ビットフォールトラップ法による捕獲調査を行った。

この調査の結果、全地点から58種7193個体を捕獲した。調査地全体の上位5種はヤコンオサムシ、オオクロツヤヒラゴミシ、アオゴミシ、オオゴモクムシ、ミイデラゴミシであった。得られた結果から、天ヶ瀬ダムの放流が宇治川河川敷の地表性甲虫群集の多様性に与える影響について考察する。

## D2-07

## 小笠原諸島の昆虫相 - 各列島の特性比較 -

岸本年郎 (自然研)

海洋島である小笠原諸島の生物相は、分類群の構成が偏っていること、種数は少ないものの固有種の割合が多いことで知られている。本地域の昆虫相は20世紀初頭から研究されており、これまでも何度か総括的な種リストの作成がされているが(中根, 1970; 加藤, 1992; 大林他, 2004)、今なお新記録種や未記載種が続々と発見・報告されている。今回、改めて文献記録及び現地調査の結果を集約したところ、23目231科1419種(亜種を含む)が確認された。その中で、それぞれの列島にのみ生息する列島固有種は、聳島列島3種、父島列島49種、母島列島49種、火山列島4種であった。

聳島列島は調査不足でこれまでの記録が161種と少ないが、ノヤギの影響で森林が著しく衰退しており、その影響で多くの種が絶滅したと考えられる。ただし、わずかに残存した森林には列島固有種も生息している。父島列島では23目218科1017種の記録・生息が確認され、小笠原固有種は297種(固有率29.2%)であった。諸島内でもっとも面積の大きな父島にはかつて多くの固有種が存在したと考えられるが、現在では外来種の影響により、昆虫群集の貧弱な島になっており、地域的に絶滅したと考えられる種も多い。母島列島では17目178科799種(小笠原固有種278種:固有率34.8%)がリストアップされた。母島には成熟した森林に生息する固有種が多く、湿性高木林の発達と関係していると考えられる。なお、父島もしくは母島にのみ産する固有種の中には近年の確認記録がなく、絶滅か、それに近い状態の種がいくつもある。火山列島では16目106科239種(小笠原固有種37種:固有率15.5%)の記録・生息が確認された。戦火で焦土となった硫黄島にはほとんど固有種は見られず、逆に外来種率が高い。対照的に人がほとんど踏み入れていない南硫黄島では、総種数は少ないものの外来種の侵入はほとんど認められなかった。

## D2-06

## スイセンハナアブ属の遺伝的多様性—外来種と在来種の比較—

\*須島充昭, 伊藤元己 (東大・総合文化)

スイセンハナアブ属 *Merodon* は、幼虫がヒガンバナ科やユリ科の球根食に適應して放散したグループであり、世界で約160種が知られている。多くの種は地中海沿岸域からトルコにかけて分布しており、アジアに自然分布している種は少ない。日本には唯一カワムラモモトハナアブ *M. kawamurai* が在来種として本州以西に分布しており(希少種)、また近年ヨーロッパ原産の外来種スイセンハナアブ *M. equestris* が東日本で個体数を増している。本研究ではまず両種のDNA barcode(以下バーコード)を用いて遺伝的多様性を比較した。カワムラモモトハナアブは埼玉県内の調査地点で採集し、12個体のバーコードを決定したが、その中に3つのハプロタイプが含まれていた。一方スイセンハナアブは横浜、東京、仙台の各調査地点から7個体ずつ、計21個体のバーコードを決定したが、全て同じハプロタイプであった。外来生物の遺伝的多様性は侵入回数などの影響を強く受けるが、一般には在来生物より低いといわれており、本研究でも類似の傾向が示唆された。

本研究では更に、以上の日本産スイセンハナアブ属2種33個体分のバーコードと、GenBankから引用可能なヨーロッパ産スイセンハナアブ属17種34個体分のバーコードを合わせ最尤法で系統解析を行った。その結果日本産の2種(在来種と外来種)は異なるクラスターに属し、同属であるが近縁種とはいえない。そのため、現在両種は関東では同所的な発生も見られるが、交雑する可能性は低いと思われる。一方在来種の幼虫の主要な餌資源はヒガンバナ科(キツネノカミソリやヒガンバナ)の球根であると推測されており(玉木, 1991)、これは外来種の幼虫も利用することから(演者らが昨年度の大会で発表)、両種が餌資源をめぐる競合する可能性は高い。

## D2-08

DNAと形態からみたヒラタクワガタの進化的重要単位  
の多様性

五箇公一\*, 所論史, 鈴木一隆(国立環境研), 立田春樹(琉球大)

2005年、外来生物法制定時に、セイヨウオオマルハナバチと並び、第1次特定外来生物の候補として話題を呼んだ外国産クワガタムシは、当時、飼育ブームがピークを迎え、輸入量は年間100万匹を超えていた。我々はこれまでmtDNA変異解析に基づき、アジア地域広く分布するヒラタクワガタやオオクワガタの地理的分化を解析するとともに、交雑実験によって地理的分化集団間で雑種が生じることを示し、人為移送がもたらす進化的重要単位ESUの攪乱リスクを提唱してきた。現在、我々はmtDNAサンプルを追加するとともに、核DNAの変異を解析して、さらに、雄成虫の大顎形質における地理的分化を定量的に評価することにより、ヒラタクワガタの進化的重要単位および優先すべき保全対象地域(個体群)を分類学的観点からも再検証している。これまでに得られたデータから、評価する遺伝・表現形質の組み合わせによって、進化的重要単位は様々に区分されることが示されている。このことは、生物多様性評価に如何に多角的なアプローチが必要とされるかを指し示していると言っている。近年、クワガタムシ飼育ブームは沈静化したかにみえるが、その輸入量は、相変わらず100万匹近くを推移している。日本列島への外来系統の侵入という問題だけでなく、乱獲や生息地破壊等がもたらす原産地個体群の減少など、日本のクワガタムシ産業はアジア全体のクワガタムシESUに対して深刻な影響を及ぼす。未解決かつ解決困難な問題としてクワガタムシは外来生物法の前に、相変わらず手つかずのまま横たわっている。

## D2-09

## 生息地削減後の種数減少プロセス：中立モデルに基づく新公式と鳥類相データでの検証。

\* 巖佐 庸 (九大理生物), Halley, J. M. (Univ. Ioannina, Greece)

生息地が削減され孤立した地域において、その後長期にわたって種数が減少する過程は J. Diamond (1972) によって初めて議論された。この種数減少プロセスについて、中立モデルを用いた新しい公式を導いた。

仮定：個体のサイトがあり、各個体はランダムに枯死しその後を以前いた個体のコピーが埋める（連続時間 Moran 過程）。種の間で個体を奪い合う状態の間の遷移について、すべての状態を等確率とする分布が最大固有値に対応する固有ベクトルである。（注：この固有ベクトルが表す確率分布は、折れ棒モデルの仮定に等しい）。これから、種数は時間とともに次式にもとづいて減少することが導かれる。

$$S(t) = S_0 / (1 + Nt/hS_0)$$

ここで  $h$  は平均世代時間、 $N$  は総個体数、 $S_0$  は初期時点での種数、 $t$  は時間である。シミュレーションで確認した。

種数が半減する時間は  $t_{50} = hN/S_0$  に等しく、種数に反比例し、総個体数に比例する。

MacArthur & Wilson による従来の式は、種の絶滅が独立で同等とし種数は時間の指数関数になる。新しい公式では、種数は時間の双曲線関数を描いて減少し、減少は初期には急速でそのあとゆっくりになる。

鳥や鳥状に孤立した森林の生息地について、生息する鳥類の種数の減少に関するデータを解析した。100ha-100,000ha の範囲で、上記の公式による半減時間の予測がよく当てはまることが確認された。

Halley, J.M., and Y. Iwasa. 2011. Neutral theory as a predictor of avifaunal extinctions following habitat loss. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* (in press)

## D2-11

## 半自然草原での多様性・生産性関係

\* 鈴木亮 (筑波大・菅平セ), 田中健太 (筑波大・菅平セ)

植物の種多様性が高いほど生産性が高くなるという多様性-生産性仮説は、生態学において最も盛んに検討されてきた仮説の一つである。しかし、この仮説は大きな矛盾に直面している。種数を制御した人工草本群落では、多様性と生産性が正の相関を示すのに対し、自然植物群落ではしばしば負の相関が見いだされるのである。我々は、この矛盾を説明するために、競争と遷移の進行とともに多様性-生産性関係が変化するという仮説を提起する。この仮説では、①遷移とともに生産性の高い種の優占度が上がり群落の均等度が下がる、②均等度が低い群落には生産性が高い種が多いので群落の生産性も高くなる、③そのため、多様性-生産性の相関は遷移とともに正から負に変化する、と予測する。

これらの予測を確かめるため、秋の草刈によって70年間以上維持されてきた菅平の半自然草原を対象に、遷移初期と後期の場所で均等度・多様性・生産性を比較した。元の草原を遷移後期とみなすとともに、2010年5月に耕起を行って遷移初期区を作った。7・8月に、遷移後期区と初期区に、各20と60か所の調査区を設置し、1 x 0.1 m の範囲で地上部を刈り取り、種ごとに乾重を測定して生産性の指標とした。

その結果、① Pielou 均等度は、遷移初期区の方が後期区より高かった。② 両処理区共に均等度と生産性は負に相関している傾向があった。③ 遷移初期区では種数と生産性が正に相関していたのに対し、遷移後期区では Shannon 多様度と生産性が負に相関していた。

以上の結果は、上記の3つの予測を支持している。これまでの人工群落実験では、種の優占度が均等になるよう操作されており、本研究の遷移初期区の状態に近いと考えられる。多様性-生産性関係の統一的な理解には、出現種の均等度を考慮する必要がある。

## D2-10

## 植物個体間の正の相互作用が群集動態に及ぼす効果：格子モデルによる考察

\* 池川 雄亮, 江副 日出夫, 難波 利率 (大阪府大・理)

生物の中には、近接する同種や異種の他個体が周りの環境から受ける物理的ストレスを緩和し、生育を助ける種が存在する。このような効果は facilitation とよばれ、群集構造や生物多様性に対する影響が注目されている。そこで本研究では、植物2種 (A, B) からなる群集において facilitation が群集動態に及ぼす影響を格子モデルを用いて調べた。モデルでは、一方の種 A のみが種間・種内両方に対して facilitation をもつとし、facilitation を受けた個体は繁殖率が大きくなると仮定した。このモデルについて、空間構造を考慮しない平均場近似、空間構造を考慮したペア近似、およびシミュレーションの3つの手法を用いて解析した。その結果、2種の繁殖率・死亡率がともに等しく、種内よりも種間の facilitation 効果が大きいとき、空間構造がない場合（平均場近似）では facilitation 能力をもたない種 B のみが生き残った。一方、空間構造がある場合（ペア近似、シミュレーション）は、2種の繁殖率または facilitation の効果が大きいときは2種が共存しやすく、逆の場合は共存しにくい（種 A のみが生き残る）ことが示された。これは、空間構造がある場合は、facilitation をもつ種が局所的に固まって分布し、その結果 facilitation をもたない種が侵入しにくくなったためと考えられる。さらに、非生物的ストレスが弱い環境では競争関係が卓越する一方、ストレスが強い環境では facilitation が卓越するという、「ストレス勾配仮説」との関連についても考察する。

## E2-01

### 潜るか潜らないか、カモたちの選択 –北方で越冬する陸ガモの採食行動–

岡 奈理子

陸ガモ類の採食方法は水面での、ろ過、ついばみ、倒立採食であり、潜水して採食する潜水ガモ類と大別されてきた。寒冷地は厳冬期になると湖沼や河川、湿地などの好適な生息地のほとんどが、冠雪や結氷によって採食機会を損なうにも関わらず、かなりの陸ガモ類が越冬してきたが、採食生態にあまり関心が払われてこなかった。

寒冷地に越冬する代表種の一つ、マガモ *Anas platyrhynchos* はオホーツク沿岸の汽水河川の開水域で厳冬期を通じて生息し、主に二枚貝などの底生動物を潜水採食していた。彼らの捕食圧は秋季から初冬に優占した潜水ガモ類が忌避した大きめの貝サイズの採食で、エネルギー要求量を満たしていると考えられた(岡 2010)。マガモで明らかになった陸ガモ類の潜水採食による越冬生態の新知見は、従来の採食方法によるカモ類の区分方法を見直す必要性を示唆している。

引き続き筆者は、寒冷地のヒドリガモ *Anas penelope* の厳冬期の採食知見を得たので発表する。ヒドリガモは、寒冷地で厳冬期にも生息する陸ガモ類である。北海道の厳冬期の生息数はマガモの1割～2割程度とみられる。かれらは、それぞれ、ほぼ同数の群れを形成したマガモ、キンクロハジロとともに、道央の千歳川で活発に潜水し、ヒドリガモは川底に群生する底生植物を採食していた。ヒドリガモの1バウトあたりの潜水時間は5秒程度であった。水生植物のカロリー含有率は一般的に低いため、相当量の採食が必要だが、この水域一帯の底生植物資源量は多く、厳冬期を通じて生息し続けたとしても、エネルギー要求量を満たすと思われた。

引用文献: 岡 奈理子 (2010) オホーツク海潟湖で越冬するマガモの採食潜水行動. 日本鳥学会誌 59:161 - 167.

## E2-03

### キビタキの採食方法における性差

\* 岡久雄二 (立教大・院・理), 森本元 (立教大・理), 高木憲太郎 (パードリサーチ)

キビタキ *Ficedula narcissina* は東南アジアで越冬し、日本とその周辺で繁殖する渡り鳥で、性的二型が明瞭である。体サイズや翼形態に性的二型がある鳥では、採食方法の性差が報告されているが、キビタキの採食方法の性差については、まだ十分な研究が行われていない。そこで、我々はキビタキの採食方法における性差を調査した。調査は2009年と2010年の2年間、本種の繁殖期である4月～8月に山梨県の富士山原始林において行った。ルートセンサスで発見した個体を5分間観察し、その間の採食方法を記録した。採食方法はホバリング、飛びつき、摘み取り、フライキャッチの4項目に分類した。その結果、ホバリングと摘み取りによる採食の頻度に性差が認められた。雌は雄よりもホバリングを多く行い、雄は雌よりも摘み取りを多く用いていた。ホバリングの頻度には季節変化があり、5月下旬から6月にかけての抱卵・育雛期に多く観察された。他の森林で繁殖する昆虫食の渡り鳥でも雌が産卵期から育雛期にかけてホバリングによる採食を多く行うことが報告されている。これらの鳥類では、主に雌が抱卵や育雛を行なうため、雄よりも短い時間で餌を探索し採食する必要がある。ホバリングによる採食では、隠れた虫を探すため、狭い範囲で採食をすることができ、探索時間がかからない採食方法である可能性がある。一方、雄はソングポストで囀り、巣から離れた箇所を移動して回る。囀りの合間に周囲を採餌してまわることができるため、摘み取りによる採食が多いと考えられた。

## E2-02

### 北海道知床半島でサケ科魚類を捕食するヒグマの生態: 個性的な行動の特徴

小宮山英重 (野生鮭研)

2004～2009年までの6年間、毎年8～11月に、北海道知床半島ルシャ地区でサケ科魚類(カラフトマス・シロザケ)を捕食するヒグマの行動を直接観察法で記録した。観察は、目視可能な日の出前から日没までの時間帯に、自動車の中から行った。観察域内にはサケ科魚類が自然産卵している川が3本流れている。これらの河川の下流域を含めた約58haの範囲で204日間(年平均34日)のべ約80頭のクマを個体識別し、その行動を記録した。クマがサケ科魚類を捕食する行動は、基本的に単独で行われた。生きた魚の捕獲方法、捕獲魚の扱い方、採食方法、およびそれらの頻度は、個体独自の方法を示した。また、捕獲場所の選定やそこへの入出ルート、クマ個体間の距離間隔の許容度、クマ観察車(=著者)の存在の許容度なども個体ごとの特徴を示した。少数の複数個体が単独で行う特徴的な同様な行動を分析するとその中に母子関係である個体が含まれ、行う時期やその頻度も母子でより似ている事例を見つけることができた。一般的にクマ科動物は、単独で行動する性質が強く、同時に、学習能力が高いと推定されている。ルシャ地区のヒグマの場合は、母グマから学習した後、独自に開発した行動を駆使して生活しているとの印象を受けた。観察区内でサケ科魚類を捕食し、かつ2年間以上行動の記録ができたクマは、大人オス2頭、大人メス15頭であった。なお、6年間で子を連れたメスは19頭を記録した。また、2004～2006年の3年間に11頭のメスから生まれ育った0歳子グマ25頭のうち2009年までに観察区内で3～5歳まで育ち定着した個体は、オスはゼロ、メスは4頭(16%)であった。以上の結果からルシャ地区のヒグマ社会は、娘グマが母グマの行動圏を継承し、同時に生活技術を伝承する確率が高い母系社会であると推定された。

## E2-04

### アカオオハシモズにおける手伝い行動の個体差

\* 江口和洋 (九大院・理・生物), 浅井芝樹 (山階鳥類研究所), 山岸 哲 (新潟大・朱鷺・自然再生学研究所)

マダガスカル固有種のアカオオハシモズ *Schetba rufa* は、つがい1個体以上のオスがヘルパーとして付く協同繁殖を行う。1歳オスは性的未成熟で出自なわばりに留まりヘルパーとなるが、性的に成熟する2歳以降もヘルパーでいる個体も多い(Yamagishi et al. 2002)。ヘルパーの貢献は大きい、繁殖の向上をもたらさない(Eguchi et al. 2002)。本種の手伝い行動の個体差(特に、ヘルパーの年齢と繁殖個体との血縁度)を調べ、手伝いの適応的意義を考察した。

調査は1994年～1999年の繁殖期に、マダガスカル西部のアンピジュルア研究林で行った。手伝い行動は巣への給餌訪問頻度で評価した。ヘルパーと繁殖個体間の血縁は、家系データとマイクロサテライト解析に基づく。

育雛前期(ふ化後7日まで)にはヘルパーは1歳と2歳以上ともに繁殖個体より貢献は低く、1歳個体は2歳以上のヘルパーより低かった。しかし、育雛後期(ふ化後8日以降)にはヘルパーの貢献は増大し、一方、繁殖メスの貢献は低下した。1歳ヘルパーの給餌頻度と餌サイズは育雛後期には2歳以上と同じレベルに達した。1歳ヘルパーでは、繁殖メスの息子は非血縁個体よりも貢献は高かったが、2歳以上のヘルパーの貢献には血縁度は影響しなかった。1歳個体の給餌頻度は自身の翌年までの生存率には影響しなかった。

1歳ヘルパーでは、ヘルパー自身が手伝い行動による直接的な適応度利益を得ることはなく、母親の労働を軽減することで間接的な利益を得ていることが示唆された。2歳以上のヘルパーでは、非血縁の繁殖メスへの宣伝、または、つがい外交尾により得た子への給餌により、直接的利益を得ていることが示唆された。

## E2-05

Juvenile hormone guides the worker development in the termite *Nasutitermes takasagoensis*\*<sup>1</sup>Bourguignon T.,<sup>1</sup> Gotoh H.,<sup>1</sup> Miura T.

Juvenile hormone (JH) has particularly attracted the curiosity of researchers for its preponderant role in many biological processes such as development, reproduction and behavior. In termites, JH determines the caste developmental fates during postembryonic development. For example, a high JH titer during a sensitive period preceding the worker molt induces presoldier differentiation, while individuals proceeding to reproductive molt are characterized by a low JH titer. These mechanisms have been well studied in a few lower termite species but have never been investigated in higher termites, which generally have a more constrained developmental pathway. Here, we investigated the JH titer in the neuter line of *Nasutitermes takasagoensis* in order to determine whether there are differences among worker instars; and whether JH plays a role in the strict male origin of soldiers. We found that minor workers, from which all soldiers originate in *N. takasagoensis*, tend to have higher JH titer than other worker instars, while major workers generally have lower titer. This suggests that when JH titer rises in the colony, minor workers are the first to reach the threshold for the presoldier molt, and thereby the only colony member to molt into soldiers. We will present the results of further analyses to confirm our hypothesis.

## E2-07

## ヤマトシロアリの攻撃行動における雌雄差

\*北出理, 権田まり子(茨城大・理)

シロアリのコロニーは、同じく高度な社会性をもつ社会性膜翅目の種とは異なり、雌雄個体が常に共存する。性やカスト間で利害対立がある状況での行動の性差は、シロアリの社会性の進化・維持要因を探る手がかりになると考えられる。しかし、生きたワーカー等の性別判別が比較的難しいこともあり、シロアリにおける行動の雌雄差の研究例は多くない。

本研究では、ヤマトシロアリ *Reticulitermes speratus* のワーカーの雌雄各80個体、ニンフ各20個体、ソルジャー各5個体からなるシロアリの実験コロニーを計22作成し、最大で35日間飼育して幼形生殖虫を分化させた。これらのコロニーを用い、(1)コロニーに導入した別種ワーカーに対する攻撃、(2)生殖虫不在のコロニーで多数分化する幼形生殖虫に対する攻撃、の2つについて、ビデオカメラで撮影し、雌雄の個体が「かみつき」などの攻撃行動を行った頻度を調べた。

別種個体に対しては、主にワーカーとソルジャーが攻撃した。頻度が高かったワーカーについてみると11回の試行中1回でメスが有意に多く攻撃に関与したが、その他の試行で性比に有意な偏りは見られなかった。

新生殖虫に対する攻撃はワーカー主体で、ソルジャーはほとんど関与しなかった。幼形生殖虫への攻撃では、両性のワーカーが攻撃に関与したが、攻撃したワーカーの性は全試行でオスに偏り、偏りはメス幼形生殖虫への攻撃では7回の試行中2回、オス幼形生殖虫への攻撃でも4回の試行中2回で有意であった。新生殖虫への攻撃行動が進化した要因には、少なくとも同性個体間の繁殖を巡る直接競争だけでなく、コロニー内での繁殖者数の最適化が含まれると考えられる。さらに、別種ワーカーに対してと同巢の幼形生殖虫に対してと、攻撃するワーカーの性比が異なる理由について考察する。

## E2-06

## オオシロアリにおける兵隊特異的の化学物質とその社会機能

\*北條賢(流大・農), 石川由希, 三浦徹(北大・地環研)

シロアリのコロニーにはある仕事に特化した形態をもつ「カースト」が存在し、各カーストが様々な役割を分担することで組織的な社会を形成している。このような分業システムを維持するためには、社会を構成するカースト間での綿密なコミュニケーションが必要とされる。多くのカーストで視覚が発達していないシロアリでは、化学物質(フェロモン)を主体としたコミュニケーションを行っていると思われ。

オオシロアリ *Hodotermopsis sjostedti* の兵隊は肥大化した大顎など物理的防衛に特化した形態をもつ。一方で、我々の先行研究より、大顎腺や唾液腺といった外分泌腺についても兵隊特異的な発達が見られることが示されている。また、いくつかの分泌腺からはリポカリタンパク質である SOL1 が分泌され、他個体へと受け渡されている。リポカリタンは疎水性低分子化合物をリガンドとするタンパク質であることが知られているため、オオシロアリ兵隊の外分泌腺に含まれる低分子化合物がカースト間のコミュニケーションに用いられている可能性が推測される。そこで、本研究ではまず、ワーカー・兵隊の各外分泌腺の抽出物をガスクロマトグラフィーに供し、兵隊特異的な成分の探索を行った。その結果、頭部および唾液腺から兵隊特異的な低分子化学物質が検出された。さらに、SOL1 タンパク質との相互作用の解析や、兵隊特異的の化学物質を用いたワーカーに対する生物検定の結果についても報告し、兵隊特異的な化学物質の機能を考察したい。

## E2-08

## 社会性アブラムシの防衛行動：親と子でゴールを守る

\*植松圭吾, 柴尾晴信, 嶋田正和(東大院・総合文化)

社会性昆虫のコロニーでは、各個体がそれぞれの役割にしたがい適応的な行動を示す。コロニー内における空間分布はその一つであり、各個体が役割に従って非ランダム分布を示し、空間的に編成された集団を構成することが知られている。今回は、植物のゴール(虫こぶ)を形成する社会性アブラムシについて、成虫と幼虫という2種類の防衛個体を持つ種のゴール内の空間分布を調べ、空間的編成が行なわれているかを検証した。

イスノキにゴールを形成するヨシノミヤアブラムシでは、無翅成虫が繁殖終了後も長く生存し、敵に付着して動きを止めるという自己犠牲的な防衛を行う。加えて、若齢幼虫も口針を敵に突き刺すことにより防衛を行う。このような、繁殖終了後の成虫と生まれたばかりの幼虫が同時期に防衛を担う社会システムは非常に珍しい。一方で、有翅成虫およびその幼虫は防衛を行わず繁殖を担っている。野外の裂開ゴールを3つの区域に分け、齢期別の割合を調べたところ、無翅成虫および若齢幼虫は外敵の侵入口であるゴール裂開部周辺の区域に多く分布していた。さらに、実験室内においてゴールに人工的に穴を開け、空間的再編成が見られるかを調べたところ、無翅成虫および若齢幼虫は開けた穴の方向へ移動するのに対し、防衛を行わない有翅成虫およびその幼虫は、穴から遠ざかることが分かった。これらの結果から、各個体がゴールの裂開という環境刺激に対して、それぞれの持つ防衛・繁殖の役割に応じてダイナミックに移動することにより、空間的編成を達成することが示唆された。

## E2-09

## シロアリ類における繁殖形質の発達と腸内に共生する原生生物の個体数との関係

\* 嶋田敬介 (富山大・理工), 北出理 (茨城大・理), 前川清人 (富山大・理工)

社会性昆虫であるシロアリの腸内には多くの原生生物や細菌が共生しており、木材消化や窒素源の確保に大きく貢献している。この相利共生の関係は、多くの研究者の興味を引き、古くから研究が進められてきた。しかし、それらの研究には主にワーカーが用いられてきたため、他のカーストにおける腸内微生物との共生関係は未だ不明な点が多い。例えば、コロニーを新たに創設する一次生殖虫は、コロニーの発達に伴い、餌である木材を分解する能力が変化する事が知られるが、このとき腸内微生物との共生関係が変化するかどうかは明らかではない。

本研究では、コロニーの発達に伴う生殖虫と腸内微生物の共生関係のダイナミクスを明らかにする事を目的として、ヤマトシロアリを用い、様々な時期のコロニーの一次生殖虫、二次生殖虫及びソルジャーの共生原生生物の量を、後腸サイズの測定及び原生生物の *α-tubulin* 遺伝子の発現解析により推定した。その結果、ワーカー数が少ない時期の一次生殖虫では、生殖巣はほとんど発達していなかったが後腸は大きく、*α-tubulin* 発現量はワーカーと同程度に高かった。しかし、ワーカーが100匹を超える時期の一次生殖虫や野外で得られた二次生殖虫では、生殖巣は顕著に発達していたが後腸は縮小しており、*α-tubulin* 発現量も著しく低かった。一方、ソルジャーでの *α-tubulin* 発現量は、ワーカーよりわずかに低いものの、生殖虫と比べると有意に高かった。従って、共生原生生物の保有量はカーストや発生ステージによって異なり、繁殖形質の発達と共生微生物量との間には負の相関関係がある事が示唆される。以上より、シロアリにおける共生微生物の獲得と社会性の維持及び進化要因との関連性について考察する。

## E2-11

## 草原系と森林系における社会生態ネットワークの動態モデル

\* 山村則男 (地球研)

世界中の多くの生態系において、人間による過度な資源収奪による劣化が深刻な問題となっている。そのような生態系の維持管理を考えると、人間社会系と生態系が相互作用するネットワークとして全体を把握することが重要である [1]。地球研プロジェクト「生態系ネットワークの崩壊と再生」[2]において、我々は、モンゴルの草原系とマレーシア・サラワクの森林系では、環境問題を引き起こしている社会生態ネットワークに大きな違いがあることを見いだした。草原系では、経済のグローバル化により遊牧民は換金性の高い家畜を多く飼うという草原の過剰利用により草原の劣化を導いている。一方、森林系では、企業の直接の森林開発によって先住民が利用できる森林が減少している。

我々は、このような系の相違を表現できる社会生態系の動態を数理モデル化し、それらの系のグローバル経済の変化に対する安定性を調べた。草原系では、草原劣化に対する家畜量の制限という負のフィードバックが働くが、降水量の大きな変動によってシステムは不安定化する。森林系では、森林の減少と先住民の森林利用の減少による森林開発の受け入れに正のフィードバックが働くため、系はもともと不安定であることがわかった。ネットワークの違いに応じて、どのような政策シナリオが生態系の持続的利用に有効なのかも数理モデルに基づいて議論する。

[1] Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. and Holling, C. S. (2004) *Ann Rev Ecol Evol Syst* 35: 557-581.

[2] <http://www.chikyuu.ac.jp/rihn/project/D-04.html>

## E2-10

## ヤマトシロアリの単為生殖による女王位継承システムの進化的安定性

\* 松浦健二, 山本結花, 矢代敏久, 日室千尋, 横井智之 (岡山大・院環境・昆虫生態)

近年、独立に高度な真社会性を発達させたアリとシロアリにおいて、女王が産雌単為生殖で女王を生産する種が相次いで発見され、社会性昆虫にとっての性の利益とコストを議論する上できわめて重要なテーマとなっている。ヤマトシロアリの創設女王は、二次女王(巣内で生殖を引き継ぐ)を単為生殖で生産し、一方、ワーカーや有翅虫は有性生殖で生産している (Matsuura et al. 2009, *Science*)。この単為生殖による女王継承システム AQS (Asexual Queen Succession) により、女王は自分の分身を二次女王として残し、死後も次世代への遺伝的寄与を完全に維持する。

アリの新女王の単為生殖生産とシロアリの AQS システムは、一見似ているように見えるが、次世代への遺伝貢献を巡るコンフリクトの点で根本的に異なる。アリでは、女王側の一方的な利己的戦略として新女王が単為生殖で生産され、この場合、雄アリは次世代に遺伝子を残す術を失い、激しい性的対立を伴った進化的袋小路となる。このような種では、繁殖システムに地理的変異があることが知られており、通常の有性生殖で新女王を生産している集団も見つかっている。

一方、シロアリの AQS は創設女王の次世代への遺伝的寄与を維持するだけでなく、近親交配回避や末端融合型オートミクスによる劣勢有害遺伝子の排除を通じて王や他のメンバーにとっての利益をもたらし、コロニー内対立を生まない。よって、一旦、雌が単為生殖を獲得し、AQS が進化すると、その形質は速やかに広まることが予測される。本研究では、関東、関西、および中国地域における広域サンプリング調査を行い、各コロニーから生殖中枢を採集し、遺伝子解析を行ったところ、すべての地域において AQS が行われていることが分かった。本講演では、AQS の適応的意義と進化的安定性について議論する。

## F2-01

## 同位体が解き明かす熱帯雨林のハチ目とシロアリ目の食性

\*兵藤不二夫(岡山大・異分野コア), 竹松葉子(山口大・農), 松本崇(京大院・人環), 乾陽子(大教大・教養), 市岡孝郎(京大院・人環)

ハチ目(アリ、ハナバチ、カリバチ)やシロアリ目の熱帯生態系における役割は広く認識されているにも関わらず、その食性は十分に分かっていない。本研究では、その食性を明らかにするために、マレーシア、サラワク州の熱帯雨林で採集されたハチ目(12科、16属以上、32種以上)、シロアリ目(1科10種)の炭素窒素安定同位体比を測定した。これらの昆虫の同位体組成を同じ調査地で採取された他の消費者と比較した。これらの昆虫の窒素・炭素同位体比は他の消費者の値と大きく重複しており、多様な炭素・窒素源を利用していることを示している。アリとシロアリの窒素同位体比は、それぞれ植食性(甘露や花蜜への依存)から捕食性へ、そして木材食性から土壌食性へと連続的に変化する食性を示した。さらに、カリバチの窒素同位体比も-0.1‰(Braconidae sp.)から8.6‰(*Bembix* sp.)へと大きく変動し、雑食性から捕食性へと食性の幅を持つことを示唆している。アリの一種 *Componotus gigas* は、その餌源の多くが甘露であるにもかかわらず、植食者ではなく腐植食者や雑食者と近い炭素同位体比を示した。このことは、このアリは炭水化物がエネルギー源として利用し、その炭素同位体比は体に保持されないことを示唆している。軍隊アリ *Leptogenys diminuta* と土壌食性シロアリ *Dicrepiditermes nemorosus* の窒素・炭素同位体比は有意に異ならず、栄養段階と食物の腐植過程が共に陸上消費者の同位体比を上昇させることを示している。

## F2-03

## 甲虫多様性に影響を与える環境要因 —カラマツ人工林での調査—

大澤正嗣(山梨森研)

甲虫多様性に影響を与える環境要因について、カラマツ人工林にて調査した。カラマツ長伐期施業林7林分および壮齡林8林分を選定し、釣り下げ式マレーズトラップ(aerial Malaise trap)を地上部と林冠部に設置することにより甲虫を捕獲した。捕獲甲虫の中から、カミキリムシ科、ゾウムシ科、コメツキムシ科、ハムシ科、ナガクチキムシ科、ベニボタル科の6科を調査対象として選別、同定した。各調査林分において、環境要因として、植生、キノコ相および枯死材等を調査し、甲虫多様性と環境要因の関係および、両者の長伐期施業林と壮齡林間での差異について検討した。

長伐期施業により、調査した多くの甲虫科が多様性が高まることが確認された。植生の中で、特に自然に侵入し、成長した太い木本が、林冠の甲虫多様性に影響を与えており、長伐期施業の特徴と考えられた。虫媒花の種類や数も甲虫多様性にある程度の影響を与えている可能性があると思われた。枯死材は一部の材生息性の甲虫多様性に影響を与え、枯死材の分解段階によって異なる影響が確認された。

## F2-02

## 耕作地の放棄に伴うチョウ群集の変化

大脇淳(新潟大・超域), 小川弘司(白山自然保護セ), 竹谷宏二, 富沢草(石川県・昆虫館)

中山間地の里山では、農業の衰退や人口の減少によって二次林や草地だけでなく、耕作地まで放棄されているが、耕作地の放棄によって里山の生物群集がどのように変化しているかは十分に調査されていない。そこで、本研究では、耕作地放棄の程度が異なる7集落において、1955年から2005年間の耕作地の利用様式の変化と現在のチョウ群集を調査し、耕作地の放棄に伴うチョウ群集の変化を調べた。

調査地は、石川県白山市にある大日川流域の7集落を選んだ。空中写真、現地調査および聞き取り調査によって、1955年、1977年、2005年の土地利用図を集落ごとに作成し、1955年の耕作地が2005年にはどのような土地利用になっていたかを解析した。各集落に放棄地と耕作地を通る300mの調査ルートを設置し、2005年5~10月に毎月2回、ルート上で観察されたチョウの種数と個体数を記録した。また、調査ルートの左右両側の環境を調べ、放棄地の割合を計算した。

集落の人口は、1955年には120~194人の間であったが、2005年には半分以下に減り、少ないところは3人であった。人口減少率が大きな集落ほど、耕作地の放棄率も高い傾向にあった。チョウは、44種1457個体が観察された。世代数と利用可能な食草の幅に基づいて、チョウをスペシャリスト、ジェネラリスト中間に分けたところ、スペシャリストの種数は耕作地の放棄に伴い有意に増加したが、ジェネラリストの種数は逆に減少し、中間の種の種数は有意な関係がなかった。個体数も似た傾向を示し、スペシャリストと中間の種は耕作地の放棄に伴い有意に増加したが、ジェネラリストでは有意な関係はなかった。

中山間地の里山では、人口の減少に伴い耕作地の放棄が進行し、安定的な環境が増えた結果、スペシャリストの増加とジェネラリストの減少によってチョウ群集が変化していた。

## F2-04

## 日本の森林における地表徘徊性甲虫群集の地理的・季節的変異：モニタリングサイト1000森林・草原調査より

\*丹羽慈・岸本年郎(自然研)

地表徘徊性甲虫類の群集組成は、生息地の物理環境、植生、土地利用、伐採等の攪乱などによって変化することが知られている。環境省のモニタリングサイト1000プロジェクトでは、気候変動等による森林生態系の変化を察知するための指標生物群として、全国の森林サイトにおいて地表徘徊性甲虫類のモニタリング調査を実施している。今後、長期的なモニタリングデータから気候変動の影響を検討するにあたり、季節変化や地理的な気候条件の変化にともなう群集組成の変化パターンを理解しておくことは重要である。そこで、モニタリングサイト1000の調査データを用いて、地表徘徊性甲虫群集の地理的・季節的変異の解析を行った。北海道から沖縄の天然林を中心とする33調査区における、2005~2009年度の年4季節のピットフォールトラップ調査のデータセットから、オサムシ科、ホソクビゴミムシ科、ハンミョウ科、センチコガネ科、シテムシ科、ハネカクシ科の体長6mm以上の徘徊性種の成虫の採集個体数を集計し、解析対象とした。全種数、個体数は、高緯度・低温・少雨の調査区ほど大きい傾向がみられた。一方、種の均等度、多様度は、中程度の気温の地域(東北、関東、佐渡など)で高い傾向にあった。各調査区の群集は、属組成によって大きく5つの地域グループ(北海道、東北・関東、中部亜高山帯、東海・近畿・四国、九州)に分けられ、年平均気温によって属組成が特徴付けられている可能性が示された。また、属によって成虫の出現ピークの時期が明瞭に異なる場合があり、4~8月と9~12月とで属組成が大きく異なった。一部の属では、ピーク時期と年平均気温との間に関係が見られた。これらの結果より、地表徘徊性甲虫類の群集組成やフェノロジーの変化に注目することで、温暖化等による生態系の変化をより鋭敏に検出できる可能性がある。

## F2-05

## 間接相互作用網における「種多様性・生態的機能・形質進化」のつながり

\*内海俊介(東大広域), 安東義乃(京大生態研), Heikki Roininen(Eastern Finland Univ), 高橋純一(京産大), 大串隆之(京大生態研)

生物群集の動態と群集構成種の進化の密接な関わりが認識されつつある。では、生物群集の「種多様性」は、群集内の種の適応進化にどのような影響を与えるだろうか？実はこの問いについて取り組んだ研究はほとんどない。考慮に入れる種の数が増えるほど、直接・間接的な相互作用の数も指数関数的に増大し、検証が困難であると思われることがその一因であろう。一方、「多様性-生態系機能」関係の議論に目を向ければ、種多様性が何らかの生態的な機能に反映されうると考えるのは妥当である。われわれは、種多様性が生態的機能に反映され、それが種の適応進化を促すと考え、その予測を検証することを試みた。

本研究では、植食者群集と植物の関係に焦点を当てる。植物は植食性昆虫の食害に対し、表現形質を可塑的に変化させる。この食害応答の結果、それを介して多様な植食者種が間接的に影響を与え合う。このような間接相互作用を含む生物種間のネットワークを「間接相互作用網」とよぶ。われわれはここで、食害応答の結果生じる植物の表現型発現の時空間パターンを、間接相互作用網における生態的機能の一つとして捉えた。そして、1) 植食者群集の  $\alpha$  多様性が高いほど食害応答による生態的機能が高くなる、2)  $\beta$  多様性が高いほどその生態的機能の違いが大きくなる、3) その生態的機能の違いが群集内の植食者種の適応形質の進化に影響する、という仮説を立てた。これらの仮説を検証するために、われわれは、野外調査、野外操作実験、遺伝解析などの一連の実証研究に取り組んできた。本講演では、それらの研究結果について論じる。

## F2-07

## 栄養モジュール動態の生息地特性への応答

梅田隆利(龍谷大・理工), 近藤倫生(龍谷大・理工)

生物群集における生物種間の捕食・被食関係の連鎖を食物連鎖と呼ぶ。食物連鎖の長さをあらわす食物連鎖長は、食物網の構造的特徴を検討するために用いられ、その決定要因を解明する事は群集構造の動態の仕組みを解く上で重要であると考えられてきた。現在まで、生息地の特徴に関連した食物連鎖長の決定要因として、「生産性」や「生態系サイズ」があげられている。さらに、それらが共役的に作用(生産性×生息地サイズ)する「生産的空間」を合わせ、これら3つの要因が食物連鎖長を説明すると考えられてきた。しかし、実証研究の結論の間には不一致がみられる。食物連鎖長の決定要因として生態系サイズ仮説を支持する野外実証研究がある一方、生産的空間仮説を支持する結果も発表されている。これをふまえると、3つの要因のいずれかの重要性ではなく、これら3仮説の相対的役割を総括した研究が必要であろうと思われる。本発表では、「どの仮説が成立するかは想定する空間スケールによって変化する」との発想に基づきおこなった理論研究の結果を発表する。生息地の特徴が食物連鎖長に及ぼす影響を扱った従来の理論モデルでは、そこに働いている生物学的過程の空間スケールの問題が見過ごされてきた。具体的には、想定する捕食者の行動の空間スケールに依存して、餌密度が捕食者密度に及ぼす影響が変化しうることが考慮されていなかった。このことを念頭に、生息地サイズが植食者の採餌効率に及ぼす影響を考慮し、最も単純な「食物連鎖」である植物-植食者の2種から構成される栄養モジュールのメタ群集動態を理論モデル化し、生息地の特徴に依存して群集構造(存続せず・植物のみ・植物-植食者共存)がどのように変化しうるかを解析した。

## F2-06

## ニホンジカによる林床環境の改変がオサムシ科に与える影響

\*岡田拓也(立正大院・地球), 須田知樹(立正大・地球)

2009年6月から2009年10月まで栃木県日光のシカ侵入防止柵内外でビットフォールトラップを用いてオサムシ科甲虫を捕獲し、ニホンジカによる林床環境の改変がオサムシ科に与える影響を調べた。調査地は柵内2ヶ所 St.1, St.2、柵外はシカ高密度化によっての不嗜好性植物のシロヨメナが繁茂した場所 St.3 と裸地化した場所 St.4 の2ヶ所の計4ヶ所に設定した。合計で30種 2155匹捕獲し、捕獲数上位3種はコクロツヤヒラタゴミムシの753匹、マルガタナガゴミムシの589匹、クロナガオサムシの398匹で、この3種は全ての調査地の優占3種だった。Shannon-Wienerの多様度指数  $H'$  を算出したところ柵内では St.1 が1.788、St.2 が1.572、St.3 が1.825、St.4 が1.526で柵外の St.3 が最も高く、St.4 が最も低かった。また捕獲数上位3種の調査地間の捕獲個体数の差をフリードマン検定、シェッフェの対比較によって検定したところ、マルガタナガゴミムシが St.3 が St.1 に比べて有意に捕獲数が多く、クロナガオサムシが St.2 と St.3 が St.4 に比べて有意に捕獲数が少なかった。以上のことからシカ高密度化によって林床環境が改変されると、多様度指数も変化し、また最優占種のコクロツヤヒラタゴミムシには影響を与えないが、他の2種には影響を与えることがわかった。

## F2-08

## 繁殖フェノロジーのマッチ・ミスマッチと栄養モジュールのダイナミクス 一気候変動下における群集構造の理解に向けて一

\*仲澤剛史(京大・生態研センター), 土居秀幸(Univ. Oldenburg)

ここ数十年の気候変動によって、生物の季節的な振る舞い(繁殖や渡り、開花、開葉など)が大きく変容してきていることが報告されている(フェノロジーシフト)。重要なことに、その影響の程度や方向性は種ごとに違うため、気候変動は種間相互作用の同調性や個体群ダイナミクスの季節性を変え、さらには群集構造や生態系機能にも予期せぬ影響を引き起こすかもしれない。本研究では、まず始めに、フェノロジーシフトの観測データは、できれば個体数ではなく人口学的な形質パラメーターも含んでいることが望ましいと主張する。なぜならば、そうでなければ、気候変動に対する群集レベルの応答メカニズムを厳密に理解したり、プロセスベースの数値モデルを構築したり、群集内外への波及効果を予測することが困難になるからである。くわえて、種特異的なフェノロジーシフトの群集生態学的な影響を調べるための第一歩として、人口学的パラメーターの季節性を組み込んだ三種系の栄養モジュールモデルを提示し、フェノロジーの同調性と群集構造の関係について考える。その結果、フェノロジーの同調性は群集ダイナミクスの基本的な特性(トロフィックカスケードの強さや種間競争関係、共存可能性など)に大きく影響することが示された。形質のフェノロジーと種間相互作用のトポロジーに着目することで、生物多様性の気候変動科学において、生態学者はもっと活躍できると期待する。

## F2-09

## 落葉期における樹液流の変化－落葉樹コナラと常緑樹ソヨゴの比較－

\* 吉村謙一 (神戸大自然科学), 小南裕志 (森林総研関西), 服部和佐 (京大農), 深山貴文 (森林総研関西)

## F2-10

## 半島マレーシアにおける一斉開花の地理的分布様式

\* 沼田真也 (首都大・都市環境), 安田雅俊 (森林総研・九州), Nur Supardi Md. Noor (FRIM・R&D), Christine Fletcher (FRIM・森林部), Mazlan Hashim (UTM・地理情報)

東南アジア熱帯林には一斉開花と呼ばれる現象が見られ、数年に一度の頻度で多様な樹木が同調的に開花、結実を行う。この現象を通じて多くの樹木が世代交代するため、東南アジア熱帯林の保全、修復、復元等において極めて重要な現象といえる。この一斉開花の発生には外的シグナル、すなわち異常気象が重要な役割を担うと考えられており、ボルネオのいくつかの森林では不定期に発生する異常乾燥と一斉開花の関連性が報告されている。しかし、半島マレーシアでは高頻度に異常乾燥が発生しており、異常乾燥だけでは一斉開花の発生をうまく説明できない。これらは、一斉開花と気象要因の関係には地理的変異があり、それぞれの地域で異なる発生メカニズムがある可能性を示唆する。本研究は半島マレーシアの一斉開花の分布と異常気象の関連性を明らかにすることで、一斉開花の地理的特性を明らかにすることを目的とする。まず、Burgess (1972) により用いられた1925年から1970年まで州ごとに記録された結実情報と2001年から2010年までの約90箇所で行った結実調査の結果について、クラスター分析を用いて分析し、一斉開花の地理的特性を検討した。また、半島マレーシアの14カ所の気象観測所気象データを分析し、複数の気象条件における地理的様式についても検討した。その結果、Burgessのデータからは3つの地理的グループに分けられたが、2001年以降の結実については明瞭な地理的特徴は見いだせなかった。一方で、気象条件の発生様式については地理的特徴が見いだされたものの、その様式は季節や気象要因間で異なっていた。講演ではこれらの関連性について議論する。

## F2-11

## マクロスケールから捉える温暖化による展葉期間の長期化：気象庁データセットとメタ解析による検証

\* 土居秀幸 (Univ. Oldenburg)

温暖化による平均気温の上昇が植物・動物フェノロジー (生物季節) のタイミングに大きな影響を与えていることが今まで蓄積されてきた長期データを使用した研究により明らかとなってきた。なかでも植物の展葉期間については植物の生育、生産に関わる重要なフェノロジーであり、平均気温の上昇によって長期化していることが報告されている。しかし、衛星データを用いた解析を除き、そのマクロ的な長期化の傾向について検討した研究例は未だに少ない。気象庁では、1953年から現在まで全国102カ所の観測所で、フェノロジーを記録しており、イチヨウ、クワについては発芽、落葉日を記録していることから展葉期間を推定できる。全国102カ所という広範囲で長期に観測されたフェノロジーデータを用いれば、フェノロジーの温暖化への反応をマクロエコロジーの視点から考えることが可能である。そこで本講演では、気象庁・生物季節データセットを用いたマクロスケールにおける展葉期間の長期化と気候変動の関係について紹介する。また、全世界で観測されたフェノロジーデータを用いてメタ解析を行い、全球、地域的な展葉期間の長期化の傾向について考察する。

参考：土居秀幸・高橋まゆみ (2010) マクロスケールからみる温暖化の植物フェノロジーへの影響：気象庁・生物季節データセットによる解析 日本生態学会誌 60:241-247

## F2-12

## 春先の気温の年次変動がミズナラの開葉に及ぼす影響

\* 生方正俊, 那須仁弥, 福田陽子 (森林総研・林育セ北海道)

落葉広葉樹の開葉時期は、一般に春先の気温の影響を受け、気温が高い春は早く、気温の低い春は遅くなることが知られている。また、広域に分布する種は、様々な地域の環境に適応して生育していることから、地域集団ごとに環境変動に対するふるまいが異なっていることが予想される。地域集団ごとに気候変動に対する反応が明らかになれば、今後予想される地球規模の温暖化によって引き起こされる種の分布域の変化をより詳細に予測することが可能となると考えられる。

ミズナラの地理的変異および環境変動に対する反応の産地間差異を解明する研究の一環として、北海道内各地から収集され、江別市の森林総合研究所林木育種センター北海道育種場内に植栽されている56産地377系統のミズナラについて、開葉時期の年次変動の調査を行った。

調査は1993年、1994年、2009年および2010年の4年間の4月から6月にかけて実施した。この4年間のうち春先の気温が低めの1993年、2009年と高めの1994年、2009年には、4月および5月の平均気温でそれぞれ約1.5℃および約2.0℃の差があった。冬芽の芽鱗がゆるみ内側の緑色の部分が露出した日を開葉日とすると、最も早く開葉する産地と最も遅い産地の間に約2週間の違いがみられた。また、全体的にみると、開葉の順位は、北海道の西部地域の産地から東部地域の産地へ進むという傾向はかわらなかったが、開葉の早い産地ほど順位の年次変動が比較的大きい傾向がみられた。

## G2-01

## 著しく異なる遺伝子型を持つ北海道マイマイガの遺伝子浸透シミュレーション

\*東浦康友, 澤田有莉, 五十嵐章裕, 宮川 毅 (東京薬大・生命科学), 重定南奈子 (同志社大・文化情報)

日本のマイマイガは、北海道に分布する北海道亜種 (*Lymantria dispar praeterea*) と、本州・四国・九州に分布する本州亜種 (*L. d. japonica*)、その他の島々に分布する3亜種に分けられている (井上 1982)。Higashiura *et al.* (1999: *Heredity* 83, 290-297) は、北海道美幌市で、孵化率が約50%で生育した個体がすべてメスになる系統を発見し、この性質が母性遺伝することを報告した。Male-killingと呼ばれる現象と同じであるが、この現象には *Wolbachia* 等の微生物は関わっていない (Higashiura *et al.* 2010: *Heredity*)。一方、Goldschmidt (1934) は、本州亜種のメスに北海道亜種のオスを交配し、そのF1メスを北海道亜種のオスと戻し交配すると、オスの子が死んでメスのみになり、また、北海道亜種のメスに本州亜種のオスを交配すると、子はオスのみになると報告している。Higashiura *et al.* (2010) は、この交配結果を追試・確認し、さらに北海道美幌市のメスばかりの系統のミトコンドリアDNA (mtDNA) ハプロタイプが北海道亜種のものとは約2%配列が異なる本州亜種と同じであることを発見した。つまり、形態的には北海道亜種とされるマイマイガに mtDNA ハプロタイプでは2型あり、その交配によってオスの子ばかりやメスの子ばかりになると考えられ、この2型の境界は、約4万年前まで海峡であった石狩低地帯にあると考えられた。石狩低地帯を挟んで東西に2地域と、それぞれの外側に1地域ずつを設定し、流入率を変えて mtDNA ハプロタイプの挙動をシミュレーションによって推定した結果を発表する。

## G2-03

## 生態ネットワーク上のキーストーン種を特徴づける様々な指標の比較

佐藤一憲 (静大・工)

多くの生物種から構成される生態系を維持するためには、それらのすべての種が存在する条件下での複雑な種間相互作用を明らかにするだけでなく、ある特定の種が消失することによって、他の種に与える質的および量的な影響を考慮することが重要である。このとき、消失することによって他の種への影響が大きいものはキーストーン種と呼ばれる。ネットワーク (またはグラフ) として表現される食物網構造上で、どこに位置している種がキーストーン種であるのかを特定するための先駆的な代表的理論研究として、動的なアプローチ [5, 6] や静的なアプローチ [4] が挙げられる。昨年度の大会では、両者のアプローチを比較検討することによって、これらを統一的に理解するためのひとつの試みをおこなった。本大会では、これらのアプローチの関係について再考した上で、例えば、[3] がおこなったように、ネットワークの特徴を表す中心性と関係性について考察し、[1, 2] が新たに提案している指標に関する比較検討をおこなう。

[1] Jorán F (2009) *Phil Trans R Soc B* 364: 1733-1741. [2] Jorán F, *et al* (2009) *Ecol Model* 220: 2899-2907. [3] Jorán F *et al* (2008) *Ecol Model* 216: 75-80. [4] Jorán F *et al* (1999) *Oikos* 86: 453-462. [5] Pimm S (1979) *Theor Popul Biol* 16: 144-158. [6] Pimm S (1980) *Oikos* 35: 139-149.

## G2-02

## 腹足類の殻口の傾きにおける制約

野下浩司 (九大院・システム生命)

腹足類の形態と生息地との関係を明らかにしようと試みた。腹足類では「捕食者に対する防御」、「殻形成効率」、「姿勢の安定性」の三つが形態を決める要因としてよく挙げられており、各機能パラメータを見積もる定量的な研究もなされてきた。我々はこれまでに理論形態モデルを用いて軟体部率と力のモーメントにより殻形成効率と姿勢の安定性を見積もることで、(1) これら二つの機能は螺塔の高さと臍の広さに関して機能的トレードオフの関係にあること、(2) 殻口を巻軸に対し外側または反頂側へ傾けることによって殻形成効率と姿勢の安定性の機能的トレードオフが緩和されること、を明らかにした。また、414標本 (382種) を測定したところ、その多くが機能的トレードオフの緩和される殻口の傾きを持つことがわかった (Noshita *et al.*, submitted)。

本研究では、殻頂-反頂方向の殻口の傾きについて生息地間の差異を調べた。その結果、(1) 海生種は陸生種に比べて反頂方向への殻口の傾きが小さいこと、(2) 螺塔が高いほど反頂方向への殻口の傾きが小さくなる傾向があり、この傾向は陸生種でより強いこと、がわかった。こうした陸-海生種間の殻頂-反頂方向の殻口の傾きについての差異を「流体力と摩擦力による影響を考慮した姿勢の安定性」の観点からどの程度説明できるかを明らかにする。

Noshita, K., Asami, T., Ubukata, T., (submitted) Functional constraints on morphological variation in gastropod snails.

## G2-04

## メタ群集ダイナミクスにおける双安定な同期・非同期状態のスイッチング

\*鈴木健大 (東大総文), 吉田丈人 (東大総文・さきがけ)

メタ群集の個体群ダイナミクスは、移動する種の栄養段階と移動の強さ、および、局所的な環境条件によって変化する。本研究では、それぞれが3栄養段階からなり、個体の移動によって相互作用する2つの食物連鎖を考え、それらの局所的な個体数振動の同期・非同期に着目する。移動の強さと、局所的な環境条件からなるパラメータ空間において、同期・非同期の各状態は広い範囲で双安定となる。このような場合、それぞれの引き込み領域の境界をまたぐような外的操作を加えれば、2つの状態が切り替わる。たとえば、同期した状態では二つの系で同時に絶滅が起こる可能性が高くなってしまいが、同期した状態から非同期の状態への切り替えができれば絶滅のリスクを回避することが可能となる。

では、どのようなタイミングで、どのような種に、どれだけの外的操作を加えれば、二つの状態を最も容易に切り替えられるだろうか? このような疑問に答えるには、引き込み領域の境界構造について知らなくてはならない。本研究では、現実的なワムシ-緑藻-栄養塩系のモデルにおいて、上位捕食者 (ワムシ) を介したスイッチングが特に容易となるような、特殊な境界構造が現れることを示す。この結果は、より一般的な式で表現した3栄養段階のモデルにおいても同じであった。

このように、引き込み領域の境界構造が特定の種を介したスイッチングを容易にする場合、そのような種は少ない個体数でも小さな変更で系の状態を大きく変えてしまうという意味で、広義のキーストーン種の要件を満たす。メタ群集ダイナミクスにおいては、多重安定状態が広く見られる可能性が高く、このようなキーストーン種の特徴を探ることは重要と考えられる。

## G2-05

## 環境攪乱下における拡散戦略の進化の、コロニーのサイズ依存の死亡率と推移率からの影響について

\*中丸麻由子(東工大・社理工), 鈴木清樹(総研大・生命共生体進化), 高田壮則(北大・地環研), 辻和希(琉球大・農)

生物では、親と子が同じ場所にそのまま居る場合もあれば、親とは異なる場所へ子を拡散させる場合もある。環境攪乱下ではリスク回避のために拡散戦略が進化的に有利であると言われている。しかし一部の生物では、環境攪乱下においても非拡散戦略である。では、非拡散戦略が進化する条件は何であろうか。環境攪乱下においても非拡散戦略であるものはコロニーを単位とする定着型生物であり、コロニーを分割させて親コロニーと子コロニーに分かれ、親コロニーの近くに定着する。一方、拡散戦略の生物は少数個体で拡散する場合が多い。そこで分割比に着目して、2:2分割戦略(コロニー分割後の親と子コロニーのサイズが変わらない)と1:3分割戦略(親子のサイズ差が大きい)の2つの戦略を考える。

発表者らの数理モデルを用いた先行研究では、コロニーサイズによってコロニー生存率が決まる事に着目し、コロニー分割比と拡散との関係を調べた。小さなコロニーの死亡率が他のコロニーサイズの死亡率と比べて非常に高い時は、2:2分割戦略が有利になり、攪乱頻度の高い環境においても有利になることを示した。

このモデルでは、コロニーが成長する速度(推移率)は考慮していなかった。例えば、コロニーサイズが大きくなるにつれて生存率が高くなっても、推移率が低ければ、かえって競争に不利になるだろう。本発表では推移率と生存率が2戦略の競争に及ぼす影響について数理モデルによって調べた。すると、コロニー生存率のみを考慮したモデルの時には1:3戦略が有利であっても、小さなコロニーの推移率を下げると2:2分割戦略が有利になることがわかった。つまり、コロニー成長率が生存率と推移率によって決まるとすると、小コロニーの成長が他のサイズに比べて非常に遅い時に、2:2分割戦略が有利になることを示した。

## G2-07

## コンタクトプロセスを用いたクローナル植物における病原体伝播モデル

\*酒井佑禎(北大・環境), 高田壮則(北大・環境)

クローナル植物は、種子からではなく、根・茎・葉などの栄養器官から植物を繁殖させる方法で、親株と遺伝的に同じ個体をふやすことが出来る。その為、種子繁殖のように遺伝子組み換えによって病気にかかりにくい遺伝子を作ることができず、親株が病気にかかっている場合、子供も病気に感染しやすくなる。

コンタクトプロセスは、伝染病の伝播を表す簡単なモデルとしてHarris (1974) によって導入され、接触過程や接触感染過程とも呼ばれる。数学的には配置空間に値をとる連続時間上のマルコフ過程に属している。グラフの各頂点に人がいると考えると、健康な人はグラフ上で隣にいる病人の数に比例した感染率 $\lambda$ で病気に感染すると考える。

本研究では、二次元格子におけるコンタクトプロセスを用いて、クローナル植物の繁殖過程と病原体の伝播過程の二つのモデルを構築する。ここで、モデルを二つ構築するのは、植物の繁殖と病原体の伝播のタイムスケールの違いを考慮したためである。植物は、繁殖率 $p$ で隣接する格子点(空地)に繁殖し、死亡率 $d$ で死亡するとする。また、植物が空間を占めた後、病原体が空間中に侵入し、病原体の伝播力(感染率) $\lambda$ で隣接する格子点(健康な植物)に伝播する。さらに、感染した植物は死亡率 $e$ で死亡する。

以上のプロセスに関して、ペア近似を用いて、平衡点の導出、局所安定性を解析するとともに、ペア近似による解析結果と数値シミュレーションの結果を比較し、病原体侵入後の植物の生残率に関する考察を与える。

## G2-06

## 生息地の形状が決める「有効分散率」:連続分布する生物の群集動態を近似するためのパッチモデル

若野友一郎, 池田幸太(明治大), \*三木健(台湾大), 三村昌泰(明治大)

空間構造は群集動態に大きな影響を与える。連続的な空間での群集動態は反応拡散系を用いて定量的に記述できるが、生態学の分野においてはもう一つの定式化であるパッチモデル(常微分方程式系)を用いた定性的理論が発展してきた。パッチモデルでは空間的に不連続な生息地(パッチ)を生物の分散でつなぎ、各パッチ内での空間的不均一性を無視した定式化をおこなう。パッチモデルに基づく研究は、パッチ間での生物の「分散率」の大小によって種の共存の可否や共存種数が決まると予測している。しかし、現実には生息地は連続的につながり、生物はパッチ内であっても不均一に分布している。また、分散率というパラメータを実験的に制御するのは困難である。このため、パッチモデルの予測を定量的に検証することは難しい。

そこで我々は、空間的に連続な生息地での群集動態を定量的に記述できるように、パッチモデルの枠組みの修正を試みた。具体的には、大きなパッチ領域二つが回廊(corridor)によって連結された生息地を想定した。この生息地において、反応拡散系を用いてシミュレートした群集動態を定量的に近似できるような近似パッチモデルの導出をおこなった。我々は、従来のパッチモデルに現れる分散率というパラメータを、パッチ領域の面積と回廊の形状(幅と長さ)の関数である「有効分散率」で置き換えることによって、反応拡散系モデルの定量的近似に成功した。我々の定式化は、群集動態において生息地の形状が大きな役割を持っていることを示している。さらに、実験環境においては、生息地の形状を変えることにより有効分散率を定量的に制御できることも示している。このことから我々の近似パッチモデルは、空間構造と種の共存に関する理論研究と実証研究のギャップを埋めることに貢献できると期待される。

## G2-08

## 植物の栄養吸収をめぐる競争と防衛

\*福井眞(京大生態研センター), 山内淳(京大生態研センター)

植食者は植物の成長にとって大きなインパクトをもたらす。摂食により基本的には植物のバイオマスを減らす一方で、補償成長や栄養塩のリサイクルを通して生産性を押し上げる効果がある。一年生植物では、植食者の存在により繁殖成功度も押し上げられることがYamauchi&Yamamura (2004)で理論的に示されている。

植物は、同種個体が群生している場合、土壌栄養塩の吸収を巡っての競争が起きていることが考えられる。より早く成長して大きく根を張ることは、より多くの栄養塩の吸収を促進し、競争の上で有利になりうる。しかし、早く成長してバイオマスを大きくすると、植食者によって摂食を受ける頻度が必然的に高くなる。栄養塩のリサイクルが行われると、リサイクルされる栄養塩は自身ですべて再度吸収できるとは限らず、他個体へと流出する。他方、摂食に対して防衛物質を生産することにより、摂食されることのダメージを軽減できる。防衛物質の生産はどのようなタイミングで行うのが最適であろうか?本研究では一年生植物を仮定し、栄養塩吸収を巡っての競争が防衛物質生産と成長のスケジュールに与える影響を調べた。

## G2-09

## 植物共存の一般階層理論

\* 甲山隆司・高田壯則 (北大・地球環境)

いわゆる競争モデルでは、種間関係を種のペア特異的な競争係数によって抽象的に表現するため、生活史特性の種差が共存の安定性にもたらす影響を評価できない。私たちは、内部構造を持つ種個体群間の競争を、種のペアに関係なく種総和の密度項によって表現する CCS (共通競争スキーム) モデルを提出し、森林を構成する林冠樹種間の共存メカニズムを、具体的な生活史特性の係数に基づいて解析した。

このモデルでは、林冠種は上下二層からなり上層で繁殖する。光競争を反映して、上層での生存・繁殖と上層への個体成長は上層葉群密度で抑制され、下層の生存は上下両層の葉群密度で抑制される。全種総和の上層と下層の葉群密度を両軸とする平面上において、一種系の安定平衡解は、生活史パラメータが規定する侵入境界曲線 (CCS ヌルクライン) と平衡状態における二層比曲線の交点に対応し、二種系の共存解は、各種の平衡層比曲線の間に位置する CCS ヌルクラインの交点に対応する。共存解の安定性は、二種の CCS ヌルクラインの交わり方で判定される。解析の結果、上層への生長あるいは上層での生存に密度非依存の種差があるとき、繁殖と間の種間トレードオフは安定共存をもたらした。一方、生長と生存の密度依存性に種差があるとき、繁殖と間のトレードオフは不安定共存をまねき、ふたつの単一種平衡解が双安定となった。アロメトリーは、平衡層比の種差をもたらす要因として作用した。

CCS モデルは光競争下の植物群集だけでなく、成熟期と未成熟期で資源を別ける生物一般に適用できる。構造 (たとえば葉層) の数を上限とする種が共存することも判る。本研究により、繁殖階層を別ける種間の共存を説明する階層理論 (Kohyama and Takada 2009) を、繁殖階層を共有する種間の共存にまで一般化できた。

## G2-11

## 確率変動を含む最適戦略と個体群動態

\* 大泉嶺, 高田壯則 北大環境科学院

生物個体は様々なリスク (気候、天敵や病気、他種との競争、資源の流出、さらには資源量の変動、成長速度のばらつき、など) を、生活史戦略を駆使して回避している。そのなかでも、成長速度のばらつきは平均適応度を減少させるという数学による解析結果 (Tuljapurker, 1990) が得られている。実際、各生活史パラメータにおける適応度の感度がその分散と負の相関をもつ事が推移行列モデルを用いたデータ解析から得られている (Pfister, 1998)。しかし、これまで生活史戦略のモデルではばらつきの制御を含むものはあまり見られない。

そこで本研究では、ばらつきの制御を含む生活史過程を確率微分方程式を用いた理論モデルを構築し、推移行列モデルおよび「積分写像モデル」で表された個体群動態との数学的関係を示す中で確率変動を含む Euler-Lotka 方程式を構築できることを示す。

次にこれを用いた成長過程の数理モデルによって、周囲の環境の与える死亡率と最適化された成長過程の分散制御との関係から最適成長戦略および繁殖戦略の解析結果を示したい。

## G2-10

## スケールリング則に基づく最適採餌理論

\* 岡島亮子 (東北大・生命), 千葉聡 (東北大・生命)

体サイズの大きな動物ほど栄養価の低い餌を食べるという傾向が、さまざまな動物群で広く知られている。大きな動物ほど多くのエネルギーを必要とし、実際、単一の種においては大きな個体ほど大きな餌を食べる傾向があることを考えると、非常に不思議な現象である。

動物がエネルギーを得るまでには、餌の探索 (移動)、餌の獲得 (摂食)、消費・吸収という一連の行動が必要となる。これら全ての行動に関する能力、移動速度や移動時の代謝、採餌速度や消化速度は体サイズの関数で表される。例えば、移動速度は体重の 1/3 乗に、代謝率は 3/4 乗に比例するというアロメトリー式は有名である。では、これらのスケールリング則はそれぞれどのように餌選択のスケールリングに影響を及ぼしているのだろうか。本研究はこの問題を定量的に解明するため、それぞれのスケールリング則を取り入れた最適採餌理論を作成した。餌質はエネルギーで評価し、質のよい餌ほど量が低いと仮定している。

結果として、既存の研究で考えられてきた採餌能力だけでなく、移動速度や移動時代謝のスケールリング則も、体サイズと餌質の負の相関に強い影響を及ぼすことが明らかとなった。移動中に消費するエネルギーは移動時間と移動時の代謝率との積で与えられる。餌の質と量や動物の体サイズによって移動に要する時間と採餌に要する時間との配分が変化することが、問題の現象に重要であるといえる。更に、この理論に、異なる移動様式 (飛行、遊泳、歩行) における速度や代謝率を組み込めば、移動様式と餌選択の関係に応用することができるだろう。

## H2-01

## 性的対立と「性の維持」問題：生殖様式を巡る軍拡競争の結末

川津一隆 (京大院・農・昆虫生態)

性の普遍性の説明は進化生態学における重大な未解決問題の1つであるが、その原因である「有性生殖の2倍のコスト」は、オスによる子への投資が少ないためにオス生産が増殖率に寄与しないという条件から産まれる。一方で、「2倍のコスト」条件の下ではオスの潜在繁殖速度が高まり、繁殖成功が交尾メス数に依存する配偶システムに進化につながるため、オス集団では交尾成功を高める形質に強い選択圧が働くことになると考えられる。

以上の観点から単為生殖メスが侵入した状況を考えると、単為メスをも受精可能な形質=対抗形質は交尾成功を高めるためオスにとって有利に働くが、一方で有性生殖は2倍のコストをもたらすため、単為メスにとっては対抗形質を持つオスとの交尾を拒否する形質が有利となる。すなわち「性の維持」問題が扱われる状況ではオス・メス間の生殖様式(有性/単為生殖)を巡る対立が存在し、さらに両形質間の軍拡競争がその進化的結末に影響を与えることが予想される。しかしながら、従来の研究はオス・単為メス間の完全な生殖隔離を暗黙の前提としており、このような性的対立の影響は考慮されていない。

そこで今回、私は単為生殖が侵入した下でのオスの対抗形質・メスの拒否形質間の軍拡競争を記述する量的遺伝モデルを作成し、生殖様式を巡る性的対立が性の維持に与える影響の検証を行った。その結果、1) 対抗形質が拒否形質に追いつくため集団中では有性生殖のみが行われる、2) 両形質が拮抗するため単為生殖と有性生殖が共存する、という2種類の進化的結末が得られた。また、これらの軍拡競争の結末はオスの潜在繁殖速度と両形質の進化速度に依存して決定するが、その領域は(1)の方が大きいことが明らかとなった。以上の結果は、生殖様式を巡る性的対立が性の維持領域を増加させる可能性があることを示している。

## H2-03

## 真冬の分断による異時的隔離の並行進化

山本哲史\* 曾田貞滋

繁殖のタイミングが時間的に異なることで、集団は時間的に隔離されることがある。時間隔離は近縁種間でもよく見られ、おそらく種分化に貢献してきたと考えられる。しかしながら、時間的隔離の原因となる繁殖時期の進化は、他の形質進化の副産物として進化してきたと議論されることが多い。たとえば、植食性昆虫の種分化では、フェノロジーが異なる植物へ適応することで、昆虫側の繁殖時期がずれている可能性がある。この場合、時間隔離が維持されるのは異なる植物への適応の副産物である可能性がある。このように、時間隔離はさまざまな分類群の種分化で見られるにもかかわらず、種分化における時間隔離の重要性は未だ議論が分かれる状況である。

冬に繁殖を行うクロテンフユシャクという蛾は、真冬の環境が厳しいハビタットにおいては繁殖期が初冬と晩冬に分断しており、初冬型集団と晩冬型集団の間で生殖隔離があることが知られている。初冬型と晩冬型の間では寄主植物や生息環境の変更などは知られておらず、初冬型と晩冬型は時間隔離によって種分化がおこっていると考えられる。

我々は、クロテンフユシャクの系統地理解析を行ったところ、初冬型と晩冬型の分化は九州と本州(九州以外の地域)で並行的に生じたことが明らかになった。クロテンフユシャクに近縁な冬尺蛾の系統では、初冬型の種と晩冬型の種の分化が繰り返し起きていることが知られている。それらの分化がどのように生じたのかは不明な点が多い。本研究は真冬の寒さによる時間的隔離の成立は繰り返し生じ得ることを示しており、冬尺蛾の多様化プロセスに真冬の寒さによる時間的な種分化が大きく貢献してきたことを示唆している。

## H2-02

## カワトンボ2種の同所的形質分岐：シグナル形質分岐と体サイズ分岐の地理的パターン

橋 宜高\*, 奥山 永 (京大生態研セ)

近縁の2種が地理的に重なって分布する場合、同所的な地域では形質の変化が見られることがあり、形質が互いに離れる方向に変化することが多い。繁殖干渉を避けるようにシグナル形質が分岐する場合(繁殖形質分岐)と、資源分割やスペース分割を促進するような形質が分岐する場合(生態形質分岐)があるが、両者は簡単に分離できるものではない。

我が国固有のカワトンボ2種(Mnais costalisとM. pruinosa)は複雑な異所的/同所的分布を示す。大雑把には、M.costalisが単独で生息する地域は東関東以北、M.pruinosaが単独で生息する地域は中部から四国-九州にかけての太平洋側である。両種が共存する地域は、関東西部から九州にかけての日本海側と瀬戸内海沿岸になる。

全国から集めた標本を用いて、形質分岐の検討を行った。それぞれが単独に存在する地域では、両種ともオスに翅色の多型が観察された。しかし、M.costalisとM.pruinosaでは体サイズに顕著な違いはなかった。

ところが、両種が同所的な場合、地域によって2種類の全く異なるパターンが観察された。近畿から中部地方にかけてはM.costalisのオスは橙色翅だけ、M.pruinosaのオスは透明翅だけである。しかし、形質の地域変化はそれだけではない。M.costalisの橙色翅オスは、単独域の橙色翅オスよりも、さらに大きい傾向があった。さらに、M.pruinosaの透明翅オスは、単独域の透明翅オスよりも小さかった。つまり、体サイズにも形質分岐が生じていると考えられる。これらの形質分岐の地域差を説明するいくつかの仮説とその検証について、これまでの研究結果を紹介したい。

中国地方から九州北部にかけて両種が同所的な場合は、同所的であるにもかかわらず、両種のオスの翅色多型は保持される。時間が許せばこの地域で生じている形質分岐についてもふれたい。

## H2-04

## 被子植物誕生：二親性胚乳の進化に関する理論的解析

酒井 聡樹 (東北大・生命科学)

二親性の胚乳(雄雌由来のゲノムを持つ)は、被子植物を特徴づける形質である。その進化的起源の有力仮説に余剰胚仮説がある。通常卵と余剰卵が形成され、両者が共に受精する(重複受精)。そして、余剰胚(余剰卵由来)が、通常胚(通常卵由来)の成長を助けるようになったという仮説だ。この戦略が有利なのは、以下が、祖先の状態とされるためである。

- ・一つの雌性配偶体の中に複数の通常卵(余剰卵ではなく)が形成される。
- ・その内の一つのみが生存する。
- ・複数の花粉親が、同じ雌性配偶体内の通常卵を受精させる。

雄親間競争があるので、その雄親が受精させた通常胚の生存率を高める戦略が有利となる。しかし実は、この戦略は雄親にとって有利でしかない。同じ雌性配偶体内の通常卵は遺伝的に同一なので、雌親にとっては、どの通常卵が生存しても構わないからである。にもかかわらず、なぜ、「通常卵と余剰卵を形成する」という「雌形質」が進化したのか。本研究では、この雌形質を発現する遺伝子が広がるかどうかを理論的に解析した。その結果、「一花粉が精子を二つ作る(重複受精可となる)」という雄形質を発現する遺伝子にヒッチハイクして、広がることがわかった。

## H2-05

## 標高30～3000mに生えるミヤマハタザオの局所適応：相互移植実験による検証

\* 田中健太 (1 筑波大・菅平セ), 山口正樹 (2 京大・生態研), 恩田義彦 (1), 小林元 (信大・AFC), 杉坂次郎 (2), 河野真澄 (2), 工藤洋 (2)

モデル植物シロイヌナズナと同属のミヤマハタザオ (*Arabidopsis kamchatica* ssp. *kamchatica*) は、同一緯度帯において30m～3000mという非常に幅広い標高帯に分布する多年草である。ごく近縁なタチスズシロソウ (*A. kamchatica* ssp. *kawasakiana*) は、標高100m未満だけに分布し、しかも一年草である。これほど異なる標高に対する適応機構や、亜種間で顕著な差異をもたらした進化的背景は興味深い。本研究では、様々な標高に生育するこれらの植物が、異なる標高に対して進化的に適応しているのかを検証するため、相互移植実験を行った。

標高160・1300・2700mの三圃場それぞれに、2亜種・18集団由来の計2024・2065・1704本の実験室第二世代実生を、2009年9・11・12月に移植した。適応度の指標として生存・成長・繁殖を一年間追跡した。高標高圃場では、雪解け直後の初回調査時までには霜柱害によって全個体が死亡していたが、葉柄が残存している個体を比較的長く生存した個体と仮定した。

暫定的な解析結果では、いずれの圃場においても本来生育していた標高帯によって生存率が異なり、生育標高によって異なる標高適応の性質を進化させていることが示された。全体的には、生育標高帯と同じ標高帯の圃場で生存率が高いというホームサイトアドバンテージの傾向が見られたが、中標高圃場でミヤマハタザオ高標高由来の生存率が高いなど、ホームサイトアドバンテージの図式から逸脱した結果も散見された。

標高に対する進化的適応の存在は示されたものの、予想される単純な様式ではないことから、標高以外に局所適応に対して重要な要因があるのかもしれない。

## H2-07

## 間伐にともなうヒノキ個体群の成長反応について

\* 多胡潤哉 (龍谷大・理工), 石井将貴 (龍谷大・理工), 宮浦富保 (龍谷大・理工)

放棄林における密度管理の効果を明らかにすることを目的として、バンドデンドロメータを用いてヒノキ個体の幹の肥大成長を調べた。対象は、林齢およそ80年の管理放棄されたヒノキ人工林であり、0.91の収量比数が0.7になるよう2010年3月に間伐を行った。平面分布の一様化を目指し、小径木や形態異常木を優先して伐採した。これにより、平均胸高直径は非間伐区に比べて大きくなった。

胸高断面積合計、平均胸高直径の年間成長量および相対成長量については、間伐区と非間伐区で大きな差はなかった。立木密度が減少したことにより、間伐区の林床の相対照度が大幅に上昇し、夏の猛暑にともなって土壌含水率(深さ0～10cm)が低い値を示した。季節的成長反応については、8月にのみ間伐区で胸高断面積と成長量のより強い相関が確認できた。土壌呼吸量は間伐区の方が低い傾向にあったが、7月から8月の土壌呼吸量は、非間伐区よりも間伐区の方が高かった。これは、現存量が大きい非間伐区において、樹木の蒸散によって地表付近よりさらに深い土壌の水分を多く消費したことが考えられる。幹の肥大成長と林床の相対照度との間にも相関関係は見られなかった。間伐によりヒノキの平均胸高直径が増大したにもかかわらず、間伐後の成長量に明確な差が現れなかったのは、明るい環境に対して光合成等の生理的な適応が間に合わなかったためと思われる。

間伐にともなう林分構造の変化と成長との関係について詳細な解析例を報告する。

## H2-06

## クローナル植物におけるジェネティック・エピジェネティック変異

\* 荒木希和子, 工藤洋 (京大・生態研)

ゲノム上の塩基配列の変化を伴わないエピジェネティックな変異は、細胞分化や個体発生の過程での遺伝子発現制御に重要な機構である。DNAメチル化はエピジェネティックな機構の一つであり、環境条件や成長過程に伴い変化する一方、細胞分裂後も安定に維持・継承される場合もあることが知られている。

クローナル植物は、栄養器官からのクローン成長により新たな植物体(ラメット)を生産することから、遺伝的個体であるジェネットは、複数の独立したラメットから構成され、空間的に広く分布している。このような植物では、同一遺伝子を保有するラメットが生育地の不均一な環境に遭遇と考えられるため、ジェネティックな変異に加えエピジェネティックな変異が生育地の微小な環境変化への適応に重要な役割を果たしている可能性が高い。

そこで本研究では、DNAシトシン塩基へのメチル基修飾パターンの違いを認識する二種類の制限酵素を用いた AFLP法 (methylation-sensitive amplified polymorphism) により DNAメチル化解析を行った。地下茎によりクローン成長を行うコンロンソウ (*Cardamine leucantha*) を対象に、ラメット内、ラメット間、ジェネット間でのメチル化を定量し、空間的な変異パターンを解析した。その結果、メチル化のパターンは近縁・近隣であってもジェネットごとに異なっていた。また、同一ジェネット内でもメチル化変異が見られたが、これらは近い場所に位置するほど類似したパターンを示すことがわかった。一方で、被度に基づいた環境との相関は遺伝子座ごとに異なっており、これらのメチル化変異はゲノムの様々な領域に及ぶことが示唆される。

## H2-08

## ブナ実生と光環境—生長量とササ稈密度

\* 西本 孝, 岡山県自然保護センター

ササ型林床のブナ林では、ブナ実生はササに生育を妨げられるため、多くが発生から数年以内に枯死してしまう。実生の定着過程を長期間追跡することによって新しい事実が明らかになってきた。実生が定着する条件について、ブナ実生の生残や生長量と光環境との関係について検討した。

調査区は岡山県北部の中国山地にある若杉原生林と毛無山に残存する標高1000m付近のブナ林内に設定した。若杉原生林ではブナ実生の生残とササ稈密度との関係を、毛無山ではブナ実生の生長量(材積量)と光環境(日平均積算光子量)との関係について調査した。

若杉原生林では、当年生実生がササの下にも多数発生したが、時間の経過とともに生残する個体は減少しシマザサの葉層を超える個体数が極端に少なくなっていた。実生はササ稈密度の低い場所に集中していたが、長期間生残する個体がササ稈密度の高いところに偏っていた。ササ稈密度はブナ樹幹下では低く、ミズメ、ホオノキの樹幹下では高くなっていた。光環境はササ稈密度が高くなるにつれて悪化した。ササ稈密度が4～10  $\text{m}^{-2}$  のあたりではほぼ一定となっており、この密度のところでは長期間生残する稚樹が見られた。

毛無山では、実生が生き残ったのは閉鎖林冠下、ギャップとも登山道沿いでササが刈り取られる場所であった。光環境は閉鎖林冠下、ギャップとも5月上旬が最も良好で5月下旬以降は暗くなり、閉鎖林冠下ではごくわずかな光が届く程度であったが、ギャップでは比較的良好であった。生長量を春季と夏季とに区別して同時期の光環境との関係を見ると、閉鎖林冠下の場合、生長量は春季の良好な光条件下では必ずしも多くなかったのに対して、夏季の弱光下では光環境との正の相関関係が認められた。ブナ実生は春季の光が生長にはあまり利用できず、夏季の弱い光を利用してわずかに生長しながら長期間生き残る戦略をとっていると考えられた。

## H2-09

## 非対称な密度依存と亜寒帯林の多種共存

\* 中河嘉明 (筑波大院), 横沢正幸 (農環研), 原登志彦 (北大)

種の共存において種間競争は重要である。また、個体の空間分布は植物種間の競争関係特徴づけているといわれる。そのため、「個体の同種集中分布が種の共存をもたらす」という説が提案されてきた。我々は、この仮説を検証するために、大雪山の3種(トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツ)が共存する極相林の毎木データを基に成木(>1 cm DBH)個体の生長モデルのパラメータをベイズ推定し、成木1個体あたりが近隣個体から受ける個体間競争の強さ(CW)を種ごとに調べた。さらに、この時のCWと、空間分布がランダムな時のCWを比較した。

その結果、トドマツでは同種から受けるCWが最も大きかった。これは同種で集中分布していることと、トドマツ個体が同種個体からの負の影響を受けやすいことに因る。一方、エゾマツは、トドマツから受けるCWが最も大きかった。これは、エゾマツ個体の周囲にトドマツ個体の集中分布が形成されていることに因る。これらの結果は、成木の空間分布が、全てではないものの、種間競争に影響を与えていることを示す。また、同種集中分布だけでなく異種間集中分布の重要性も指摘する。

しかし、この研究ではアカエゾマツが受けるCWを検出することができなかった。これは、アカエゾマツが成木になる前、すなわち実生(≦1 cm DBH)時に、局所密度の高い場所の個体は負の相互作用により死滅し、成木では相互作用していないためと考えられる。最近、Comita et al. (2010)によって、実生が受ける個体間相互作用は、同種間で大きく異種間ではほとんど無く、そのことが熱帯の種の共存や豊富さに影響を与えているという報告がなされている。以上を考慮し、亜寒帯(大雪山)におけるそれぞれ種の実生時の負の相互作用の強さのパターンを調べた。本発表ではその分析結果について発表を行う。

## H2-10

## 湖岸植生群落の発達が栄養塩循環に与える影響

\* 福山 朝子, 中村 祐太, 浅枝 隆 (埼玉大学院理工), 浅見 和弘 (応用地質株式会社)

洪水調節ダムの貯水池内では夏期に水位低下が生じ、水位の移行帯に草本類が繁茂し、場所によっては木本類が生えている。草本類の多くは1年間生長し、枯死後分解され、土壌中に栄養塩が回帰するため栄養塩循環速度は速い。ただし、樹木の陰ではバイオマスの量は減少する。一方、木本類は葉を除く木本部の栄養塩類は長期間蓄積される。こうした複雑な環境下での栄養塩循環速度を評価した。

調査は福島県の三春ダムで行った。ここには遷移帯に草本類だけではなく、タチヤナギ(*Salix subfragilis*)、イタチハギ(*Amorpha fruticosa*)などの木本類も繁茂している。

三春ダムの3つの前貯水池において各数カ所のコドラートを設定し、天空率の計測、50cm四方内の草本バイオマス測定、植物・土壌サンプルの採取より栄養塩(全リン・全窒素・全炭素)・窒素及び炭素安定同位体比分析を行い、以下の結果を得た。

草本バイオマスは天空率・土壌窒素含有率に依存し、特に、タチヤナギが密生して生じた天空率の低下と共に低下した。年間の窒素循環量については、草本バイオマスでは天空率が100%の時は11.4 g/m<sup>2</sup>であったが、天空率が5.76%では、2.67 g/m<sup>2</sup>に減少した。一方、タチヤナギ群落の樹木密度は平均0.9本/m<sup>2</sup>であり、1年間に根から吸収する窒素量は合計で164 g/m<sup>2</sup>であった。その内、葉により回帰するものは113 g/m<sup>2</sup>、葉を除く地上部に吸収されるものは51 g/m<sup>2</sup>であった。ただし、土壌窒素濃度とイタチハギ中の窒素安定同位体比には正の相関が見られるのに対し、根粒菌非共生植物には相関が見られなかったことから、根粒菌の窒素固定によって土壌中に窒素分が供給されると考えられる。

## 12-01

## 核と葉緑体の SSR マーカーによるニセアカシアの河畔林形成過程の解明

\* 黒河内寛之, 當山啓介, 寺本宗正, 宝月岱造 (東大院・農)

現在, 日本の多くの河川で分布を拡大しているニセアカシアであるが, その繁殖特性には不明な点が多く, 特に, 栄養繁殖と種子繁殖にそれぞれの程度依存して分布拡大しているのかについて, 実証的かつ量的な研究はほとんど無い。ニセアカシアの繁殖様式を考慮し, 本種の河川敷への分布拡大過程を明らかにすることは, 効果的なニセアカシア河畔林管理の一助となる。本研究では, 千曲川河川敷のニセアカシア林の中で, 樹高の高い個体が広く分布していた場所に設置した5つの調査地と種子個体群からそれぞれ採取したサンプルを対象とし, 葉緑体 SSR マーカーによる母系解析と核 SSR マーカーによる集団遺伝解析および親子兄弟解析を行い, ニセアカシア林の分布拡大過程を解明した。

その結果, 河川敷におけるニセアカシア個体群の特徴, および分布拡大様式を, 以下のように推測した。[1] 流域に広がるニセアカシア個体群は任意交配集団で, その集団に由来する種子が散布され, 一部がニセアカシアの定着していなかった河川敷へ流れ着く。[2] 流れ着いた幾つかの種子が, 安定した場所で発芽し, 定着する。[3] 定着した個体は, 水平根を伸長させ新たなラメットを栄養繁殖により発生させると同時に, 種子を近傍に散布する。[4] その散布された種子の一部が定着し, 栄養繁殖によりジェネットを拡大する。[5] その結果, 先に定着した大きなジェネットと後から定着した小さなジェネットが混在するニセアカシア林が形成される。また, 大きなジェネット間には互いに親類関係が無い場合が多いが, 小さなジェネットは大きなジェネットや他の小さなジェネットと親類関係が認められる場合が多い。

## 12-03

## 外来アリは甘露排出者によって増える!?

\* 田中宏卓, 辻和希 (琉球大学・農)

[12-03] 外来アリは甘露排出者によって増える! \* 田中宏卓, 辻和希 (琉球大学・農)

外来アリのいくつかの種はアブラムシ類やカイガラムシ類などの甘露排出昆虫と強い相利共生関係を結んでいることが知られている。

この外来アリと甘露排出者の共生において, 外来アリが甘露排出者の天敵を排除することなどによってその現存量を増加させる効果を持つことは, これまでに世界各地で行われた研究によってよく記述されてきた。しかしながら甘露排出者の側が外来アリの現存量に与える効果についての研究はほとんどなく, その様相は未だ十分に解明されていない。

演者らは侵略的外来アリの1種であるアシナガキアリ *Anoplolepis gracilipes* の侵入が見られる沖縄島ヤンバル地域の芝生草地において, 甘露排出者の現存量を操作する野外実験を2010年秋季に行い, 甘露排出者がアシナガキアリの現存量を増大させる効果を持つかどうか, またその結果として在来アリ (クロヒメアリ *Monomorium chinense*) の現存量はどう変化するかを調査した。

その結果, 1) 甘露排出者の現存量を増大させるとアシナガキアリの個体数 (地表現存量) が統計的に有意に上昇すること, 2) 甘露排出者を増大させてもクロヒメアリの現存量は大きく変化しないことが明らかになった。

今回の実験でのアシナガキアリの局所的な現存量の増大には1) 採餌個体の学習や, フェロモンを通じた餌場への同巢他個体の動員などによる行動的な反応, 2) 甘露供給によって巢内のワーカー生産数が増大するなどの生態的な反応の二つの反応の結果を含んでいるものと考えられる。実際には実験期間が短いこともあり, 今回の結果には行動的な反応の影響が大きいかと考えられるが, 今後は両者の効果の峻別する工夫が必要である。講演ではこの他にクロヒメアリが甘露排出者現存量に反応しなかった理由についても考察する。

## 12-02

## ニュージーランドに侵入したフタモンアシナガバチの遺伝的多様性

\* 土田浩治 (岐阜大・昆虫生態)

侵入生物は, 侵入の過程で経験するボトルネックにより, 遺伝的多様性を減少させる例が報告されている。一方, 複数の独立した侵入により, かえってその多様性を増加させている例も知られている。フタモンアシナガバチは1979年にニュージーランドに侵入が確認されており, 北島を中心に分布している。今回, ニュージーランド個体群 (NZ) と日本個体群 (JP) の遺伝的多様性を核 DNA (マイクロサテライト7遺伝子座) と mtDNA で調査・比較したので報告する。

mtDNA 変異では両個体群間で重複していないハプロタイプが観察され, 日本以外からの侵入もあったことが推察された。また, 核 DNA では, NZ には JP に見られた対立遺伝子が消失する傾向が認められ, 侵入に伴ってボトルネックが働き多様性を消失したものと考えられた。さらに, NZ では2倍体オスや3倍体メスが JP より高頻度で観察され, ボトルネックによって性決定遺伝子座の多様性も消失していることが示唆された。また, NZ に比較的近い遺伝的組成を持つ個体は九州・四国地方に分布していた。以上のことから, NZ 個体群は, 複数の国や地域からの独立した侵入と, 各侵入に伴うボトルネックによって成立したものと考えられた。

## 12-04

## アリ植物オオバギ属の幹内に共生するカイガラムシ類の寄主嗜好性: 核 DNA 系統樹を用いた検証

\* 上田昇平 (信大), Quek S.-P. (ハーバード大), Gullan S. P. (カリフォルニア大), 近藤拓正 (コロンビア大), 市岡孝朗 (京大院), 村瀬香 (東大院), 市野隆雄 (信大)

熱帯アジアにおいて, アリ植物オオバギ属, シリアゲアリ属およびヒラタカタカイガラムシ属は緊密な相互依存関係を結んでいる。オオバギ, アリおよびカイガラムシの分子系統樹の比較から, アリのオオバギに対する寄主嗜好性は高いが, カイガラムシのオオバギおよびアリに対する寄主嗜好性は低いことが明らかになっていた。しかし, これまでのカイガラムシの分子系統樹は, 単一のミトコンドリア遺伝子を用いたものであり, その一部が形態に基づく種分類と一致しないことから, これまでのカイガラムシの寄主嗜好性は過小評価であるということが指摘されていた。本発表では, 核 DNA 系統樹を用いてカイガラムシのオオバギおよびアリに対する寄主嗜好性を再検証し, カイガラムシの寄主嗜好性を決定する主導権を握るのはオオバギとアリのどちらなのかを明らかにする。我々は, 熱帯アジアの11ヶ所で19種のオオバギから採集された155個体の共生カイガラムシを用い, 2つの核 DNA 遺伝子を用いた分子系統樹を作成した。得られた分子系統樹は高い支持率の9つの系統に分かれ, それぞれの系統には単一種のカイガラムシが対応した。この系統樹を用いて, カイガラムシのオオバギおよびアリに対する寄主嗜好性を検証したところ, カイガラムシのオオバギに対する寄主嗜好性は高いが, カイガラムシのアリに対する寄主嗜好性は低いこと, さらに, カイガラムシの寄主嗜好性はオオバギの幹表面の形質に制限されることが明らかになった。これらの結果は, カイガラムシの寄主嗜好性を決定しているのは植物種に対する嗜好性であることを示している。

## 12-05

## 植食性昆虫の植物上 3D 空間分布と化学元素組成

\* 津田みどり, 山川武夫, 中牟田なおみ (九大院・農)

植物の生理状態や誘導防衛反応を示しうる化学元素組成は、植食性昆虫の適応度にもさまざまに影響することが断片的に報告されている。また、結実の周期性が強く、それが植食性昆虫の個体数変動に大きく寄与することが示唆されている植物種もあるが、時空間分布のメカニズムに踏み込んだ研究例はまだ多くない。

そこで本研究では、結実量が隔年変動するウシユウミカン上で固着生活をする、ヤノネカイガラムシ雌成虫の3次元空間分布と、葉の化学元素組成の関係を調査した。24本の樹冠の上層および下層からランダムサンプリングした計446枚の当年葉について、生体の構成・機能にとって重要な主要元素の窒素Nの他、必須元素であるリンP、カリK、カルシウムCa、マグネシウムMg、および含水率を定量した。雌成虫の有無は、このうちP量(乾燥重量あたり)(またはN/P比)およびCa量に強く相関していた。樹冠下層は上層より雌成虫の葉あたり平均密度が高く、また南北方向のクラインもあった。この空間分布パターンを説明するのは未加害葉のN/P比だった。また局所的には、この平均密度は、未加害葉の平均のP量(またはN/P比)、Ca量、および含水率と相関した。この結果を他の植物とその植食性昆虫についての先行研究と比較し、その生理的相互作用メカニズムを考察する。

## 12-07

Sagebrush (*Artemisia tridentata*) における植物間コミュニケーションの季節効果

\* 塩尻かおり (京大・次世代), 石崎智美 (北大院・環境科学), 室井敦 (京大院・理学), Richard Karban (UC Davis, Entomology)

植物の抵抗性や昆虫の発生消長は季節的に変化するため、植物と昆虫の相互作用は季節的に変わる。植物が植食者の被害を受けて抵抗性を誘導したり、近隣の食害された植物から放出される揮発性物質を感知して抵抗性を誘導したり(植物間コミュニケーション)する現象は知られているが、それらの季節な変異については知られていない。

我々はこれまでにセージブラシ (*Sagebrush: Artemisia tridentata*) が近隣個体が傷つけられたときに、その個体から放出される匂いを受容して、より植食者に対する抵抗性をもつこと(植物間コミュニケーション)を明らかにしてきた。本講演では、セージブラシを用いて野外における食害圧と植物間コミュニケーションの季節的変化の関係性について話す。

セージブラシは新葉展開直後(5月)にもっとも多く食害を受けていた。また、誘導抵抗性も季節的な変化があり、食害圧の最も高い5月頃に近隣の被害植物の匂いを受容したセージブラシがもっとも誘導抵抗性をもった。以上の結果より、植物間コミュニケーションによる誘導抵抗性の季節的変化は昆虫の発生消長と相関していることが明らかになった。

## 12-06

## 植物-送粉者ネットワーク構造の地理的パターン

\* 酒井 章子 (地球研), 徳永幸彦 (筑波大・生命環境), Arndt Telschow (Helmholtz Centre for Infection Research, Germany)

植物-送粉者系は、もっともよく研究されてきた生物間相互作用の一つである。かつては、相互作用相手への特殊化が強調されていたが、実際には特殊化の程度には種間で大きな変異がある。熱帯では特殊化した関係が多い、海洋島では極端なジェネラリスト送粉者がみられる、といった地理的変異も示唆されている。しかし、このような変異について統一的な説明はない。本研究では、寒帯、温帯、熱帯、山地、海洋島から得られた50の群集のデータを使い、植物-送粉者関係の地理的変異とその要因を議論する。

まず、群集ごとに、植物、送粉者双方について特殊化の程度(相互作用相手の種数の平均値)を調べたところ、地域間差は見られなかった。次に、特殊化の程度のばらつきに差が見られるか、相互作用相手の種数の均等度を用いて調べた。その結果、動物と植物の均等度の間に負の相関があり、熱帯と海洋島で動物の均等度が低く、植物の均等度は高かった。

著者らは、均等度にもみられた変異は、送粉サービス及び花資源の需供バランスと関係があると考えている。植物にとって、スペシャリストの送粉者の方が送粉効率の点で望ましいが、送粉サービスが十分あるときにのみ、植物は選り好みでき、送粉者の均等度はあがる。一方、花資源が十分あれば、送粉者は採餌効率の高い植物だけを訪れる。植物間の競争が激しい場合、植物がさまざまな送粉者の採餌効率を同時にあげるのは難しいので送粉者は限られる。その結果、植物の均等度はあがる。

この仮説が正しければ、熱帯や海洋島では送粉サービスが、温帯では花資源が不足していることになる。これは、熱帯での「奇妙な」送粉システムの進化、温帯の学習を必要とする複雑な花形態など、送粉システムや花の形質の地理的変異とも矛盾しない。

## 12-08

植物間コミュニケーションが sagebrush (*Artemisia tridentata*) の実生の生存および食害に与える影響

\* 石崎智美, 大原雅 (北大・院・環境科学), 塩尻かおり (京大・次世代), Richard Karban (UC, Davis, Department of Entomology)

植物にとって、食害の影響はその強さや頻度のみならず、食害を受ける植物の生活史段階によって異なると考えられる。特に、実生や幼個体への食害は生存率や成長速度を大きく減少させるため、これらの生活史段階における食害回避はその後の生存と繁殖に重要である。本研究の対象種である sagebrush は、食害により葉が傷つく強い匂い(揮発性物質)を放出し、自らの防衛反応を誘導する。また、この匂いは近くに生育する無傷の他個体の防衛反応も誘導することが知られており、植物間コミュニケーションと呼ばれる。これまでの研究で、成熟段階の sagebrush では、個体サイズがより小さい個体ほど匂いに対する感受性が高く、防衛反応を強く誘導することが示されている。しかし、より早い生活史段階の実生や幼個体における防衛反応と植物間コミュニケーションの関係は明らかになっていない。そこで、本研究は、植物間コミュニケーションが実生や幼個体の生存や防衛反応の誘導に影響を及ぼしているかを明らかにすることを目的として行った。

まず、野外で一斉に発芽した当年性の実生に対して、隣接する成熟個体の葉を切除し匂いに暴露する処理を5月に行った。その後、7月および9月に生存数を測定した結果、匂いを暴露させなかった無処理の実生にくらべ匂いに暴露した実生の生存率が高かった。また、高さ10cm以下の幼個体に対しても同様の暴露処理を5月(展葉期)に行い、9月(落葉期)に食害を受けていた葉の枚数を測定した。その結果、匂いに暴露した幼個体で食害がより少ない傾向が見られた。以上のことから、sagebrush における植物間コミュニケーションは、生活史段階初期の実生および幼個体において、生存率や防衛反応を高める働きをしていることが示された。

## 12-09

## イラクサ2集団におけるシカの有無で生じたと思われる形質の違い

平田里枝子, 福岡恵子, 大石理子, 加藤禎孝, \*佐藤宏明(奈良女大・理)

イラクサ *Urtica thunbergiana* は、草食哺乳類に対し防御の役割を果たすと考えられる毒液を含んだ刺毛を茎や葉柄、葉面にそなえる。特に奈良公園のイラクサは他地域より数十倍～数百倍の刺毛密度を示すことで注目に値する。この極度に高い刺毛密度は、奈良公園では1200年に渡り数百頭以上のシカが神鹿として保護されてきたことから、シカに対する防御として自然淘汰によって進化した形質であると考えられる。実際 Kato et al. (2008) は、(1) 奈良公園のイラクサと他地域のイラクサを奈良公園に移植し、シカの採食にさらしたところ、奈良公園のイラクサは被食を受けにくく、生存率も高かったこと、(2) 奈良公園を含む4集団のイラクサを種子から栽培したところ、野外と同様の刺毛密度の違いを示し、刺毛密度は遺伝的支配を受けていると思われること、からこの仮説を支持した。

本研究では、奈良公園のイラクサにおいて刺毛以外の遺伝的特徴を明らかにすることを目的として、奈良公園と、シカの分布が確認されていない高取城址から採取した芽生えを栽培し、形質を比較したところ、次の結果を得た：奈良公園のイラクサは、(1) 主茎の節数は同じであったが、分枝数は有意に多かった；(2) 根元から伸びる茎数が有意に多かった；(3) 葉面積が有意に小さかった；(4) 開花が1箇月ほど早かった。さらに、花が咲き始めると、それ以降に展開する葉は小さくなり、刺毛数は減る傾向があった。これらの結果は、奈良公園のイラクサは、(1) シュート数を増やすと共に葉を小さくすることで、株当たりの葉数を増やし、防御効果を上げていること、(2) 被食を受けることを想定し、開花を早めていること、(3) 刺毛にはコストがかかり、花との間にトレードオフの関係があること、を示唆していると思われる。

## 12-11

## 小笠原諸島における海鳥による種子散布

\*青山夕貴子(東北大院・生命), 川上和人(森林総研),

海洋島フロラの成立は鳥散布によるところが大きいと考えられている。また、外来植物の島間拡大に鳥散布が貢献している可能性も指摘されている。しかし、被食型散布の研究が量産される一方、鳥類の付着型散布についての研究はほとんどない。

多くの海洋島は、地上性捕食者の不在により、海鳥の大規模な繁殖地となっている。その高い飛翔力から、海鳥は効果的な種子散布者となると考えられる。本研究の目的は、海鳥の付着散布者としての役割を明らかにすることである。調査は、代表的な海洋島である小笠原諸島で行った。

我々はまず、海鳥の体表上の種子付着状況を調べるため、クロアシアホウドリ、オナガミズナギドリ、アナドリ、カツオドリの捕獲調査を行った。その結果、各種の15～30%の個体から種子が検出され、外来植物も多く含まれていた。次に、発芽実験により種子の耐塩性を試験したところ、海水の影響は小さいと考えられた。さらに、海鳥散布が植物の分布に与える影響を調べるため、一般化線型モデルによる分析を行った結果、海鳥の分布と植物の分布には相関がみられた。これらの結果から、海鳥による付着散布は島嶼生態系の植物分布に重要な役割を担っていると考えられる。

次に、海鳥の役割の種間差を検討するため、繁殖地の植生調査を行った。その結果、クロアシアホウドリ繁殖地には裸地が多く、比較的多様な植物種がみられた。一方、カツオドリやオナガミズナギドリの繁殖地では、コウライシバ等の単一種が優占する単純な植生となっていた。このような違いは、種子の定着率に影響を与えると考えられ、散布者としての機能に種間差がある可能性を示唆している。海鳥による種子散布を体系的に研究することにより、海洋島フロラの成立過程の解明にとどまらず、島嶼生態系における外来種の島間拡大経路の解明にも寄与することができる。

## 12-10

## 種子形質のばらつきが大きさがコナラ母樹の繁殖成功に影響する

\*島田卓哉(森林総研・東北), 高橋明子(首都大), 柴田鏡江(森林総研・東北)

【目的】種子形質には、種内のみならず同一樹木個体内においてもしばしば著しい変異が存在する。樹木個体の変数として、種子形質の平均値は様々な解析に用いられるが、個体内のばらつきはほとんど注目されてこなかった。しかし、近年ばらつきの程度を樹木個体の変数として解析し、個体内変異の大きさが持つ適応的な意義を検証することの重要性が指摘されている。本研究では、コナラを対象として、種子形質(サイズ及びタンニン含有率)の平均及びばらつきが、樹木個体の繁殖成功へ与える影響について検証した。

【方法】調査は、岩手大学滝沢演習林で実施した。26本の母樹から採取した種子のサイズとタンニン含有率を測定し、個々にマークした後に樹冠下に戻し、その後のSeed fateを追跡した。なお、タンニン含有率は、近赤外分光法を用いて非破壊的に測定した。繁殖成功の要素である種子散布成功と実生発成功の2つを応答変数とし、種子形質の平均とばらつき(変動係数)を説明変数として、GAM (generalized additive model) によって解析を行った。

【結果・考察】種子散布成功は、種子サイズの平均が中程度でばらつきが小さい個体ほど低い傾向が認められた。これは大型散布者であるアカネズミやカケスと小型散布者のヤマガラとの種子選択の違いを反映した結果であると考えられた。また、実生発成功は、種子サイズの平均とばらつきが小さく、タンニン含有率の平均とばらつきが大きい個体ほど、高いことが示された。主要捕食者であるアカネズミは、大型でタンニン含有率の低い種子を選択的に採餌する傾向を持つ。さらに、この結果は、タンニン含有率に対しては、ばらつきを避けるような採餌傾向があったことを示している。本研究によって、種子形質の平均値ばかりではなく、ばらつきの程度が植物個体の繁殖成功に重要な影響を持つことが示された。

## 12-12

## 多様な宿主に由来する褐虫藻とシャコガイ幼生との共生

栗原健夫\*, 山下洋, 山田秀秋(水産総合研究セ), 井上頭(沖縄県水海研セ), 小池一彦(広島大)

■目的：シャコガイ科はサンゴ礁域に住む貝類で、体内の褐虫藻から光合成産物を得て生きている。本科の浮遊幼生は孵化時には褐虫藻を持たず、海水中の褐虫藻を取り込んで初めて共生関係を結ぶ。海水中には、シャコガイ科だけでなくサンゴ類やイソギンチャク類などが放出した褐虫藻も多く浮遊しており、どの褐虫藻と本科の幼生が共生にいたりやすいか不明である。そこで、さまざまな宿主に由来する褐虫藻をシャコガイ科幼生に与え、共生率(外套膜にまで褐虫藻を増やしている幼生の数÷全幼生の数)を比べた。また、共生成立後の本科幼生の生残・成長率も褐虫藻の由来宿主の間で比べた。

■方法：ヒメジャコまたはシラナミの人工孵化幼生に、同一種、同科の異種、イソギンチャク類、サンゴ類などの成体から抽出して培養した褐虫藻を投与した。これらを水温約29℃で飼育し、約17日齢での共生率を求めた。計5試行を設け、うち1試行では、共生成立したヒメジャコ幼生をさらに1カ月間飼育して、生残・成長率を褐虫藻の由来宿主(ヒメジャコ、セイトカイソギンチャク)の間で比べた。

■結果と考察：共生率は5試行中4試行で同一種由来の褐虫藻において最大となったが(試行ごとの平均共生率は22, 15, 7, 6, 3%)、他種由来の褐虫藻においても近い値を示した(17, 6, 5, 5, 3%)。共生成立後のヒメジャコ幼生の生残率・平均成長率は、ヒメジャコ由来褐虫藻(75%, 217  $\mu$  m/月)とセイトカイソギンチャク由来褐虫藻(80%, 251  $\mu$  m/月)とで近かった。以上から、シャコガイ科幼生は同一種由来の褐虫藻とやや高い確率で共生しつつ、他種由来の褐虫藻とも共生可能であり、海水中の多様な褐虫藻を「保険」として利用できると推察した。

## 12-13

Impact of submerged macrophyte infochemicals on life history parameters of zooplankton (*Daphnia galeata*)

河 鎮龍\*, 花里孝幸 (信州大学山岳科学総合研究所)

沈水植物は浅くてある程度富栄養している湖で良い水質を維持する重要な役割をしている。特に、沈水植物の中でコカナダモ (*Elodea nuttallii*) は春早く群落を形成し、湖内で分布を広め、水質を改善する事が報告されている。一方、動物プランクトン (*Daphnia*) は、湖を汚濁させる主な原因である植物プランクトンを摂食して減少させ、良好な水質を維持させる力を持っている。ただし、*Daphnia* は魚の良い餌となる事から魚が多い湖では増えることが出来ない。ところが、沈水植物帯がつくられると、そこには魚が入れない場所となるので結果として *Daphnia* を魚の捕食から守る事になる。そして、この事も湖の水質浄化に役立つ事になる。一方、コカナダモは付着藻類の増殖を制限する化学物質 (アレロパシー) を放出する事が知られている。我々は、このアレロパシーが動物プランクトンにも何等かの影響を及ぼすのではないかと考えた。そこで、コカナダモのアレロパシーにさらされた時の動物プランクトン (*D. galeata*) の生活史特性の変化を解析した。まず、異なる餌密度条件下で *Daphnia* 個体群をアレロパシーにさらした際、*Daphnia* は餌が多い時、沈水植物を栽培し、濾過した水で飼育した処理群の個体群密度が最も高くなった。一方、アレロパシーにさらされた *Daphnia* 個体群では餌の濃度とは関係なく雄が現れ、また耐久卵をつくった個体が出現した。さらに、無脊椎捕食者に対する防御メカニズムと考えられている *Daphnia* の形態変化がアレロパシーによって誘導された。このことから、*Daphnia* は沈水植物が出す情報化学物質を感知し、水草帯での餌の減少や、無脊椎捕食者の増加などに対応している可能性が示唆された。

## J2-01

## 異なる標高におけるハクサンハタザオとイブキハタザオの紫外線によるDNA損傷とその防御メカニズム

\* 永野聡一郎(東北大・院・生命科学), 齋藤佳奈(宮城大・食産業, 東北大・院・生命科学), Wenhui Zhang (Sch. of Life Sci., Liaocheng Univ.), 矢野歳和(宮城大・食産業), 森長真一(東大・院・総合文化), 日出間純(東北大・院・生命科学), 彦坂幸毅(東北大・院・生命科学)

紫外線(UV)の増加は生物にとってDNA損傷の原因となり、生育不全や生産性の低下につながる。植物はUVストレスに対して、いくつかの生理的防御メカニズムをもっている。例えば、UV吸収物質の蓄積はフィルターとして機能する。また、UVにより形成されるシクロブタンピリミジン二量体(CPD)のようなDNA損傷はCPD光回復酵素によって修復される。野外でUV強度は標高とともに増加する。しかし、高標高に生育する植物についてDNA損傷を評価した研究はない。我々はモデル植物シロイヌナズナに近縁で山地帯下部に生育するハクサンハタザオ(ハクサン)から高標高域で分化した生態型であるイブキハタザオ(イブキ)を材料に、①UVによるDNA損傷は高標高で増加する、そして、②イブキはハクサンよりもUV耐性を増しているとの仮説を検証した。現地の異なる標高にて個体を採集し、CPD含量・UV吸収物質含量・CPD光回復酵素活性を測定した。CPD含量は標高が高くなるほど増加し、UVストレスが高標高で大きいことが示唆された。同じ標高ではハクサンよりもイブキのほうが少なく、イブキのほうが高いUV耐性をもつことが示唆された。CPD光回復酵素活性には大きな違いがなかったが、UV吸収物質は生育標高とともに増加し、同一標高ではイブキのほうがハクサンよりも多くのUV吸収物質を蓄積していた。これらの結果から、高標高ではUVが有意なダメージを与えていること、高標高に適応した植物が高いUV耐性をもつことが示唆される。

## J2-03

## 温帯落葉広葉樹の道管配列と開葉型の関係

\* 高橋さやか(京大・農), 岡田直紀(京大・農), 野淵正(京大・農)

広葉樹の道管配列は、管孔性の違いで大きく3つ(環孔材、散孔材、半環孔材)に分けられる。また、その開葉様式は大きく3つ(一斉型、一斉+順次型、順次型)に分けられ、春先の開葉後の葉のフェノロジーは開葉様式によって異なる。本研究では、道管形成と葉のフェノロジーとの関係を調べることで、道管配列と開葉型との関係を明らかにしていくことを目的とする。

京都大学芦生研究林に生育する林冠を形成する落葉広葉樹(環孔材樹種、散孔材樹種、計10樹種)について、樹幹の成長錐コアを春先から2週間ごとに採取し、同時に葉のフェノロジーを観察した。環孔材樹種の道管を通水性に着目して3段階(大径、中径、小径)に分け、木化過程を顕微鏡観察を通して調べた。

その結果、環孔材樹種、散孔材樹種ともに、一斉開葉型も、一斉+順次開葉型も見られた。環孔材樹種では大径道管を開葉開始以降に形成し始め、葉の拡大2週間前から2週間後に完成した。また、一斉開葉型では一斉+順次開葉型より中径道管を形成する個体が少なく、一斉開葉型では葉の拡大時から2週間後に中径道管を形成し、一斉+順次開葉型では葉の拡大時から4週間後に中径道管を形成した。

以上の結果から、環孔材樹種では開葉から葉の拡大までの、蒸散能力が急激に増加する時期に、通水性の大きい大径道管を形成し、中径道管の形成時期は、一斉開葉型では葉が拡大し、蒸散能力が収束する時期、一斉+順次開葉型では順次葉の増加する、蒸散の増加がより小さい時期であると考えられる。従って、環孔材樹種では蒸散と水輸送の関係からも、道管配列と開葉型に密接な関係がある可能性が示唆される。

## J2-02

## 落葉広葉樹の通水機能の維持に対する乾燥時の葉の失水調節および乾燥解消後の通水機能の回復の寄与

\* 小笠真由美(岡大院・環境), 岡本麻里亜(岡大・農), 三木直子(岡大院・環境), 山中典和(鳥大・乾地研), 吉川賢(岡大院・環境)

一般に、大径の道管を少数もつ環孔材は、多数の小径道管をもつ散孔材よりも通水効率が高い。しかし、乾燥により道管が閉塞すると、環孔材は通水性を大きく失い、散孔材はその低下が小さい。これらは、①通水性の損失を防ぐための失水調節や、②一度失われた通水性の乾燥解消後の回復により補償されているのかもしれない。本研究では、ケヤキ、コナラ、センダン(以上環孔材)、イヌシダ、シラカンバ、ヤマザクラ(以上散孔材)にて、①と②を検討した。

通水性の評価として、様々な乾燥下で木部の水ポテンシャル( $\Psi$  xylem)と木部の水分通導度(Ks)を求めた。①について、個体の乾燥( $\Psi$  xylemの低下)に伴う蒸散速度(E)および着葉量の変化を調べた。また、灌水を断ち、Ksを半分失うまでポット苗を乾燥させた後、再灌水し2時間経過したときの $\Psi$  xylemとKsを求めた(②; ヤマザクラを除く)。

①より、ケヤキとコナラは、湿潤時でもEが低く、 $\Psi$  xylemの低下に伴いKsもEも低下した。センダンは、乾燥初期に落葉し、残りの葉のEを高く維持したが、その後低下した。散孔材3種は、乾燥に対してまずEが低下した後、Ksが低下した。②において、乾燥解消後、環孔材3種はKsの顕著な回復が見られず、イヌシダとシラカンバではKsの回復の傾向があった。 $\Psi$  xylemは全種で湿潤時と同程度まで回復した。

以上より、Ksの回復が不明確な環孔材は、低いEによって、特にセンダンは葉量も調節することで、通水性の大幅な低下を防ぎ、対して散孔材は、Eの速やかな調節により通水性の低下を防ぐと共に、Ksの回復によって通水性を補償することが分かった。

## J2-04

## ブナシュートの伸長過程の追跡

本坊美穂子(石川県立大)

## J2-05

## ハンノキ樹冠内の葉の特性の変化

大川千絵 (石川県立大)

## J2-06

## Seasonal N allocation within an oak canopy exposed to experimental warming

\*Muller, Onno (Hokkaido Univ.), Hikosaka, Kouki (Tohoku Univ.), Hiura Tsutom (Hokkaido Univ.)

The leaf nitrogen (N) content within a single plant canopy follows the availability of light. The optimization theory explains that each leaf maximizes its daily carbon gain per unit N and therefore the leaf N content is higher at higher irradiance. However, the daily carbon gain changes not only with irradiance but also with temperature. We hypothesized that a higher temperature would lead to a lower leaf N at a certain light availability maximizing the daily carbon gain per unit N. To test this hypothesis we determined the light availability, photosynthetic rate and leaf N of individual leaves in the lower and upper canopy of *Quercus crispula* trees monthly from June to October 2010. The branches the leaves were on had experienced 5° C higher than control branch temperature through experimental warming with electric heating cables. Leaf N increased with light availability and tended to be lower for warm branches in June and July. The relatively warm year of 2010 might have resulted in no difference between the leaf N in the other months. Interestingly the warm 2010 resulted in a high acorn production and in the colder 2008 branch warming increased acorn production significantly that could both be a consequence of a surplus of nitrogen not “necessary” to maximize the daily carbon gain per unit N.

## J2-07

## ゴム林のガス交換とその環境変化への応答

宮沢良行\*, 立石麻紀子, 松本一穂, 熊谷朝臣, 溝上展也 (九大), K. Khun, L. Tiva (GDR, Cambodia), RG Mudd, TW Giambelluca (ハワイ大)

## J2-08

## 木の葉の生涯パフォーマンス

菊沢喜八郎・小山耕平 (石川県大)

葉の生涯パフォーマンスは、葉が展開してから脱落するまでの間の物質収支と定義する。たとえば生涯光合成量、生涯呼吸量、生涯蒸散量などが炭素や水の収支の例としてあげられよう。また負の量の例としては、葉が生涯に食われた量などがあげられる。たとえば食害によって葉に空いた穴は、葉の生涯被食量を示している (Suzuki et al, unpublished)。このような量を求めることの意義の一つは、群落の年間葉生産量との積によって、群落あたりの量に換算できることである (Kikuzawa & Lechowicz 2006)。年間の葉生産量は落葉量から推定できるから、生涯光合成量との積は群落の剰余生産量 (Monsi 1960) を表すことになる。

オオバヤシャブシ (Kikuzawa 2003)、ブナ (Koyama & Kikuzawa 2010b)、ハンノキ (Koyama & Kikuzawa 2010a) について葉の純生涯光合成を求めた。それらはおおむね  $1\text{--}10 \text{ g g}^{-1}$  の範囲にあり、平均すると  $3\text{--}5 \text{ gg}^{-1}$  の値となった。また、この量と葉寿命 (Kikuzawa & Lechowicz 2006)、葉の脱落時光合成速度 (Reich et al., 2009) などとの関係について議論する。

## J2-09

## Vegetative dormancy as a bet-hedging trait

Richard P. Shefferson

Vegetative dormancy is a life history phenomenon in which herbaceous perennial plants fail to produce fully aboveground sprouts. Its evolutionary ecology has been hypothesized to be potentially maladaptive in some cases, and potentially adaptive in others. In particular, the adaptive hypothesis is based on the possibility that dormancy is a means of weathering environmental stochasticity. Here, we present a study on two dormancy-prone perennial species, *Cypripedium calceolus* and *Cephalanthera longifolia*, studied in five population in Estonia. Approx. 10-20 plants at each site were defoliated, a further 10-20 were shaded, and a further 10-20 were used as controls, with treatment continuing for two years. The study was begun in May 2002, and monitoring continued every year through 2007. We analyzed the data using logistic regression of observed lifespan as a function of treatment and observed dormancy events, and fixed-effect life table response experiments (LTRE) to test for impacts on population growth rate and fitness. Both dormancy and mortality responded to treatment, and plants that went dormant more often had lower mortality by 2007. Dormancy had a significantly positive impact on population growth rate, with increased dormancy associated with unusually high increases in growth rate. Hence, vegetative dormancy appears to act adaptively over the long-term.

## J2-11

## 可変性二年草の実生出現時期の変異と開花齢の表現型可塑性

加賀屋美津子\*, 谷 亨 (環技研), 可知直毅 (首都大)

不定期な攪乱の起こる環境に生育する多くの可変性二年草では、開花齢と実生出現時期に顕著な集団内変異が観察される。これらの変異は環境の違いによって生じ、不定期な攪乱による実生定着の失敗の回避に寄与すると考えられてきた。環境によって開花齢と実生出現時期に変異が生じるならば、一親個体の子集団内にこれらの変異が生じる。しかし、開花齢や実生出現時期の変異がどのようにして生じるのかは明らかではない。そこで、可変性二年草カワラノギクを用いて、開花齢と発芽時間(種子が吸水を開始してから発芽するまでの時間)の変異に対する遺伝的効果と環境の効果を実験により調べた。その結果、(1) 土壌栄養条件の効果を調べた栽培実験では、低栄養条件で開花齢が遅れる傾向があり(環境の効果)、栄養条件に対する開花齢の変化には家系間変異(遺伝的効果)が認められた。(2) 連続湿潤条件での種子の平均発芽時間には、母親及び父親の遺伝的効果が認められた。(3) 野外の地表面での湿潤期間と乾燥期間の繰り返しを模した実験条件では、連続湿潤条件より平均発芽時間が遅れた。この遅れは湿潤期間の短い条件で大きくなった。以上の結果から、開花齢と発芽時間の変異には、遺伝的変異と環境による表現型の変化(表現型可塑性)が関与することが示唆された。このことから、一親個体の子集団内の開花齢や発芽時間の変異には、他殖によって生じる遺伝的変異と生育地の土壌栄養条件や地表面の湿潤期間の空間的不均一性に対するこれらの形質の表現型可塑性が関与すると考えられる。さらに、開花齢と発芽時間の変異には遺伝的効果よりも環境の効果が大きかったことから、一親個体の子集団内の開花齢や発芽時間の変異を生じさせる要因として表現型可塑性が重要であることが示唆された。

## J2-10

## 多年生草本植物エゾエンゴサクにおける葉形態変異の集団間比較

\* 山岸洋貴(弘前大・白神), 藤原久司(ズコーシャ), 本多和茂(弘前大・農生)

北海道および本州中北部に分布する多年生草本エゾエンゴサク(*C. fumariifolia* subsp. *Azurea*) およびオトメエンゴサク(*Corydalis fukuharae*) は、個体によって葉形態や花序あたりに形成する花数、果皮の様態などが非常に多様であることが知られている。しかし、特に葉形態の変異性に関して、その分布や各集団内における変異パターンの詳細については未だ明らかになっていない。植物の葉形態は、主に生態学、遺伝学および生理学的背景をもとに進化し、形成されているものと考えられる。したがって、春植物を代表するこれらの種の葉形態に関する情報を整理し検討することは、春植物における形態の多様性進化について明らかにする上で重要だと考えられる。そこで本研究では、まず形態の変異性が大きいエゾエンゴサク十数集団を対象に、個体の葉形態や生育状況(繁殖個体の密度、調査地周辺の平均気温・積雪量)を明らかにし、集団間の比較を行った。葉の形態は定量的な比較を行うために各集団から十数個体以上ランダムに採取し、葉および小葉の枚数、1葉あたりの葉面積、小葉の葉縁の形状(切れ込みの有無など)、乾燥重量を計測した。また、個体サイズ(地上部全体の乾燥重量、草高、地際直径)および繁殖器官(花序数・および花数)も計測し、葉形態との関係を明らかにした。これまでの解析の結果、エゾエンゴサクの葉形態は非常に多様であり、集団内における葉形態の変異性の程度は地理的な傾向があることが明らかになった。特に北海道東部の数集団は他の地域に比べ、葉形態変異の程度が大きく集団内でも様々な形態の個体が生育していた。また、葉面積と1花序あたり花数は相関関係があり、葉面積が小さい集団では花数が少なかった。今後はさらに系統関係を含めて考察し、エゾエンゴサクの葉形態の変異性進化について明らかにする。

## J2-12

## ササの"部分開花"は1ジェネットだけの開花なのか? ~秋田県内26ヶ所の調査結果から~

\* 蒔田明史, 佐藤綾香, 井上みずき, 佐藤朋華, 品川朋仁(秋田県大・生物資源), 松尾歩, 陶山佳久(東北大・農)

ササは長寿命一回繁殖性植物とされ、広域にわたって同調的に開花する“一斉開花”現象が良く知られている。しかし、その一方で、比較的小面積の開花を見る機会も多い。こうしたいわゆる“部分開花”はササの生活史にとって意味のある現象なのであろうか。それとも、単に弱ったジェネットが「死に花」を咲かせているだけなのであろうか。

我々はジェネットを単位としてササの開花現象を解析することにより、広域同調開花という特異な生活史特性がどのように発達してきたものなのかを考えようと取り組んでいる。本研究では、“部分開花”に焦点を当て、ジェネット構造や結実率、自殖率などを明らかにすることによって、“部分開花”が①単独ジェネットによる開花なのか。②生涯繁殖成功率に寄与するものなのか、について検討した。

調査は、秋田県内を中心に2008年と2009年に小面積開花が見られた26地点において行った。各調査地で開花面積を測定した後、原則として開花稈8本、周囲の非開花稈8本から葉を採取してDNAを抽出し、マイクロサテライト8遺伝子座による多型解析によりジェネット識別を行った。このうち7地点において、穂に袋けけをして花序ごとの結実率を求め、さらにその一部については、種子のDNA解析も行って自殖率を求めた。

その結果、26ヶ所のうち、単一ジェネットのみの開花が2/3を占め、残りは複数ジェネットによる同調開花であった。一方、ほとんどの開花ジェネットは非開花稈も有しており、ジェネットの一部のみが開花している場合が全体の92%を占めた。発表では、こうした結果をもとに、ササの一生における“部分開花”の意味について考察したい。