

# 一般講演・口頭発表

3月16日（火）

種多様性

群落

数理

保全

景観生態

生態系管理

植物繁殖

種子散布

進化

行動

動物群集

植物個体群

植物生理生態



## C1-01

## 小笠原諸島の甲虫相 - 生物地理学的特性と危機 -

岸本年郎 (自然研)

小笠原諸島の甲虫相は中根 (1970) によってまとめられ、その構成や起源については黒沢 (1976) により論じられている。小笠原が日本へ返還された当時、200 種弱を数えるだけだった既知の総種数は、2002 年の時点で 333 種を数えているが (大林他, 2004)、今回、近年の現地調査及び文献調査により種名未決定種を含めた 55 科 318 属 442 種をリストアップした。そのうち少なくとも、147 種は固有種と考えられ、固有率は 33.3%であった。この固有率の高さは、陸産貝類 (94.3%) には及ばないものの、維管束植物 (36.5%) に匹敵する高率で、昆虫全体での固有率 27.5%より高い値を示している。世界の海洋島と比較すると、ハワイ諸島 (固有種 1278 種、固有率 68.3%) やガラバゴス諸島 (固有種 226 種、固有率 54.7%) よりも、全体の種数や固有率は低い、面積あたりの固有種数では小笠原がはるかに高かった。

従来、小笠原の甲虫相の特徴として、固有種が多いことや分類群の構成が偏っていることとともに、地表性種が少ないこと、後翅の退化した種が少ないことを挙げられてきた。特に土壌・地表性種に着目し甲虫相を再検討したところ、ハネカクシ科 55 種、オサムシ科 21 種をはじめとする、少なくない地表・土壌性の種を産することが明らかになった。また、ハネカクシ科のうちの 7 種、オサムシ科の 9 種は固有種であると考えられた。

分類学的新知見として、陸貝専食と考えられる固有カタキバゴミムシや本邦及び太平洋地域からの初記録となる Cephaloplectinae (ムクゲキノコムシ科) の発見の他、カミキリムシ科等の分類学的研究が進んでいる群でも顕著な新種が見いだされている。しかし、グリーンアノールやオオヒキガエルといった侵略的外来種の捕食の影響は深刻で、その生息には危機が迫っている。甲虫をはじめとした、固有昆虫類の保全上の喫緊の課題である。

## C1-03

## ショウジョウバエ属のゲノム構成と環境適応の関係

\* 牧野能士 (東北大・理), 河田雅圭 (東北大・理)

環境勾配や地理的障害などの環境要因が種の生息地・生息範囲を決めていると考えられる。しかし、もし生物が新しい環境に適応することが可能なら分布を拡大し広い生息域を持つことが可能である。従って、新しい環境や様々な環境に適応進化できるかどうか (進化可能性) は生息地の広さを決める重要な要因であると思われる。この進化可能性には、適応に関わる性質の遺伝的変異の大きさなど遺伝的的要因が関わっていると考えられているが、その実態は明らかとなっていない。生息範囲の維持・拡大に寄与する進化可能性を決定する遺伝的的要因を明らかにすることは、地球温暖化などの環境変化により生態系がどう応答するかといった課題を考える上でも重要となる。

遺伝子の多くは進化の過程において重複を経験している。遺伝子重複後、その冗長性から機能的な制約が弱まり重複遺伝子の片方もしくは両方のコピーに変異が蓄積し、稀に新規機能が生じることがある。我々は、重複遺伝子が遺伝的多様性を生み出し新規環境に適応する遺伝的基盤を支えていると仮説を立て、環境適応能力が高い種に重複遺伝子が多いかどうか調査を行った。

研究対象としてゲノム情報既知のショウジョウバエ属に着目した。ショウジョウバエ属の全遺伝子のアミノ酸配列を Ensembl データベースより取得し、Blast により相同性検索を行い重複遺伝子の同定を行った。また文献よりショウジョウバエ属の生息範囲・生息環境の情報を得た。生息環境の多様性は Simpson index により定義した。

回帰分析、変数選択を行った結果、ゲノム中の重複遺伝子の割合を説明する因子として生息環境多様性が選択された。系統的制約を行った後、重複遺伝子の割合と生息環境多様性の関係を調査したところ有意な相関が観察された。このことは重複遺伝子が環境適応能力に関与していることを示唆しており、進化可能性に関する新たな知見が得られた。

## C1-02

## Diversity of beetle assessed by flying traps in different types of forests in Noto Peninsula

Barsulo, C.Y.\*, Nakamura, K. (Kanazawa University)

Flying beetles were collected monthly from May to October 2009 using flight interception window traps at canopy and ground levels from 11 forests with different vegetation. The forests included 3 mature evergreen forests (*Camellia japonica*, *Cryptomeria japonica*, *Eurya japonica*, *Quercus* spp., *Acer sieboldianum*, etc.), 2 managed deciduous forests (*Quercus* spp.) and 6 (3 managed and 3 unmanaged) red-pine (*Pinus densiflora*) forests. In the "managed" plot, most of the vegetation except the dominant trees were removed with forest bed raking for mushroom cultivation. The results are: (1) a total of 4979 beetles belonging to 64 families and 326 species were collected, (2) in general, unmanaged red-pine plots showed highest number of the individuals, followed by managed deciduous, managed red-pine and evergreen plots. But in term of number of species and alpha diversity index, evergreen plots were higher than managed deciduous, followed by unmanaged and managed red-pine plots. The degrees of the difference varied among the plots and layers, (3) the similarity of beetle species composition was low between canopy and ground samples and among the sampling sites. However, the similarity was high between managed and unmanaged red-pine plots.

## C1-04

## 内モンゴル草原における植物種多様性と地上部バイオマスの 24 年間の変動

\* 唐 艶鴻 (国環研), 劉 忠齡 (内モンゴル大)

草原植物群落のバイオマス量は、群落内植物種の豊富度 (種数)、機能タイプの数、植物の生態的形質の多様性や物理的環境の変化によって変わる。実験条件下では、植物種の豊富度の高い草原群落はバイオマス量 (生産力) も高いことがこれまで多くの研究で認められている。また、広範囲の地域からの調査結果では、植物種の豊富度高い草原は地上部のバイオマスも高い場合が多い。しかし、自然環境下では、群落内植物種数や機能タイプ数とバイオマス量の変動についての長期トレンドとそのメカニズムは明らかでない。

本研究では、放牧のない内モンゴルの草原で、1982年から2008年までの間 (3年の欠測がある)、毎年の生育季節の5月から9月までの間に約2週間の間隔で、毎回20個の1x1mのプロットについて、植物の種数、種組成、機能タイプ、各種の地上部バイオマスの連続測定を行った。

その結果、同じ時期の20のプロットについては、植物の種数または機能タイプの数と地上部バイオマスの間にあまり明瞭な相関が認められなかったが、24年間または各年においては、プロット内の種数や機能タイプ数が高い場合は地上部のバイオマスが有意に高いことがわかった。また、構成種の生態的形質の豊富度高い場合、地上部のバイオマスも高いことが示された。さらに、測定期間中、植物種の豊富度と地上部バイオマスの関係の変化は、物理環境から大きな影響を受けることも示唆された。本研究の解析結果と他の研究からの結果を利用し、内モンゴル草原における植物の種多様性、機能タイプとバイオマスの関係について議論する。

## C1-05

## 人間活動と関係した資源の異質性が半自然草地の種多様性を生み出す

植松裕太, \*丑丸敦史(神戸大・人間発達環境)

近年になり農業の集約化(窒素の大量投下)や管理放棄により半自然草地の種多様性の減少が世界的に引き起こされている。特に集約化や管理放棄によって希少種のほうが普通種よりも減少しやすいことがわかってきた。そもそもなぜ希少種とよばれる種は半自然草地に適応し生き残ってこられたのか?そしてなぜ希少種は集約化や管理放棄によって現在減少しているのか?この研究ではこの二つの問いに答えるために、里山に広がる畦畔草地の植物多様性と棚田の構造の関係について調査を行った。私たちは棚田の構造により資源環境の異質性が形成されることが畦畔草地の植物の多様性を高めているという仮説を立て、その検証を行った。仮説の詳細は、1)水田が階段状に造られることで、畦の上部と下部で土壤水分の差が生じる、2)田越灌漑によって下流の水田の畦ほど栄養塩が集積する、3)多様性のパターンがこれらの環境傾度に応答しているである。

2008年秋-2009年春に、兵庫県宝塚市西谷地区において最上部にため池が存在する19の棚田の畦畔を対象に調査を行った。棚田あたり2~6つの畦の上部と下部に1m<sup>2</sup>の方形区を設置した。各方形区では、2008年夏に土壤含水率を測定し、秋には0.25 m<sup>2</sup>の地上部を刈り取り乾燥させ生物量と植物体中の窒素含有率を測定した。また2008年秋と2009年春に植生調査を行った。

調査の結果、土壤水分は畦下部でより多く、植物体中の窒素の含有率はため池直下の畦で最も少なく、棚田下部ほど増加していた。また、希少種の多様性はため池近くの貧栄養な畦の下部で高く、全体的な植物種の多様性は富栄養化した畦の下部で高くなっていた。以上の結果を受け上記の二つの問いに答える

## C1-07

## 山梨県御正体山のブナ林における林床植生の22年間の動態

\*小原由起(東京農大・地域環境), 武生雅明(東京農大・地域環境), 中村幸人(東京農大・地域環境)

ある地域において、同様な立地条件下には同様な種組成を持つ群落形成されることは、多くの植物社会学的研究により明らかにされてきた。こうした異なる立地間の種組成の相違は、世代交代が行われるほどの長期間、どのように維持されるのだろうか?それを明らかにするため、本研究では、樹木よりも世代時間が短い林床の草本植物に着目し、林床草本の空間分布の変動を調べた。

山梨県御正体山のブナ林に1986年に設置された調査区では、10m×10mのメッシュ毎の林床植生の植生調査と、各メッシュに規則的に配置された1m×1mの小調査区において出現する全植物の個体数が種ごとに記録された。そこで2008年(22年後)に同様の調査を行い、変動を調べた。

林床植生の種組成は微地形によって異なり、凸状地にはレンゲシヨウマヤコウモリソウが優占する群落、凹状地にはヤマトリカブトなど全体に共通して出現する種が優占する群落、登山道沿いにはバイケイソウやタニダゲが優占する群落が分布しており、両調査年代で大きな変化はないことがわかった。しかし、各メッシュの種組成は最大で6割が変化していることがわかった。植物種に注目すると、両調査年代で分布するメッシュを変化させた植物種が多く、その変化のほとんどが、同じ植生タイプに分類されたメッシュ間で起こっていた。さらに、小調査区で記録した個体数密度は、全体としては両調査年代間で減少傾向にあるが、各植物種の増減には場所によって偏りがあった。これらのことから、林床植生を構成する植物種の分布は基本的には微地形によって規定されており、立地条件ごとの種組成は安定して見えるが、同じ立地内では、それぞれの種が移動したり個体数密度を増減させることで激しく変化しながら個体群を維持していることが明らかになった。

## C1-06

## 北関東における低地ブナの集団構造と種子生産

\*鈴木和次郎(森林総研), 竹澤和亮(関東森林管理局森技セ), 池田伸(関東森林管理局森技セ)

茨城県中央内陸部の低標高地に、ブナの小集団が点在することが報告されている(原, 2006)。これらのブナは、常緑性のシイ・カシ類と同所的に分布することが特徴であり、従来の冷温帯を代表するブナのイメージとは趣を異にしている。低標高におけるブナの分布の背景として、この地域特有の気候条件あるいは地史的背景が指摘されている。本研究では、この地域におけるブナ集団の分布実態とその群集構造、そして集団の維持に関わる繁殖特性を調査したので、報告する。調査地は茨城県内陸中央部の低標高にあるブナの自生地5林分(御前山、仏頂山、佐白山、高館山、西金砂山)および山地帯(加波山、吾国山)にあるブナ天然林および二次林である。調査は、各自生地に20m×30mの調査区を設け、毎木調査により群集組成を明らかにするとともに、各地のブナの集団サイズを調査した。また、低地に分布するブナ集団の維持機構を解明するために、山地(加波山:標高600m)および低地ブナ(御前山:標高100m)の5-10個体の樹冠下にシートトラップを設置し、繁殖様式を2年間に渡って調べ、比較した。この地域の低地ブナは、現在、前述の5地区で確認されており、標高は100m-400mであった。集団のサイズは、最小で2個体、最大でも22個体であった。ブナの分布する林分の群集構造は、落葉広葉樹の占める割合は高いものの、ブナの優占度は極めて低く、スダジイ、アラカシ、ウラシロガシなど常緑性のシイ・カシ類が随伴した。2年間だけの調査ではあるが、種子生産は、加波山、御前山の2集団で、ほぼ連動する傾向が見られた。しかし、両集団とも健全種子はほとんど見られなかったため、低地ブナの低密度集団の繁殖特性を把握することは出来なかった。

## C1-08

## 春日山照葉樹林防鹿柵実験区における木本実生群集の動態

\*前迫ゆり(大阪産大・院・人間環境), 名波哲(大阪市大・院・理), 神崎護(京大・院・熱帯)

春日山原始林(特別天然記念物, 世界文化遺産)にはコジイ・カナメモチ群集などの照葉樹林が成立している。しかしシカの生息密度が20-30頭/Km<sup>2</sup>ときわめて高く(鳥居ほか, 2007)、草本および木本の採食や樹皮剥ぎなどによって森林更新阻害や生物多様性喪失などが生じている(前迫, 2006, 2009ほか)。シカが採食しない国内外来種ナギと国外外来種ナンキンハゼが春日山原始林に侵入・拡大しており(Maesako et al, 2007)、森林の未来が危惧される。そこで、森林保全に向けてシカと外来種の影響を定量的に把握することを目的として、2007年10月に春日山原始林に防鹿柵実験区を設置した。

防鹿柵と外来種除去(ナギまたはナンキンハゼをカット)効果を明らかにするために、a)防鹿柵・外来種生育区、b)防鹿柵・外来種除去区、c)防鹿柵無・外来種生育区、d)防鹿柵無・外来種除去区からなる4タイプのサブプロット(5m×5m)を、1ユニット(10m×10m)として、6実験区を設定した。樹高1.3m以下の木本について、春期(5-6月)と秋期(10-11月)に個体数と高さを測定し、春期には草本種も記録した。森林への種子供給を調査するために、サブプロットあたり2個のシートトラップを設置するとともに、シカの森林利用状況を把握するために、各実験区に1台の自動撮影装置を設置した。

その結果、ナンキンハゼ実験区では、防鹿柵設置によって木本個体数および木本種数が、増加する傾向を示した。一方、ナギ実験区では、防鹿柵設置による効果は顕著ではなかった。またナンキンハゼ実験区では、防鹿柵内で外来種除去効果がみられたが、防鹿柵非設置区では、外来種除去効果はみられなかった。自動撮影装置およびシートトラップの解析結果とあわせて、木本実生群集の動態を考察する。

## C1-09

## 落葉広葉樹二次林の林冠構造と林内光環境の空間分布

\* 右田千春(森林総研), 千葉幸弘(森林総研)

福島県いわき市にある落葉広葉樹二次林(約80年生)の種組成、個体サイズ、空間分布などの林分構造と光環境の面的な分布構造を明らかにするため、調査林分を10m×10mのサブプロット45個に区分して、毎木調査(DBH>4cm)、光環境計測、リター回収等を実施した。林冠木を対象として、1994年、2000年、2008年に立木配置、樹種、DBH、樹高を調査し、林分構造および成長量の変化を解析した。2008年4月、8月、10月、12月に林床における全天空写真を撮影して開空度を解析した。早春の開葉から落葉期までのリター回収を1993年、1994年、2009年に実施した。

胸高断面積合計でみると優占樹種はミズナラ、コナラ、アカシデで26%を占めた(2008年)。調査林分における本数密度、平均DBH、胸高断面積合計は、1994年にそれぞれ1044本/ha、16.6cm、29.2m<sup>2</sup>/ha、2000年に1504本/ha、14.0cm、34.3m<sup>2</sup>/ha、2008年に1467本/ha、14.9cm、37.8m<sup>2</sup>/haであった。平均開空度は、開葉直前の4月で48.0(最大59.6、最小37.0)%、着葉期の8月で12.1(最大16.4、最小7.8)%、落葉後の12月には50.4%(最大61.7、最小35.1)%であった。早春の開葉前の光環境は林床植物の生残への影響が大きいと考えられる。また本調査林分では枝および幹による遮光効果が50%前後を占めていることが明らかになった。落葉期のリター量は11月が最大であった。リター量から1993年、1994年、2008年における林分葉量は、それぞれ3.1ton/ha、2.7ton/ha、4.4ton/haと推定された。さらにサブプロットごとの現存量、年平均増加量、個体サイズ分布を含む林分構造と14年間の成長過程に関する解析を行った。

## C1-11

## 河川敷の掘削工事が植生に及ぼす影響

\* 松原 豊, 島野 光司(信州大・理・物質循環)

河川では現在、河川管理上の問題として、河道や高水敷の固定化、外来種の繁茂などの問題を抱えている。今回、千曲川中流域では、この様な問題に対して、掘削工事によって比高を低下させる解決法を試みた。2006年と2008年の冬期に粟佐橋と鼠橋の付近で掘削が行われた。本研究では、この工事が植生にどのような影響を与えたのかを調査するため、工事があった地区を調査した。また、比較のために、周辺で工事の行われなかった冠着橋付近でも調査を行った。調査は、粟佐橋では工事後の3年間、鼠橋では工事前と後、冠着橋では夏季のみ、植生調査を行い、比高などの微環境の調査も行った。さらに鼠橋では、工事前と後の土壌からの埋土種子発芽実験も行い、工事後の埋土種子による植生回復についても考察した。

植生調査の結果、比高が低い工事後の水辺で、外来種が減少した。また、工事の前と後を調査した鼠橋では、工事後に出現する種は水辺で特に多く、工事前よりも1~2年生草本が目立った。しかし、埋土種子発芽実験では、水辺の埋土種子は少なく、水辺の現存植生は、新たに侵入した種が多いと考えられる。このことから、今回の工事は特に比高が低い水辺で外来種を減少させたと考えられる。しかし、冠着橋や粟佐橋では、水辺でも、外来種が多かったので、今後の変化を調査していくことが重要である。

河川氾濫原は近年、冠水などによる自然の攪乱が起りにくくなり、その結果、生育する植物にも変化が見られている。しかし、今回出現した外来種の多くは、河川に本来生育する種ではなかった。これに対して在来種の多くは、水辺といった河川本来の立地に生育する種が多く出現した。このことから、高水敷の固定化といった、河川そのものの環境の変化が、外来種の侵入、生育を許していると予想される。河川を本来の河川環境に近づける一つの手段として、今回のような、掘削工事による比高の低下は有効である。

## C1-10

## ダム河川矢作川における河畔林の成立要因

洲崎燈子(豊田市矢作川研究所)

河畔の植物群落は護岸や水質浄化といった機能を持つとともに、野生動物の生息空間や地域の景観資源として位置付けられている。河川の氾濫原に分布する河畔林は河川改修や河辺の植生改変などによって全国的に少なくなっており、保全と適切な管理を行う必要がある。愛知県の中央を流下する一級河川矢作川では、自然護岸の区間が多いため河畔林が比較的よく残されており、2006年から上中流域を対象として、今後の整備・管理方針策定に資する、河辺の動植物の生息状況の調査を行ってきた。その結果、昆虫類やカエル類、ヘビ類、鳥類の生息環境として落葉広葉樹林が重要であることがわかった。矢作川上中流の河畔ではかつて水害防備林として植栽された竹林が最も広い面積を占めているが、その中にケヤキなどの落葉広葉樹林が点在している。本研究ではこうした小規模のケヤキ林を主な対象として林分構造と面積変化の調査を行った。また、河畔植生の成立と更新に関与していると考えられる矢作ダム(1971年建造)の影響についても考察した。

矢作ダムの上下流を問わず河畔の落葉広葉樹林は拡大傾向にあったが、林内にはケヤキ等の優占種が更新できる立地がない状態だと推測された。矢作ダムの影響を受けない上流の林分では下流よりも林冠木のサイズが大きい傾向があったが、これは矢作ダム以前に建造された複数の小規模な発電用ダムにより河川流量が安定化したことで、河畔林が成立したためである可能性がある。矢作川の上中流でケヤキ林の更新を図るには、人為的に更新立地を設ける必要があることが示唆された。

## D1-01

## 資源を介したカップリングが捕食者 - 被食者系を不安定化する：実験微生物系の数理モデルから

\* 鈴木健大 (東大・総合文化), 吉田丈人 (東大・総合文化, 科学技術振興機構 ささげ)

3種(栄養塩、緑藻、ワムシ)からなる2つの食物連鎖を個体の移動によって結合した系について、その個体群動態を研究した。このような系の研究は、個体の移動が局所群集の個体群動態に与える影響を理解する上で重要である。一般に、全種が同じ移動率で移動する場合、局所群集の個体群動態は同期することが分かっている。しかし、現実には局所群集間を移動できる種が限られている状況もありうる。このような状況を考慮した先行研究では、同期が壊れるような移動パターンの存在が示されているものの、そのメカニズムは明らかにされていない。本研究で対象とした系では、資源のみが移動する場合に、その単位時間当たりの移動率と系の環境要因からなる二次元のパラメータ空間において、複数の特徴的な個体群動態を示す領域が現れ、同期の安定/不安定だけではなく多様な振舞いが見られた。個体群動態は大きく分けて、同期した振動・逆位相の振動・間欠的なカオス・カオスの4つが見られ、状態間の遷移においては広くヒステリシス(多重安定性)が見られた。これらの状態の成因についてさらに解析を行なった結果、緑藻-ワムシの相互作用によって生じる振動と緑藻-栄養塩の相互作用によって生じる振動の二つが関わっていることが分かった。本研究の結果は、個体の移動が局所群集の個体群動態に与える影響には、局所群集における移動種の栄養段階だけではなく、局所群集の環境要因も関係していることを示している。

## D1-03

## 生態ネットワークにおけるキーストーン種の特定

佐藤一憲 (静岡大・工)

生態系を保全するためには、他の多くの種に影響を与えているキーストーン種がどの種であるのかを明らかにすることは極めて重要である。ここでは、生態系を生物種間の相互作用を表す生態ネットワークとして捉えて、特に、これまでに多くの研究の蓄積がある捕食-被食関係を表す食物網に限定して考えることにする。Jordan (1999) が定義したキーストーン指数は、ある種を取り除いたときに、他のすべての種に与える直接的あるいは間接的な影響を考慮するもので、食物網におけるキーストーン種を定量的に特定した先駆的な研究である。それに先駆けて、Pimm (1979) は "種の取り除きによる安定性" (species deletion stability) という概念を提唱して、ある種が取り除かれたときに残りのすべての種が共存する安定な平衡点があるかどうかという判定基準を設けた。これを用いて、Pimm (1980) は、ある種を取り除くことによって他の種が2次絶滅する確率の大きさから、他の種に与える影響の程度を評価した。Jordan のキーストーン指数はネットワーク構造が与えられれば決まる静的なモデルであるために、数理的な解析が容易である。一方、Pimm の "種の取り除きによる安定性" は、Lotka-Volterra モデルを用いた動的なモデルによって得られる。Jordan (1999) ではこの両者を比較して大きな相違が見られることを示した。ここでは、Jordan に類似したアイデアを用いて、Pimm の得られた結果ともより整合性のあるようなキーストーン指数を提案する。さらに、このような概念は、ノードを局所個体群に対応させてネットワーク全体がメタ個体群であるような場合についても、重要な局所個体群の空間的な場所を特定することができると思われる。

## D1-02

## 捕食被食関係の進化によって構成される食物網構造

\* 高橋 大輔 (京大・生態研セ), Rupert Mazzucco (IIASA), Åke Brännström (Umeå University), Ulf Dieckmann (IIASA)

捕食被食関係は個体の生死に直接的に影響するため、生態系内でも大きな影響力を持った関係であると考えられる。そのため、捕食被食関係やこの関係によって作られる食物網に関して、これまで様々な研究がなされてきた。本研究では、それぞれの個体は foraging 形質と vulnerability 形質の2つの形質を持つとした。捕食被食関係に加えて干渉型競争がある状況を仮定し、捕食被食関係の強度は捕食者の foraging 形質と被食者の vulnerability 形質との類似性、干渉型競争の強度はそれぞれの foraging 形質の類似性から定義されるとした。これらの形質が進化するときにどのような条件で多様な種を擁する系が生じるかを、個体ベースモデルによるシミュレーションを用いて解析した。これまでのモデル研究の多くでは、対応する形質の有無によって種間の摂食強度が決まり、突然変異は形質の獲得および喪失としてのみ発生するとして中間的な形質を持つ個体の存在を無視していた。しかし、本研究では微小な突然変異による形質値の変化を考えることで、漸進的な進化および種分化プロセスについて考えることができた。また、個体間の相互作用をモデルしているため、人口学的確率性を含めることができた。解析から、競争に比べて捕食被食関係が十分に強いときに種数が増加し、栄養段階が分化した複雑なネットワークが形成されること、そしてそれにはまた foraging 形質が変異する速度が十分大きい必要があることがわかった。さらに、ニッチ次元が大きいときは種数が増加する傾向があった。

## D1-04

## 生物群集における機能形質の動態と生態系機能

田中嘉成 (国立環境研)

生物群集が、環境変化に対して示す反応を、機能形質の分布変化(種の相対頻度によって重み付けした形質の平均値の変化)として定式化する試みをおこなった。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、いくつかの異なる資源をめぐる資源分割モデル(多次元の類似限界モデル)で記述できるとき、群集内の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、形質の種間分散の積に比例し、さらに、種間競争の影響を表す補正項が加わる。近似的な解析解は、種数が多い場合、解析している形質が種の競争能力に寄与しても、群集内平均形質値の変化が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(表現型多様性)と種選択に支配されることを示唆した。ただし、このことは、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、モデルを任意多形質へ拡張し、同様に、形質の応答が、形質間の共分散構造に大きな影響を受けることがわかった。環境変化に対する種の応答に関与する反応形質と、生態系機能を担う機能形質との共分散構造に基づいて、パス解析と類似の手法によって生態系機能に対する環境変化の影響を推定する解析法を考案した。適用例として、霞ヶ浦動物プランクトン群集の生態効率変化に対する、環境要因(温度変動、栄養塩負荷量)の影響評価を試みた。

## D1-05

## マスティング進化に与えるモードの異なる種子捕食者の影響

\* 立木佑弥 (九大・システム生命), 巖佐庸 (九大・理・生物)

一斉開花結実を考える資源収支モデルによると、毎年の資源獲得と繁殖時の資源投資のバランスにより間欠的な繁殖が生じ、花粉交換による個木の蓄積資源量の平均化によって同期繁殖が実現する。繁殖時の資源投資量は資源投資係数  $k$  というパラメータで決まり、これは繁殖閾値を超えた資源量に対する繁殖（花と果実）への資源投資量の比として表される。これが大きな値に進化する事で、間欠的な繁殖が進化する。

本講演では、このモデルに従って繁殖する樹木について一斉開花結実が進化する条件を議論する。森林は有限個のサイトからなり、各サイトは一本の成熟した樹木によって占められるとした。ランダムに生じる倒木の後のギャップが種子からの実生によって埋められる。同調繁殖をすと、受粉率の改善や種子捕食者からのエスケープによって生存する実生をつくる効率が改善される。

[1] このような有利さにもかかわらず、ギャップがその年に散布された種子からでた幼樹によって埋められる場合には、間欠繁殖は進化しなかった。それは成り年には生存する実生数が増えても、それがギャップを獲得する競争が厳しくなるために有利さが消えるからである。

[2] そこで、実生バンクを考えた。ある年に生産された種子は実生として数年に渡り生存する事ができ、ギャップ獲得競争に参加できるようになる。この場合、実生の生存率が高くなると間欠繁殖が進化する事がわかった。

[3] 種子捕食者からのエスケープはマスティングの進化に最も重要であると考えられている。そこで、種子捕食者の効果を加えて解析を行った。その結果、種子捕食者にはマスティングの進化を促進する効果があるものの、実生バンクが存在しない状況では毎年繁殖に進化することがわかった。これにより、ギャップ獲得効率と捕食回避とのバランスが重要である事がわかる。

## D1-07

## 確率変動を含む最適成長戦略

\* 大泉嶺 (北大・環境), 高田壯則 (北大・環境)

生物個体の生活史における繁殖戦略は成長と生存の二つの戦略の組み合わせとして考えられる。この二つは生涯の繁殖成功度つまり適応度と密接に関わっていると仮定する、ここでいう成長戦略とは繁殖に必要な器官の発達、資源の貯蔵を意味し、その大きさや資源量に比例する繁殖率が存在すると仮定する。生存戦略とは気候、天敵や病気、競争する他種との相互作用の中で発生する死亡、資源の流出、さらには資源量の変動というリスクをいかに回避するかという防衛を意味している。この二つの組み合わせに対して一定率で流入する獲得資源量の中で両者のトレードオフの関係が成り立つ時、獲得資源を成長と生存に生涯にわたって繁殖に際し最適に分配するリスク回避戦略が生物個体の繁殖成功度を最大にする一つの効果を持つと考えられる。

ここで、獲得資源  $\phi$  の流入速度  $\mu(\phi)$  が環境におけるランダムな変動  $\sigma(\phi)$  の影響を受けている場合、将来の生物個体の成長及び繁殖の成功は予測しがたい。

本研究では獲得資源  $\phi$  の流入速度  $\mu(\phi)$  が防衛コスト  $\lambda v \phi$  ( $\lambda > 0$ ) とリスク回避度  $v$  ( $0 \leq v \leq 1$ ) を含む Ito 過程に従う確率微分方程式による力学系に従うと仮定した数理モデルを構築し、

$$d\phi = [\mu(\phi) - \lambda v \phi] d\tau + (1-v)\sigma(\phi) d\beta_\tau$$

死亡率  $(1-v)\gamma$  を持つ環境を想定した条件のもと確率制御理論を用いて最適リスク回避度  $v$  とその戦略での成長曲線の性質を解析した。結果、最大防衛コスト  $\lambda \phi$  が流入速度  $\mu(\phi)$  を有限の  $\phi$  で  $\lambda \phi \geq \mu(\phi)$  となるときに流入速度の関数  $\mu(\phi)$  に関係なく最大体サイズを持ち、体サイズ分布が時刻  $\tau$  が十分経過しても一様にならない事を示した。

## D1-06

## 森林群集における二層構造システムへの進化条件

\* 高田壯則, 甲山隆司 (北大・地球環境), 中島久男 (立命館大・理工)

森林は多様な樹木種が光資源、土壌養分をめぐる競争しながら共存する空間であり、その層構造が樹木種間の共存機構に大きな影響を与えていると言われている（森林構造仮説; Kohyama(1993)）。そこで、生物個体の各層間の成長、各層での繁殖・死亡の過程を記述するモデルを「多層構造系」と名付け、負の密度効果が多層構造系の動態の安定性に与える影響について検討するために解析を行ってきた。

本講演では、一層構造をもつ野生型  $Y$  の中に二層構造へと進化する突然変異型  $X$  が誕生した状況を記述する一層-二層混合モデルを考え、新しい種  $X$  の侵入の過程、および野生種  $Y$  と新種  $X$  の共存の過程を解析した結果を報告する。

このモデルでは、各種・各層の個体の繁殖率、成長率、死亡率は密度効果を受けており、密度効果を与える個体数指標として、下層への密度効果は全個体数によって、上層への密度効果は下層個体の一部（割合  $Q$ ）と上層個体によって与えられるとした。 $Q$  が小さいことは、上層個体がより大きく密度効果を与えることを意味する（一方向的競争）。解析の結果、新種  $X$  の侵入可能条件は、

$$K_2 > Q K_1$$

であり、式中  $K_1, K_2$  は下層個体、上層個体それぞれの環境収容力を表す。この条件は一方向的競争の度合いが侵入可能性に大きく影響を与えることを意味する。その条件が成立している場合に2種の共存関係について解析した結果、繁殖率不変の進化では、上層が死にやすき必要があり、死亡率不変の進化では、上層の繁殖が少ない必要があることが明らかになった。また、他の進化シナリオ、競争耐性種の侵入などについて2種の共存関係について解析した結果を報告する。

## D1-08

## 環境変動下でのメタ生態系の視点からの生態系機能の維持

谷内茂雄 (京大・生態研)

環境変動下で生物多様性が生態系機能に与える効果として、既存の生態系機能の向上・安定化と新しい生態系機能の創出効果を検討する。保険仮説 (insurance hypothesis) によれば、同じ生態系機能を担う機能群 (functional group) 内の多様性が高まれば、環境応答の非同期性が高いほど、環境変動に対する生態系機能の向上と安定性が促進される。一方、異なる生態系機能を持った種の生物多様性効果としては、次のようなメタ生態系を考えることで、生態系機能の相補的な組み合わせによる新しい生態系機能の創出が期待できる。メタ生態系を構成する各生態系において、空間的異質性や歴史性（時間的履歴や多重安定点）によって、生態系レベルでの多様性が創出・維持される場合を考える。このようなメタ生態系は、単独の生態系では維持できない多様な生態系機能を担う種を、メタ生態系内部の群集構造や遷移段階が異なる各生態系の中に、重複を含めて空間的に並列的に分散した形で保持することができる。このメタ生態系内の各生態系に分散して蓄えられた多様な生態系機能を担う種のプールは、生態系間の種の移動を通じて、各生態系の遷移を互いに促進することが期待される。環境変動下では、各生態系に分散して蓄えられていた異質な機能群に属する種が、生態系間の移動・分散を通じて特定の生態系の中に相補的に組み込まれることで、環境変動に対処する上で有効となる新たな生態系機能を生み出す可能性がある。本研究では、このようなメタ生態系に基づいた生態系機能の創出効果について理論的に検討する。

## D1-09

## ため池管理のための数理モデル：水生植物がアオコの発生に及ぼす影響

\*瀬戸蘭美 (国立環境研環境リスクセ), 高村典子 (国立環境研環境リスクセ), 巖佐庸 (九大理)

浅い湖沼やため池では栄養塩負荷により、水草の優占する濁度の低い状態からアオコの発生した濁度の高い状態に急激に変化(レジームシフト)することが知られている。アオコの大量発生は水生植物の減少や水質の悪化といった、淡水生態系における生物多様性・生態系機能の損失に繋がるため、アオコ発生現象の理解とその抑制のための水質管理手法を検討することが重要である。本研究ではため池におけるアオコ発生のメカニズムを理解するために、生活形の大きく異なる浮葉植物と沈水植物の存在に着目し、両者がアオコの発生に対してもたらす影響について数理モデルを用いて調べた。浮葉植物と沈水植物は光・栄養塩についてアオコを形成する植物プランクトン(藍藻)と競争関係にあり、アオコの発生に対しそれぞれ異なる影響をもたらす。浮葉植物は光を巡る競争で植物プランクトンより有利である。一方、沈水植物は水中のリンを固定することで植物プランクトンが利用可能なリン量を低下させる効果を持つ。モデルの解析とシミュレーションの結果、浮葉植物はため池におけるリン除去効率が低いときにアオコ抑制効果を発揮することが示された。沈水植物は水中のリンを利用することで水中からリンを除去する役割を担う。このため、浮葉植物は沈水植物と共存することで高いアオコ抑制効果をもたらすことが示唆された。しかしながら、植物同士の競争によって沈水植物が競争排除された場合、浮葉植物の存在によってアオコの発生がむしろ起こりやすくなる場合があることも示された。

## D1-11

## 洞爺湖中島におけるエゾシカ個体群の食性変化に伴う爆発的増加と崩壊の要因解析

\*今野建志郎 (横国大・環情), 梶光一 (農工大・農), 松田裕之 (横国大・環情)

世界各地で観測されている有蹄類の個体数の爆発的増加(irruption)や崩壊(crash)現象は、自然生態系への影響をもたらす、深刻な問題となっている。しかし、このような事例や長期間の調査データなどは限られており、しかも個体数に注目した研究が多く、餌資源はほとんど調べられていない。それゆえ、その要因はほとんど知られていない。

北海道の南西に位置する洞爺湖中島は、北海道でエゾシカ(*Cervus nippon yesoensis*)の大発生による森林への影響が最も強く表れている場所であり、長期間シカや植生の調査が行われている。中島のシカの生息密度は、餌資源に強く依存しており、餌資源が豊富であると爆発的に増加するが、餌資源が不足すると群れは崩壊する。しかしその都度食性をシフトさせることによって、個体数は前回よりも低い増加率で高いピークに達する。このような事例は既存の研究で示されているパラダイムのどれにも合致しない。

そこでそれぞれの餌種に対して、依存しているシカが異なるという仮説を立てた。そしてその仮説を餌資源のモデルを個体群動態モデルに組み込むことによって表現した。すると、現実の中島のシカ個体群動態とよく合致した。この結果は、同じ個体群のシカでも食性が大きく異なり、なんらかの進化が生じている可能性があることを示唆する。よって、このような爆発的増加と崩壊を繰り返すことができる背景として、多くの餌資源を他種との競争なしで利用できるという要因が考えられるのかもしれない。

## D1-10

## フィードバックコントロールによる漁業生態系管理の数理的解析

\*高科直 (立正大・地球), 山下倫範 (立正大・地球), 松田裕之 (横浜国大・環境情報)

現在世界は空前の魚食ブームである。中国の魚介類消費量の増加を筆頭に、各国においてその消費量は増加の一途をたどっている。一方で漁業資源に目を向けると、過去のずさんな資源管理のツケが回り、昨今その低迷ぶりは実に顕著である。現在の漁業を続けてゆけば、今世紀半ばまでに世界の海から魚がいなくなるという科学者すらいる。

本研究では、この急を要する問題の、解決の糸口に示唆を与えるべく、3種からなる生態系に漁業を考慮するモデルを構築し、その安定性を考察する。3種生態系を2栄養段階系、3栄養段階系に分けて、数種類の漁獲パターンを考え、それぞれの場合において持続可能な漁業の是非を数理的な解析に基づき考察した。

## D1-12

## 一般化線形モデル(GLM)によるデータ解析と説明変数の分布の影響

粕谷英一 (九大・理・生物)

データ解析では、説明変数が目的変数に与えると考えられる影響を分析することが多い。目的変数の分布には注意を払うべきであり、その分布により分析方法が変わることは、当然のこととして広く受け入れられている。t検定や直線回帰や分散分析などの正規線形モデルにおける正規分布&等分散の仮定、一般化線形モデル(GLM)で誤差構造が決まるのが分析上必要であることなどはその例である。だが、説明変数の分布に注意が払われることはほとんどない。

生態学でデータ解析に広く使われている一般化線形モデルで、説明変数の値の分布が検定やモデル選択の結果に影響を与えるかどうか分析した。よく使われているWald検定および尤度比検定をとりあげた。ロジスティック回帰(一般化線形モデルではロジットリンクかつ誤差構造が二項分布の場合)では、説明変数の分布が対数正規分布のとき、第1種の誤り(正しい帰無仮説を誤って棄てる率)や正しい方のモデルのAICが小さくなる率は、宣言した確率や理論値から外れた。説明変数の分布が正規分布のときにはこのような外れは起きなかった。説明変数の分布を変えて検討したところ、この外れが生じるかどうかは、分布が非対称か対称かではなく、分布の裾の形によっていることが示唆された。また、この外れはサンプルサイズが数百でも発生し、普通には小標本とは考えられずむしろ大標本と考えられることが多いところでも起きていた。外れが生じないためには相当大きなサンプルサイズが必要と考えられる。一般化線形モデルの中のその他のケースのうち、正規線形モデルではこのような説明変数の分布によるちがいはなかった。

説明変数の分布が検定・推定などに与える影響への対策についても述べる。

## E1-01

## ヤクシカの個体群管理計画とモデル事業の意義と評価

\* 立澤史郎 (北大・文・地域), 手塚賢至 (YOCA), 川崎勝也 (屋久島町)

屋久島では、自然植生の衰退と農林産物への食害を引き起こしているニホンジカ(ヤクシカ)の全島的な密度管理(低密度化)が課題となっている。屋久島での生態系保全やヤクシカ管理に関わる法体系や実際の線引きは複雑を極め、島全体での個体群管理が非常に難しい状況にあったため、これまでは、農林業被害は地元行政(旧上屋久町、旧屋久町)と林野庁(森林管理所)、生態系被害は研究者・地元NGOと環境省というように、被害内容や管轄ごと別個に対応が行われていた。しかし、2005年以降、ヤクシカの増加状況を示す調査結果が共有され、また世界自然遺産の再評価を控えて、統合的な個体群管理と立場を越えた協力体制が必要との認識が広まり、2006年からは島民主導のヤクシカモニタリング(既報)が、また2009年には、屋久島生物多様性保全協議会、屋久島町野生動物保護管理ミーティング、屋久島世界自然遺産科学委員会が立ち上がり、ヤクシカ対策に関する合意形成が急速に進んできた。この体制の特徴は、国(環境省、林野庁)と地元(屋久島町)がそれぞれイニシアティブをとって進める合議の場が、相互の討議内容を受ける形で進められ、そしていずれの中核にも状況を把握した島民と研究者が参画して議論の効率と風通しをよくしている点にある。また各主体が、法的にはヤクシカ特定管理計画策定(県所轄事項)の実現を、また実務的にはヤクシカの分布中心と目される前岳山麓部(国有林と町有地の境界部)での捕獲パイロット事業の実現をめざして調整を進めている点も、所轄や規制が複雑に入り組んだ状況では例外的な特徴といえる。ここでは、このような状況が実現した経緯や現在調整中のパイロット事業の内容などを紹介し、それらがヤクシカの個体群管理や屋久島における生態系保全にとって持つ意義や課題を議論したい。

## E1-03

## 里山林伐採によるニホンザル群の行動圏変化と農作物被害減少

\* 野間直彦, 仲森理沙 (滋賀県立大), 小泉和也, 濱中亮成 (東近江市), 近雅博 (滋賀県立大)

農地に接する管理放棄された里山林を伐採し、獣による農作物被害を軽減させる対策は、イノシシに対する有効性が証明されている。ニホンザルに対する有効性をみる目的で、里山林伐採を実施している地域に生息するニホンザル群について、伐採前後の行動圏及び被害状況を調査した。

調査地は滋賀県東近江市で、「愛東A群」の行動圏である。調査地の北東は鈴鹿山脈に接し、南は幅100m前後の愛知川河岸段丘林を含む。里山林伐採が2008年9月から10月に行われた愛東外町は山地の断片化した林と河岸段丘林とが接続する集落で、群れはこの集落の林を移動通路に用いている。2008年4月から12月までラジオオテレメトリまたは目視によって愛東A群を追跡し、測定点を伐採の前・中・後3期間に分け比較した。また2006年以前の行動圏とも比較した。群れの行動圏に含まれる森林の林縁中21.96kmについて、林内の見通しやすさを4種類に分類した。愛東A群が出没する7集落を対象にアンケート調査を行い、群れの出没頻度や里山林伐採前後の被害状況を質問した。

伐採前と伐採中、愛東外町を中心に南東・西・北に分布していた群れは、伐採後、愛東外町とその北に集中した分布に変化した。北への分布増加は伐採による影響と考えられた。伐採林で林の反対側が見えるほど透いた林縁の割合は4%から36%に上昇した。群れの分布は、林の反対側が見える林縁で高い負の選択性を示した。隠れ場を失ったことにより伐採後の林を避けるようになったと考えられる。アンケート調査の結果は、愛東外町では「被害が減った」と答えた世帯の割合が90%を上回った。

このように、里山林伐採はニホンザル群の行動域を変化させ農作物被害の軽減に効果があると考えられる。

## E1-02

## ヒグマとヒトの軋轢多発地の広域的空間特性—知床半島の例—

\* 森本淳子, 三島啓雄 (北大院農), 間野勉 (道環境研), 中村太士 (北大院農)

日本各地で野生動物と人間の軋轢(あつれき)が多発している。鳥獣保護区や自然公園保護地区など保護地域の周辺地域はこれまで管理対象外であったが、周辺地域も含めた広域管理の必要に迫られている。軋轢を緩和するためには、軋轢が発生しやすい環境特性を明らかにする必要がある。一方、野生動物は種や性により異なる行動圏をもつことから適切な解析単位を設定することが求められる。

ヒグマの生息密度が北海道内でも最も高いとされる知床半島でも、毎年多くのヒグマが有害駆除されており、軋轢を緩和するための対策が必要とされている。そこで、我々はヒグマとヒトの軋轢発生空間の特性を異なる空間単位で解析し、適切な解析単位の解明と、軋轢発生空間特性の解明を試みた。

知床半島でヒグマが捕獲された際に調査され、5倍地域メッシュ(通称5kmメッシュ)に整理されたデータ(道環境研)を用いて、1990年以降の捕獲数を雌雄別、季節別(4-5月/6-7月/8-9月/10-11月)に集計した。集計は1メッシュ区画、近接4メッシュを含む5メッシュ区画、植物生態系-面積曲線から得たランドスケープ単位で行った。また、同じ区画単位で環境要因(標高、傾斜、最大積雪深、広葉樹面積、針葉樹面積、牧草地面積、畑地面積、市街地面積、番屋数、サケ遡上可能河川の有無、人口)を集計した。応答変数を捕獲数、説明変数を環境要因とした一般化線形混合モデル(GLMM)を作成し、AICによるモデル選択を行った。選択されたモデルについては、AUCによる精度検証を行った。

その結果、雌雄ともに、季節毎に軋轢が発生する環境特性は異なること、メスのヒグマでは、最も小さい空間単位(5kmメッシュ)で説明力が高くなることなどが明らかになった。

## E1-04

## 樹上性哺乳類のための生態系ネットワークの環境共生技術「アニマルパスウェイ」の開発

\* 湊秋作 (やまねミュ), 饗場葉留果 (やまねミュ), 岩淵真奈美 (やまねミュ), 大竹公一 (大成建設), 岩本和明 (清水建設), 小田信治 (清水建設), 小松裕幸 (清水建設), 佐藤良晴 (エンウィット), 世知原順子 (エンウィット), 渡辺裕信 (N T T 東日本), 鈴木竜自 (N T T 東日本), 奥田淳二, 小林義人

生物多様性締約国会議(COP10)が、2010年10月、名古屋にて開催され、世界レベルで生物多様性保全について討議と決議がされようとしている中、生物多様性保護のための具体的な「環境共生技術」が必要とされている。日本の環境省は第三次生物多様性国家戦略の中で「生態系ネットワーク」を唱えているが具体的な方法論は、未熟な状況にある。一方、道路や線路により生息地が分断された結果、頻発するロードキルに対し地上性動物の移動のためには、道路下にトンネルを建設するなどの工法が開発されてきた。しかし、樹上動物の移動のための環境技術は、未開拓であった。それで我々は、1998年、山梨県の有料道路上に道路標識を兼ねたヤマネブリッジを山梨県に建設させ、ヤマネ、リス、ヒメネズミの利用を確認した。建設費は約2000万円と高価であった。環境保全の達成には誰もが、どこでも行うことができる「社会化」が必要不可欠である。そこで、より安く、簡易な設計にして小さな建設会社も建設でき、メンテナンスフリーで、樹上動物が利用しやすい「アニマルパスウェイ」の開発研究を行った。2004年は材料研究、2005年は構造研究を行い、道路両側の電柱で吊るすワイヤー製のトライアングル型のパスウェイを開発し、2007年に山梨県北杜市道上に建設し、さらに改良を加えた。建設費用は、200万である。その結果、現在、ヤマネ、リス、ヒメネズミ、テンが利用している。本発表でこれまでの研究過程と実績を報告する。この成果をCOP10で提唱する予定である。

## E1-05

## 自然再生事業による浅瀬創出とコウノトリの利用

三橋弘宗(兵庫県立大/人と自然の博物館)

兵庫県豊岡市を流れる円山川水系では、国土交通省および兵庫県により自然再生事業が計画され、改修工事が進められている。この計画に基づき、河川高水敷の掘削によって水深が30センチ以下となる浅瀬箇所を造成し、コウノトリの採餌場や魚類の生息場所の再創造を行っている。人工的に創出した浅瀬は、河口から約20キロ区間まで連続し、合計で約120haの面積を確保することを予定している。浅瀬を造成する方法は、単純なものではなく、基盤高(水深)や奥行き、傾斜、マウンドの存在、閉鎖・開放・半開放といったように多様な方法が採用されている。新たに造成された浅瀬は、工事から約1~3年が経過して、一部のコウノトリが飛来するようになった。また、一部の浅瀬では、季節によって、コウノトリ放鳥個体の15羽が集合して過ごすことも観察されている。そこで、これまで市民が確認した観察情報や自然再生事業のなかで確認した情報をもとにして、コウノトリの利用特性について解析および再創造した浅瀬の特性について検討を行った。その結果、秋から冬にかけての浅瀬利用が最も多く、特に水深がより浅い箇所での利用が高く、集団を形成すること、マウンドが付帯するタイプでの採餌が多いことなどが分かった。さらに、潮位との関係によって水位が変動することで、コウノトリの利用も変化し、より干潮時の利用が多い傾向があった。これらの結果と併せて、コウノトリの全国的な地理的な飛来特性をもとにコウノトリの採餌場となる浅瀬の再創造のあり方を検討した。

## E1-07

## 流下水生昆虫の移入と河川物理環境との関係

\*望月成(東海大・院・理工), 谷野賢二, 斎藤裕美(東海大・生物理工)

河川の流れは、河床に生息する水生昆虫の移入率や分布に影響し、群集構造を決定する重要な要因である。特に、河床基質の背後に存在する滞留域は水の流れによって移動を行う水生昆虫にとって着底場を提供すると考えられる。しかし、このような滞留域の流れの状況(流況)については、河川の流速や河床基質の構造により、生態学では馴染みのうすい水理学的性質が複雑に変化するため、十分な解析が行われていない。そこで本研究では、流速の大きさや河床基質の構造による水の流れとそれに伴う水生昆虫の着底を検討した。はじめに、数値シミュレーションと流動水槽実験より、流速と基質の構造に伴う基質背後に形成される滞留域の流況の特徴を解析した。次に、流動水槽を用いて水生昆虫を模倣した物体(比重0.99のプラスチック球、以後BB弾と呼ぶ)と3種の水生昆虫を流し、その流跡を解析した。最後に、野外実験にて構造の異なる人工基質上に形成された水生昆虫の群集を調べた。数値シミュレーションによれば算出された流況の特徴は、基質背後の滞留域に弱い循環流の存在と、流速の大きさに対応した滞留域内の規模であった。これらは流動水槽内で電磁流速計を用いて計測された流況と同じ傾向であった。シミュレーションは滞留域の流況をある程度予測できる可能性を示した。BB弾の流跡解析では、BB弾は滞留域が大きくなる程、また、流速が15から25cm/sの間で循環流にのりやすかった。水生昆虫の流跡は、昆虫の形態により異なった。野外実験では、人工基質の滞留域の規模の違いにより水生昆虫の群集指標は異なった。これらの結果は、流速や基質構造に伴う滞留域の規模が水を流れる物体と水生昆虫の着底率を決定することを示している。さらに、水生昆虫の種による形態の違いは、着底経路や着底率を変化させる可能性があると考えられる。

## E1-06

## 市民参加調査による多摩川水系の礫河原鳥類の生息状況の把握と洪水攪乱との関係性

\*内田哲夫(埼玉大院・理工), 浅枝隆(埼玉大院・理工), 野村亮(自然環境アカデミー), 島田高廣(自然環境アカデミー)

河川環境の診断は、河川生態系の連続性と台風などにより大きく変動する生態系である特徴を踏まえ、小・中面積空間を詳細に調査するだけでなく一方で、水系レベルの広域空間を粗くスクリーニングし評価する視点が重要である。また、広域の河川環境情報を得るためには流域の市民団体との協働が不可欠である。

本研究は、多摩川水系にて、河川環境の指標鳥類である礫河原鳥類を対象として市民参加型モニタリング調査を実施し、市民参加による水系モニタリング調査の可能性を検討することを目的とした。

調査はイカルチドリ、コチドリなどをモニタリング対象種として、繁殖期にあたる2009年の6月~7月に多摩川(0km~61.8km)及びその支流の浅川(0km~13.2km)の河川区域を調査範囲とし、自然裸地毎に生息の有無、個体数を記録した。調査にあたっては、事前にGISを用いて2007年9月の台風9号後に撮影された空中写真から低水敷の自然裸地を抽出した調査地図と調査票を作成し、野鳥観察をしている市民に配布し実施した。得られた市民データに台風前の2006年秋に撮影された空中写真から抽出した自然裸地のデータを追加し、対象種が利用していた自然裸地面積と台風前後の自然裸地集団の面積との関係を比較検討した。

結果として、現地調査でイカルチドリ166個体、コチドリ36個体を記録し、対象種は2007年における自然裸地集団の中で大面積の自然裸地を有意に利用していた。また、2006年における自然裸地集団では、対象種が利用していた面積規模の自然裸地は顕著に少なかった。また、台風前後の自然裸地面積は、台風前の2006年秋が215.3haに対し、台風9号後の2007年秋季は424.9haに変化し、洪水攪乱により対象種の潜在的な生息環境が倍増したことが示唆された。

## E1-08

## 絶滅危惧種マルコガタノゲンゴロウの生息現状と絶滅原因一とくに水質から見た環境条件一

\* 羽部治紀\*(神奈川県立博物館)・北野忠(東海大学)・田島文忠(千葉シャーブゲンゴロウモドキ保全研究会)・永幡嘉之(山形大学)・西原昇吾(東京大学)

里地里山の水辺の生物多様性の喪失は著しいため、その保全が求められている。止水性の大型のゲンゴロウ類であるマルコガタノゲンゴロウ *Cybister lewisianus* は主として大きな池に生息する。本州・九州の15府県に局所的に分布していたが、現在の生息地は8県の10数ヶ所であり、環境省のレッドリストで絶滅危惧I類に指定されている。

本研究では、本種の減少要因および、生息環境要因を明らかにすることを目的として、文献調査、聞き取りに加え、本州の生息地の踏査を行った。また、生息環境要因として水質(全窒素、全リン、主要溶存塩類など)、植生と侵略的外来種の侵入、池の集水域の土地利用について調査した。

文献調査の結果、本種は、太平洋側の都市部では池の埋め立てや水質悪化などにより、1980年代までに確認されなくなった。一方、1990年代以降に本種が確認されなくなった生息地における主な環境変化としては、オオクチバスの侵入4ヶ所、アメリカザリガニの侵入3ヶ所、池の大規模改修1ヶ所、埋め立て4ヶ所、水質悪化4ヶ所、干ばつ1ヶ所であった。

本種の生息地における植生は、ジュンサイ、タヌキモ類など、弱酸性、貧栄養を好む種が確認された。水質解析の結果では、とくに全リン濃度が多く地点で0.03mg/l以下と低く、貧栄養であった。また、土地利用については、現在の生息地のほとんどで、集水域に人家や、畑、水田が存在しなかった。

以上より、本種の保全のためには、生息する池の埋め立てや改修の監視、周辺に侵入した侵略的外来種の排除が重要である。また、リンが制限要因となって藻類などの発生による富栄養化の進行を抑制すると考えられたため、集水域の開発や排水の流入をできる限り抑制することが必要であることが示唆された。

## E1-09

## キシノウエタテグモの個体群持続可能性分析

\* 中西亜耶, 長谷川雅美 (東邦大院・理・地理生態)

キシノウエタテグモは国の準絶滅危惧種に指定されている穴居性のクモである。本研究では個体群動態モデルを用いて本種の絶滅確率を推定し、現在の危機状況を評価した。さらに感度分析を行うことで、個体群動態に大きな影響を与える生活史パラメータを同定した。

まず野外調査にて本種の巣穴径を毎月中旬に計測し、得られた巣穴径組成から、混合正規分布の分解手法を用いて年齢組成と成長曲線の推定を行った。調査は2008年4月から11月、2009年4月、5月の計10ヶ月間、東邦大学習志野キャンパス(千葉県船橋市)にて行った。次に組成分解にて得られた推定値から各年齢群の個体数を求め、これを利用して各年齢群間の生存率を算出した。加えて、産卵割合と産卵数をもとに推定した繁殖率をパラメータとして与え、50年間の個体群動態のシミュレーションを100回行い絶滅確率を求めた。さらに感度分析として各パラメータを1つずつ変化させて同様のシミュレーションを行い、個体群動態に対してより大きく寄与するパラメータの同定を行った。

結果、現状での本調査地でのキシノウエタテグモの50年後の絶滅確率は1%であった。ここから、個体群を取り巻く環境に今後も変化がなければ、本調査地での本種の個体群持続可能性は高いといえる。一方、感度分析によると、個体群動態には生存率のパラメータが最も大きく影響することがわかった。ここから、今後より精度の高い個体群動態モデルを作成するためには、モニタリング等により生存率に関する調査に力を入れるとよいといえる。

本調査地は元々たくさんの個体が生息しており比較的安定した個体群と考えられるため、今後は他の危機的な個体群にも適用を試みることで、手法の確立を目指したい。それとともに具体的な保全策を講じていくことが今後の課題である。

## E1-11

## 市民参加による干潟底生動物の調査 3. モニタリング手法としての有効性

\* 鈴木孝男 (東北大院・生命科学), 佐々木美貴 (WIJ)

干潟生態系の生物多様性を把握するためには、そこに生息する底生動物(ベントス)群集の調査が必須である。しかしながら、底生動物として干潟に出現する分類群は多岐に渡り、種の同定も簡単ではないことから、一般市民が気軽に調査に関わることができないのが実情である。

そこで、市民が自らの手で、干潟に生息する底生動物群集を調査できる「市民調査の方法」を構築するとともに、調査手法を解説したガイドブックを作成した。ガイドブックを参照しながら調査を行うことで、本手法はかなりの程度再現性があり、他地域との比較も可能で、しかも将来の変化をモニタリングできる継続性のあるものと考えている。

本講演では、「干潟生物調査ガイドブック～東日本編～」を用いて、実際に市民の方々に調査をしていただき、採集した底生動物の種の同定も各自が行うことで、調査手法の有効性について検証を行った結果について報告する。

種の判別については、現場で使えるガイドブックが不可欠であった。一般の図鑑では種間のサイズの大小が一目で分かるようになっていないため、形態の似ている種類を混同してしまうこともあったことから、比較的普通に見られる種類について、実物大の写真を使って濡れても大丈夫なようにラミネート加工した簡易図鑑も作成した。

ところで、環境省では、モニタリングサイト1000事業の中で、干潟に生息する底生動物の定量的な調査を開始している。このうち、仙台湾の「松川浦」と東京湾の「盤洲干潟」において、モニタリングサイト1000調査の手法と、市民調査の方法を同時期に行い、出現種にどのような差異が生じるかを比較してみた。本講演ではその結果について紹介するとともに、市民による干潟生物のモニタリング手法としての有効性について考えてみたい。

## E1-10

## メタ群集の観点に立った干潟ベントス群集保全戦略の提示

玉置昭夫, 長崎大・水産

演者は西九州・天草下島の北西端にある富岡湾の砂質干潟に棲む底生動物群集の変遷を追跡してきた。富岡湾は、有明海と東シナ海に介在する橘湾の支湾である。本干潟には地下深い巣穴に棲む十脚甲殻類のハルマンスナモグリと表在性の巻貝イボキサゴが優占している。前者個体群は1980年代に著しく増え、その強力な基質攪拌作用によって後者個体群を1986年に減ぼした。その後、1995年から前者が凋落したのに伴い、後者が1998年から復活し現在に至っている。この復活をもたらしたのは卵栄養型発生を行う浮遊幼生である。幼生は、有明海内にある、天草下島・東海岸の6個の干潟から放出され輸送されてきた可能性が高い。これらの干潟のハルマンスナモグリ密度は低く、これがイボキサゴ個体群の存続を可能にしていた。

本研究では、実際にイボキサゴ幼生が輸送されうることを野外調査と室内飼育実験により確かめた。主繁殖期は9月後半～10月末であり、小潮の3～5日後の一斉放卵放精を連続3回周期的に行っていた。室内水槽では、幼生の最短浮遊期間は3日間であり、受精後2～9日までの生残率は15%から0.8%まで推移した。野外では大量の受精卵に続き、幼生と新規着底稚貝が順次現れ、次の小潮までに1コホートが形成された。水柱では25%の幼生が表層1m以内に存在していた。幼生を模した漂流ハガキを産卵周期と同じタイミングで天草下島の東海岸沖で放流し、富岡湾干潟に漂着したものを回収した。その結果、最短3日間で富岡湾に到達し、その個数は北風が起こす吹送流により促進されていた。本結果は、富岡湾干潟のイボキサゴ個体群復活には有明海個体群の存続が前提になっていたこと、また、干潟の局所群集を保全するためには、メタ群集の観点に立って地域スケールにまたがる複数の局所群集を保全することが重要であることを示している。

## F1-01

## 地域景観に対応した林内植生の存在：扇状地から丘陵地に至る里山林の比較

\* 平吹喜彦(東北学院大・教養), 福岡公平(国立青少年教育振興機構), 佐藤麻衣子(宮城教育大・教育), 荒木祐二(東大・アジア生物資源センター)

はじめに

地域の景観は地形や植生、人為などによって特徴づけられるが、広域に分布する植生タイプでは、群落特性が景観領域間でどれほど変化するのだろうか？ また、相違があるとすれば、どのような要因・発現機構が関与しているのだろうか？ ……本研究では、半径8kmほどの領域内で、隣接する扇状地/里地と丘陵地/里山を取り上げ、二次林を代表するコナラ林とスギ植林を指標群落として、この課題を検討した。

調査地の概要・調査方法

野外調査は、岩手県南西部に位置する胆沢扇状地と平泉・衣川丘陵で、2000～2002年に実施した。「扇状地-散居集落-孤立林/残存林」と「丘陵地-丘麓集落-丘覆林」という2型の領域内で(海拔55～265m)、林冠が18m前後でうっぺいした、緩斜面上の植分を抽出し、植物社会学的方法で植生を調べた(方形区は15m×15m)。早春季と夏季に収集したデータを統合し、TWINSPANで解析した後、植生タイプ間で種・生育形組成、優占度、種の多様度、階層構造、地理的分布パターンなどを比較した。

結果・考察

1. コナラ林とスギ植林はそれぞれ、立地(扇状地の低位、中位、高位、および丘陵地)と施業・利用履歴(孤立林、残存林、丘覆林; 屋敷林、農用林、用材林、薪炭林)に対応して、3タイプが明瞭に区分された。
2. コナラ林とスギ植林はともに、扇状地の植分では鳥散布型植物が豊富で(出現種の45%前後)、また丘陵地の植分に比べて自然度・種多様度が幾分低く、扇状地内で均質化した林内植生が形成されていた。両者の相違は立地の違い以上に、里地・里山の森としての施業・利用履歴、および散布体の到達状況(散布源からの距離や散布種子の総数など)に強く影響されていると推察した。

## F1-03

## 里山景観の構成種となるために必要だった種特性とは何か？

\* 小林慶子(横国大・院・環境情報/山梨森林研), 小池文人(横国大・環境情報研究院)

里山には、定期的な伐採・採取、耕作に伴う耕耘・施肥、有用樹種の植栽・栽培など様々な人間活動が存在する。この過程で里山景観の種は、生態的な種特性による種の選別(攪乱耐性や地形、土壌環境等)と、人による選別(植林・保護等)の両方の影響を受けている可能性がある。この研究ではこれらの選別要因を明らかにする。

調査は長野県埴科郡坂城町の200m×200mを一景観単位とする100個の里山景観で行った。景観を捉える空間スケールには様々なものが考えられるが、本地域の里山景観において、200m離れた任意の2地点が同じ植生タイプである確率は44%であり、本研究で用いた空間スケールは内部に複数の植生タイプを含む、景観としては最小レベルのスケールであると考えた。

景観単位毎に木本種43種(地域の木本フロラの約20%)の在不在を調査した。100個の景観単位は、種組成によるTWINSPANの結果、5景観タイプに分かれ、これらは地被組成と歴史に関係していた。種特性は、耐攪乱性や土壌環境の嗜好性に関する生態的特性(繁殖開始サイズ、萌芽能力、根の形態等)と、人による種の選別に関する利用特性(庭木、栽培、食用としての利用状況)を調べ、31種分のデータを収集した。解析では、種組成で分けた景観タイプ毎に、種の在不在を目的変数、種特性を説明変数としてロジスティック回帰を行った。

景観タイプのうち、薪炭林や松茸山として利用されてきた履歴を持つ森林景観タイプでは、繁殖開始サイズが小さいことが鍵であった。定期的な伐採を受けてきた里山林では、小さなサイズで繁殖を開始する戦略が重要だったことが示唆された。耕作歴のある景観タイプでは、食用としての利用が重要な特性であり、人による種の選別作用も影響していることが示唆された。

## F1-02

## 潜在植生を異にする小学校に成立した植生景観の比較

\* 服部千代子(横国大院・環情学府), 大野啓一(横国大院・環情研院)

都市域の植生景観を群植物社会学の理論に基づいて、分析・評価した研究として唯一神奈川県横須賀市の事例(矢内ほか, 2007)がある。この先行研究では、ヤブコウジースタジイ群集を潜在自然植生(宮脇, 1976)とする横須賀市の植生景観を解析している。

また演者らは2008年から同様の手法を用いてシラカシ群集を潜在自然植生(宮脇, 1976)とする横浜市旭区の植生景観の解析を行っている。

本研究では、潜在自然植生を異にする両市において、それぞれの市街地景観と残存緑地景観の組成、構造の違いの有無を明らかにするとともに、その要因について考察した。本研究では市街地の主要構成要素である学校緑地に注目し、緑地景観を比較検討した。

横浜市(シラカシ群集域)と横須賀市(ヤブコウジースタジイ群集域)の残存緑地景観と市街地景観の常在度表を用いて比較した結果、植生景観の基本単位である総和群落区レベルにおいて2つの残存緑地およびそれぞれ1つの生産緑地と市街地景観に区分された。このうち残存緑地は、それぞれの潜在自然植生に対応し、横浜市はクスギコナラ群集=シラカシ群集総和群落区に、横須賀市はクサイチゴータラノキ群集=オニシバリ-コナラ群集総和群落(矢内ほか, 2007)があった。一方生産緑地は群落区レベルでは分かれなかったが、下位単位の亜区レベルでそれぞれの潜在植生に対応することが分かった。両市の市外地景観は、総和群落レベルでギンコケツメクサ群集に一括された。亜区レベルレベルで横須賀市の海岸埋立地の都市景観が区分されたが、両市の学校緑地はいずれも下位単位のイチヨウヒマラヤスギ植生小区に属することが分かった。

## F1-04

## レーザーリモートセンシングによる緑地構造把握

\* 加藤 顕(千葉大・園芸), 小林達明(千葉大・園芸), 根本 光(千葉大・園芸)

緑地構造の把握はこれまで2次元高解像度画像から行われてきた。2次元高解像度画像には、航空機や衛星から撮影されたものがある。衛星から撮影された画像は、広域を安価に取得できる一方で、雲や天候の影響によりデータ取得が困難な場所がある。航空機から撮影された2次元画像は、従来の写真測量技術により、2枚のステレオ画像から地上構造物の3次元化が可能であるが、解像度が高すぎるため陰の影響でデータが欠けたり、不完全なデータのオルソ化でデータの正確性に影響を及ぼす場所がでてくる。これらの問題を解決するために、レーザーを用いた3次元緑地構造把握が行われるようになってきた。これまでレーザーを使った事例は、主に詳細なDEM(デジタル標高図)の作成である。レーザーデータから作成された高解像度DEMは、より詳細な地形要因の抽出を可能とするため、詳細な森林の生態的立地条件の研究等に貢献できる。近年では森林の複雑な構造が把握ができるまでレーザーデータの解像度が向上し、生態的サービスの指標となる複層林の判別、林冠部を利用する陸上動物のコリドー、鳥類生息地の判別等に用いられるようになってきた。そのため、生態的モデルの開発においてより現実的な空間シミュレーションができるほど質の高いデータを提供ができるようになってきている。本発表は、緑地構造の把握におけるレーザーセンサー利用可能性、その解析手法、高解像度3次元データによる解析結果の紹介を行う。レーザーによる緑地構造解析は、里山や都市緑地などの緑地環境の違いを構造的に「見える化」し、最終的には生態的サービスに考慮した持続可能な緑地環境計画を行うことができる。またレーザーによる効率的で質の高いデータ取得は、これまでの現地調査における労力を低減し、フィールドを主体とする生態学分野の研究に有効な手段となり得る。

## F1-05

## 湿原河川生態系の生物多様性推定におけるリモートセンシングの有用性について

\* 福島路生, 島崎彦人, 加藤秀男(国立環境研)

本研究では、北海道北部を流れる緩勾配の小河川において、淡水魚類と底生動物の空間分布あるいは群集構造を、現地調査から得られる生物学的データによって推定する生物モデルとリモートセンシングから取得されるランドスケープスケールの非生物的環境要因から推定するリモセンモデルによって推定し、2つのモデルの推定能力を比較した。リモートセンシングによって河川生態系を知ることの不確実性を定量化し、この技術の可能性と限界を探ってみた。

調査河川上流の6本の支流にそれぞれ5か所ずつ、合計30か所の調査地点を設け、淡水魚類相と底生動物相を調べ、同時に生息環境を計測した。淡水魚類は電気ショッカーを用いたシングルパス法により、また底生動物は調査地点中央の瀬頭で25cm四方のサーバネットを用いて採集した。使用した統計モデルは回帰木(RPART)である。

魚類調査では、淡水魚類9種とスジエビを採捕した。また底生動物調査では水生昆虫など58分類群を採集した。淡水魚類の生物モデルでは決定係数の平均が0.400(レンジ0.240-0.607)、リモセンモデルでは0.269(0.119-0.607)であった。また底生動物の生物モデルでは平均0.346(0.113-0.721)、リモセンモデルでは0.224(0.067-0.628)であった。個々の魚種や分類群の生息密度を推定するモデルよりも、種数や多様性、摂餌機能群の現存量などを推定するモデルにおいて、リモセンモデルでの決定係数の低下が著しい傾向が淡水魚、底生動物ともに認められた。河川生態系の生物多様性や群集構造に関わる属性はリモートセンシングによる推定が難しく、生物学的な情報が欠かせないことが分かった。

## F1-07

## カバキコマチグモにおける営巣に関する環境選好性

弘中豊, 安倍弘(日大院・生物資源科学)

カバキコマチグモのメスは、繁殖期である夏にススキなどの単子葉植物の葉を折り曲げて産卵用の巣(産卵巣)を作る。多くの生物にとって、産卵場所の選択は自身の繁殖成功を左右する要素の1つであるが、本種では母グモが産卵後に自身の子グモに食べられる「親食い」が行われることから、繁殖機会が1回しかなく、産卵場所の選択はより慎重に行われる可能性がある。野外で本種の産卵巣の分布を調べたところ、巣はある特定の場所に生えている植物に作られる傾向があった。そこで本研究では、産卵の為の営巣場所の選択に当たって、どのような環境要素が関わっているのかを検討した。

相模原市と札幌市に調査区を設定し、それぞれの調査区を1m×1mの格子状の区画に区切った。それらの区画の中で、産卵巣が作られるススキなどの植物が優占する区画を植物区画とし、各植物区画に隣接する区画を隣接区画として類別した。植物区画については、産卵巣の数の他に、営巣に関わる環境要素として、樹冠被度、積算照度(午前・午後)、土壌水分含量、巣が作られている植物の草丈・葉長・葉幅を計測した。一方、隣接区画については、環境要素として巣が作られている植物の被度、全ての植物の被度、樹木が優占している(枝や葉に覆われている)区画の数、植物区画よりも草丈が低い植物が生えている区画の数・高い植物が生えている区画の数をそれぞれ計測した。

調査で得られた植物区画内の産卵巣の数と植物・隣接区画における環境要素の計測値について、産卵巣の数を環境要素から説明づける為の統計モデルを構築し、営巣場所の選択に大きく関わる環境要素の特定を試みた。

## F1-06

## 沖縄本島におけるマングローブ林の構造と河口形状の変化履歴との関係

\* 竹村紫苑(徳島大・院・建設), 鎌田磨人(徳島大・工), 赤松良久(東京理科大・理工)

マングローブ林は、河口前縁の新規堆積地でのパイオニア種の定着と、洪水・波浪による侵食・破壊を繰り返す。それが成長し始めると、マングローブが土砂を補足して河床の複断面化を生じさせ、遷移後期種の侵入の動因となる。遷移後期種が優占する林分となると、それはギャップ更新で維持されるようになる。そして、最終的に陸生植物との混合林へと推移する。これがFromard et. al(2004)が人為活動の影響が及んでいない場で描いた、マングローブ林の推移に関するシナリオである。

日本では、特に沖縄本島でのマングローブ生育地は河川改修によって改変されている。河口域での流路工事による滞筋の固定化や、河口狭窄部での橋脚の設置は土砂の堆積過程に大きな影響を及ぼしていると思われる。このような改変された河口域で、マングローブ林の構造や地形との対応、また、河川改修の歴史や規模を把握・比較することで、改変されたマングローブ生育地での維持・推移過程が、自然状態からどのように遊離してくるかを把握できると思われる。そのため、沖縄本島の大浦川、億首川、宜野座福地川それぞれのマングローブ林で、最河口部から縦断方向に3つずつコドラートを設置して毎木調査を行い、同時に河床横断面測量を行った。また、1945年～2005年の空中写真を用いて、河口形状とマングローブ林の空間変化を把握した。

その結果、1)橋の建設に伴い河口幅が縮小した後、最前面のマングローブが河口部に向かって拡大することが確認された。2)上流域に行くほど複断面化が進んでおり、億首川および宜野座福地川ではメヒルギ優占林からオヒルギ優占林へと変化したことが確認された。3)河口最前面の河床断面は河口幅の広い大浦川ほど緩やかで、億首川、宜野座福地川の順に急であった。これらから改変河川でのマングローブ林の健全性について論じる。

## F1-08

## 河川高水敷の火入れ管理が春植物の生育環境に及ぼす影響

\* 泉団, 吉川正人(東京農工大・農)

栃木県那珂川中流部では、周辺耕作地の病害虫対策として、毎年2月にオギが繁茂した河川敷への火入れが行われている。これまでの調査で、火入れがおこなわれたオギ草原では、火入れされない場所に比べて出現種が相当に入れ替わり(jacardの共通係数0.4)、林床生の春植物が多く出現するなど特異な植物相をもつことが明らかになっている。火入れによって小型の林床生春植物の生育が可能になるのは、オギの枯死やリターの焼失により、春季の光環境が良好になるためではないかと考えた。これを確認するために、4月上旬から7月上旬にかけて火入れ区と非火入れ区の光環境の比較、および火入れ区内での春植物(レンブクソウ、ヒメニラ、キクザキイチゲ)のフェノロジー調査を行った。

光環境の調査は約10日ごとにその間の積算日射量を高さ5cmから160cmまでの8段階で測定し、群落最上部の自然日射量に対する相対値を算出した。4月中は高さ80cm以下では火入れ区はほとんど被陰を受けておらず、非火入れ区との日射量の差が大きかったが、その差は5月下旬頃にはほとんどなくなった。

フェノロジーの調査は約10日ごとにパッチ単位で展葉期間および開花、結実の時期を調査した。レンブクソウは、4月上～中旬に開花個体、4月下旬～5月下旬にかけて結実個体がみられた。また、5月に入ると葉が枯れるシュートがではじめ、5月下旬までにほとんどの地上部が消失した。キクザキイチゲもこれに類似したフェノロジーを示し、ヒメニラはより早い5月上旬の段階で消失した。

この結果、(1)火入れ区では非火入れ区に比べ、4月の地表面近くの相対積算日射量が大いこと、(2)3種の春植物は、火入れ区で相対積算日射量が大い4月に展葉期の中心があることがわかった。したがって、2月の火入れはオギ草原における春植物の生育にとって、光環境のうえで有利に働いていることが明らかであった。

## F1-09

## 慣習・制度下でのコモングの維持システムの進化ゲーム解析

\* 中丸麻由子 (東工大・社理工), 小池心平 (東工大・社理工), 辻本昌弘 (東北大・文)

コモングにおける持続可能な生態系利用を模索することは生態学にとって重要なトピックである。公共財ゲームでは、参加者がある額を投資し、それをプールして利息を加えたものを全員に均等分配する。地球温暖化問題では、二酸化炭素削減に協力するしないに関わらず、全員が地球環境より同じ利益を受けることが多く、公共財ゲームは的確にモデル化したものといえよう。一方で、別の構造の場合もある。例えば、全員が一斉に農業用水を使うよりは、水路を使う順番を決めたほうが作物の育成を促す場合などである。つまり、輪番で一人ずつ利益を受け取るという取り決め(制度や慣習)が効率的な場合である。そこで上記のような状況を回転非分割財ゲームと定式化し、制度・慣習が維持する条件を検討する。

本発表では回転非分割財ゲームの適用例として、rotating savings and credit association を取り上げる。日本では頼母子講といわれ、世界中に普遍的に存在する、資金を集めるための慣習的制度である。例えば、10人で講を作り、1人につき1万円を出資すると10万円ほどプールされ、1人が受け取る。これを10回ほど繰り返すと全員が資金を受け取る。早く資金を受け取るほど、事業に投資して利潤を上げることも可能となる。すると一番利益を上げるのは、初めに資金を受領後、出資をやめる人(デフォルト)となる。もし多くの人がデフォルトをしてしまうと、講が維持できなくなるだろう。そこで進化シミュレーションを用いて、回転非分割財ゲームを基に、講が維持するために必要な慣習ルールを探った。すると、個人の評判の善悪によって講への加入者を決めるだけではなく、資金受領前に投資をしなかった人は資金受領権利を失うというルールがあって初めて、デフォルトを防ぎ、講が維持される事が分かった。

## F1-11

## 二次林の植生攪乱に対する植物と地表徘徊性甲虫群集の反応の違い

\* 渋谷園実 (東大院・新領域), 久保田耕平 (東大院・農), 大澤雅彦 (東大院・新領域)

本研究は二次林における小規模スケールの植生攪乱(管理)が、植物の再生及び地表徘徊性甲虫群集に与える影響を明らかにすることを目的としている。国営武蔵丘陵森林公園(埼玉県)内の放置コナラ二次林において2004年春にフィールド実験区を設置し、樹木伐採・下刈り・落葉かきといった植生攪乱を加え、その後の植物の再生と地表徘徊性甲虫の反応を2004年、2005年、2006年、2007年の4年間にわたり調査した。植物の再生については、下刈りによって多くの新しい種が侵入しその多様性が増加した。樹木伐採は、強い環境の変化を引き起こし、植物の再生量に影響を及ぼした。一方地表徘徊性甲虫に関しては、樹木伐採が種の多様性を大きく増大させ、その個体数には落葉かきが影響を与えた。

この結果からたとえ経済的な理由から従来のような広範囲にわたる大規模な二次林管理ができなくても、少ない労働力による限られた範囲の小規模スケールの樹木伐採でも二次林の生物多様性の保全は可能かも知れないことがわかった。また、それぞれの植生攪乱(樹木伐採、下刈り、落葉かきなどの実験処理)に対して植物と地表徘徊性甲虫の反応が異なっていたことから、樹木伐採に下刈りと落葉かきを組み合わせた管理が健全な手法となりうる事が示唆された。最後に、地表徘徊性甲虫は小規模スケールの植生攪乱に大変鋭敏に反応したので、このような小規模攪乱を基本にした管理方法のモニタリング手法としてその活用を提案したい。

## F1-10

## The Dynamics of Insect (As a Biological Indicator) from the Pristine to the Disturb Landscape in Central Java Indonesia

Karuniawan Puji Wicaksono\*, Efsa Caesariantika, Nobukazu NAKAGOSHI, Hiroshima University

Assessment of Insect from the forest area to the disturb area has been used to determine the variety and distribution of Insect along the change in the Eastern slope of Sewu Mountain, Wonogiri Regency, Central java Province of Indonesia. Using analysis of variance on several trapping method on the ground and canopy difference by the night and day period during rainy season and dry season on 2008 resulted the significant difference on each landscape's biodiversity. Lepidoptera, Hemiptera and another foraging family increase from the forest to ricefield landscape while Diptera and Coleoptera decrease respectively. Using four insect families (Lepidoptera, Hemiptera, Diptera and Coleoptera) as the indicators showed there are no significant difference between protected forest, plantation forest and agroforest, while in the monoculture rice was dominated with Lepidoptera and Hemiptera. Agroforestry environment has high potential to develop for maintaining biodiversity even in the disturb environment

## F1-12

## 里山林管理施行によるオサムシ科甲虫の種多様性の増加

\* 近藤慶一 (名城大・院・農学), 松本和馬 (森林総研多摩), 日野輝明 (森林総研関西), 新妻靖章 (名城大)

里山林は管理施行によって、様々な森林環境が存在し、そこに生息している生物の種多様性を高く維持しているといわれている。一般的な里山林に関する知見は「高度経済成長期以降、薪炭の需要低下を原因とした里山林の面積の減少や放置林化が里山林に生息する生物の種多様性の減少をもたらす」というものであり、保全の視点からその管理施行の重要性を指摘する意見は多い。しかしながら、里山林に関する研究の多くは下草刈り、落ち葉掻きなどの林床管理の影響を評価した例が多く、皆伐による管理の影響を調査した例は報告されていない。

本研究の調査地である兵庫県猪名川町の里山林は池田炭の産地として知られており、現在でも皆伐による里山林の管理が行われ、様々な林齢の森林が存在している。演者は、皆伐による里山林管理がオサムシ科甲虫の種多様性に与える影響を明らかにすることを目的として、2007年~2009年に薪炭管理林(皆伐後1年目、3年目、7年目 ※2007年時点)、薪炭放置林、アカマツ放置林の3つの調査区において、ビットフォールトラップを用いてオサムシ科甲虫の採集を行った。

その結果、採集されたオサムシ科甲虫の種数は薪炭管理林で最も高い値を示した。薪炭管理林の各年次における個体数及び種数の年変化をグラフに表すと、種数は皆伐後1年目から2年目に年次が経過すると上昇し、3年目から5年目まで高い値を示したが、8年目から9年目で減少した。また、DCA(除歪対応分析)による解析の結果と採集結果から、薪炭管理林で特徴的な種が多く存在していた。

従って、皆伐を行なう里山林管理は皆伐後の2~5年目の比較的初期の年次において薪炭管理林に特徴的な種の多くが採集されることによって、オサムシ科甲虫の種多様性が高まると考えられる。

## G1-01

## コバノガマズミにおける自家不和合性の崩壊

\*吉本敦子(石川県白山自然保護センター, 金沢大学・院) 木村一也, 木下栄一郎(金沢大学環日本海域環境研究センター)

植物の種子生産を制限する要因には、受精前、受精時、受精後、に働くものが知られている。受精前の要因として花粉(媒介者)制限、受精時の要因として自家不和合性、受精後の要因として近交弱勢、等がある。また、被子植物の約半数は自家不和合性による外交配を行っている(Igic and Kohn 2006)。ミヤマガマズミとコバノガマズミは、しばしば同所的に生育し、開花時期はある程度重なっている。

演者らは両種の交配様式を比較するために、同所的に生育する両種からそれぞれ20個体を無作為に選び交配実験を行った。個体ごとに、開花前の花序内のつぼみ数を記録し、袋掛けを行った。開花とともに以下の処理を行った: 1. 他家受粉; 2. 自家受粉; 3. 無処理=袋をかけたまま放置; 4. コントロール。1, 2, 3は開花が終了したらずぐに袋をはずし、1週間ごとに花序内に残っている果実数を開花終了後22週まで記録した。第22週に果実を採取し重量等を計測して発芽実験を行った。今までに行った実験から、コントロールを含めた4処理の受精成功は開花終了後3週間後の果実の生存率で推定できることがわかっていく。

2005年から2007年まで行った3回の実験の結果、ミヤマガマズミではすべての個体がいずれの実験でも自家不和合性を示した。一方、コバノガマズミでは自家不和合性の程度には個体間に大きな差があった。約半数の個体は3回の実験ともに完全な自家不和合性を示した。残りの個体は自家受粉実験で高い受精成功率と稔性のある種子を生産したが、その程度は個体によって大きく異なった。2種の交配実験の結果を比較すると、調査を行ったコバノガマズミ集団は、もともと自家不和合性であったが、現在自家不和合性が崩壊している状態であること、を示唆している。

## G1-03

花成制御の数理モデル: 花成抑制遺伝子 *FLOWERING LOCUS C* のエピジェネティックな制御

佐竹暁子\* (北大・創成), 藤佐庸 (九大・理)

植物が季節変化にตอบสนองして開花にいたる過程を、開花誘導の鍵となる遺伝子の発現制御機構に基づいてモデル化した。

シロイヌナズナの花成抑制遺伝子である *FLOWERING LOCUS C* (*FLC*) の発現量は、夏期の高温状態では高く、開花を抑制している。冬期に長期間の低温を経験することによって、*FLC* 発現量が緩やかに低下し、その結果春先に花成が誘導される。これによって冬の低温を経験しない個体が間違えて秋に開花することを防ぐ。しかしいったん冬を経験した後、春に気温が上昇しても *FLC* 遺伝子の発現は低いままである。*FLC* 遺伝子の発現はヒストン修飾のエピジェネティックな機構で制御されているが、このような低温に対する応答を可能にするヒストン修飾機構は不明である。

本研究では、*FLC* 遺伝子座におけるヒストン修飾の数理モデルを開発し、低温にตอบสนองした開花時期制御の仕組みを説明する。そのキーポイントは1細胞レベルで *FLC* 転写の抑制状態と活性化状態が力学的に双安定となることにある。*FLC* 遺伝子座に多数含まれるヒストンのそれぞれは、活性的修飾、非修飾、抑制的修飾の3つの状態間を遷移する。活性的修飾が抑制的修飾に遷移する確率は、低温のもとで高くなり、また抑制的修飾を受けたヒストン数に比例して増加する正のフィードバックを受ける。最初は全てのヒストンが活性的修飾状態にある。低温シグナルの受容に伴い抑制的状態への遷移が始まる。双安定のために、*FLC* の発現が抑制された細胞と活性化された細胞が混ざり合い、個体全体では緩やかに発現抑制が生じ、春に再び気温が上昇しても、発現量は低く維持され開花にいたる。

このモデルにより、一年草と多年草の違い、適応する緯度による植物の応答性の違い、別の緯度に移植したときの変化などが説明できる。

## G1-02

## 北海道函館地方における個体レベルでのブナ開花量10年間の動態

\*阿部友幸(北海道立林業試験場), 佐竹暁子(北海道大学), 今博計, 長坂晶子(北海道立林業試験場)

北海道函館地方において、1haの方形区に生育する約180個体のブナについて2000年から2009年まで10年間、開花量のモニタリングをおこなった。2000年、2005年に多くの個体で大量開花が認められた一方、翌年の2001年、2006年はほとんど個体に開花が見られないという、開花量の大きな年変動と強い同調性が認められた。その他の年は強い同調性は見られなかったが、個体レベルでは大量開花と少量開花を年ごとに繰り返す、という年変動が認められた。

以上のような開花動態データをもちい、開花同調の資源収支モデル(Satake and Iwasa, 2000)を検証した。まず繁殖後の資源枯渇が繁殖量の変動をもたらすのかを検証した。資源減少係数  $k$  は、Rees et al., (2002) の資源再構成法によって推定する。次に、開花量の集団平均と別途シードトラップデータから推定した受粉効率の関係より花粉制約の強さ(ベータ)を求める。資源収支モデルに1) 花粉結合の有無, 2) 花芽形成の気象合図(Kon and Noda, 2007), 3) 生育期の気象, 等を入れたモデルを作成し、どの要因を組み込んだモデルが個体の年変動の値(CV)および同調性( $Sy$ )を最もよく説明するかをくらべ、ブナにおける開花量の変動と同調のメカニズムを推定する。

## G1-04

## 無胚乳種子の進化: 雄親の逆襲

酒井 聡樹(東北大・生命科学)

被子植物の種子には以下の3型がある。

- 1) 有胚乳種子。
- 2) 無胚乳種子: 胚が早期に胚乳を吸収してしまい、胚が、母体から直接資源を吸収するようになる。
- 3) 無胚乳種子: 種子完成時には、胚による吸収のために胚乳は消失している。しかし、種子発達時には胚乳が存在しているため、胚による直接吸収は行われない。

なぜ、このような3型が進化したのであろうか。

本研究では、資源吸収における雌雄の対立が3型の進化をもたらしたという仮説を提唱する。多くの被子植物では、胚乳のゲノム比は雌親由来: 雄親由来 = 2: 1である。そのため資源吸収において、雌親の要求が通りやすい状況にある。一方、胚のゲノム比は雌親由来: 雄親由来 = 1: 1である。したがって、胚による直接吸収が行われれば、雄親の要求が通りやすくなる。そのため、胚による直接吸収を巡る雌雄の対立が生じうる。

ゲーム理論を用いて、この仮説が働くかどうかを調べた。受精胚乳の胚乳は、母体からの資源吸収を開始する。つづいて、胚による、胚乳からの資源吸収が起こる。種子成熟前に胚乳が完全に吸収された場合は、胚による母体からの直接吸収が起こる。こうした吸収速度には、雌雄由来の遺伝子がそのゲノム比に応じて影響する。胚乳による母体からの吸収・胚による胚乳からの吸収・胚による母体からの直接吸収のそれぞれには、過吸収成長による死亡コストが伴う。種子発芽にかかる時間が短くなるため、胚乳よりも胚に資源を貯蔵しておく方が有利である。

解析の結果、以下のことがわかった。有胚乳種子は、胚による胚乳からの吸収と胚による母体からの直接吸収の死亡コストが高い場合に進化する。上記2)の無胚乳種子は、胚による母体からの直接吸収の死亡コストが低い場合に進化する。これら以外の場合(上記3)の無胚乳種子が進化する。この場合、種子完成時に胚乳がちょうど消失することが進化的に安定である。

## G1-05

## 暗い林床を生き抜く術：光環境の季節性に応じた夏緑性植物ミミコウモリの資源利用戦略

井田崇\*, 工藤岳 (北大・地球環境)

冷温帯落葉広葉樹林に生育する夏緑性植物は、林冠閉鎖前の強光環境で開葉し、閉鎖後の弱光環境でゆっくりと晩夏まで成長し開花結実する。林冠閉鎖後に古い葉を維持しながら順次展葉する高茎草本は、弱光環境を利用していると予想される。また、生育期間中に異なる光環境(強光・弱光)の両方を利用する炭素固定様式は、成長と繁殖への資源投資の季節的なパターンを反映しているだろう。そこで、多年生の夏緑性高茎草本植物ミミコウモリにおいて、生産と資源分配の季節変化および繁殖コストとその関連性について調査した。単位面積あたりの光合成速度( $A_{area}$ )は光有効性に合わせ低下したが、個体としての炭素獲得量は林冠閉鎖後の葉面積の増加により強光環境と同程度に行っていた。地下茎の貯蔵資源は、春先の地上部成長に貢献しており、開花期までに当年の成長を完了した。花維持は光合成産物をすぐに転流することにより支えられていたが、果実成長期には $A_{area}$ が低下するためその貢献は小さかった。これらのことから、繁殖活動は開花期中の光合成産物により行われており、貯蔵器官の成長とは時間的に分離していることが明らかになった。ミミコウモリは、弱光環境に馴化した葉により夏の間、安定した炭素固定を行うことで高い生産性を維持し、炭素獲得に見合った繁殖活動により高い種子生産能力を維持している。

## G1-07

## クワズイモ(サトイモ科)の中性花は送粉者への報酬器官であった：開花時には花蜜を分泌し開花後には腐って幼虫の餌となる

\*高野(竹中)宏平(長崎大・熱研), 片桐千円(北大・低温研), 屋富祖昌子(元・琉大・農), 戸田正憲(北大・低温研)

タロイモシヨウジョウバエ属の*cristata*種群はサトイモ科タロイモ連の宿主植物と密接な送粉共生関係を結んでおり、花序・果実序上で産卵・発育する。これらのハエは一生のほとんどを宿主植物上で過ごすと考えられるが、成虫が何を食べているのかは今まで不明であった。

2007年5月に沖縄のクワズイモ(*Alocasia odora*)中性花部下を舐めるタロイモシヨウジョウバエ(*Colocasiomyia alocasiae*および*C. xenalocasiae*)が観察された。2009年5月に中性花部を食紅で着色し、その花序を袋掛けして中にハエを導入し、1-3日後にハエを回収・解剖すると、着色された消化管内容物が確認された。さらに中性花部下の不稔雄薬からは透明な甘い浸出液が分泌されることが確認された。開花期の花序を中性赤(Neutral Red)染色液に浸漬すると中性花部下の不稔雄薬がよく染色され、その切断面を実体顕微鏡で観察すると、蜜線と思われる粒状組織の分布が見られた。

サトイモ科植物の不稔雄薬の役割としては、1)雄花よりも花序下部にある雌花に花粉が掛からないように仏炎苞が物理的に遮断(自花受粉を避けるために雄花と雌花を異所的に隔離)する際の際離帯、2)草食性甲虫などが送粉者である場合に不稔雄薬・不稔雌薬自体が餌(報酬)となると考えられてきた。クワズイモの中性花部下には集中的に産卵が行われ、不稔雄薬は開花後すぐに腐ることから、これらの不稔雄薬は、送粉者の成虫・孵化幼虫双方に栄養豊富な報酬を提供していると考えられた。これは著者が知る限り不稔雄薬の機能に関する新しい解釈であり、タロイモ連からの花蜜の初めての報告である。本発表では、花蜜の構成成分についても報告する。

## G1-06

## 可変性二年草ハマサジの開花齢と稀にみられる多回繁殖

\*荒木悟, 國井秀伸(島根大・汽水域研セ)

二年草とされるハマサジ(イソマツ科)について、発芽から開花までの年数、及び、実生数、結実率と地形の関係を調べた。太田川放水路(広島市)沿岸の干潟では、標高1.4m付近の平坦部と、より低い側の斜面に、ハマサジ等の塩生植物が生育する。発芽は3~6月(稀に晩秋)、開花は7~12月(主に8~10月)に見られる。2006年春の実生の出現は平坦部に多く(228~650/m<sup>2</sup>)、斜面では少なかった(31~147/m<sup>2</sup>)。2006年に発芽した個体の開花齢を調べたところ、その年の9月まで生存していた個体のうち3%が発芽1年目でありながら開花した。しかし、発芽から2年目の2007年でも、花期まで生存していた個体のロゼットのうち開花したのは10%だった。同様に、2008年の開花率は36%、発芽4年目にあたる2009年の開花率でも44%であった。発芽率は年ごとに上昇したが、開花ロゼット数は、発芽3年目の2008年が最大だった。2006年に発芽したものの一部は、2009年12月の時点で未開花のまま生存しており、これらの開花は、発芽5年目以降になる。この調査の過程で、複数のロゼットを形成する個体が稀に見られた。このような個体の中には、ロゼットによって開花する年が異なるケースがあり、個体レベルで見ると多回繁殖になっていた。調査地では、ミツバチを中心に、膜翅類、双翅類、鱗翅類の訪花が見られた。2006年の結実率は、標高1.4m付近の平坦部と0.4~0.8mの斜面で有意に異なった(それぞれ66%、40%)。低い方が満潮に伴う水没時間が長いこと、受粉可能な時間が短い、または、花粉や花蜜が流出するといった影響を受けると考えられる。

## G1-08

Sagebrush (*Artemisia tridentata*)の生長と繁殖に及ぼす食害および防衛反応誘導時期の影響

\*石崎智美, 大原雅(北大・院・環境科学), 塩尻かおり(京大・生態研センター), Richard Karban (UC, Davis, Department of Entomology)

植物の中には、昆虫などの食害を受けると適応度の低下を防ぐために様々な反応を示すものがある。その例として、その後の食害を軽減させる誘導防衛反応や、植物側の生長や繁殖を変化させる補償反応などがあり、その反応は、食害を受ける時期により質的・量的に異なることが知られている。

Sagebrushは北米の乾燥地帯に生育する低木種で、葉が傷つくと被害部位から強い匂い(揮発性物質)を放出し、被害個体は自らが放出する匂いを受容することで防衛反応を誘導する。この匂いは、近隣に生育する無傷の他個体の防衛反応も誘導し、この現象は「植物間コミュニケーション」と呼ばれる。また、先行研究では5月の展葉期に匂いを暴露した場合に最も食害が減少することが示されている。本研究では、食害および匂いの放出・受容時期の違いがその後のsagebrushの生長および種子生産とどのような関係にあるのかを明らかにすることを目的とした。そこで、カリフォルニア州の野外集団において、隣接して生育する2個体を選び、そのうち片方の個体に5月(展葉期)または7月(花序形成期)に個体あたり25%の葉を切除する摘葉処理を行い、9月の結実期に摘葉個体および無傷の隣接個体(匂い暴露個体)の個体サイズの増加量と花柄乾燥重量を測定した。その結果、摘葉個体では5月の摘葉処理により花柄生産量が減少した。従って、展葉期の食害は個体の適応度を低下させる可能性が高く、この時期に防衛反応を強く誘導することが重要であると考えられた。一方、匂い暴露個体では7月の摘葉処理により個体サイズおよび花柄生産量が増加した。このようにsagebrushでは、食害を受ける時期により異なる反応を示し適応度の低下を防ぐことが示唆された。

## G1-09

## 果実食鳥類のFruit tracking? - 地域スケールでみた果実生産と鳥飛来数の対応関係 -

\* 木村一也 (金沢大・環日本海セ), 田辺慎一 (国際自然環境アウトドア専門学校), 中村浩二 (金沢大・環日本海セ)

果実食鳥類による果実資源の追跡移動 (fruit tracking) は、鳥散布植物の種子散布成功に強く影響すると考えられる。fruit tracking が支持されてきた背景には、「果実密度の季節変化に応じた果実食鳥類の密度変化」を示してきた局所的研究の蓄積がある。時間・空間的に予測しにくい果実資源の分布に対して、果実食鳥類は柔軟に移動しながら果実を消費していると推測される。一方、年ごとに動態が異なる、鳥類密度と果実消費量の変化が一致しないなど fruit tracking が支持されなかった例も報告されている。これらの違いを引き起こす主要因として、調査スケールの問題が考えられる。本研究では、局所規模から地域規模 (10 ~ 100km) までの果実密度と果実食鳥類密度を定期的に調査し、それぞれのスケールの果実 - 果実食鳥類の季節対応パターンを明らかにして、fruit tracking が見出されるスケールの検証を試みた。

石川県北部から南部にかけて点在する 10 カ所の林分で、2003 年から 2005 年までの秋冬季 (9 月 ~ 翌 1 月) にみられた果実と果実食鳥類の密度を調査した。その結果、群集レベルの季節対応は一部の調査地で認められたが、局所的な季節対応を支持するような傾向はみられなかった。同様に、地域スケール (10 調査地平均値) でも明瞭な季節対応はみられなかった。これらの結果から、果実食鳥類の移動は果実資源の分布パターン以外の要因によっても決定されると考えられるが、発表ではさらに主要鳥種と利用樹種との直接的な季節対応についても言及しながら、調査スケールと季節対応の関係について考察する。

## G1-11

## 河畔林におけるアキグミの種子分散の時空間的パターン

\* 郡 麻里 (首都大・理工・生命 (客員研究員), 中越信和 (広島大・院・国際協力), 可知直毅 (首都大・理工・生命)

河道内に繁茂する樹木は本来ヤナギ科など風散布型の細かい種子をつける種が主であるが、近年はアキグミなど動物散布型の比較的大型の液果をつける樹種も河川の砂礫堆に大群落を形成する事例が報告されている。河原でアキグミ群落が増した原因は、護岸工事により河道が直線化され流路が狭められた結果、河床が深掘れし、砂州が相対的に陸地化して植物の生育立地自体が洪水で破壊されるような大規模攪乱を受けにくくなったこと、およびダム建設等により上流からの砂礫の供給が制限され河床に巨礫が露出するなど、アキグミの定着・生残に適した立地が人為的に広く形成されたことが指摘されている。一方で、定着年代は、たまに起こる大規模な晩秋の洪水の翌年に一致していることから、「種子など細かい粒子は運ぶが小石などの礫は運ばない」レベルの掃流力の洪水が 2 次的に種子散布を担っている可能性が出てきた。

そこで、本研究では、河道内のアキグミの群落形成や分布拡大の要因を探り今後の群落動態を河川攪乱と関連させて予測するための基礎情報として、実際に秋洪水のない年にどの程度の効率でアキグミの果実が鳥に利用されているか、および河道内のどのような空間に種子が供給されているのかの実態を定量化した。徳島県吉野川中流域の砂州上にランダムにシードトラップを設置し、同時に袋掛け実験で果実の持ち去り量と時期を把握した。果実食鳥類のセンサス結果および散布パターンから、河原のアキグミは他の樹種と比較しても潜在的に高い種子散布効率を持つことが示された。たまたま系統的に獲得していたグミ科の特性と窒素固定細菌との共生による大量の種子生産が、現在の微妙な河川環境に「外適応」した様である。謝辞：トラップ設置にあたり国交省徳島河川国道事務所および徳島大工学部の鎌田磨人教官研究室にご協力頂いた。

## G1-10

## 優占樹種の結実豊凶が散布者を共有する低密度樹種の種子散布に及ぼす影響

\* 直江将司 (京大・生態研), 酒井章子 (地球研), 正木隆 (森林総研)

種子散布は植物の数少ない移動分散の手段であり、植物の分布や動態を理解する上で欠かせない現象である。液果樹木では、種子散布は果実食者 (鳥類や哺乳類など) によって行われる。一般に、液果樹木の種子散布は植物と果実食者間の直接的な相互作用の結果とされる。しかし、果実食者を介した樹木間の間接的な相互作用も種子散布に大きく影響する可能性がある。例えば、複数種 (個体) で同時に結実し、果実密度が高くなれば果実食者が誘引され、種子は 1 種 (個体) で結実した場合よりも散布されるかもしれないが、果実密度が高くなり過ぎ、餌として飽和すれば種子は十分に散布されないかもしれない。しかしながら、樹木間の相互作用は種子散布への影響要因として、これまで殆ど研究されてこなかった。発表者は、優占樹種の結実豊凶によって、果実食者を共有する低密度樹種の種子散布は大きく変化するのではないかと考えた。

調査地は茨城県にある約 100ha の冷温帯林、小川試験地である。優占樹種ミズキの結実年には森林の果実密度は不結実年の 12 倍にも達する。本研究では、6ha 永久プロットに格子状に 327 個の種子トラップを設置、液果樹木の結実期間である 6 月から 12 月にかけて 2 週間毎に種子を回収し森林の果実密度を求めた。また、回収種子からミズキと低密度樹種 5 種について樹種毎に、果実食者による種子の持ち去り率、持ち去り量、散布距離、散布時期を求めた。回収種子に果肉が無ければ果実食者によって持ち去られた種子とした。

この研究では、3 年間の結果にもとづいて、(1) 優占樹種の豊凶は、果実食者を介して低密度樹種の種子散布 (持ち去り量・率、散布距離・時期) に影響するのか、(2) その影響は低密度樹種の特性 (結実期や果実食者相) によってどのように異なるのか、を検討する。

## H1-01

パナマの毒ガエルの体色分化を説明する量的遺伝モデル：  
配偶者選択はランダムドリフトを強化するか？

\* 巖佐 庸 (九大・理)・Tazzyman, S. (UCL, UK)

中米にすむヤドクガエル *Dendrobates pumilio* は強力な毒をもち、捕食者に対して目立つ体色をする。中米全域では1つの体色タイプが占めるが、パナマの Bocas del Toro 諸島では、小さな島ごとに体色の異なる約15の表現型に別れている。雄は子の世話を行わず雌による配偶者選択が長時間にわたる。

これに対して同じ諸島に分布する近縁種の毒ガエル2種は、島でも中米本土と同じ体色をしている。これら2種では雄が子の保護を行い、雌による配偶者選択は弱い。

島の個体数は小さいために体色に関するランダムドリフトがはたらく。近縁2種と違って *D. pumilio* だけが島ごとに異なる色に分化している理由として、雌による配偶者選択がはたらくとランダムドリフトが強くなるとする仮説が提案されている。

我々はそれを量的遺伝モデルによって解析した。体色を1次元の実数  $x$  とし、雌が好む雄の体色を  $y$  とする。集団の有限性によるドリフトと自然淘汰・生と歌を表す確率差分方程式を導いた。その結果、「配偶者選択の遺伝分散が体色のものよりも大きく、配偶者選択の効率がよくそのコストが小さい」という状況では体色に関するランダムドリフトが性淘汰によって促進されることがわかった。しかし「配偶者選択の遺伝分散が体色のものよりも小さい」とすると、雌の配偶者選択が体色のドリフトを抑制する。

Tazzyman, S.J., and Y. Iwasa. 2010. Sexual selection can increase the effect of random genetic drift. *Evolution* (in press)

## H1-03

## コイヘルペスにおけるパンデミックへの対策

\* 大森亮介 (九大シス生)

コイヘルペスウイルスはコイ (*Cyprinus carpio*) に感染し非常に高い死亡率を持つウイルスであり、1998年以降世界の幅広い地域で流行している。日本でも2003年に流行が起き多大な被害が生じた。

コイヘルペスウイルスは水温に応じて感染力や死亡率が変わるという特徴を持っており、この特徴から対策として、水温を管理し感染や死亡が起きない水温に一時的に維持する方法が考案された。この処置の効果を感染症拡大ダイナミクスを表現するSEIRモデルで検討した。

処置の方法によっては処置をしない状態よりも死亡個体が増加する状況や、出荷時のコイにウイルスが潜伏している状態のコイが多数存在する様な状況が生じやすい事が確認された。以上の様に水温管理による処置は更なる被害拡大の危険性を有しており、コイヘルペスウイルスの流行が確認された場合の処置は、適切且つ詳細な水温管理が不可能な場合コイの全量処分、ワクチンの使用が望ましい。

## H1-02

必須資源をめぐる競争によってプランクトンの多様性の  
パラドクスは進化的に解けるのか？

\* 水野 晃子 (総研大・葉山), 佐々木 顕 (総研大・葉山)

均一と考えられる環境中に、予想される資源の数よりも多くのプランクトンの種が共存していることをプランクトンの多様性のパラドクスという。このパラドクスは、同じ資源を利用する種は共存できないという競争排除則からはずれるため、古くからさまざまな研究者の興味を惹いてきた。事実、植物プランクトンの様々な資源要求量を決定すると言われる体を構成する元素の比には、種によって大きなバリエーションがあることが知られている。

これまで、このパラドクスを解く仮説の一つとして、環境中の資源量がごく小さなスケールの時間的変動や空間的な異質性があることで、資源要求性の異なる種が資源の種類数よりも多く共存できるという考えが挙げられてきた。しかし、この時間変動と空間的異質性による多様性の維持は、植物プランクトンの資源要求性に進化を仮定することで、簡単にやぶられる。また、そもそも資源要求性の異なる種がどのようにして生じてきたのか？も明らかになっていない。例えば、二つの資源を巡る競争において、その資源が生物にとって必須である場合には、ただひとつの種からなる群集が収束安定でかつ進化的安定であることが示されている。しかし、このモデルには資源要求性のトレードオフが組み込まれておらず、現実の植物プランクトンに当てはめるには不都合である。

そこで、我々は植物プランクトンのための Adaptive dynamics モデルを構築し、植物プランクトンの資源要求性の進化について解析を行った。その結果、複数の資源をより均等に使う植物プランクトンに Generalist のコストを仮定すると、初期条件によって異なるタイプの植物プランクトンが進化することが明らかとなった。この結果は、同じ環境条件でも複数の集団が存在すれば、植物プランクトンの資源要求性の多様性は進化することを示している。

## H1-04

## 安定か振動か？捕食 - 被食の適応動態の運命

舞木昭彦 (九大理), 巖佐庸 (九大理)

生物の形質は表現型可塑性により時に劇的に、または進化によってゆるやかに変化する。2種が対抗的に形質を変化させることもあり、その場合両種の形質がエスカレートしていくのか、平衡に達するのか、振動が生じるのかと形質ダイナミクスの結末に興味を持たれる。一方で形質の変化が数のダイナミクスにどのような影響をもつのかという問題もある。

本研究では捕食者と被食者の攻撃・防御形質の適応ダイナミクスを単純な数理モデルにより解析し、形質ダイナミクスの運命(振動/平衡)を決める条件とやかに適応プロセスが数のダイナミクスに影響するのかを示す。

第1に、彼らの生活史特性(世代時間、進化形質に対する制約)から、適応ダイナミクスの結果として宿主-寄生関係は不安定化しやすく、捕食-被食関係はそれに比べ安定化しやすい傾向があることが示唆される。しかし餌処理時間と環境収容量の大きさによってはその傾向が逆転する場合があることが分かる。

その他に、[1] 適応速度が中庸の時に最も個体群動態が不安定化する現象(resonance)、[2] 一方の種の数が大きくゆれ、他種はほとんど揺れない現象(cryptic dynamics)、[3] 2種の個体数サイクルの位相が逆位相もしくは同位相になる現象(anti-phase, in-phase)などを発見した。

これらの発見と実験事実との関係を議論する。

## H1-05

## 強い者は生き残れない：環境変動説

吉村仁（静岡大学・創造院）

本講演では、2009年11月に発表した私の著書「強い者は生き残れない—環境から見た新しい進化論—」の概要を紹介する。さらに、著書後半で解説したリーマン・ショックに代表される現代経済の問題において、地球環境を考慮した有限経済学の観点から、世界経済恐慌を避けようとする経済政策を簡略に概説する。

従来の進化理論では、ダーウィンの進化論で自然選択という最適化プロセスによる適応進化のメカニズムを提唱された。近代生物学ではその選択プロセスが遺伝子やDNAレベルでの理解につながってきた。しかしながら、生物が環境のどのような要因に適応するかという問題は見過ごされてきた。そして、適応はしばしば特殊な環境への精密な最適化と見られてきた。

近年、環境変動が自然選択の最適化プロセスを変えることがわかってきた。一時的な適応度の最大化（つまり個体数の増加）ではなく、絶滅回避、すなわち長期的な存続というのだ。この視点から、強いこと—特定の環境で適応度の高いこと—は有利ではなく、長期的に変動して現れるどの環境でも「そこそこ」につよい—適応度が極端に低くならないこと—が長期的に有利なことが分かってきた。

この変動環境への適応から、生物進化の1つの方向性として、環境からの独立がある。環境から独立すれば、環境変動の影響を受けにくくなるのだ。環境からの独立は、悪環境からの逃避から人間が頂点の環境改変にまですすむ。そして、環境からの独立は共生・協力の進化によって達成されてきた。地史的には生物相の創出と絶滅を繰り返し、人類史では栄枯盛衰を繰り返して、共生・協力体制が生物や社会に進化したと考えられる。

最後にリーマン・ショックの未来と恐慌をさけるための経済政策として、現在の自由投資の制限、つまり本来の自由投資のあり方について解説する。

## H1-07

## アリ共生型アブラムシの分集団はメタ個体群になっている

\*八尾泉（北大・農）

アリと共生するアブラムシは、捕食者からの保護やコロニー内の衛生保持等の利益をアリから得ている反面、体サイズや胚子数の減少などのコストも負っている。また、共生アリが物理的・生化学的な方法でアブラムシの移動や分散を制限している研究例も蓄積されつつある。

本研究は、アリと共生することにより、アブラムシの移動・分散が制限され、交配集団が局所的となった結果、同系交配が増加するという仮説を microsatellite DNA マーカーと野外トラップ実験により検証した。

*Tuberculatus* 属アブラムシは、同属内にアリと共生する種としない種を含み、それらの成虫は季節・密度・アリ共生に関係なくすべて有翅虫となる。北海道では、カシワの葉にコロニーを形成するアリ共生型アブラムシ *T. quercicola* と非共生型の *T. japonicus* 及び *T. paiki* が同所的に観察される。北海道内の3地域11本のカシワから上記3種を8-32匹ずつ採集し、5つの microsatellite DNA マーカーで対立遺伝子数と遺伝子型を調べた。その結果、アリ共生型 *T. quercicola* の平均対立遺伝子数・平均ヘテロ接合度は、非共生型2種のそれらに比べて有意に低かった。また AMOVA は、アリ共生型 *T. quercicola* の地域間と地域内の遺伝的分化度が、非共生型2種のそれらに比べて大きいことを示した。さらにトラップ実験の結果、捕獲数/母集団は、*T. quercicola* (8/1342)、*T. japonicus* (52/200)、*T. paiki* (137/1315) であった。これらの結果から、アリ共生型アブラムシは、翅を有するにも関わらず、実際にはほとんど飛翔せず、狭い地域内においても木単位の分集団が孤立していることが示唆された。同様の結果は、ミズナラに分布するアリ共生型アブラムシ *T. sp. A* においても確認された。

## H1-06

## アブラムシの翅型運命を決定する密度シグナルの解析

\*石川麻乃、三浦徹（北大・環境科学）

生物は環境に応じて表現型を可塑的に改変させる。このような性質を表現型可塑性と呼ぶ。このうち、最も極端な現象である表現型多型では、生物は環境刺激に応じて形質を劇的に変化させ、複数の異なる表現型を生み出す。表現型多型の核となるのは、連続的な環境情報を不連続なシグナルに変換し、複数の表現型を生み出すスイッチ機構である。表現型可塑性や表現型多型の進化を考える上では、この機構を分子レベルで理解することが不可欠である。しかし実際の知見は殆ど無い。

アブラムシは春から夏の胎生単為生殖世代で、密度刺激に応じて有翅/無翅という翅多型を示すことが知られている。我々はこれまでソラマメヒゲナガアブラムシ *Megoura crassicauda* を用い、この翅型運命決定メカニズムの解明を進めてきた。本種では、母虫の受けた密度条件が卵巣内で子虫の翅型に反映される。我々は、この密度刺激がいつ、どのように胚に伝達され、どこで不連続な有翅/無翅シグナルに変換されるのか、また胚に密度情報を伝えるシステムはどのような性質を持つのかを明らかにするため、母虫に対して様々な時間の高密度処理を行った。産まれた子虫の翅型を継続的に観察した結果、1) 胚発生最終期のクチクラ形成期前後が密度刺激の感受期であること、2) 10分という短い高密度刺激でも産まれる子虫が有翅型に切り替わること、3) 母虫が受ける高密度処理時間に依りて、母虫が有翅型を産出する期間が長くなること、4) 翅型の切り替わり前後で中間型が産出されることが示された。このことから、母虫内には密度情報を反映するシグナル物質が存在し、それらが胚に感受される時点で既に不連続な情報に変換されていること、また、その物質は密度刺激に応答して即座に生じ、ある期間維持され、徐々に失われることが示唆された。

## H1-08

## ミヤマキンバイにおける平行進化的なエコタイプ分化

\*平尾章（信州大・山岳研）、下野嘉子（農環研）、和田直也（富山大・極東地域研）、成田憲二（秋田大・教育文化）、工藤岳（北大・地球環境）

エコタイプとは同じ種に属しながら、異なる環境に適応して遺伝的分化を遂げたもののことであり、生物多様性を生み出す供給源となる。日本列島の山岳地域に広く分布する高山植物ミヤマキンバイには、異なるハビタットに適応した2つのエコタイプ（風衝地型と雪田型）が存在する。高山帯は天空の鳥々とも呼ばれるように孤立性が明確な生態系であり、系統地理学的なエコタイプ分化パターンを明らかにすることで、種内のそれぞれの分集団が辿ってきた歴史を理解しようと試みた。

ミヤマキンバイの風衝地型は本州中部から東北・北海道まで広く分布するが、雪田型は本州中部または北海道の日本海側に分布が限られている。葉緑体 DNA および AFLP を用いた系統解析の結果、北海道と本州中部における独立なエコタイプの分化が明らかになった。日本産高山植物の多くの種では、本州中部と東北・北海道の間で系統が大きく分化していることが知られており、高山植物群集に共通する過去の分布変遷の歴史がミヤマキンバイにおける独立なエコタイプ分化パターンにも反映されていると考えられる。さらに各々の山岳スケール（たとえば本州中部の北アルプスや中央アルプスなど）内のエコタイプの系統関係を検討した結果、各山岳域においてエコタイプの分化が多発的に生じていることが示唆された。野外では、開花フェノロジーの異相によってエコタイプ間の交配前隔離が生じており、側所的なエコタイプの分化の可能性について考察する。

## H1-09

## マイマイカブリにみられる形態的多様化

\*小沼順二, 長太伸章, 曾田貞滋 (京大・理)

集団の資源利用が特定の資源へと特化する過程は「生態的特殊化」とよばれ、適応進化の普遍的な傾向と考えられている。生態的特殊化は同一資源を利用する種間の形態分化を導く一方で、種内多型を維持させる分断選択を発生させ同所的種分化を導き得る。生態的特殊化は群集内の形態的多様性や種多様性を急激に増加させる一般的なプロセスであり、どのような条件下において特殊化が生じ得るかを理解することは、適応放散の解明に不可欠といえる。

本研究では特殊化が生じ得る条件を解明するため、北半球に分布する貝食性オサムシの形態分化機構に着目した。貝食性オサムシでは「巨頭型・狭頭型」とよばれる形態の2型が広く一般的にみられる。巨頭型とは頭部と胸部が著しく肥大化したオサムシを示し、狭頭型とはそれらが極端に細長く伸長したオサムシを示す。面白いことに、このような形態の2型は貝食性オサムシの祖先種にあたるミミズ食や昆虫幼虫食のオサムシではみられない。「巨頭型は大顎で巻貝の殻を壊して食べることができるが、殻に頭を入れる上ではその頭部が大きすぎる。一方、狭頭型は頭を殻に入れて、直接、巻貝の軟体部を捕食できるが、殻を壊して食べるだけの十分な破壊力をもたない。」我々は、このようなトレードオフが巻貝食へと特殊化する過程においてオサムシの形態分化を導いたのではないかと仮説を立てた。

材料として日本に広く分布するマイマイカブリに焦点をあて実験を行った。北海道から鹿児島まで57地点、約1700個体のマイマイカブリ標本の形態解析を行うと同時に、それぞれの地点での主要な餌となり得るカタツムリの形態情報を調べた。結果は、上記した仮説を支持する傾向を示した。

本研究は、生態的特殊化においてトレードオフが必要不可欠なメカニズムであることを示す重要な証拠といえる。

## H1-11

## オオオサムシ亜属雌雄交尾器形態の QTL

\*曾田貞滋, 雀部正毅 (京大・理), 高見泰興 (神戸大・人間発達環境)

体内受精を行う動物の交尾器形態の多様化は進化生態学的に注目されてきたが、著しい種間差や極端な形態をもたらす遺伝的基盤については、まだほとんど解明されていない。本研究では、雌雄交尾器に多様な「錠と鍵」的対応をもつオオオサムシ亜属を対象にして、種間の交尾器形態差にかかわる量的遺伝子座 (QTL) を調査した。まず、交尾器形態が著しく異なるが、野外で交雑帯を形成しているイワキオサムシとマヤサンオサムシの種間交雑によって、F2世代を作成した。このF2世代を用いて AFLP およびマイクロサテライト遺伝子座による連鎖地図を作成し、雌雄の交尾器形態 (雄の交尾片の長さ、幅、重さ、雌の膈盲囊の長さ、幅) について、QTL を探索した。その結果、各形質について、数個の大きい効果を持つ QTL が見いだされた。交尾片の長さに関しては、相加遺伝効果はマヤサンオサムシ方向にすべて正、幅に関してはイワキオサムシ方向にすべて正となっており、交尾片の形態分化は強い方向性選択によるものであることが示唆された。膈盲囊の QTL は雄形質の QTL と連鎖していたが、相加遺伝効果の方向は一定していなかった。交尾器の形が効果の大きい少数の QTL で決定され、しかも雌雄の QTL が連鎖していることは、集団内で強い方向性の性選択が作用したさいに、極端な形態の進化や雌雄交尾器の共進化を可能にした主要因であると推定される。

## H1-10

## 新世界ザル野生集団に対する行動観察と遺伝子調査による色覚多型の適応的意義の考察

\*河村正二, 樋渡智秀, 平松千尋 (東京大・新領域), 印南秀樹 (総研大・先端科学), Melin, A.D., Fedigan, L.M. (Univ. Calgary), Schaffner, C.M. (Chester Univ.), Aureli F. (Liverpool J.M. Univ.)

霊長類の中で新世界ザルは L-M オプシンの対立遺伝子多型により 3 色型と 2 色型からなる色覚の高度な種内多型を示す。霊長類の 3 色型色覚の適応的意義に関しては果実採食への有利性などが議論されてきたが野生集団を対象に採食効率への色覚の効果やオプシン遺伝子塩基配列多様性への自然選択の効果については明らかでなかった。新世界ザルは色覚多型性ゆえに色覚の適応的意義を研究する上で絶好の対象である。

我々はコスタリカに生息するクモザル (*Ateles geoffroyi*) とオマキザル (*Cebus capucinus*) の野生群を対象に採食行動の観察を行ない L-M オプシン遺伝子の塩基配列多型性を調査した。クモザルでは果実検出の頻度、正確性、単位時間摂取量のいずれにおいても 3 色型と 2 色型に有意差はなかった。これらの採食効率指標は果実と背景葉との明るさのコントラストに有意に相関していた。オマキザルでは隠蔽色昆虫の採食において 2 色型は 3 色型より採食効率が有意に高かった。これらの結果は 3 色型色覚の優越性を支持していない。

L-M オプシンの塩基配列多型性は両種とも中立対照領域のそれより有意に大きかった。また Tajima's *D* 値は L-M オプシン遺伝子では期待分布域から正の方向に有意に逸脱した。これらの結果は L-M オプシン遺伝子の多型性が自然選択 (平衡選択) によって積極的に維持されていることを強く支持している。行動観察と遺伝子多型性の結果を総合すると自然選択は 3 色型色覚を維持するのではなく多様な色覚型を維持することに働いている可能性が考えられる。

## H1-12

## 発生過程安定化遺伝子のゲノムワイドスクリーニング

\*高橋一男 (岡大・RCIS), 岡田泰和 (岡大・RCIS), 寺村皓平 (岡大・進化生態)

生物の形態形質の不安定性は、様々な生命プロセスの不安定性の結果として生じると考えられる。そのような生命プロセスの不安定性を緩衝し、最終的な形態形質を安定化することは、生物の適応にとって重要である。Waddington(1942) は、生物の表現型の安定性を保証するなんらかのメカニズムがあると考え、遺伝的、物理的環境変動の表現型への影響を緩衝する Canalization という機構を提案した。実際に、分子シャペロン的一种であり、細胞内で、タンパク質のフォールディングの補助や、変性したタンパク質の修復などを行っている *Hsp90* は、この Canalization の分子実体の一つであると考えられている。一方で、Milton et al. (2003) は、*Hsp90* の阻害が、発生過程の安定性の指標である、形態形質の左右対称性には影響しないことを示し、Canalization と発生過程の安定性が別のメカニズムによって担われている可能性を示した。これまで Canalization や、発生過程の安定化機能が盛んに研究されてきたのは、*Hsp90* だけであり、それ以外で、発生過程の安定化に寄与する遺伝子の探索はなされていない。本研究では、キイロショウジョウバエを材料として、これまで調べられてこなかった、発生過程を安定化する機能を持つ遺伝子をゲノムワイドに探索し、その機能を解明することを目的とした。ゲノム全体に渡る欠失系統コレクションについて、Canalization の指標である、形態形質の系統内分散の大きさと、発生過程の安定性の指標である、体の左右での形態差 (Fluctuating Asymmetry : FA) と形態形質の系統内分散の大きさを指標として、ゲノムワイドなスクリーニングを行った結果を報告する。

## 11-01

## 外来種ニューギニアヤリガタリクウズムシのカタツムリ追跡行動

\* 岩井紀子, 杉浦真治 (森林総研), 千葉聡 (東北大学)

陸生プラナリアは陸貝類の捕食者の一つである。陸貝捕食性の貝類については、餌である陸貝の這い跡を追跡する行動が知られているが、触角を持たない陸生プラナリアについては、環境の変化に敏感で観察が難しいことから、追跡行動の研究はほとんど行われてこなかった。ニューギニアヤリガタリクウズムシ(以下ウズムシ)は、侵略的外来陸生プラナリアであり、小笠原諸島父島では本種の捕食によって固有陸産貝類の個体数が激減している。本研究では、ウズムシの陸貝探索方法を明らかにするため、陸貝の這い跡をウズムシが追跡するかどうかを室内実験によって検証した。蒸留水、陸貝(ウスカワマイマイ)の這い跡、ウズムシ他個体の這い跡、自個体の這い跡、をそれぞれつけた細長い処理プレートを用意した。処理なしプレート同士、もしくはいずれかの処理プレートと処理なしプレートとを横一列に連結して並べ、その接点とウズムシを入れた容器とをチューブでつなぎ、プレートに直角にウズムシを誘導した。赤外線ビデオカメラを用いて終夜撮影を行い、チューブから出てきたウズムシの行動を観察した。陸貝の這い跡と処理なしプレートを並べた処理では、73%の個体が陸貝の這い跡のついたプレートを辿ったが、その他の処理では、98%の個体が直進するなどしていずれのプレートも歩かなかつた。さらに、プレートにつけた陸貝の這い跡の中間地点に、プレートと直角にチューブの出口を設置したところ、左右どちらの方向へ辿るかはランダムに決定されていた。ウズムシは、陸貝の這い跡に含まれる化学成分に反応して餌貝を探索しているが、その方向性は認知していないと考えられた。

## 11-03

## チゴガニにおける社会行動の地理的変異とその要因

\* 和田恵次, 山田有紗, 大島麻里, 古川文美子, 座安佑奈 (奈良女子大)

日本沿岸の砂泥性干潟に生息する小型のカニ、チゴガニについて、分布域の北限近くから南限近くまでの6地域集団を対象に、求愛行動のwavingの様式と、なわばり維持行動のバリケード構築行動の頻度にみられる地域間変異を明らかにした。waving様式の変異については、雄個体の地域間移植実験により、その様式の変異は、地域集団固有のものであることが検証された。バリケード構築行動頻度の変異については、人工障壁物を使った野外実験より、障壁物に対する忌避性が、地域集団間で異なっていることを見出し、地域集団特有の行動特性の違いが、バリケード構築頻度の地域変異に反映されているとみられた。さらに、waving様式とバリケード構築頻度の地域間変異は、ともに日本本土の集団と琉球列島の集団の間で明瞭な相違を示すという共通した特徴がみられたが、遺伝的集団構造においても、日本本土と琉球列島との間に大きなギャップが認められた。すなわち、社会行動の地理的変異が、地域集団間の遺伝的類縁関係と結びついているといえる。

## 11-02

## 加速度データロガーをもちいたカブトガニの行動学的研究

渡辺伸一, 東川洸二郎 (福山大・生命工), 田上英明, 宮崎信之 (東大・海洋研)

## 11-04

## 日本産シロアリ類とアリ類の敵対関係

\* 三田岳, 岩田隆太郎 (日大・生物資源)

日本本土産のヤマトシロアリ(ミゾガシラシロアリ科)は、朽木内とその周辺の土壌に生息し、多くの生物と直接的、間接的に関わっている。一方同じ真社会性のアリ類(ハチ目、アリ科)はシロアリ類とは食性が異なり、その生態も多様である。森林性の朽木内に営巣する種類においては、シロアリ類の捕食者として、また多くの場合には生活空間をめぐってシロアリと敵対関係が生じている。そこでヤマトシロアリと朽木の共有が観察された各種アリ類との相互関係を、暗室内における行動観察によって調べた。ヤマトシロアリ職蟻、兵蟻と各種アリ類をそれぞれシャーレ内で接触させ、その反応を観察し、噛み付き、威嚇、逃避行動などを指標として両者間の関係性を評価した。

その結果、アリの種類によってその攻撃性には違いが見られた。なかでもオオハリアリ(ハリアリ亜科)およびアズマオオゾアリ(フタフシアリ亜科)はヤマトシロアリに対して積極的な攻撃が観察され、重要な捕食者となっていることが示唆された。またヤマトシロアリの坑道利用が観察されたトビイロケアリ(ヤマアリ亜科)についても強い敵対関係が示唆されたが、上記2種とは様相が異なっていた。一方アリ類に対して致命的な攻撃力を持つヤマトシロアリ兵蟻は、その攻撃行動が敵の大きさに比例して激しくなる一方、アメイロアリ(ヤマアリ亜科)や、トビムシ専食のウロコアリ(フタフシアリ亜科)などの小型のアリ類に対しては敵対性を示さず無視する傾向にあった。以上のことから、アリ類とヤマトシロアリの営巣木の共有の背景は一律ではなく、その敵対関係にも様々な形があることが示唆された。

この他、イエシロアリ(ミゾガシラシロアリ科)、タカサゴシロアリ(シロアリ科、テングシロアリ亜科)とアリ類との関係に関する観察結果も報告する。

## 11-05

## 重金属汚染リスクの指標としてのアブラハヤの基礎生態

\* 三浦彩, 三浦剛, 攝持尚子, 穴戸聖美, 棟方有宗 (宮城教育大)

宮城県二迫川水系鉛川では、閉山した旧細倉鉱山からの重金属類(主に銅、亜鉛、カドミウム、鉛)による汚染が今も続いている。コイ科魚類の一種であるアブラハヤ(*Phoxinus lagowskii steindachneri*)は、鉛川(以下、汚染河川)と対照区(非汚染河川)の双方に比較的多く生息していることが判明したが、重金属による汚染がある鉛川では、本種の稚魚は殆ど確認されなかった。そこで、鉛川ではアブラハヤが再生産を行っても重金属類への耐性の弱い稚魚が減耗するか、あるいは汚染が少ない本流や支流から成魚が移動、定着するものと仮定し、二迫川水系における本種の移動を知るための蛍光イラストマー標識放流調査を行った。定期的な再捕調査の結果、本種は汚染河川に流入する支流や、汚染河川が流入する本流(二迫川)から鉛川に移動することが示唆された。

我々は、東日本の河川に見られる普通種であるアブラハヤを重金属汚染リスク評価の指標とするため、本種の移動の様式や範囲などの基礎生態を調べている。この調査の一環として、重金属汚染のない宮城県阿武隈川水系の荒川をモデル河川とし、同様に蛍光イラストマー標識による標識放流調査を行った。その結果、アブラハヤは水温の上昇する初夏に河川を数百メートルの規模で遡上し、また水温の低下する秋頃には多くの成魚が降河をするという、季節的な定型移動を行うことが示唆された。また一部の成魚は、遡上・または降河によって移動した先に定着した。このことから、鉛川に生息するアブラハヤの中には、定型的な遡上あるいは降河によって、非汚染の本流や支流から移動を行った個体が含まれていると考えられた。

## 11-07

## 生息場所が親の行動を変える：オオミズナギドリ3繁殖集団の比較

\* 岡 奈理子 (山階鳥研), 越智大介, 松本 経, 綿貫 豊 (北大), 佐藤克文 (東大), 出口智広 (山階鳥研), 白井正樹, 山本麻希 (長岡技大)

ミズナギドリ目鳥類の親は子育て中に長距離トリップをすることが幾つかの種で知られる。これは、ヒナへの給餌で低下した親自身の栄養回復に寄与するが、移動にかかるコストの増大、長びく留守がヒナの子育てを制約すると予想されるため、親がどこで繁殖するかは、親子双方の適応度に大きな影響を与え、繁殖個体群規模に影響するだろう。

生息場所が子育て期の親の行動とヒナの子育てに与える影響を評価するために、海洋環境が異なる3つの繁殖島(伊豆諸島御蔵島、三陸沿岸の三貫島、新潟県粟島)で、子育て期の親の索餌行動と、ヒナの成長に関するパラメータを比較した。これによって、近年、北部繁殖エリアで顕在化した繁殖個体群の増減現象を説明することを目的とした。

3島の親の採食行動圏はいずれも広く、長距離トリップ(島から500 km以上)では、北海道の南～南東沖の、親潮と黒潮の混合域が最終目的地であった。島から最終目的地までの平均直線距離は、御蔵島の親で最も長く1,200km、粟島の親で750km、三貫島の親では、御蔵島の半分以下の550kmであった。御蔵島の親は長距離トリップに平均約75%、短距離トリップ(島から250 km以内)に平均25%の日数をあてたのに対して、他の2島の親では平均約60%の日数を短距離トリップに費やし、結果として、島周辺海域での滞在割合を高めた。親の体重は御蔵<粟島<三貫島となり、ヒナの成長速度は御蔵が遅く、粟島と三貫島のヒナでは早かった。主要採食場を混合域としたオオミズナギドリでは、島から混合域までの距離が、親・ヒナ双方の適応度に影響しており、近年の繁殖集団の規模の変化に起因していると考えられた。

## 11-06

## ここまで分かったミゾゴイの生態 ～なぜ、夜行性の鳥と言われてきたか～

川名国男 (パードライフ・アジア)

2006年から2009年の4年間にわたり、東京多摩西部において、ミゾゴイの生態調査を実施した。調査の結果、生態の一面が明らかになるにつれ、ミゾゴイは多くの点で誤解をされてきたことが分かった。

その第1は、夜行性の鳥とされ、英名もJapanese Night Heronであるが、本種は昼行性の鳥であることが明らかになった。繁殖期における雛への給餌活動は日中にのみ行われ、非繁殖期における採餌活動も日中のみで、いずれの場合も、親鳥は夜間に眠っていたのである。

また、和名の由来についても、ゴイサギ(五位鷺)に似ているから「溝五位」であると簡単に片付けられ、ゴイサギでもないのに学名の種小名にGorsachius goisagiと付けられている。演者は、奈良時代に始まる宮中儀式の衣裳令にある「五位の色」=緋色(ひいろ・あけ・赤茶)こそ、ミゾゴイの名の由来ではないか、と考えている。溝(小さな水の流れや溜り)に佇むミゾゴイの姿は、「五位の色」の衣をまとった宮廷の人のようである。

講演は、これまでの調査結果を踏まえ、次の6項目を中心に報告して、ミゾゴイへの理解を深めたい。1. 繁殖ステージ 2. 囀り活動 3. 繁殖期における雛への給餌活動 4. 非繁殖期における飼育下での採餌活動 5. 行動の新しい知見(ソングポストをめぐる争い、給餌の方法、抱雛中の反芻給餌、育雛期の主食、巢内雛の捕食練習、雛の餌乞い行動、捕食の方法、竹林と幼鳥の保護色、育雛中の親鳥の行動範囲、擬態行動) 6. なぜ、夜行性の鳥と言われてきたか。

ミゾゴイは、昔から農耕文化に支えられ、人々の身近に生きてきた。しかし今日、繁殖地の開発により人知れず滅び行く運命にある。繁殖地は、湿潤な土壌からなる常緑樹・落葉樹・竹林との混交林で、そこには在来の動植物が豊かに息づいている。日本の多様な生物の代表として、種の保護と繁殖地の保全が喫緊の課題である。

## 11-08

## DLW法を用いたオオミズナギドリの野外活動時エネルギー消費量計測

\* 白井正樹, 山本麻希 (長岡技大・生物), 牛島明美, 小田英美子, 新妻靖章 (名城大・農), 山本誓士 (総研大・極域科学), 海老根直之 (同志社大・スポーツ健康科学), 岡奈理子 (山階鳥研)

ミズナギドリ目ミズナギドリ科の海鳥は、繁殖地周辺での短時間トリップと繁殖地から遠く離れた場所への長期間トリップを行うことがいくつかの種で知られており、短時間トリップの方が単位時間あたりのエネルギー消費量が高いことが報告されている。これは、短時間トリップの単位時間あたりの着水行動の増加などが原因として考えられるが、体サイズの制約からこれまで採食中の行動とエネルギー消費量を同時に計測された例はない。本研究は、子育て中に長期間トリップを行うことが知られているオオミズナギドリを対象として、採食トリップ中のエネルギー消費量と行動の関係について明らかにすることを目的とした。

調査は2008年と2009年の8月から10月にかけて新潟県の粟島で子育て中の親を対象に行った。採食トリップ中のエネルギー消費量は、二重標識法(DLW法)を用いて計測した。また、同時にジオロケータを装着し、トリップ中の着水割合を調べた。2008年は30個体、2009年は20個体について計測を行い、それぞれ6個体と7個体から1～4日間の野外活動時エネルギー消費量(FMR)を得た。オオミズナギドリの、着水、在巢期間も含めたFMRは、年による有意差はなく、 $0.0541 \pm 0.016 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  (N=13)であった。これはオオミズナギドリの安静時エネルギー消費量( $0.0137 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )の3.9倍に相当した。また、FMRとトリップ中の総着水時間および着水回数には、強い正の相関関係が見られた。本研究の結果から、採食トリップ中の着水行動がオオミズナギドリのエネルギー消費量そのものを増大させていることが示唆された。

## 11-09

## 衛星追跡によるチュウヒの行動圏内部構造と渡り経路の解明

\* 中山文仁 (自然環境研究センター), 浦達也 (日本野鳥の会)

チュウヒはレッドリストにおいて絶滅危惧IB類に指定されている希少な湿原性猛禽類である。推定番い数は50程度とされ、日本国内で繁殖する猛禽類では最も少ない種類の一つである。しかし、本種の基礎的な生態は未解明な部分が多く、繁殖期における行動圏やその内部構造、渡り経路、越冬様式はその一端が解明されているにすぎない。本研究は、国内で繁殖するチュウヒに衛星発信機を装着し、その行動を追跡したので報告する。

調査は北海道ウトナイ湖周辺の湿地で行った。チュウヒ雄成鳥を捕獲し、Argos衛星発信機を装着した後、行動を追跡した。行動圏の推定には固定カーネル法(Fixed Kernel)と最外郭法(Maximum Convex Polygon以下、MCP)を使用し、利用分布の95%を含む地域を推定した。その結果、繁殖期における行動圏は、MCP法を用いると5884ha、固定カーネル法を用いると1041haとなった。越冬期における行動圏は、MCP法を用いると36806ha、固定カーネル法を用いると4050haであった。繁殖期は営巣地と餌場と考えられる場所を往復するように行動し、特定の場所を数か所選好していた。越冬期も同様に、餌場とねぐらを往復し、その距離は往復30kmにも及んだ。

渡りは9月23日に開始し、ウトナイ湖から一気に海を横断、5時間後には本州に到達した。その後、奥羽山脈を南下し、宮城県伊豆沼を経由した後、太平洋沿岸地域を通り9月30日に茨城県霞ヶ浦の水田地帯に到達した。総移動距離は直線距離にして750km、要した日数は概ね7日であった。

チュウヒは広大な湿原の特定地域を集中して利用しており、その個体群保護のためには、面的な保全も重要であるが、局所的な選好環境を把握し、その保全を図ることも重要であると考えられた。

なお、本研究は三井物産環境基金からの助成により行われたものである。

## 11-11

## 北海道知床半島でサケ科魚類を捕食するヒグマの生態：ヒグマの食事マナー

小宮山英重 (野生鮭研)

2004～2009年までの毎年、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自動車の中から目視で観察した。調査域内にはサケ科魚類が海から遡上し、自然産卵で再生産している川が3本流れている。これらの河川は、河口部からサケ科魚類の産卵域となっている。そのため、産卵前の未熟な段階、産卵行動中の成熟した段階、産卵後の斃死を待つ段階の魚が河川内に混在しているという特徴がある。ここで、204日間にのべ約80頭のヒグマを個体識別し、行動を記録した。クマが食材にしたサケ科魚類は、生魚、死魚やその破片(斃死魚、動物が捕食した後の死骸、発酵・腐敗したもの、乾燥したもの)など多様であった。子を養育中の母とその子が2頭で1匹の魚、またはその一部を一緒に食べる場合以外は、単独で魚を食べる行為をおこなっていた。生魚を採捕した場合、基本的に、魚を食卓となる地点に運搬後、前足と口を使い、魚体をさばきながら食べていた。食べ残す確率が高い部位は、上顎、下顎、鰓蓋、胸鰭、舌、鰓、心臓、肝臓、胃腸、脾臓、浮袋、精巢など、硬い部位や卵を除いた内臓であった。これらは前足を頭部を押しさえつけ、組織を歯で噛みちぎりながらさばいた場合にひとつながりで残せる部位に一致する。食事の姿勢は、基本的に立食、座食、伏食の3つに分けられた。捕獲した魚が、脂肪分の多い体色が銀白色で未熟な個体や完熟卵を抱えたメスである場合、食材を流失しないよう、また他のクマに干渉されないように特定の場所まで運搬し、座食、または伏食姿勢で食べる傾向があった。ヒグマが産卵後のメスや成熟したオスを捕獲した場合、捕獲直後にその魚を放流するなど食材として好ましくない魚を選別する多様な行為も記録した。これらのことから、ヒグマは生魚を捕獲した時点で食味を推定し、食べ方を決定する能力があることが示唆される。

## 11-10

## ブッポウソウの給餌活動

\* 水野聖子 (岡大・MP), 飯田知彦 (広島県教育委員会), 峯光一 (南西環境研究所), 三枝誠行 (岡大・理)

ブッポウソウは、日本に5月初めごろに飛来する。5月下旬につがい形成した後に産卵し、6月中旬から下旬にかけて雛が孵化する。孵化と同時に雛への給餌活動が見られるようになり、7月中旬から8月上旬にかけて巣立つ。本種の調査地である岡山県加賀郡吉備中央町は、日本野鳥の会岡山県支部が中心となって多くの巣箱が設置された結果、個体数の増加が見られるようになった。私たちは、現在設置されている巣箱が本種の繁殖にどの程度利用されているのかを把握するために調査を始めた。

本種の繁殖生態調査は、吉備中央町一帯に設置された計177個の巣箱を対象に行なった。調査内容は、1) 双眼鏡と伸縮可能な竿の先端に取り付けた携帯電話のビデオ機能を利用して、産卵日、一腹卵数、孵化日、孵化雛数、巣立ち日、巣立ち雛数を、各巣箱につき数日おきに記録した(推定も含む)。2) 給餌活動の日周パターン(diurnal pattern)を定量的に把握するために、巣箱の近くに赤外線カメラを設置し、1ヵ月半にわたって親鳥の給餌活動を連続的に記録した。カメラは、卵数が異なる4個の巣箱に設置した。

2009年の調査の結果、1) 繁殖つがい数は、125であった。その内、9つがいは繁殖に失敗した。平均一腹卵数は $4.16 \pm 0.07$ 、平均孵化雛数は $3.88 \pm 0.08$ 、平均巣立ち雛数は $3.64 \pm 0.10$ であった。繁殖成績に関して、卵数・雛数が5の場合では、孵化率、巣立ち成功率、繁殖成功率が悪くなる傾向が見られた。2) 給餌活動は、4個のうち3個の巣箱でデータ解析を行った。いずれの巣箱においても似たような日周パターンがあることがわかった。

また、ビデオカメラのデータ解析に関しては、自動解析の開発を試みた。その方法と結果についても報告する。

## 11-12

## 海中雑音がイルカの音声と群れに与える影響

\* 森阪匡通 (京大・野生動物研究セ), 酒井麻衣 (東大・生命科学NW), 白木原美紀 (東邦大), 森恭一 (帝科大), 小木万布 (御蔵島観光協会)

温帯域の海中は、主にテッポウエビなどの甲殻類が発する生物雑音(テンプラノイズ)で満ち溢れ、こうした環境でコミュニケーションを行うイルカの音声(ホイッスル音)は、このような海中雑音の中で効率よく届くデザインになっていることが考えられる。Morisaka et al. (2005)で、特に海中がうるさい天草下島諸島のミナミハンドウイルカは、他の2地域に比べ周波数が低く、周波数変調の少ないホイッスル音を発していることを明らかにした。今回、3地域のホイッスル音の音源音圧レベル(SL)を、3つの水中マイクを用いた水中マイクアレーを用いて計測したところ、地域間で有意差が見られた(Kruskal-Wallis;  $p < 0.0001$ )。また、各地域内でも、録音時の背景雑音とホイッスルのSLは有意に相関していたが、これだけでは地域差を説明できるものではなかった(ANCOVA: 録音時の雑音  $p=0.03$ 、地域  $p < 0.01$ 、交互作用  $p=0.59$ )。うるさい地域では音圧を大きくし、その特徴も変化させて雑音対策をしていることがわかった。さらに最もうるさい地域である天草下島諸島のイルカの群れは、お互いにホイッスルが聞こえる300m以内に留まることが多く、イルカはホイッスルを用いて、群れの結合を維持していることが示唆された。

## J1-01

## 資源競争説の誤り：近縁種間の競争実験は何を測っていたのか？

\* 西田隆義, 岸茂樹, 京極大介 (京大農昆虫生態)

資源をめぐる競争は、かつて種の競争的排除や共存を決める上で決定的に重要と考えられてきた。そして現在でも、閉鎖的な実験系においては重要と考えられている。われわれは閉鎖系における競争排除に疑念をもった。その理由は以下の通りである。(1) 高密度の閉鎖系とはいえ競争排除があまりにも短期間に生じること、(2) そのためには競争係数が極端に高い必要があるのにそんな強烈な競争を観察した人はいないこと、そして(3) 資源競争は密度依存的に働くので、競争により密度が低下した種はかえって増殖率が上がりやすく絶滅しにくくなるはずであること、である。実際に、アズキゾウムシとヨツモンマゾウムシの系において競争実験を行ったところ、競争排除を決めているのは資源競争ではなく、種間で非対称的に働く配偶をめぐる干渉であることを明らかにした。両種のオスは、他種のメスに対してもしつように求愛を繰り返す、これがメスの産卵数や生存率を引き下げているのだが、その効果が種間で非対称なのだ。そして干渉は、正のフィードバックを通じて弱い種を急速に絶滅させる効果を持つ。

しかし、繁殖干渉がどのくらい普遍的な現象であるかについては、分かっていない。これまで行われてきた閉鎖系での資源競争実験を吟味することで、資源競争と繁殖干渉の相対的な重要性を評価できる可能性がある。本講演では、これまで行われてきた閉鎖系での競争実験について、とくに競争排除のスピード、資源競争の強さおよび競争種の近縁さに着目することで再評価を行う。

## J1-03

## 岩礁潮間帯固着生物群集の相互作用網の複雑さと安定性の関係

\* 辻野昌広 (北大環境), 仲岡雅裕 (北大FSC), 堀正和 (瀬戸内水研), 山本智子 (鹿大水産), 奥田武弘 (東北水研), 野田隆史 (北大地球環境)

生物群集では、競争、相利、捕食といった作用が生物群集の構成種間に網目のように複雑に絡み合い、相互に作用しながら個体群が維持され、群集が形成されている。生物群集を構成種間の相互作用によって結ばれるネットワークとして捉えることで、生物群集が形成されるプロセスや構造維持機構の解明、その動態を考えることができる。この種間相互作用構造に関して、「種数が多く複雑に相互作用しているほどその生態系は安定になる」という理論研究を発端に (May, R.M. 1972, Will a large complex system be stable? Nature, 238, 413 - 414), 相互作用のどのようなリンクパターンが生物群集を安定に保つかについて多くの研究が行われてきた。しかし、野外群集における種間相互作用の定量的な把握が困難であることから、先行する理論研究に対し、野外データによる実証研究が不足している。

本研究では、岩礁潮間帯固着性生物群集を対象に、推移確率行列を用いて種間相互作用を定量的に推定する方法を提案し、相互作用構造と群集の安定性についての理論予測に従う以下の疑問に対する検証を行った。

- 1) 種数が増えると結合度 (相互作用網の密度) は低下するのか。
- 2) 種数が増えると相互作用強度は弱くなるのか。
- 3) 群集の安定性は結合度、相互作用強度及び種数の3つの関係によって決まっているのか。

本講演では、以上の検証の結果を先行する理論研究結果と対応させ議論したい。

## J1-02

## ヤツメウナギ類2種幼生はお互いを区別しない? : カワヤツメ属2種幼生の生態的特徴の類似性とエンジニア効果

\* 白川北斗 (北水院), 柳井清治 (HIT), 後藤晃 (FSC)

近年、生物主導の環境変化が生態系の物質循環や生物群集の発達に影響を与えると考えられ、ニッチ構築 (Odling-Smee et al. 2003), あるいは生態系エンジニアリング (Jones et al., 1994) として注目されている。ヤツメウナギ類はすべての種が幼生期に河床内で生活する原始的な脊椎動物であり、北半球のほぼ全域にわたる分布と膨大な生息数から、河川生態系に大きな影響を与える生物と考えられてきた (Hardisty and Potter 1971)。最近になり、日本国内に生息するカワヤツメ幼生とスナヤツメ北方型幼生が、生息環境の状態を改変することが明らかとなった (2009年魚類学会発表)。北海道において、本2種幼生は同一河川に生息することが多々見られる。もし2種幼生が同質の場所に生息するならば、単位面積当りのエンジニア効果は大きくなると予想されるが、2種幼生の種間関係について論じた報告は成されていない。もし2種幼生が競争関係にあるならば、野外において生息環境や餌資源に違いが認められるだろう。そのため本研究は、1) 2種幼生の支流スケールでの分布、2) リーチ・マイクロハビタットスケールでの同所的な生息状態、3) 生息地選択性、4) 食物資源を調べることで、2種幼生の生態的特徴の類似性について議論した。調査地として北海道石狩川支流のオシラリカ川を選定し、2種幼生の採集と物理環境等を測定した。調査の結果、2種幼生は極めて近接した範囲で共存し、その分布域も支流スケールでは一致することが認められた。また統計解析と安定同位体分析から、2種幼生の生息地選択性と食物資源はほぼ同質と示された。これらのことから、野外における2種幼生の生態的特徴にほとんど違いがないことが明らかとなり、異なる種でありながら同質の生息環境にエンジニア効果を及ぼすと示唆された。

## J1-04

## 個体発生ニッチシフトと食物網結合と代替安定状態

仲澤剛史 (京都大・生態研セ, 台湾大・海洋研)

幼体と成体が異なる食物網に組み込まれているとき、個体発生ニッチシフト (ontogenetic niche shift) によってそれらの食物網が結合される。先行研究では、このような系では代替安定状態 (alternative stable state; ASS) やレジームシフトが生じる可能性があることが指摘されてきた。しかし、いずれの研究も、幼体と成体と各ステージ特有の資源のみから構成される最も単純な系しか考えていない。ところが、自然界には多様な食物網結合パターンが見出されるため、どのような構造で ASS が起こるのかを理解する必要がある。本研究では、とくに各ステージの生息地における食物連鎖長や栄養段階に着目して、ASS と食物網構造の関係を調べた。モデル解析の結果、幼体と成体の両方が以下の二つの条件の一方を満たせば、ASS は起こりえることが示された。(1) 最上位捕食者である。(2) 最上位捕食者に捕食される中間捕食者を持つ。これらのメカニズムは、(1) 強い密度効果による繁殖と成熟の過補償効果と、(2) ステージ内の餌競争を強くするトップダウンカスケードである。さらに、各ステージにおける食物連鎖長や栄養段階は ASS が起こる環境条件に複雑に影響した。これらの結果から、種の絶滅や侵入といった局所群集構造の人為的変化が空間的に波及し、環境変動に対する系の復元力 (resilience) を変化させることで、より大きな空間スケールで群集構造のレジームシフトを引き起こすかもしれない、という新しい仮説を提唱する。

## J1-05

## 捕食者と被食者の脳サイズ：277種の魚における623ペアの捕食-被食関係の解析

近藤倫生（龍谷大・理工，JST・さきがけ）

生物群集の構造を理解することは、群集の動態や成立・維持機構解明の鍵である。最近、食物網構造におけるパターンの一つとして、捕食者と被食者の体サイズ間の関係が注目を集めている。体サイズは、捕食・被食関係と強く関連するのみならず、生物個体の代謝速度と深い関わりを持つ。捕食者・被食者の体サイズ関係をめぐる研究の流れは、代謝理論に基づく個体群動態モデルと結びつくことで、食物網理論の飛躍的発展を促した。

生物を特徴づける重要な特徴に、情報処理や学習の能力がある。生物の学習や認知能力が種間相互作用や個体群動態におよぼす影響が示唆されているものの、その一般性はよくわかっていない。食物網構造との関わりはあまり知られていない。他方、脳の進化的研究から、相対脳サイズ（log体サイズとlog脳サイズ間の線形回帰からの残差）と学習・認知能力の間に正の相関があることがわかっている。このことを念頭に、本研究では公開されている魚類データベース（FishBase）と論文データから、277種の魚における623の捕食者-被食者ペアでの相対脳サイズの関係を解析した。この解析の結果、以下の結果が得られた：（1）被食者の相対脳サイズは捕食者の相対脳サイズよりも大きい場合が多い；（2）被食者の相対脳サイズと捕食者の相対脳サイズの間に正の相関がある；（3）捕食者の体サイズが大きいほど被食者の脳サイズが大きい傾向がある。これらの結果から、学習・認知能力が捕食者-被食者関係とどのように関わっているのかを議論し、今後の研究の方向性を検討する。

## J1-07

## 高次捕食者の窒素安定同位体比-長期時系列からみられる餌環境の変動

\* 米崎史郎, 清田雅史, 南浩史, 岡村寛（水研七遠洋水研）

グローバルな数十年スケールで起こる海洋生物の変動現象がレジーム・シフトとして広く知られている。有名な事例としては、我が国の主要漁業資源であるマイワシ・カタクチイワシ・サバ類などの小型浮魚類の資源量が大幅な増減を交互に繰り返している魚種交替現象がある。これら小型浮魚類は、海産哺乳類や海鳥類などの高次捕食者の重要な餌となっており、魚種交替に対して、高次捕食者がどのように反応し、どの程度の影響を受けるのか近年、注目が集まっている。日本近海に晩冬から春季にかけて来遊するキタオットセイは、東北沖生態系における主要な高次捕食者の一種であり、彼らの摂餌特性解析は、漁業生態系における高次捕食者の役割を解明する上で、貴重な知見をもたらす。遠洋水産研究所では、1968年から40年間にわたってキタオットセイの胃内容物情報および生殖腺標本等を保管しており、そのサンプル数は1万頭近くに上る。東北沖におけるキタオットセイの長期胃内容物情報を解析したところ、マイワシ・サバ類の資源変動と餌生物重量頻度間で同期性を示し、また非漁獲対象種であるハダカイワシ類などのマイクロネクトンも利用していることがわかった(Yonezaki et al., 2008)。近年、生態系構造の時系列変化を把握するために、構成種の窒素安定同位体比から求めた栄養段階(TL)による考察がしばしば行われているが、これは対象種のTLの一定が前提となっている。だが、上記に示したように、餌環境変化に応じて利用している餌生物が異なっているため、TLが同一種で変化することが予想される。そこで、キタオットセイの生殖腺標本(1969~2006年:154個体)を用いて、窒素安定同位体比分析を行い、時系列情報を得た( $\delta^{15}\text{N}$ :12.78-16.71‰)。この結果から同一種においてTLが変化しており、同位体比からも餌環境の変化が見出された。

## J1-06

20 years change in forest under growth bird community with the alien *Leiothrix lutea* - mist netting at 1650m Tsundashi path -

Ken Ishida (U. Tokyo)

*Leiothrix lutea*, an alien bird species in Japan, is now dominant in the natural forests. The author first recorded it in 1989 at a mixed natural forest of Chichibu mountains, near the center of Honshu Island of Japan. We caught 605 birds in 37-time mist net surveys during 1989 - 95, and 608 birds in 19 surveys during 2006 - 09. All the surveys except once, were consisted by an evening and morning sessions with about ten 12m x 2.4m nets. Of those, *L. lutea* was three and 65 in the capture number in each term, and twice and 10 times in occurred frequency. While *Cettia diphone*, which may be a competitive species, was 224 and 110 birds, or 37 and 17 times in each term. *L. lutea* has apparently increased its number and become a dominant species in this forest undergrowth bird community, while *C. diphone* has decreased its density, though the latter is still one of the most dominant birds. *Emberiza variabilis*, a constant summer resident, was 45 and 22 birds or 22 and 10 times in frequency, and it had also decreased its density. It is not clear that *L. lutea*'s has an impact on the two native birds, because there were other environmental changes such as the increases of temperature and *Cervus nippon*, and maybe the decrease of *Sasamorpha borealis*. The author thinks the ecosystem change during the last two decades is at least directional, and the alien bird plays a role.

## J1-08

## カラフトマス生物量の隔年変化とハシボソミズナギドリの栄養状態：魚と鳥の競争の証拠

峠佳奈子（北大水産）、山下麗（農工大）、福若雅章、山村織生（北水研）、\* 綿貫豊（北大水産）

大型魚類と海鳥は、オキアミなどマイクロネクトンや小型の浮魚を捕食する重要な高次捕食者である。彼らが餌生物個体群に与えるインパクトはよく知られているが、彼らの間に餌をめぐる競争があるかについてはよくわかっていない。調査が困難であるため、特に外洋域での情報は欠けている。夏期間、中部ベーリング海域において、カラフトマスと越冬のためにやってくるハシボソミズナギドリの個体数は莫大であり、両者とも表層においてオキアミ類、ハダカイワシ類、イカ稚仔を捕食する。この海域においては、カラフトマス資源量は1.0倍に及ぶ隔年変化を示す。このカラフトマスの資源量変化に対してハシボソミズナギドリの餌や栄養状態がどう変化するか、2003年から2008年のサケマス試験操業において混獲されたサンプルから明らかにした。奇数年のカラフトマス資源量は偶数年の1.1倍程度だった。偶数年に比べ奇数年にはハシボソミズナギドリの肝臓重量が1.4%低下し、皮下脂肪ランクの大きな個体の割合が低下した。空胃個体の割合や餌構成に大きな年変化はなかった。これらから、表層性の海鳥と大型魚類の間に餌をめぐる競争関係にあるかもしれないことが初めて示唆された。

## J1-09

## 千曲川中流域における繁殖鳥類の11年間の変化

\* 笠原里恵 (東大・緑美), 加藤和弘 (東大・緑美), 中村浩志 (信州大・教育)

長野県を流れる千曲川の中流域に調査地を設定し、繁殖が確認された鳥類の種とその繁殖数について1997年から2007年まで11年間の調査を行った。この調査期間の初期である1998年、1999年に対象地域において記録的な増水が生じ、河川環境が大きく改変された。また1999年以降も2007年まで断続的に増水が生じ、そのつど河川環境には変化が見られた。本研究では、調査期間中に繁殖鳥類がどのように変化してきたかを増水の発生ならびにその結果生じた植生変化と関連付けながら明らかにすることを目的とした。

調査期間を通して繁殖鳥類の種組成には変化が確認された。水域では1998年と1999年の増水の発生後にイカルチドリやヤマセミといった砂礫地や崖を利用して繁殖する種の新たな繁殖が確認されたほか、水域を利用する鳥類の繁殖数は調査期間を通して増加する傾向が見られた。また陸域の河畔林では2002年以降に森林性の鳥類であるコサメビタキやキビタキといった種の繁殖が断続的もしくは継続的に確認されるようになった。その一方で、河畔林の林縁部や水域とのエコトーンで繁殖するモズやオオヨシキリの繁殖密度は調査期間を通して減少する傾向が見られた。

河川における増水の発生は水域を利用する鳥類に適した環境を提供、拡大させることでこれらの種の繁殖数の増加や維持に貢献したと考えられるが、河畔林の発達には発生した増水が河畔林に影響を及ぼす規模ではなかったことを意味している。水域と河畔林の拡大は中間にあるエコトーンを縮小させ、そこで繁殖する種に負の影響をもたらしたと考えられる。頻りに増水が生じる河川においてエコトーンを利用する種の生息環境が拡大もしくは維持されるためには、河畔林に対する人為的な管理もある程度必要であるかもしれない。

## J1-11

## 熱帯低地林の伐採が腐食由来の昆虫類に与える影響

\* 末吉昌宏 (森林総研・九州), 長谷川元洋 (森林総研・木曽), A.Y.C. Chung (サバ森林研究所)

低地熱帯林の伐採が腐食由来の昆虫多様性にどのような影響を与えるかを明らかにするため、腐朽木を利用する腐食性および捕食・寄生性のハエ類の科を単位として、個体数と群集組成を比較した。腐朽木を利用するハエ類は森林生態系の中で木材やキノコの分解者、それらの捕食・寄生者として、また、羽化したハエ類は他の鳥やクモ等の獲物として機能する。

マレーシア・サバ州東部の熱帯低地林に設けた、保全林4ヶ所、若い低インパクト伐採林(2000年伐採2ヶ所)、古い低インパクト伐採林(1995年伐採2ヶ所)、従来型伐採林(1970年代伐採3ヶ所)の調査プロット(0.19 ha)において、2009年2月17日から2009年2月29日までの間、調査地内の腐朽木(直径5-15 cm、長さ50 cm以上)の体積を測定した。各調査地を10 m四方の小プロットに分割し、腐朽木体積が大きい上位3小プロット内の腐朽木(0.03-0.08 m<sup>3</sup>)を3つの袋状の昆虫羽化トラップに詰め、2009年2月17日から2009年10月20日までの間に羽化したハエ類の個体数を計数した。各調査プロット間の科構成の違いを主成分分析によって解析した。

腐朽木の体積は各プロット間で伐採の有無と強度による大きな違いはなかった。また、低インパクト伐採林の間でも伐採後の年数による大きな違いは見られなかった。腐食者からなる科群の構成は林内の腐朽木量の多少によって異なった。また、捕食者あるいは寄生者からなる科群は若い低インパクト伐採林と従来型伐採林の間で大きく異なった。ハエ類の中でも伐採の強度によって科の構成が異なるのは、分解者よりもそれらの捕食者あるいは寄生者であると考えられた。

## J1-10

## 非発見個体・種がいるときの個体群・群集動態のモデリング

\* 山浦悠一 (森林総研・昆虫), J. Andrew Royle (USGS), 久保井孝治, 多田恒雄 (助川山保全くらぶ), 池野進 (野鳥の会・茨城), 牧野俊一 (森林総研・昆虫)

野外での生物の個体の発見率は1未満のことが多い。そのため、特に広い空間的範囲を対象に生物-環境の関係性を扱う研究は、各サイトの生物の種数や個体数を「相対値」として扱ってきた。しかし、生物多様性および生態系機能・サービスを保全するためには、各サイトにおける生物の種数・個体数の「絶対値」を推定できることが望ましい。そこで、以下の性質を備えた階層ベイズモデルを開発した。(1) サイト間の調査努力量の違いおよび非発見種の存在を考慮できる。(2) 「発見個体数」だけでなく「発見・非発見」データを用いることができる。(3) 各種の個体数、機能群・群集の個体数や種数およびそれらの共変量に応じた変化を推定できる。(4) 各種の発見率の共変量に応じた変化を考慮できる。

このモデルを日立市助川山の山火事跡地の9年間にわたる単一箇所での鳥類モニタリングデータに適用した。データは、月あたりの合計訪問回数中、各種が発見された訪問回数から構成される典型的な「1/0」データである。解析の結果、山火事後8-16年の間には群集および各機能群の種数は変化しないが、越冬期のみ群集・機能群・各種の個体数が増加したと推定された。また、多くの種の発見率は調査期後半に低下していたと推定された。発見率の年変動を考慮しないと、これらの種の個体数およびいくつかの機能群の個体数は微減していたと推定された。

このモデル下で、発見率の共変量にランダム変数を入れれば、調査者間の発見率の違いを考慮できるだろう。また、個体数の期待値の共変量を増やすことにより、空間的に反復のあるデザインが時間的にも繰り返されたデザインにも対応することができるだろう。つまり、時間と空間を「ともに」考慮することができるだろう。

## J1-12

## 水抜き後の水田の地表性昆虫群集 ～有機農業と慣行農業の比較～

大脇淳 (森の学校キョウコ)

水田は春から夏には一時的な水環境となるが、秋から初春には陸環境となる。これまで冠水期の水田は生物の生息地として注目されてきたが、落水期はほとんど着目されてこなかった。また、近年各地に広まりつつある有機農法水田は慣行農法水田と比べ、落水期の生物群集がどの程度異なるか、十分に調査されていない。本研究の目的は、(1) 秋から初春の落水期の水田における地表性節足動物群集を解明することと、(2) 農法の違いがこれらの動物群集に及ぼす影響を解明することである。

調査は新潟県十日町市の約2km離れた2地区で行った。荒屋地区では有機水田と慣行水田を4枚ずつ、上山地区では除草剤一回散布水田と慣行水田を2枚ずつ調査した。各調査水田は、収穫後の秋(2008年11月4～10日、トラップは5日間開放)と入水直前の春(2009年5月1～3日、2日間開放)に一回ずつ、1水田当たり4個の落とし穴トラップを設置して調査した。採集サンプルは水田ごとにまとめ、オサムシ科とコモリグモ科は種か属、その他の生物は主に科か目レベルまで同定した。

調査の結果、684個体の節足動物が採集されたが、67% (461個体) はハエ目成虫であった。ハエ目成虫を除くと、潜在的な益虫であるクモ目(アゴブトグモ、ウツキコモリグモなど: 136個体)とゴミムシ科(オオヒラタゴミムシなど: 41個体)が多く、明らかな害虫はイネミズゾウムシの3個体のみであった。農法の影響を種構成と個体数の多い種について調べたところ、いずれも農法の影響は検出されなかった。オオヒラタゴミムシは秋には成虫と幼虫が、春には新成虫が採集されたため、水田は重要な繁殖地であることが判明した。以上より、落水期の水田はクモやゴミムシなどの益虫の重要な生息地であり、春に散布される農薬は落水期の生物群集にほとんど影響しないと考えられた。

## K1-01

シイ林における種子島と屋久島および大隅半島南端の  
関係

小林悟志(新領域融合研究セ)

シイノキ (*Castanopsis*) は、スダジイ (*C. sieboldii*)、ツブラジイ (*C. cuspidata*)、両種の雑種が国内には存在し、本土では、海岸部にスダジイ、内陸部にツブラジイが主に分布していることが知られている。

例えば九州南端の大隅半島では、海岸部(海岸線から3km以内)にスダジイが分布しているが、内陸部にはツブラジイ分布し、両種が重なるエリアにおいて、雑種個体が存在している。一般的にツブラジイは内陸部に分布することが知られているが、九州でも標高の高い霧島などの内陸部ではスダジイが分布している。すなわち、日本のスダジイの分布は、海岸部と内陸部の標高の高い(標高400m以上)所に分布し、ツブラジイは内陸部でも標高の低い所(400m以下)で分布している(小林2008)。

一方、日本の島嶼におけるシイノキの分布は、奄美大島以南、北は佐渡島までは、スダジイのみの分布で、ツブラジイについては、北限は静岡県とされており、南限は「Flora of Japan Volume 2a」によると屋久島までとされている。

最終氷期以前においては、九州の大隅半島南端と種子島および屋久島は連なっていたと考えられている。

本研究調査で屋久島のシイ類の分布調査をしたところ、スダジイと雑種の存在は認められたが、ツブラジイの存在は確認できなかった。さらに、種子島のシイ類の調査を行ったところ、海岸部にスダジイ、内陸部にツブラジイ、そして、両種の分布が重なるエリアにおいて、雑種個体が確認できた。この分布パターンは、大隅半島と類似している。

このことから、現在の屋久島の雑種個体の存在は、最終氷期以前に屋久島から大隅半島が連なっていた時代に、種子島に分布するツブラジイは現在よりも分布拡大が広がっており、標高の高い屋久島に分布するスダジイと交雑していた可能性が考えられる。

## K1-03

## Differences in beach and mountain Pandanus species

Susanti, R. (Kagoshima Univ.), Suzuki, E. (Kagoshima Univ.), Miyamoto, J. (Kagoshima Univ.)

*Pandanus* species distribute in tropical and some subtropical areas, from coast to the mountain. Comparison among beach species (*Pandanus odoratissimus*) in tropical and subtropical areas, and mountain species (*P. furcatus* and *P. nitidus*) was conducted to understand their growth strategy from 2007 to 2009. Transects were established in West Java, Indonesia; Tokunoshima, Japan and Mt. Gede Pangrango, Indonesia. All individuals in transect were labeled and parameters of their morphological characters are measured. Stem elongation was measured. Beach and mountain *Pandanus* had different structure of population. In the beaches, large and dense populations were established, and many seedlings were produced from seeds. *P. odoratissimus* in tropical area grew faster than that in the subtropics. In the mountain area, species had scattered distribution and rarely became dominant species. They made few fruits. Seedlings originated mainly from sprouts but rarely from seeds. *P. furcatus* and *P. nitidus* grew in same habitat, and similar in the stem elongation rate. The former tended to have stout and vertical stem, the latter had slender stem with many branches. This difference in morphology may enable their coexistence. *Pandanus* species may reach 100 years rather long lived plants in monocots.

## K1-02

## ボルネオ島におけるフネミノキの個体群動態と一斉開花

山田俊弘(広大総科)\*, 鈴木英治(鹿児島大理), スイデマ ピーター(コトレヒト大理)

1. インドネシア西カリマンタン州の熱帯雨林においてフネミノキの成長、死亡、繁殖を1992年から1995年の3年間観察した。本種は数年に一度しか結実しないが、1993年に結実を観察することができた。これらのデータをもとにフネミノキの個体群動態を stochastic transition matrix model を用いて解析した。

2. 実生は散布後1年間、非常に高い死亡にさらされた(91.9% yr<sup>-1</sup>)。この値は稚樹の死亡率(5% yr<sup>-1</sup>)に比べてとても高い。成熟木(DBH > 20 cm)の死亡率は約1% yr<sup>-1</sup>であった。

3. Stochastic matrix model により、1993年に観察された程度の結実が14年に1度あれば個体群は維持される(=個体群増加速度が1.0以上となる)ことが明らかとなった。14年の結実間隔は、熱帯域で観察されてきたマスティングの間隔よりずっと長いので、フネミノキの個体群は現在維持されていると考えられる。Stochastic elasticity analysis により、個体群増加速度は繁殖にきわめて鈍感で、成熟木の死亡に敏感であることが分かった。

4. 一度の結実で生産される種子量が結実の間隔に比例して増加したとしても、マスティングは毎年結実と比べて個体群動態的に不利となる。なぜなら、マスティングでは、結実間隔が長ければ長いほど、次回結実のための養分を体に貯めたまま結実前に死亡する成熟木のリスクが増えるからである。しかし実際には個体群増加速度は、一度の結実で生産される種子量が結実の間隔に比例して増加するならば、ほとんど減少しなかった。したがって一度の結実で生産される種子量が結実の間隔に比例して増加する限り、マスティングは毎年結実と比べてほとんど不利にならないことが分かった。

## K1-04

## カンサイタンポポ個体群の衰退要因と復元可能性：シミュレーションによる検討

\*高倉耕一(大阪市環科研), 西田隆義(京大・農), 松本崇(京大・生態研セ), 西田佐知子(名大・博)

外来種によって近縁な在来種が置き換わってしまう現象は様々な分類群で繰り返し観測されているパターンである。野の草花として馴染み深いタンポポ類でも状況は同じで、西日本では在来固有種カンサイタンポポは外来種セイヨウタンポポによって置き換えられている。最近、外来種から在来種への繁殖干渉(外来種から在来種への送粉によって在来種の種子結実率が大きく低下する)が明らかになり、置き換わりの要因として注目されている。タンポポにおける繁殖干渉は在来種衰退の要因となったのであろうか？また、そうだとすると、在来タンポポを保全することは可能だろうか？その場合、保全コストを考慮したうえでどのような手法が最適だろうか？

これらの疑問に答えるため、演者らは野外調査から個体群動態・繁殖干渉についてのパラメータをもとめ、それらにもとづき在来種・外来種の動態を空間構造を考慮した個体ベースモデルとして記述した。このモデルによるシミュレーションでは、繁殖干渉がある場合には在来種は外来種の侵入によって速やかに衰退した。さらに、この過程は土壌のかく乱(株死亡率の増大)によって加速された。このパターンは実際の在来種衰退の状況と極めてよく符合する。また、外来種の除去によって在来種の衰退を防ぐことが出来ることも予測されたが、その効果は除去方法によって大きく異なった。最も効果が高かったのは花期前に外来種を株ごと掘り取る方法であったが、外来種の花だけを一定割合で除去する方法も次いで効果的であった。コストを考慮すると外来種の花茎を摘み取ることが最も効率の良い手法であると考えられた。このように外来種による在来種への繁殖干渉の解明は、在来種衰退の要因を理解するだけでなく、その効率的・経済的な保全手法を考慮するうえでも有用であることが示された。

## K1-05

## Change in leaf traits by experimental warming of adult oak trees

\*Muller O. (Hokkaido Univ.) , Nakamura M. (Hokkaido Univ.) , Hikosaka K. (Tohoku Univ.) , Hiura T. (Hokkaido Univ.)

With global warming trees are and will be exposed to a considerable change in climate within their life. How trees respond to an increase in temperature, specifically in their nitrogen (N) allocation to leaves, we studied by experimental warming. In tomakomai experimental forest, hokkaido, 4 adult *Quercus crispula* trees are warmed up to 5 degrees higher soil temperature since 2007. In the top of the canopy the photosynthetic capacity, leaf respiration, leaf mass and N content were determined monthly during the growing season from 2007 to 2009. When the soil was warmed the leaf respiration was lower in spring than in control trees indicating an earlier development. Also leaf nitrogen content tended to be lower and leaves used nitrogen more efficient (photosynthetic capacity per unit nitrogen, PNUE) than in control trees. In August 2009 the higher PNUE was ascribed to a higher Rubisco per unit nitrogen. A higher Rubisco per unit N was at the cost of a lower allocation of N to cell walls, however this was independent of experimental warming. Although canopy leaves are not directly exposed to soil warming small effects on leaf characteristics were shown indicating the importance of interaction between soil and aboveground temperature for the leaf canopy.

## K1-07

## Seasonal dynamics of soil phenolics in kudzu stands and its role in allelopathy

Md. H. Rashid\*, Takashi Asaeda

Kudzu (*Pueraria lobata*), a legume vine, has become a great concern in different parts of the world due to its invasive nature. It creates monospecific stand by outcompeting the existing flora. This species is very rich in secondary metabolites and adds substantial amount of litter into the soil due to its huge biomass turnover in every growing cycle. In recent studies, the allelopathic phenomenon of kudzu has been established. In the present study, we investigated the seasonal dynamics of phenolics in soil associated with the litter production and growth of kudzu plants in three spots along the banks of the Tama River, Japan. Seasonal variations of total phenolics in kudzu-infested soil were measured and checked whether the levels were allelopathically active. Kudzu litter was also allowed to be decomposed in laboratory for several weeks and at the end, the fate of soil phenolics was observed. Soil phenolic content under kudzu varied seasonally and the highest quantity was recorded in winter as an outcome of kudzu litter decomposition. On the basis of the field and laboratory investigation, it can be concluded that kudzu exert allelopathy through litter decomposition, and higher level of phenolics persist in soil for a considerable period of time.

## K1-06

Photosynthesis, respiration and Carbon metabolism of *Chara fibrosa* at different turbulent conditions

\*Champika Ellawala (Saitama Uni.) , Asaeda, T. (Saitama Uni.)

The effect of turbulence on a characean algae *Chara fibrosa* was studied in 6 liter microcosms under three turbulent conditions and one non-turbulent control. Plants experience an oscillatory movement in the presence of turbulence and it was quantified in terms of angle of displacement from the neutral position. It was  $3.58 \pm 0.69^\circ$ ,  $2.19 \pm 0.19^\circ$ ,  $0.54 \pm 0.26^\circ$  in high, mid and low turbulent levels respectively. Rate of photosynthesis was less in high turbulent tank while it was higher in other turbulent levels compared to control and in the mean time high respiration rates reveal that more use of synthesized carbon sources in all turbulent conditions. Carbon content of plants also show the same trend of increment in low and mid level and it was less in high level compared to control. Therefore plants were not able to use the increased carbon uptake for their growth.

## K1-08

## 異なる光環境で生育した植物のアーキテクチャと成長・資源利用

西村依里子, 須崎絵美, 入江満美, 長嶋寿江, \*廣瀬忠樹(東京農大)

植物を異なる光環境のもとで育成すると、茎の長さや太さ、葉の着き方、枝分かれなど、植物の受光体制や力学的安定性に関わる外部形態(アーキテクチャ)に違いが生まれる。これらの違いが、光や窒素など資源利用に影響を与え、成長量の差を生むと考えることができる。あるいは逆に、アーキテクチャの変化は、与えられた環境のもとで植物が資源の有効利用をはかった結果と考えることができる。

これらを検証するために、一年生草本シロザを孤立状態あるいは群落状態で育成し、光環境が植物のアーキテクチャ、資源利用、成長に与える影響を解析した。アーキテクチャについては、節間、葉、腋芽から構成されるメタマーを単位に、主軸と分枝、茎と葉への乾物分配、葉面積分布等を計測した。

主軸のメタマー数には孤立個体、群落個体で差がなかった。節間長は群落で大きく、直径は孤立で大きかった。分枝は数、サイズとも孤立個体で大きかった。群落個体は上方成長を促進し、孤立個体は側方成長を促進した。孤立個体は根へ、群落個体は茎へ乾物の多くを分配した。結果、孤立に比べ群落個体で力学的安定性は低下している。葉/茎比は分枝で大きく、分枝の多い孤立個体で大きかった。主軸葉のサイズと枚数は孤立と群落個体で差はなかった。分枝葉は小さいが、孤立個体は分枝葉が多く、全葉面積も孤立個体で大きかった。

窒素利用効率(窒素吸収量に対する乾物生産量)は受光量の多い孤立個体で大きく、光利用効率(受光量に対する乾物生産量)は限られた光条件のもとに葉を展開する群落個体で大きかった。強光のもとでは窒素利用効率は高いが光利用効率は低く、光制限のもとでは光利用効率は高いが窒素利用効率は低下する傾向がある。

Ecological Research (2009) DOI 10.1007/s11284-009-0666-6

## K1-09

## ミズキとサワグルミにおける樹形の違い—枝についての力学的考察

\* 弓山大輔 (京都大学農学部), 岡田直紀 (京都大学農学研究科)

【はじめに】ミズキは第一次枝が幹に輪生して放射状に展開し、小枝は添伸による伸長様式を取るため階段状の特異な樹形を示す。一方、サワグルミは上部で太い枝が斜上に分枝して卵形の樹形を形成する。両者の樹形の違いについて力学的な視点からその決定要因を探ることが本研究の目的である。

【調査・実験方法】京都大学芦生研究林に自生している両樹種を用いて、枝基部の直径(Db)・枝下部の幹直径(Ds)・枝長(Lb)\*<sup>1</sup>・第一次枝の角度( $\theta$ )\*<sup>2</sup>を計測した。サイズの異なる枝を伐採し、その計測値から作成した関係式に基づいて枝の重量(W)・葉面積(A)を算出した。得られたデータから分岐比(Db<sup>2</sup>/Ds<sup>2</sup>)・形状比(Lb/Db)・自重による枝の曲げ応力( $\sigma$ )・枝基部の断面積あたりの葉面積(AI/Ab)を求めた。また、両樹種の材の強度を比較するために生枝の曲げ強度試験と比重の計測を行った。

【結果・考察】サワグルミと比べミズキの枝は幹に対して細く、遠くへ水平に伸びていた。サワグルミに比べてミズキでは1)  $\sigma$ が有意に大きく、2) AI/Abが有意に小さく、3) 生枝の曲げ強度(曲げヤング係数・最大応力)と比重が有意に大きかった。この結果から、より平面的に枝を伸ばすミズキの樹形には材の強度が寄与していると結論した。両樹種の樹形の違いは光の獲得の仕方と関係していると考えられる。葉を平面的に配置しているミズキはサワグルミよりも受光効率が良いと予想され、枝基部の断面積あたりの葉面積(AI/Ab)への投資がより小さいが、もう一方で枝の材強度を高めるための投資がより大きい。

\* 1 枝の基部から先端までの距離 \* 2 枝の基部と Lb/2 の点を結ぶ直線が水平となす角度

## K1-11

## 異なる土壌水分条件下におけるダケカンバの形態、フェノロジーと光合成機能の応答

\* 田畑あずさ, 小野清美, 隅田明洋, 原登志彦 (北大・低温研)

ダケカンバ (*Betula ermanii*) は北方寒冷圏に生育する落葉広葉樹であり、湿潤な日本や年間降水量の少ないロシア極東といった異なる水分条件下の生育地に幅広く分布する。植物が様々な水分条件に適応し生育するためには、水分不足条件下での光合成速度の低下に対し形態的・生理的に応答することが必要不可欠であり、ダケカンバも生育地の水分条件に応じてその形態や生理的応答を変化させていると考えられる。そこで、寒冷圏に生育するダケカンバがどのように環境に適応し、生存・生長しているのかを解明するため、本研究では異なる土壌水分条件下で生育したダケカンバ苗木を用い、個体全体の形態や葉のフェノロジー、光合成機能にどのような影響を与えるのかを調べた。次に一年間の乾燥処理実験について報告する。

ダケカンバ苗木は、二週間に一度灌水を行う個体を乾燥処理個体、週に二度灌水を行う個体をコントロールとして生育させた。ダケカンバの苗木と全根長、全個体重量は乾燥処理個体で小さく、個体の部位別では葉重と根重が乾燥処理個体で小さい傾向を示した。根とシュートの重量比は処理の影響を受けずほぼ一定の値であり、根重あたりの根長は乾燥処理個体で大きい傾向を示した。飽和光下での光合成速度は乾燥処理個体で低下が見られ、葉内二酸化炭素濃度に対する光合成速度は処理開始後およそ三週間後に乾燥処理個体では低下が見られたが、処理開始後およそ六週間後には処理の影響を受けない傾向を示した。発表では、これらの形態的変化や光合成機能応答の他に葉のフェノロジー、光阻害を防ぐための過剰光エネルギー防御機構反応の応答について報告する。また、二年連続して異なる土壌水分条件下に生育したダケカンバ苗木の応答との比較も議論したい。

## K1-10

## 散孔材樹種と環孔材樹種における枝-葉間の資源配分および材の水分通導の違い

\* 東郷真波 (京大院・農), 岡田直紀 (京大院・農)

散孔材樹種と環孔材樹種は現在、道管の直径と配列の違いによってのみ分類され、枝や葉の機能的な違いについては多くが明らかになっていない。そこで本研究では、枝-葉間の資源配分と、その決定要因である枝の水分通導・力学的強度を比較し、散孔材樹種と環孔材樹種を機能的に再定義することを目的とした。

京都大学附属芦生研究林において、落葉散孔材樹種3樹種(ブナ、ミズキ、ミズメ)、落葉環孔材樹種5樹種(クリ、ケケンボナシ、ミズナラ)の枝を採取し、生枝下直径と葉面積、枝と葉の質量を測定した。水分通導の指標として枝のhydraulic conductivityおよびleaf-specific conductivityを、力学的強度の指標として、材の密度に加え、最大応力と曲げヤング係数を3点曲げ試験により測定した。

枝の断面積と葉面積は、樹種ごとに高い相関を示し、パイプモデルを支持する結果となった。また、枝断面積あたりの葉面積で、枝の水分通導性ととの間に相関が見られた。力学的強度との相関は認められなかった。

散孔材樹種と比較して、環孔材樹種では、枝断面積あたりの葉面積および枝の水分通導性が高かった。力学的強度では最大応力のみ高く、密度と曲げヤング係数では有意な差が見られなかった。

環孔材樹種では、枝の水分通導性と最大応力が高いことから、ある枝断面積に対してより多くの葉を維持できると言える。ただし夏季の自然状態では、道管の50%近くが閉塞していることが示唆された。環孔材樹種では、葉の光合成能力が低いか、または水利用効率がよい可能性が示唆される。

## K1-12

## 散孔材樹種における道管径の季節変化

\* 大橋伸太, 岡田直紀 (京大院・農)

散孔材は年輪内に同じような大きさの道管が一様に分布しているように見えるが、よく観察すると道管の径や個数が1年輪内で変化していることがわかる。道管の径や個数の変化は材の水分通導性や道管閉塞への脆弱性を大きく左右するため、そのような変化がいつ何を引き金として起こるのかを解明することは樹木の生活史や水分生理特性を理解する上で重要である。既往の研究では乾燥や貧栄養条件下において道管径が減少するということが報告されているが、自然条件下における1年輪内での道管径の変化がどのようにして生じるのかは明らかになっていない。本研究では、樹木の水分条件の変化が道管径の変化を引き起こす主要因ではないかと考え、それぞれの季節変化と関連性を調べることを目的とした。

調査は京都大学構内に生育する散孔材3樹種(アラカシ・カツラ・ユリノキ)を対象とし、5月下旬から9月下旬まで行った。4週間毎に成長錐でコア試料を採取し、各期間に形成された道管を推定した。道管径は画像解析により測定した。また、樹木の水分条件や水分ストレスを調べるため、夜明け前と日中の葉の水ポテンシャルを毎週測定した。

道管径は年輪の始めから増加し、ある時期から減少するという山型の変化パターンが全樹種で見られたが、どの時期から減少し始めるかは樹種により異なった。また、調査期間を通じての日中の葉の水ポテンシャルは全ての樹種で類似した変化パターンを示したが、夜明け前の葉の水ポテンシャルは樹種によって変化パターンが異なった。それぞれの季節変化の比較より、ユリノキにおいて道管径と夜明け前の葉の水ポテンシャルの変化が非常によく似ていることがわかった。一方で他の2樹種では関連性はほとんど見られなかった。これらのことから、道管径の季節変化を引き起こす要因は樹種によって異なるが、水分条件が主要因の一つとなりうることを示唆された。



# 一般講演・口頭発表

3月17日（水）

群落

遷移・更新

数理

英語（分野は不問）

保全

生態系管理

生態学教育・普及

物質循環

外来種

動物生活史

社会生態

動物個体群

植物生理生態



## C2-01

## サロベツ湿原におけるミズゴケ優占植生の復元実験

\* 富士田裕子 (北大・FSC・植物園), 井上京 (北大・農), 藤村善安 (北大・FSC・植物園)

北海道北部のサロベツ湿原では、湿原周辺の農地排水路、河川改修、道路建設などの影響で、近年、湿原環境の悪化と植生の退行が顕在化している。そこで、道路側溝の排水の影響でチマキザサが侵入・繁茂している上サロベツ原生花園木道付近で、ミズゴケ優占植生の復元実験を実施した。実験地はササが優占するが、その下にミズゴケが不均一に残存しており(平均7.2%)、草本層を実験前に刈払いし、1m×1mの方形区を24設置した。各方形区内の残存ミズゴケは被度を評価し排除せず、ミズゴケ散布の有無、マルチの有無、マルチ素材の違い(ヌマガヤ枯死茎葉またはササの稈)の6通りの処理を4反復した。散布用ミズゴケは近接の高層湿原で1m×1m内のミズゴケの先端部1.5-2cmを刈り取り、各ミズゴケ散布方形区に1/4量を散布した。マルチ材は、翌年の融雪後に取り除いた。一連の処理は1998年と1999年の11月に2回行い、1999年から2004年まで、秋に草本層を刈払いしミズゴケの被度を調査した。さらに、植生復元実験区と他2地点の地下水位連続測定、実験区とその周辺の水準測量を行った。

湿原内の微妙な凹凸や維管束植物の生育状況などの影響で、同じ処理間でも結果にバラツキがあった。また、マルチの効果は明らかではなかった。ミズゴケ散布の効果を検定した結果、2年目までは有意な差がなかったが、3年目から散布の効果が明らかになり、経年とともに差が大きくなった。一方、測量結果や地下水位測定結果は、試験地が道路側溝の影響で、地盤沈下と地下水位低下を呈していることを示した。以上から、側溝の堰上げなどの水位低下防止策を実施しながら、ササの刈り払いとミズゴケ散布を行えば、植生復元が可能と考えられた。

## C2-03

## 北極圏・南極圏の極地植物群落における種分布微地形の定量評価

\* 奥田将己(融合研), 伊村智, 神田啓史(極地研), 種村正美(統数研)

植生の一次遷移を論じる際には、局所的な環境条件を考慮することが非常に重要である。しかし現実的な調査の手間や計測精度との兼ね合いで、考慮する必要のあるスケールに対する十分な情報が蓄積されておらず、裸地で植物の定着が成されやすい場所の評価は定性的な段階に留まっていることが多い。定量的な評価ができれば、特殊な条件に対する植生の反応を研究する際に環境補正が可能になり議論の対象が絞り込めるため、その必要性は高い。

そこで局所環境を一般化する操作のひとつとして、植生の北限・南限に近い場所で個体サイズの小さな植物の分布に対して地形属性との対応を表記することで、比較的早い遷移段階での植生定着に有利な地形の形状の量的な評価に通じる研究を行った。調査では地盤の安定した場所に設置したプロット内で、格子グリッドの中央の比高と植生のデータを取り、比高データを用いて各々のグリッドの地形属性値も定義した。その地形属性値を種分布のモデルの説明変数として用いることで、分布場所の形状の定量評価を試みた。なお、事前の変数絞り込みの段階では、地形属性値を順序尺度で用いた上で種の分布との対応関係を見た結果も用いた。

南極大陸沿岸の蘚類群落の場合では、4m四方のプロットに20cm四方のグリッドを用いた際、プロット全体から見た凹部分における局所的な凸部に分布している傾向があることが示された。また全体から見た凹凸を定義する際には、高次の回帰より低次の回帰、最小二乗法よりロバスタな方法を基準面の設定に用いた場合に、凹部への分布傾向がより強まっていた。

本発表では、上述の状況を南極のプロットで出現した蘚類2種の生態的位置付けも交えながら読み解いていき、更に異なるスケールで調査を行ったノルウェー・スヴァールバル諸島の氷河後退域の植生へもアプローチしていく。

## C2-02

## 極限環境下のオアシスー南極湖沼

伊村智(極地研)

## C2-04

## 種構成における空間的不均一性レベルの判定

\* 塩見正衛(茨城大), 陳俊(西北農林科技大), 安田泰輔(山梨環境研), 佐々木彩(茨城大理工)

植生群集に実在する空間的不均一性は、バイオマス、被度、出現頻度などの草地の植生群集がもっている形質によって容易に見出し、測定することができる。これらの形質は草地植生の量的な形質である。本発表では植生の質的な側面として、種数およびBray-Curtis指数で表わした種構成(S-値)を考える。草地に設定した多数の小コドラート内の種数およびS-値の観測値による頻度分布を作る。同時にすべての植物種は、それぞれの種がその出現頻度に応じて、ランダムなコドラートに出現すると仮定した場合の種数およびS-値の頻度分布(帰無分布と呼ぶ)を作る。観察値から得られたコドラート当たり種数およびS-値の分布と、それぞれの帰無分布を比較した。観察値の頻度分布と帰無分布の差異は、草地植生の種数および種構成の空間的不均一性程度を示すものである。この概念を簡単な数値例および実際の草地植生の例を用いて説明した。

## C2-05

## 葉形質のグローバル変化傾向とその適応的意義

\* 菊沢喜八郎 (石川県大), 小野田雄介 (マコーリー大), Wright, I. J. (Macquarie Univ.)

Wright et al (2005) は、葉寿命 (L) のグローバル変化傾向が常緑性と落葉性とで異なることを見出した。(1)L と年平均気温 (MAT) との関係において (1-1) 常緑性の種では MAT が低いほど L が長くなるが、(1-2) 落葉性の種では MAT が高いほど L が長い。また、L と葉面積あたり重量 (LMA) との間には正の相関があるがその (2) 回帰係数は MAT が高いほどゆるやかになる。

これら諸傾向に対する適応的意義の考察はいまだなされていない。我々はこのような諸傾向は個体の光合成生産最大化モデル (Kikuzawa 1991) から導き得るのではないかと考えた。もし同じ傾向が導かれたならば、それらは適応的意義を有するという推測を支持することになるだろう。

まず、f は MAT によって決まり、MAT と L との関係は f と L の関係として置き換えてみると考えてみた。f が積算温度のみで決まるとするモデルでは f は MAT によって 95% 以上説明できる。また f が MAT と蒸散量の両者で決まるとするモデルでも f は MAT によって 65% 以上説明できる。次に直接 f と L の関係を吟味した。L と MAT 間で見られた関係は L と f 間でも見られるようであった。最後に L と f 間で見られた傾向が最適モデルを用いたシミュレーションで再現できることを示した。

以上から常緑性植物は MAT が下がり f が短くなると少ない炭素獲得を補うために葉寿命を延ばすが、落葉性植物は葉を越冬させることはできないため f の減少と共に葉寿命も低下する。これが傾向 (1) をもたらす。傾向 (1) の結果、L の最大値と最小値の幅は f が長くなるとともに小さくなり、これが傾向 (2) をもたらすと結論した。

## C2-07

## 日本海側山地の亜高山・高山域における最終氷期以降の植物群・環境変遷：研究課題と展望

沖津 進 (千葉大・院・園芸)

本研究プロジェクトでは、本州中部日本海側山地において、高山・亜高山域での最終氷期以降の植物群と環境の変遷史を、大型植物化石の解析を中心として、湿潤多雪環境の推移および植物群の挙動に焦点を当て、固有性の高い植物群落の形成過程を明らかにする。「乾燥気候が卓越した最終氷期時にも、より湿潤な気候下に分布するベアリング要素植物群が、地形的なすみわけを通じて共存分布していた」との、全く新しい植物群・環境変遷史を提示することを目的としている。これまでに、最終氷期最寒冷期においても、ナラ類、エゴノキ、オニグルミ、キハダなどの温帯性落葉広葉樹大型植物化石が東北地方南部から産出しており、種の分布だけに見れば現在とそれほど変わらないことが示されてきている。現時点での展望として、最終氷期は厳しい環境を反映して細かな地形分布が生じた。森林限界付近では谷部に氷河が発達し、谷部から谷壁斜面にかけては積雪量が多く、ベアリング要素であるダケカンバとオシラビソが棲み分け、林床にはベニバナイチゴなどの湿潤性植物群が生育していた。森林限界上部では東シベリア要素のハイマツや周北極要素コケスギランが分断されながらも分布していた。尾根部は風衝作用が強く、周北極要素主体の乾性植物がまばらに分布し、風下側では雪の吹き溜まりにベアリング要素主体の雪田植生が成立していた。現在の植物群の分布は、多雪化の影響で、谷部と尾根部の違いが明瞭になって成立した。その結果、海洋性気候下のベアリング要素と東アジア要素、周北極要素が重なる形となり、日本固有の植物群が成立した。この展望を具体化するために最も必要なものは、最終氷期最寒冷期の大型植物化石堆積物であるが、今のところ、あまり例がなく、地点を地理的に広げることで克服可能な見通しである。

## C2-06

## 樹木の肥大成長量と動態パラメータの地理パターン

石原正恵 (自然研)

人間活動や気候変動による生物多様性の減少が危惧されており、種多様性が維持される機構を明らかにすることが重要である。森林における樹木の種多様性の維持機構として、遷移ニッチ説が提唱されてきた。種間で成長速度と生存率の間にトレードオフ関係があるため、森林内において光などの環境条件がよい場所では、成長が速く短命で死亡率の高い種 (遷移初期的な種) が、成長が遅く死亡率の低い種 (遷移後期的な種) より優占する。一方、環境条件の悪い場所では、遷移後期的な種が優占する。これに対し、近年、種多様性の維持機構として統合中立説が提唱された。この説では、死亡率や出生率などの種間差は種多様性の維持にとって重要ではなく、種は同等と見なせると考える。これらの説の相対的重要度を、熱帯以外の気候帯の森林において検討した研究は少ない。

本研究は、亜寒帯から亜熱帯の森林において、遷移ニッチ説の妥当性と統合中立説の仮定の妥当性を検討する。北海道から沖縄までの 18 箇所の天然生林における 2~5 年間の毎木調査データを用いて、死亡率と幹直径の成長速度を樹種ごとに求めた。もし、遷移ニッチ説が重要ならば、森林内の樹種間で死亡率や成長速度に変異が見られ、死亡率と成長速度との間に正の相関が見られるはずである。さらに、種多様性の高い森林ほど、死亡率や成長速度の種間変異が大きいと予想される。逆に、死亡率と成長速度の種間変異が小さければ、遷移ニッチ説は支持されず、種の同等性という統合中立説の仮定が妥当だと考えられる。発表ではこれらの予測の検証結果を示し、遷移ニッチ説の重要度と攪乱履歴との関係も検討する。

なお、本研究のデータは環境省・モニタリングサイト 1000 プロジェクトの森林・草原調査コアサイトより提供いただいた。

## C2-08

## 年変動の大きい森林リターの推定法

千葉幸弘 (森林総研)

森林の純一次生産量 NPP は、光合成量と呼吸量の差し引きによる光合成法のほか、小川 (1967) が定義した積み上げ法で推定されるのが一般的である。積み上げ法による NPP は、一定期間における地上部現存量の増分、枝葉などの枯死脱落量 (リター)、被食量の総和である。1960~1970 年代の IBP 当時、様々な生態系の NPP を推定する一環で、リター量の推定が多く報告された。リターは森林の種組成や林齢あるいは森林構造の違いなどを反映して変化するのであろう。しかし台風などの気象条件による影響が大きく、リターの季節変動だけでなく、年間リター量もかなり変動するため、樹種や森林構造などの要因にどの程度依存しているか見極めるのが難しい。

森林の炭素固定量を評価するためには、その検証データとして NPP の推定値が必要だが、光合成法では光合成や呼吸のスケールに未解決の問題が多くその推定には不安が残る。一方、積み上げ法では被食量だけでなくリター量の推定精度が不安定であり、いずれの評価手法も不確実である。こうした状況を打破するためには、個々のフラックスの推定上の欠陥を、ひとつひとつ潰していくことも必要である。そこで、森林群落においてプレが大きいリター量に関して、その発生の仕組みを考慮した推定法とその妥当性を検討した。

生育空間に余裕があれば樹冠は横方向へも拡大するが、余裕がなければ樹高成長とともに樹冠は上方へ移動する。その過程で枝葉の枯死脱落によってリターが発生する。枝リターの総量としては、樹冠下部における枯れ上がりに起因するものが多くを占めるであろう。一方、葉リターは樹冠内の葉群が順次脱落するので、樹冠全体から脱落すると解釈できるであろう。こうした状況を考慮して、リター発生をモデル的に表現し、実測値との比較検討を行った。

## C2-09

## 北海道アポイ岳における草本植物群落の変動

\* 富田美紀 (静岡大学・理・院), 田中正人 (北海道様似町教育委員会), 渡邊定元 (森林環境研究所), 増沢武弘 (静岡大学・理)

北海道南部の日高山脈南端に位置するアポイ岳は810.6mという標高にもかかわらず高山性の植物が数多く生育し、その中にはアポイ岳の固有の植物も多い。このような標高に一般的に高山帯で見られる高山植物や固有種・遺存種が存在している要因としては、海岸からの夏季における濃霧の発生による日射量の減少とそれに伴う気温の低下、母岩が超塩基性のカンラン岩であり化学的・物理的性質から生育する植物群が限られていることなどが挙げられる。このようにアポイ岳はカンラン岩土壌とカンラン岩土壌特有の高山草本植物群落および、山頂の植生の逆転現象がみられる山として知られており、1981年には日高山脈襟裳国定公園の特別保護区に指定されている。

しかし、1959年と1988年にアポイ岳周辺の高山草本植物群落の面積を航空写真によって測定した結果、高山草本植物群落が縮小していたことが明らかとなった(渡邊, 2001)。それらのデータをもとに、我々は2009年5月にGPSを用いて高山草本植物群落の面積を測定することにより、20年前と現在の高山草本植物群落の面積の比較を行った。また、1970年から2000年にかけてハイマツやキタゴヨウの個体数の増加が示されており(増沢他, 2005)、高山草本植物群落の縮小の要因としてハイマツの分布拡大の影響が考えられた。そこで、ハイマツの年枝幅を測定することにより、近年のハイマツの年枝成長量を算出した。

20年前より現在の高山草本植物群落は縮小していた。アポイ岳の固有種であるヒダカソウ群落も縮小していた。また、近年のハイマツの成長量は大きかった。これらの結果をふまえて、近年のハイマツの大きな伸長が高山草本植物群落を縮小させていることが示唆された。

## C2-11

## ササ型ブナ林のブナ実生の生残条件

西本 孝 (岡山県自然保護センター)

地球温暖化の影響により西日本のブナ林は今後100年間に消滅すると予想されている。人間活動によって大部分が消滅した岡山県内でも、残存するブナ林は密生するササのために次世代のブナが育ちにくい状態となり更新できない恐れが出ている。ササ型ブナ林の更新については、これまでに優れた研究がなされているが、実生の定着過程についての研究は少ない。本研究ではブナ優占林でブナ実生の定着を光環境との関係から考察した。

岡山県内の調査区と比較するために、秋田県の十和田調査区(ササ一斉枯死)と青森県の葛調査区(ササなし)で毎木調査とササの稈密度の測定及び光環境の調査を継続して行った。ブナ実生は樹齡と位置をすべて記録して追跡した。

その結果、ブナ実生は閉鎖林冠下でチマキザサが密生する毛無山調査区(岡山県)の場合には発生したその年にほとんどの個体が枯死したが、ササが刈り取られた登山道沿いでは13年後の現在でも2割程度が生き残った。一方、チマキザサが一斉枯死した十和田調査区では、枯死したササの下でブナ稚樹が生き残っており、それらの一部がササの回復過程でササの上部に出ることができた。ササの回復過程にある林内では、ササはギャップやブナ以外の林冠下で稈密度が高くなったが、実生は稈密度が3~4本/m<sup>2</sup>の場所で生残する個体数が最も多くなっていた。同様にチマキザサが生育する若杉調査区(岡山県)の場合には当年生実生が稈密度の低いところで最も多く生育していたが、およそ40年生の稚樹が最も多く生残したのは稈密度が6~7本/m<sup>2</sup>の場所であった。

ササの稈密度と日平均積算光子量との関係では、光子量は稈密度が高くなるにつれて一定の割合で減少するのではなく、稈密度が2~8本/m<sup>2</sup>の場合には一定となっていた。ササ型ブナ林ではブナ実生が生残するにはササの稈密度がある程度必要であると考えられた。

## C2-10

## 谷地坊主によるストレス緩衝作用を介した実生定着過程

\* 小山明日香, 露崎史朗 (北大・環境科学院)

高ストレス環境下において、先駆種による後続種の定着促進作用(facilitation)は遷移を規定する重要な機構である。泥炭採掘跡地では、植生の消失により乾燥、霜害、土壌流出といった複数のストレスが生じ、植物の定着が著しく制限される。先行研究において、スゲなどが隆起した構造とリターの蓄積により形成する谷地坊主が、その周囲で後続種の定着を促進することが明らかになった。

谷地坊主は、リターの被覆により乾燥・霜害を緩和し、構造により土壌移動を防ぐと予想されるが、これらがどのように実生定着に作用するかは不明である。また、ストレス要因やその強度が季節や年により変動するとき、谷地坊主による影響は変化するかもしれない。そこで、1) 谷地坊主が後続種の実生定着を規定する要因は何か、2) 谷地坊主による影響は時間的に変動するか、を4年間の実生追跡により検証した。

北海道サロベツ湿原の泥炭採掘跡地において、6(1 × 10 m)プロットを設置し、実生数とその生死(夏期・冬期)を4年間記録し、年間及び谷地坊主周囲・裸地間で比較した。また、一部の谷地坊主にリターの除去処理を行い、実生数を比較した。環境要因として、月降水量、地温及び土壌移動量を測定した。

谷地坊主周囲では、リターの有無に関わらず土壌移動が緩和され、実生数も多かった。夏期の降水量は年変動が大きく、実生生存率は乾燥年に低下したが、谷地坊主の緩衝作用は年に関わらずなかった。冬期に実生は半数以上死亡したが、例年死亡率は霜害の強い裸地でもより低下した。このように、谷地坊主による実生定着への効果は季節的に変化するが、谷地坊主は年変動する夏期の乾燥ストレスを緩衝しないため、定常的にfacilitationを示すようだ。

## C2-12

## 雪解け時期の違いが稚樹の開葉フェノロジーにおよぼす影響

\* 伊藤公一 (鳥取大院・農), 佐野淳之 (鳥取大・農・FSC)

多雪地帯における林床植物の芽生えや稚樹の開葉時期は雪解け時期に依存している。そのため下層に存在する植物が春先の光を有効に活用できるかどうかは積雪量によって左右される。しかし、春先のフェノロジーに関する研究は草原性の草本植物を対象としたものが多く、森林内の稚樹が積雪量の違いに対してどのように反応するのかについてはあまり研究されていない。本研究では同一林分内で積雪量の異なる2つのサイトを比較することで、雪解け時期の違いが稚樹の開葉フェノロジーにどのような影響を与えるのかを検討した。

調査は、2008年と2009年に鳥取大学教育研究林「蒜山の森」におけるアカマツに広葉樹の混交する二次林内で行った。林内の積雪量が異なる2つのサイトにおいて、最大積雪深と雪解け時期を記録し、樹高50 cm以下の落葉広葉樹の稚樹について、6段階で開葉度を記録した。対象樹種は2008年では高木種であるウヰミズザクラ、亜高木種であるヤマモミジ、低木種であるクロモジ、オオカメノキで、2009年ではこれに高木種であるクリ、カスミザクラ、ヤマザクラを加えた合計7種であった。

サイト間の最大積雪深の差は両年とも40 cm程度であったが、2009年は積雪量が少なかったため2008年と比較すると雪解け時期が約2週間早かった。また両年とも雪解け時期が早かったサイトでは、ほとんどの樹種で開葉時期が早くなった。また2009年ではほとんどの樹種でサイト間の開葉時期の差は小さくなった。一方でウヰミズザクラやヤマモミジではこのような傾向はみられなかった。これらのことから、全体的にみると積雪が多い年における稚樹の開葉時期は雪解け時期に大きく左右されるものの、積雪が少ない年では稚樹の開葉時期は雪解け時期にあまり影響を受けないと考えられる。また、樹種や生活型によってもそれぞれに特徴的な反応がみられることが示唆された。

## D2-01

### コウモリのねぐら選択の数理モデル：fission-fusion 社会の進化的意義

\*鹿嶋一孝(北大・院・環境科学), 大槻久(東工大・社会理工), 佐竹暁子(北大・創成)

コウモリは群れの構成が定期的に変動しながら、複数のねぐらを利用する離散-集合(fission-fusion)社会を形成する動物種の一つである。離散-集合行動は個体間のねぐら利用に関する好みの同調と対立の結果生じていると考えられているが、明確な機構については明らかでない。

そこで本研究では、ねぐら選択の数理モデルを開発し、離散-集合行動が生じる機構を理論的に明らかにすることを目的とする。モデルでは以下の仮定を立てた。

- (1) 個体は各ねぐらの質について個別調査を行い、調査結果にはノイズが含まれる。
- (2) 調査結果は現在のねぐらに持ち帰られ同一コロニーで共有される。
- (3) 結果の共有後、各個体はねぐらの質の評価を学習率  $a$  ( $0 < a \leq 1$ ) で更新し、高い評価のねぐらをより高い確率で選択する。

$a$  が大きい場合は、最新情報の影響が大きく、評価値は変動しやすいが、 $a$  が小さい場合には、過去の経験の重みが増すため評価値は安定し易くなる。

ねぐら選択の集団行動に集団サイズ、調査結果中のノイズ、学習率が与える影響を、ねぐらあたりの混雑度とグループサイズ分布を指標として調べた。全体で行動する場合、混雑度が最大となりグループサイズ分布は一山になる。このパターンはノイズ、学習率共に小さい場合に現れ、質の高いねぐらに大きい集団が住み着く。ノイズが大きい場合またはノイズは小さく学習率が高い場合には、集団の分散と融合が頻発し、グループサイズはベキ分布となる。これは、ねぐら利用に関する好みの対立がなくとも、ねぐらの質の評価が困難で新情報に左右され易い場合に離散-集合パターンが生じることを示している。さらに、好みの対立を導入するとノイズが小さく学習率が小さい場合でも、同様のパターンがみられた。これらの結果から離散-集合社会の意義についての考察を行い報告する。

## D2-03

### 化学量論から見たミジンコの最適摂食率

\*大野(鈴木)ゆかり, 河田雅圭, 占部城太郎(東北大・生命科学)

これまで最適採餌理論は、エネルギー摂取率を最大にするという考えを基盤にしていた。しかし自然界では、エネルギー摂取率を最大にするのが最適とは限らない。化学量論(C:N:P比)から見ると、陸上生態系では、植物のC:N比は昆虫のC:N比より高く、昆虫の成長はN制限になりやすい。また淡水生態系では、植物プランクトンのC:P比は動物プランクトン・巻貝・水生昆虫のC:P比より高く、それらの成長がP制限になりやすい。このように捕食者の成長がNやP制限の時、エネルギー源となるCの摂取率を最大にしても、成長量は最大にならない。そのため、化学量論による制約の元、成長を最大にする最適採餌理論を構築する必要がある。

実験研究においては、捕食者の成長がNやP制限の時、不足したNやPを補うために、通常より摂食率を増加させることが観察されている。このような摂食率の増加は補償摂食と呼ばれ、最適摂食率がCだけでなくNやPの摂取率にも影響されていることを示している。しかし補償摂食のモデルは構築されておらず、補償摂食が見られる条件も明らかとなっていない。

そこで本研究では、ミジンコを対象生物とし、化学量論に基づいて成長量を最大にする最適摂食率のモデルを構築した。摂食のために消費するエネルギーは植物プランクトンのCから得るとし、消費するエネルギーが大きいほど濾過できる水量が多くなり、摂食率が増加するとした。そして、ミジンコの成長量を最大にする最適摂食率を計算し、補償摂食が見られる条件を調べた。植物プランクトンのP量を変化させて最適摂食率を調べると、P量が少ない時は最適摂食率が増加した。しかし、最適摂食率はP量だけでなく、植物プランクトンの密度やCの同化効率にも影響を受ける。これらの結果をもとに、実験で観察されたミジンコの摂食行動との比較を行い、議論する。

## D2-02

### 細胞質性決定機構と染色体性決定機構の空間的共存およびその遺伝子流動への影響

小林 豊(京大・生態研)

細胞内共生体として知られる Wolbachia の中には、感染したオスの表現型を操作してメス化(feminization)するものがある。このような feminization Wolbachia は、遺伝的なメスと競争関係にあるため、垂直感染率が十分に高い場合には、メスをコードする性染色体を駆逐し、メス機能に乗っ取ってしまうことが知られている。Taylor(1990)の理論研究によると、Tを感染率、Rを性染色体がコードするオス比として、 $T > 1-R$ なら Wolbachia が性染色体を駆逐してしまい、逆に  $T < 1-R$ なら性染色体が Wolbachia を駆逐してしまう。Taylorのモデルでは空間構造が考慮されておらず、二者が共存するパラメータ領域は存在しない。一方、フランスの Rigaud らの研究によると、feminization Wolbachia の一種である Armadillidium vulgare は、高温条件下で感染率が低下するので、地域による気温の差が A. vulgare と性染色体の共存の原因となっているのではないかと推測されている。本研究では、感染率の異なる二集団を想定したモデルを用いて feminization Wolbachia と染色体性決定機構(ZZ/ZW)が共存する条件を調べる。また、feminization Wolbachia の感染が二集団間の遺伝子流動にどのような影響を与えるかを、著者らが最近開発した有効移住率の摂動近似法により明らかにする。さらに、感染率を低下させるような suppressor 遺伝子が集団中に広がる条件およびその平衡状態での空間分布を、摂動近似法および数値計算により明らかにする。

## D2-04

### 陸産貝類の殻形態：重力モーメントが及ぼす影響

岡嶋亮子(東北・生命)

陸産巻貝の spire index (殻高÷殻幅)は、扁平及び、縦長な貝殻からなる二極分布を示す(Cain 1977 他)。扁平な貝は水平面を、縦長な貝は垂直面を這うという傾向から、この二極化は異なる表面上でのバランスに起因するとされてきた。しかし、バランスという単一の要因で、形態は不連続化するのだろうか。また、バランスすなわち重力による影響は生物の形態にどこまで効いているのだろうか。

本研究では、各形状の殻が水平面及び、垂直面を移動する際のバランスを、モーメントによって理論的に推定した(Okajima and Chiba 2009)。殻形態は、尖っているとき、膨らんでいるときの極値をそれぞれ円錐、円柱に近似した。貝が各 spire index において、最もバランスがよくなるような殻の傾きと膨らみをもつと仮定すると、水平面では扁平なほどバランスがよいことが示された。しかし垂直面では、扁平な殻と縦長な殻、双方のバランスがよく、spire index 1.4 付近の貝が最もバランスが悪い。一方、実際のデータから、spire index の分布を求めたところ、自然界において最も頻度が低いのは 1.2 となった。この実測値が理論値 1.4 と非常に近いことから、陸産巻貝の殻形態はバランスによって生じているという仮説が物理的に支持された。

更に、上記の結果を導く際の仮定「各 spire index の貝が、バランスにおいて最適な傾きと膨らみをもつ」を検証する。バランスから、扁平な殻は、殻軸と這う平面が垂直で、膨らみは円錐に近いことが予測される。一方、縦長な殻は殻軸と平面が平行で、膨らみは円柱に近い。しかし、形態形成上での制約により、貝の傾きと膨らみはその逆になりやすい。これらの予測に対し、実際の傾きと膨らみがどのようになっているのかを、計測や観察を通して明らかにする。

## D2-05

## Individual-based modeling of host-parasite dynamics in continuous space

\*Chiho Kaito (Nara Women's Univ.) , Fugo Takasu (Nara Women's Univ.) , Ulf Dieckmann ( IASA )

In the past decades, it has been widely recognized that spatial structure can fundamentally alter consequences of simple population dynamics where all individuals are assumed to be "well-mixed" (no spatial structure).

Extended Nicholson-Bailey models of host-parasite dynamics on lattice space have already shown that various spatial patterns can emerge and persist.

Enabling coexistence of host and parasite populations which is otherwise impossible in well-mixed system. But these previous models focus only on phenomena at population level, ignoring birth and death process at individual level.

In this talk, fully mechanistic birth and death processes of host and parasite individuals in continuous space are implemented as an individual-based model which we name "Spatial and special IBM(SPIBM)". Using SPIBM, we aim to enrich our previous knowledge on the effect of space viewed at individual level.

We found that the SPIBM can also generate spiral patterns and that these spatio-temporal patterns can persist for a long time despite the considerable stochasticity inherent in individual's birth, death, and movement. A method to detect spiral patterns was developed and conditions for stable spirals to persist was investigated.

We discuss about how our SPIBM is useful to generally theoretical study of spatial ecology.

## D2-07

Phylogeography of *Camassia quamash* in western North America: postglacial colonization and transport by indigenous peoples

\*Hiroshi Tomimatsu (Tohoku University) , Susan Kephart (Willamette University) , Mark Vellend (University of British Columbia)

Recent human activities have spread numerous plant species across the globe, yet it is unclear to what degree historical human activities influenced plant dispersal. In western North America, *Camassia quamash* was one of the most important food plants for indigenous peoples, who transported its propagules either intentionally or accidentally. We investigated how human and natural dispersal might have contributed to the current pattern of spatial genetic structure in *C. quamash* by performing phylogeographical surveys at two geographical scales. We sequenced two noncoding regions of cpDNA for 53 populations of *C. quamash* as well as for 21 populations of the non-food plant *Zigadenus venenosus*. Contrary to the expectation of anthropogenic transport, *C. quamash* populations did not exhibit weaker genetic structure than *Z. venenosus* populations. We also failed to find convincing evidence for signatures of transport. Instead, our data showed strong effects of past glaciation and geographical barriers of mountains. Our data suggest that the current pattern of genetic structure of *C. quamash* does not show any detectable signatures of transport by indigenous peoples and is better understood as the result of natural dispersal processes.

## D2-06

## From high resolution optical satellite data to above-ground biomass estimates in tropical rainforests - a landscape level case study in a production forest in Deramakot, Sabah, Malaysian Borneo

\*Andreas Langner, Kanehiro Kitayama

FROM HIGH RESOLUTION OPTICAL SATELLITE DATA TO ABOVE-GROUND BIOMASS ESTIMATES IN TROPICAL RAINFORESTS - A LANDSCAPE LEVEL CASE STUDY IN A PRODUCTION FOREST IN DERAMAKOT, SABAH, MALAYSIAN BORNEO

Andreas Langner 1) and Kanehiro Kitayama 1)

1) Laboratory of Forest Ecology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kitashirakawa Oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8502 Japan

ABSTRACT

Elevated deforestation rates in the tropics affect the global climate as annual emissions from deforestation and land use changes account for more than 17 % of the total human induced GHG emissions. High resolution optical satellite data such as ALOS AVNIR-2 and Landsat 7 ETM+ of a production forest in Sabah, Borneo have been analyzed in order to estimate the above ground biomass. As tropical forests are carbon-dense and structurally complex ecosystems remote sensing signals tend to saturate quickly. Crown cover density is regarded as the most important detail of information high resolution optical images can provide. Therefore, biomass values were estimated by measuring the level of forest degradation, which is represented by disturbances in the crown cover. For that sake the algorithm combines reflectance values that represent the quality of the vegetation (NIR) and the amount of bare soil (red or Mid IR). Using AVNIR-2 data the model achieved an  $r^2$  of 0.28, which is comparably high.

## D2-08

## Restoration of the abandoned coal mines by applying tolerant plants and soil ameliorators

Lee, C.S. and W.S. Oh (Seoul Women's Univ.)

## D2-09

## Variation in stable isotope ratio and concentration of anion regarding in-flight water

KATSURA Hidemitsu\*, KOBA Keisuke, SAITO Wataru , SASAKI Yuji, TAKEBAYASHI Yu, WAKABAYASHI Kenji, YOH Muneoki (Tokyo University of Agriculture and Technology) , FANG Yunting (SOUTH CHINA BOTANICAL GARDEN)

## INTRODUCTION

Latitude effect and altitude effect are known regarding stable isotope ratio in atmosphere and water. If we made anthropogenic change for these it could have such effects. Currently scheduled passenger flights are restricted to bring any kind of liquid to inside cabin by passengers. Consequently collecting water for hand-wash ( "In-flight water" ) in lavatory in airplane is best way to such kind of experiments by scheduled passenger flights.

## EXPERIMENTS

We made sampling in-flight water on UA890 from Los Angeles to Narita on JUL 19,2009 and on UA803 from Narita to Singapore on AUG 22,2009 and analyzed concentration of nitrate ion and nitrogen stable isotope ratio in nitrate.

## DISCUSSION

During flight water tank of airplane is exposed by out side of atmosphere. Therefore concentration of nitrate ion was varied.

Comparing with almost same latitude,it had tendency that low altitude had high nitrogen stable isotope ratio and high altitude had low nitrogen stable isotope ratio. Comparing with same altitude, it had tendency that high latitude had low nitrogen stable isotope ratio and low latitude had high nitrogen stable isotope ratio.

## E2-01

## イギリス全土における250年の記録から推定された植物の開花時期指数

\*天野達也(農環研), Smithers, R.J. (The Woodland Trust), Sparks, T.H. (Poznan Univ. Life Sci.), Sutherland, W.J. (Univ. Cambridge)

生物多様性の状態を指標化し、監視していくことの必要性が近年高まっている。一方で、気候変動は着実に生物多様性に対する重大な脅威の一つとなりつつある。特に、気候変動に応じた生物学的現象の時間変化(フェノロジー変化)は多くの研究によって報告されてきたが、長期にわたるフェノロジー変化を群集レベルで指標化し、気候変動の影響を定量化しようという試みはまだない。

本研究では気候変動が植物群集に与える影響を定量化するため、イギリスの植物408種を対象として250年間にわたる開花時期変化を表わす指数を開発した。用いたデータは、イギリス全土で断片的に集められた395,564件に及ぶ開花日の記録である。階層バイズモデルによって推定された1753-2009年の開花時期指数によって、イギリスの植物群集は直近の25年間に最も早い開花時期を示していることが明らかになった。指数は24月のCentral England Temperature平均と負の相関関係にあり、気温が1℃上昇する毎に指数は5.0日早い開花時期を示している。モデルによって種ごとの開花時期指数も同時に推定され、今後より詳細な種レベルでの解析へ発展が望まれる。

本研究により、多くの調査地で断片的に得られた多種データから、群集及び種レベルのフェノロジー変化を示す指数を推定する手法が確立された。推定された開花時期指数は、今後気候変動が生物多様性に与える影響を監視するために重要な役割を果たすだろう。また本研究の手法を応用することで、他の分類群や地域のデータも取り込んだ統合フェノロジー指数の開発も可能になると考えられる。

## E2-03

## ダム運用が河畔林の更新動態に与える影響

\*高橋まゆみ, 中村太士(北大・農)

ヤナギ科植物を主要樹種とする北海道の河畔林を維持するためには、種子定着場所となる裸地を生成する洪水攪乱が必要である。ダムによる洪水時の流量調節は攪乱頻度や強度を低下させるため、河畔林の更新に影響が出ることが懸念されている。1997年に運用が開始された十勝川水系札内川ダムではダム下流の冠水頻度の低下に伴う樹林面積の増加が報告されている。本研究ではダム運用後の河畔林の種組成を明らかにし、ダムの運用が河畔林の更新動態へ与える影響を検討する。札内川ダム下流17km地点に調査区を設定し、ダム運用後の冠水頻度をもとに、砂礫堆(冠水頻度0.2年)、低位氾濫原(2-20年)、高位氾濫原(20<年)の3つに区分した。各面にプロットを設置し、成木(樹高1.3m<)の胸高直径、更新木(樹高1.3m>)の個体数を計測した。調査結果より、高位氾濫原ではヤナギ科が優占しているが、ヤチダモ、ハルニレなどへ遷移が進んでいることが分かった。氾濫原はダム運用以前は砂礫堆だったがダム運用後に冠水頻度が下がり低位氾濫原となった場所が多く、高位氾濫原で見られたケシヨウヤナギ、オオバヤナギ、ドロヤナギに加え、林縁部や二次流路ではネコヤナギやオノエヤナギが多く出現した。砂礫堆では、低位氾濫原の成木出現種が更新木として出現したのに加え、エゾノキヌヤナギやエゾヤナギも多く出現した。砂礫堆の植生はダム運用後発芽定着したものと考えられ、砂礫堆はヤナギ科樹種の更新サイトとして利用されていることが分かった。ダム運用後は攪乱強度が低下しており、現在は氾濫原の樹林化とともに砂礫堆の更新木も成長が促進される状態にある。長期的な河畔林の維持を考えると、新たな更新サイトの生成が必要であり、流路変動を伴う攪乱を許容する弾力的なダムの運用が必要となる。

## E2-02

## 九州・阿蘇の草原における植物分布に及ぼす土壌特性

(独)農研機構・九州農研(現在:北農研)

わが国の半自然草原は、高度経済成長期以降、急速に面積が減少しているが、現在でもまとまった面積で本来の半自然草原が残存する阿蘇地域においても、近年草原維持が困難となってきており、草原の保全と再生に向けた様々な取り組みが行われている。このような取り組みを効率的に推進するためには、適切な草原管理法を明らかにするとともに、植物の種ごとの分布に及ぼす土壌特性を解明することが不可欠である。そこで演者は、阿蘇地域の半自然草原約300ヶ所において土壌および植生の調査を行い、草原植物、特に絶滅危惧種に指定されている6種(ミチノクフクジュソウ(AM)、サクラソウ(PS)、ケルリソウ(TR)、マツモトセンノウ(LS)、クサレダマ(LVD)、ヒゴタイ(ES))について、生育地の土壌化学特性の解明を試みた(土壌物理特性については既に報告済み)。

非生育地と比較して、全窒素はPS生育地で有意に高く、TR、LS、LVD生育地で有意に低かった。有効態リン酸はAM生育地で有意に高く、PS、ES生育地で有意に低かった。交換性カリウムはAM、PS生育地で有意に高く、TR、LS、LVD生育地で有意に低かった。交換性マグネシウムについても、AM、PS生育地で有意に高く、TR、LS、LVD生育地で有意に低かった。交換性カルシウムは、AM、PS生育地で有意に高く、TR、LVD生育地で有意に低かった。塩基飽和度は、AM、TR、LS、LVD生育地で有意に高かった。腐植含量については、PS生育地で有意に高く、TR、LS、LVD生育地で有意に低かった。

これまで、貧栄養な土壌化学特性が絶滅危惧種等の植物相を維持し、草原植物の多様性が保たれるとされてきたが、上記の結果より、必ずしもそうではなく、種ごとに生育地の土壌化学特性は異なり、種によっては特定の化学成分が高い土壌に生育することが示唆された。

## E2-04

## 氾濫原湿地に造成された水田地帯における植物分布を規定する要因 - 慣行田と休耕田の植物種組成の違い -

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

沖積平野における水田地帯の環境は、乾田化や除草剤の多用によって劇的に変化した。その結果、水田を生息地としていた多くの植物種が激減した。一方で、増加する休耕田がそれら植物種の避難地として機能している可能性が指摘されている。本研究では、水田地帯を代表する景観要素である慣行田と休耕田において、植物種組成とそれを規定する要因を明らかにし、現存する植物種の保全方法について議論する。

氾濫原湿地を干拓して造成された越後平野の水田地帯(500km<sup>2</sup>)を対象に、各68枚の慣行田と休耕田において、連続する20個の1m x 1mの植生調査枠を設け、出現した維管束植物の種名を記録した。各調査田は立地(三角州・後背湿地・海岸低地)と干拓履歴によって分類された。さらに、休耕田では管理形態(休耕年数・除草剤使用の有無)を聞き取り、土壌水分を測定した。

調査田あたりの出現種数を応答変数、耕作の有無(慣行田・休耕田)、立地、干拓履歴を説明変数、地域をランダム要因としてGLMMで解析し、以下の結果を得た:(1)水田を主な生息地とする希少植物の種数は三角州や後背湿地の調査田で増加し、休耕田より慣行田で増加;(2)かつての氾濫原由来だと考えられる植物の種数は後背湿地で増加し、慣行田より休耕田で増加;(3)外来植物の種数は休耕田で増加。次に、説明変数に管理形態と土壌水分を加えて、各要因が休耕田あたりの出現種数に与える影響を同様に解析し、以下の結果を得た:(1)除草剤散布は希少植物種数に正に、(2)氾濫原由来の植物種数に負に影響;(3)外来種数は海岸低地の休耕田で増加し、除草剤散布から負の影響を受ける。以上より、水田地帯における植物種の保全には、土地の地史的背景を考慮し、人為攪乱の内容を保全の対象によって変えることが必要であると結論付けた。

## E2-05

## 農業水路に分布する水生植物による除草剤影響の検出

\*池田浩明, 石坂真澄, 山中武彦, 細木大輔, 稲生圭哉, 山本勝利 (農業環境技術研究所)

わが国における農業のリスク管理は、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。そのため、野外において農業の影響を分離・特定することが最善だと考えられているが、その手法は確立されていない。そこで本研究は、水生植物が分布する農業水路で調査を行い、除草剤の濃度と連動する植物の季節変化を指標として除草剤の影響を検出することを目的とした。

茨城県つくば市周辺域の農業水路に調査区(13地点)を設置し、2009年の水稲用除草剤が使用される前(4月)、除草剤濃度が最高値を示す直後(5月)、除草剤が検出されなくなる時期(7,9月)に、出現種(藻類を除く)別の被度と水質(水位、流速、EC、pH)の調査を行った。また、同地点において4~8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(5有効成分)の濃度をHPLC-MS/MSを用いて分析した。

調査区にはそれぞれ、沈水植物のエビモ、ササバモ、セキシヨウモ、抽水植物のマコモ、ヨシなどが優占していた。スルホニルウレア系除草剤は、全ての調査水路でいずれかの有効成分が検出され、5月中~下旬に最高値を示した。この季節変化は、測定した水質4項目に比して5月に集中していた。水生植物のうち、除草剤濃度のピークと合致して被度の減少が見られたのは沈水植物であった。特にエビモの被度が最も大きく減少し、5月に地上部は消失したが、7月には地下茎からの出芽により再生した。一方、抽水植物では、7月以降の刈取り除草によって著しく被度が減少した調査区が多かった。これらの結果は、農業水路への水稲用除草剤の流入によって沈水植物が最もダメージを受けることを示唆する。

## E2-07

## 陸水環境保全のための指標種としてのイシガイ類の有用性

\*根岸淳二郎(北大 院 地球環境), 大森徹治(国交省 木曽川上流), 萱場祐一(土木研 自然共生セ), 久米学(土木研 自然共生セ), 佐川志朗(土木研 自然共生セ), 真田誠正(土木研 自然共生セ), 永山滋也(土木研 自然共生セ), 宮下哲也(土木研 自然共生セ)

イシガイ類(イシガイ目淡水二枚貝)は、世界的にその生息範囲の縮小、および生息数・種多様性の減少が著しい生物分類群のひとつである。わが国においても、かつては多くの陸水環境においてイシガイ類は一般的に見ることができたが、近年の人為的な自然環境の改変によって、その生息環境の劣化が急速に進行している。イシガイ類は特定の魚類との間に成り立つ片利共生関係を持つことから、魚類を含めた陸水生生態系の自然環境の状態を反映する環境指標種としての機能が示唆されてきた。しかしながら、その指標種としての有用性を定量的に示した研究はこれまで報告されていない。そこで、本研究では、国内におけるイシガイ類の主要な生息環境であるワンド域(木曽川)および農業用排水路(岐阜県関市)において、同所的にイシガイ類と魚類群集の生息状況を調査することで、その指標種としての有用性を検証した。両水域タイプにおいて、魚類の種多様性およびShannon-Wienerの多様度指数は、イシガイ類の種多様性あるいは単位時間当たりの採捕個体数と有意な正の相関関係をもって説明された。この結果から、イシガイ類は少なくとも魚類を含めた陸水生生態系の環境指標種として機能することが示された。また、イシガイ類の分布域縮小や生息数減少から魚類群集の種多様性の減少が推測され、イシガイ類の生息環境保全が重要であることが示唆された。

## E2-06

## Vulnerability Assessment of Urban Green Space Ecosystem to Climate Change

\*Choi, H.A. (Korea Univ.), Lee, W.K. (Korea Univ.), Choi, S. (Korea Univ.), Kwak, H (Korea Univ.)

The urban ecosystems have been affected by both global warming and urbanization. Especially the increase of air temperature directly affects the forest vegetation, phenology, and biodiversity in urban area. Thus, it is essential to more accurately assess the impact of climate change and prepare adaptation strategy of forest ecosystem in urban green space. The purpose of this study is to assess urban vulnerability to climate change. The degree in which a system is susceptible to, or incapable to overcome, the impact of climate change is referred to as vulnerability. It is determined by the sensitivity of the system and its adaptation. For this purpose, this study examined the impact of climate change on urban in the area of land use and green space using spatio-temporal information. As result of vulnerability assessment, we could determine that the urban green space plays an important role for mitigating urban heating in central area. Based on the spatial variation in vulnerability, we can suggest that the central and local governments need to prepare concentrated adaptation strategies for climate change.

## E2-08

## 外来マス類はカワシンジュガイの宿主となるか

\*北野聡(長野環保研), 小林収(長野西高), 山本祥一郎(中央水研)

カワシンジュガイは幼生時代にサケ科魚類の鰓に寄生することで知られる淡水産二枚貝であり、サハリンから山口県までの比較的安定した河川に生息する。しかし、近年の生息環境の悪化により各地で個体数が減少し、絶滅が危惧されている。カワシンジュガイの保全にあたっては幼生の宿主となるサケ科個体群の存在についても留意する必要があるが、北海道や本州の冷水域では外国産マス類(ニジマス, ブラウントラウト, カワマス)の定着, 分布拡大が進行しており、魚相の変化がカワシンジュガイ個体群に与える影響が懸念される。そこで本研究では、飼育下の3魚種にグロキディウム幼生を実験的に寄生させることで、外国産マス類の宿主ポテンシャルを明らかにすることを目的とした。なお、外国産マス類としてはニジマス, ブラウントラウト, カワマスの3魚種(日光市中央水産研究所飼育魚:全長10-20cm), グロキディウム幼生としてカワシンジュガイ(大町市農具川産:ヤマメ類を宿主とすることで知られる)とコガタカワシンジュガイ(長野市戸隠逆さ川産:イワナを宿主とすることで知られる)の2種を使用した。実験では強制的にグロキディウム幼生を寄生させた後、安定した水路で飼育を継続し、鰓への寄生数や貝の成長を経過観察した。その結果、大町産カワシンジュガイについては、カワマスが本来魚種よりもやや劣る宿主ポテンシャルを有する一方、ブラウントラウト, ニジマスが宿主ポテンシャルを持たなかった。また、戸隠産コガタカワシンジュガイについては、カワマス, ブラウントラウトが本来魚種並みの宿主ポテンシャルを持つが、ニジマスは宿主ポテンシャルを持たないことが明らかとなった。以上の結果から、外来魚の侵入が単純にカワシンジュガイの再生産を阻害するとは結論づけられないものの、侵入魚-二枚貝の組み合わせによっては深刻な帰結をもたらすと考えられる。

## E2-09

## フナ・コイの産卵場所・仔稚魚育成場所の空間分布：湖-川-水路の連続性と侵略的外来種の影響

\* 松崎慎一郎 (東大・地球観測データ統融合), 照井慧 (東大・農), 児玉晃治 (福井県海浜セ), 多田雅充 (福井県海浜セ), 吉田丈人 (東大・総合文化), 鷺谷いつみ (東大・農)

湖に生息するフナやコイは、繁殖期に湖から河川、さらに河川から水路や水田へと移動し産卵を行う。近年の河川改修や圃場整備による分断化で移動経路が断たれたり、侵略的外来種の影響によって卵や仔稚魚の生残率が低下することが懸念されている。本研究では、福井県三方湖流域において、フナやコイの産卵場所や仔稚魚の育成場所に関わる局所環境要因(物理化学要因、抽水・浮葉・沈水植物の被度、侵略的外来種ザリガニとウシガエルの存在)とランドスケープ要因(湖との連結性)の影響を明らかにし、産卵ポテンシャルの高い場所を推定した。

2009年春に、湖岸植生および湖とつながっている全ての河川・水路を対象にした広域調査を実施した。ランダムに154の調査地点を設け、産卵数と仔稚魚数を計数した後、局所環境要因を調べた。また、湖がフナ・コイ個体群のソースと仮定できることから、湖岸から各地点までの総延長距離を計算し湖との連結性の指標とした。なお、明らかに遡上が不可能な落差高がある水域は調査に含めなかった。

GLMMを用いたモデル選択の結果、湖との連結性が高いほど、沈水植物量が多いほど、またウシガエルが侵入していない場所ほど、産卵数と仔稚魚数ともに多いことが示された。また、仔稚魚数に関しては、浮葉植物量も正の効果をもたらしていた。三方湖では最近、自然再生の取り組みが始まっており、水田魚道を用いた湖-川-水路の連続性(ネットワーク)の修復も試みられている。本研究から推定された産卵ポテンシャルの高い場所に、水田魚道を設置することにより、より高い効果が期待できると考えられた。また、ウシガエルの排除を実施することで、産卵ポテンシャルを回復できる可能性が示唆された。

## E2-10

## コイの行動性体温調節と環境水温の時空間的不均一性がコイヘルペスウイルス症の蔓延に与える影響について

\* 山中裕樹 (龍谷大), 曾我部篤 (広大), 大森浩二 (愛媛大), 源利文 (地球研), 三木健 (台湾大), 齋藤保久 (釜山大), 内井喜美子 (Univ. Blaise Pascal), 本庄三恵 (地球研), 鈴木新 (地球研), 神松幸弘 (地球研), 川端善一郎 (地球研)

コイヘルペスウイルス病(KHVD)は温度依存的に蔓延することが知られており、水温環境とコイの水温選択行動が大きく影響していると推察される。本研究では水温・水深センサを搭載したタグをコイに装着・放流し、ラジオテレメトリーにより行動性体温調節の1年間の履歴を調べ、水域内の水温データと合わせて解析した。結果、コイは26-28度程度の比較的高い水温を嗜好することが明らかになった。また、春と秋にはコイの選択水温が環境中の最高水温に近い値であったことから、これらの時期にはより高い水温を選択しようとするコイの水温選択行動が環境水温によって抑制されていた可能性がある。次にこれらのデータを用いてKHVDの感染症流行モデルを作成し、環境水温の時空間的不均一性(時間的な変化が大きい沿岸帯と、変化が小さい沖帯を仮定)とコイの水温嗜好性の有無がKHVDの流行に影響するかを数値実験により評価した。結果、野外で観察されるように春と秋に感染個体が多くなる状況を再現できた。温度嗜好性の有無によるコイの全個体数の違いはそれほど大きくない一方で、感染個体数には大きな差が生じることが予測された。また、嗜好性が有る場合、沿岸域の面積が小さいときには春の感染ピークが大きく、沿岸域の面積が大きいときには小さい、そして沿岸域の面積が50%のときは嗜好性の有無による感染個体数の違いは小さくなることが予測された。KHVDが春と秋に蔓延するという現象には単にウイルスの活性が温度依存的である事に加え、コイの行動性体温調節にともなう負荷とその季節変化、及び生息域内の水温環境が影響していると考えられる。

## F2-01

## カワウ営巣林における森林衰退一回復過程解明の試み—空中写真判読と人文・社会科学的手法を用いた調査方法の検討—

\* 亀田佳代子 (琵琶湖博), 藤井弘章 (近畿大・文芸), 前迫ゆり (大阪産業大・人間環境)・石田朗 (愛知カワウ調査研), 牧野厚史 (琵琶湖博)

カワウが繁殖する森林では、枝葉の折り取りや排泄物の供給により森林が急速に衰退する。近年のカワウの増加により、コロニーのある森林では景観悪化や地域固有性の高い植生の劣化などが問題となっている。現在森林衰退が問題となっているカワウ営巣林への対応策の検討には、回復の要件特定の前提として、長期的な森林変遷過程のデータ化が必要である。だが、人為的攪乱下での長期的な森林変遷の解析方法は確立しておらず、カワウ営巣による森林の衰退一回復過程の研究もあまりない。そこで、人文・社会科学的手法を加味して営巣林の衰退一回復過程をデータ化する方法を検討した。

調査は、長期にわたりカワウが営巣する愛知県知多郡美浜町の「鶴の山」で行った。カワウの糞採取が最近まで行われていた同地では、文献調査および聞き取り調査が可能である。そこで、年代別の空中写真を判読し、GISにより、判読結果に既存文献、住民からの聞き取り、公文書館所蔵文献調査結果を加え、カワウコロニーと森林植生の長期的変遷過程についての情報抽出を試みた。

既存研究によるカワウ営巣範囲の変遷をもとに、1947-1995年の空中写真の判読を行ったところ、カワウの営巣と移動により、森林から裸地や草原への退行遷移が生じ、さらに森林へと回復の様子が確認できた。これに聞き取り調査および文献調査から得た植生の年代および範囲を重ねると、短期間での森林回復は人間の植林によるものと判明した。これらの結果からは、カワウ営巣林の動態をデータ化する手法として空中写真判読が有効なこと、人間の利用空間と重なるハビタットでは、年代と地図化を意識した聞き取り調査や公文書の活用が、写真判読法による情報抽出の有効性を増加させる可能性が示唆された。

## F2-03

## シカの嗜好性解析と植生管理による被害軽減の可能性

\* 小池文人 (横浜国大・環境情報)

野生のシカによる野生植物の被害が増え、地域から嗜好性の高い植物が消滅しつつある。屋久島の低地の森林において植物種の嗜好性を調査し、様々な管理下にある植生で被食圧を測定した。

ラインセンサスによりシカが到達可能な植物の茎葉の被害の有無を株単位 (不明瞭であれば50cm四方単位) で判断した。地点の被害確率の高さを種ごとに比較して1対1の星取り表を作り、多地点を総合した表から固有ベクトルを求めて嗜好性値とした。この嗜好性値をもとに地点の被食圧 (その地点で半数の株が被害される植物種の嗜好性値) を求めた。

調査した種の中ではルリミノキ類やツルラン類、キノボリシダ、シロヤマシダなどで嗜好性が高く、今回観察された最も低レベルの被食圧ではこれらの種が地域絶滅する。これより被食圧が高い地域では森林の骨格を構成するヤブニッケイやスダジイ、イヌガシなどの樹木種やアオノクマタケラン、ウラジロなど下層植生優占種が被害を受けるが、ツバキやサザンカ、ハノキ科、ヤマモモなどによる森林が成立する可能性がある。今回の調査で最も嗜好性が低い植物はハスノハカズラやイシカグマ、クワズイモ、樹木ではアブラギリやヤマモモ、クロキなどであった。

隣接した植生であっても、下層の刈り払いをおこなったスギ植林地や、道路脇の開けた草地などで被食圧が高かったが、照葉樹林や下層の刈り払いをおこなわずにシシアクチやヤマビワなどが密な低木層や亜高木層を形成しているスギ植林地では被食圧が低かった。この結果は、地域全体の植生を照葉樹林に誘導することで、地域全体の被食圧を低下させることができる可能性を示唆する。スギ植林地では亜高木・低木層を保全した施策が重要である。道路脇に草本植生ができるので、林道は可能な限り少なくすることが望ましい。

## F2-02

## 熊本県菊池市におけるクヌギ林への豚放牧による植生・土壌への影響

\* 小此木宏明 (東大院・新領域), 福田健二 (東大院・新領域)

中山間地では過疎化、高齢化などに伴い、管理放棄される林分が増加している。その現状を解決するため、アグロフォレストリー、特に「林畜複合システム」が着目されている。九州地方ではクヌギ林内への牛の放牧が行われ、それにとまう植生、土壌特性の変化についての研究がなされている。一方、豚の放牧の事例は少なく、豚の行動に関する研究はあるが、植生への影響を調査した事例はない。そこで、本研究では熊本県菊池市において、クヌギ林内への豚の放牧にとまう林床植生、土壌の変化を明らかにすることを目的とした。

2008年2月から2009年2月まで放牧が行われたクヌギ林において2009年10月に放牧区6プロットを設置した。対照区として同様の標高、斜面方位のクヌギ林に4プロットを設置した。それぞれのプロットにおいて、5m×5mのコードラットを設置し、樹高130cm未満の植物の種名、最大自然高、被度を記録した。環境要因として、開空度、土壌水分、土壌三相、pH、C/N比を測定した。植生データ、環境要因のデータをもとに、クラスター解析、CCA解析、DCA解析を行った。

全10プロットあわせて26科58種が出現した。林床植生のクラスター解析の結果、放牧区と未放牧区にグループ化され、放牧により植物の種組成が変化することが示された。出現種数、優占種数、Shannonの多様性指数はいずれも放牧区で高い値となった。放牧区では多様な種が優占種として出現したが、未放牧区ではすべてのプロットにおいて、ネザサの優占度が最も高かった。出現種の生活型で見ると、放牧区では一年生草本が13種出現したが、対照区では全く出現しなかった。一方、つる植物は放牧区で出現せず、対照区で8種出現した。また、土壌は、未放牧区と比較して放牧区でpH、土壌水分、土壌の乾重量が高い値を示し、C/N比が低い値となる傾向を示した。

## F2-04

## 水生ミミズに対する水田農薬の生態影響評価

\* 谷地俊二, 中森森三 (横浜国大院・環境情報), 伊藤豊彰 (東北大院・農), 金子信博 (横浜国大院・環境情報)

水生ミミズは栄養塩循環を促進する機能をもつが、農薬の生態影響についてはこれまで考慮されてこなかった。そこで、水田に生息する水生ミミズに対する除草剤のピラゾレートの影響を調べた。試験方法はOECD TG-225に準拠したが、OECD TG-225で標準種として使用されるオヨギミミズ (*Lumbriculus variegatus*) は、ヨーロッパで普通種であるが日本では生息が確認されていない。そこで、日本の水田に普通に生息するユリミミズ (*Limnodrilus hoffmeisteri*) を用いてオヨギミミズの結果と比較した。予備実験で、1か月間の暴露による慢性毒性影響を評価した。オヨギミミズとユリミミズ共に、無処理区とピラゾレート処理区 (濃度勾配; 0.01、0.1、1、10、100、1,000 mg/kg) を設けた。評価はロジスティック回帰モデルにあてはめ、半数影響濃度 (EC50) を推定した。個体の成長に対して、オヨギミミズは10,835.5 mg/kg、ユリミミズでは値がモデルにあてはまらず推定ができなかった。繁殖影響は、分割増殖するオヨギミミズのEC50はモデルにあてはまらず推定できなかったが、ユリミミズのcocoon (卵苞) 生産は5.5 mg/kgと推定した。予備実験の結果より、ピラゾレートの長期暴露によって、ユリミミズの繁殖が現実的な濃度で影響を受ける可能性が示された。現在、上記2種を用いて濃度勾配を2.5、5、10、20、40、100、1,000 mg/kgに設けた試験を行なっている。この研究により、水生ミミズの種感受性の違いを明らかにする。そして世界的標準試験法と、地域固有の影響の違いを数値化して示す。

## F2-05

## 堆積物におけるコイヘルペスウイルスの検出・定量

\* 本庄三恵, 源利文, 川端善一郎 (地球研)

人畜感染症や野生生物への感染症の拡大が顕在化する昨今、その発生メカニズムの解明や予防策提案のために、病原体の環境中での動態を明らかにすることが極めて重要となっている。コイヘルペスウイルス (KHV) 病は、1990年代後半に発生したコイにのみかかる新興感染症で、養殖コイのみでなく天然河川や湖沼にも広がり野生コイの大量死を引き起こした。我々のこれまでの研究で、2004年に10万匹以上の野生コイの大量死が確認された琵琶湖において、約6年後の現在も水中にKHVが存在し、自然生態系にKHV病が定着したことが確認されている。しかし、病原体であるウイルスの環境中での分布や動態は十分わかっていない。

本発表では、コイの摂餌行動や生態の特徴から巻き上げなどによる接触の可能性が高い堆積物に着目し、堆積物中のKHVの分布およびその起源となる濁水中鉍物への吸着の有無を検証した。琵琶湖およびその集水域の湖底堆積物10-20gを採取しPCRにより検出を試みた結果、12サンプル中11サンプルからKHVが検出された。また、2007年・2008年のサンプルでは、水中濃度より2ケタ以上多い $10^6$ /kgオーダーのKHVが検出され、堆積物がウイルスを蓄積している可能性が示唆された。次に、鉍物粒子を大量に含む代掻きによる農業濁水中に、既知量( $10^6$ /mL)のKHVを添加し、鉍物粒子へのウイルスの吸着の可能性を検証した。その結果、鉍物粒子からKHVが検出され、その濃度( $1.6-1.9 \times 10^6$ /g)は水中濃度より高く、KHVが鉍物に吸着することが分かった。以上の結果から、KHVは水中より堆積物中に高濃度で存在することがあること、また代掻きによる濁水がKHVの動態を変化させ、堆積物へ濃縮させる可能性が示唆された。

## F2-07

## 摩周湖生態系に顕在する水銀

\* 武内章記 (国環研), 田中敦, 五十嵐聖貴 (道環研)

産業革命以後、化石燃料の使用や産業廃棄物の焼却などによる地球規模での水銀汚染の進行が懸念されている。それと同時に水銀を濃縮した魚介類等の摂食による人間や野生動物への健康被害も懸念されているために、様々な生態系における水銀蓄積濃度の現状把握が求められている。そこで本研究では、北海道東部に位置する摩周湖生態系に生息する魚類と甲殻類の筋肉中の水銀蓄積濃度の実態把握と同時に、炭素と窒素同位体比を用いて水銀の生物濃縮メカニズムを明らかにした。水銀の乾重量濃度はニジマスが $691.5 \pm 631.9$  ( $1\sigma$ ) ppb, ヒメマスが $223.5 \pm 40.8$  ( $1\sigma$ ) ppb, ウグイが $853.6 \pm 535.6$  ( $1\sigma$ ) ppb, そしてウチダザリガニは $341.8 \pm 187.9$  ( $1\sigma$ ) ppbであった。ニジマスとウグイに比較的高濃度の水銀蓄積濃度が検出されたのと同時に、変動幅が大きいことが明らかになった。各々の炭素と窒素同位体比の平均値はニジマスが $-21.4 \pm 2.1\%$ と $5.8 \pm 0.8\%$ , ヒメマスが $-24.2 \pm 0.6\%$ と $4.7 \pm 0.3\%$ , ウグイが $-18.4 \pm 0.9\%$ と $5.0 \pm 0.4\%$ , そしてウチダザリガニは $-19.1 \pm 0.1\%$ と $3.2 \pm 1.0\%$ であった。こうした結果から、ニジマスだけが摩周湖生態系において異なる炭素同位体比を含む物を餌にしているのと同時に、食物連鎖の上位に位置していることが明らかになった。さらに比較的高濃度の水銀が蓄積しているニジマスとウグイは比較的高い窒素同位体比を持っていることが明らかになった。摩周湖は集水域が極めて小さく河川のない閉塞したカルデラ湖であるのと同時に、周辺に工場などの汚染源が皆無である。そのために、そこに生息している生物に蓄積している水銀は自然起源だと考えられる。

## F2-06

## 貧酸素水域の拡大過程で生じた地中海の突発的な汚濁化

\* 宮本康 (鳥取衛環研), 香月興太 (高知大・海洋コア総研セ), 山田和芳 (University of Turku), 坂井三郎 (JAMSTEC), 山口啓子 (島根大・生物資源), 高田裕行 (島根大・汽水研セ), 中山大介 (島根大・汽水研セ), Hugo Coops (WL/Delft), 國井秀伸 (島根大・汽水研セ)

湖沼の突発的な汚濁化はレジリエンスが失われた時に生じる。レジリエンスを生み出すものは湖沼の形状により異なり、浅い湖沼では沈水植生が、深い湖沼では下層水に含まれる酸素が湖底からの栄養塩回帰を抑制することで濁水を清澄な状態に保っている。中海は沈水植生が発達する沿岸域が少ないことから深い湖沼と認識できる。そこで、本研究は中海を深い湖沼として捉え、汚濁化のメカニズムの解明を底質コア試料・文献情報・気象統計の分析を通じて試みた。

本湖の南西水域は1950年代に植物プランクトンが突発的に増加したこと、1950年代前半に陸水流入が一時的に急増したことが、底質コアの分析結果より示された。そして、1953年における史上最多の降水が、陸水流入の一時的な急増をもたらすことで植物プランクトンの突発的な増加を導いたことが、気象統計と文献情報の分析結果より示唆された。

一方、全湖レベルの下層水の酸素濃度は、1920年代以前から低下し続けていたことが文献情報より明らかになった。下層の貧/無酸素化は東部水域より始まった後、湖内を半時計回りに進行し、南西水域では1930年代より確認されるようになった。そして、こうした貧/無酸素化の進行は、流入河川の人為改変(1922-1939年)に起因する濁水の滞留時間の長期化と海水の流入抑制に基づくことが、濁水の層別塩分を年代毎に比較した結果より示唆された。

以上の結果は、中海の南西水域が人為改変に起因するレジリエンス(下層水の溶存酸素)の消失過程で攪乱(記録的多雨)により突発的に汚濁化したことを強く示唆している。

## F2-08

## 放射性炭素同位体を利用した土壌炭素有機物の滞留時間の推定

近藤美由紀\*, 内田昌男 (国環研), 村山昌平 (産総研), 岸本文紅 (農環研), 柴田康行

日本に分布する黒ボク土を初めとする火山灰性土壌は、炭素含有量が高く、その高い炭素蓄積能が注目されているが、これらの炭素がどのくらいの期間分解されずに蓄積しうるのであるのか、またそのメカニズムの詳細についてはまだ不明な部分が多い。本研究では、アジアモンスーン気候のもと湿潤な環境下にある火山灰起源土壌について有機炭素の蓄積・分解に関する理解を深めるために、放射性炭素同位体分析を用いて土壌炭素の滞留時間の推定を行った。本発表では、5つの森林土壌および耕地土壌で得られた結果を報告する。有機物の分解特性と蓄積の関係性を調べるため、バルクの土壌をポリタングステン酸ナトリウムの重液を用いた比重選別によって最大で5つの画分に分け、滞留時間の推定を行った。その結果、短期間(1年以下から数年)で分解される易分解性のものから、安定した状態で数百年から数千年蓄積する難分解性のものまで、蓄積と分解のサイクルが異なる炭素画分が存在することがわかった。これらの知見は、バルク土壌での分析では得られない情報であることから、土壌炭素の分解特性を知る上で重要なアプローチとなることがわかった。高山の冷温帯落葉広葉樹林における土壌の滞留時間は、表層5-10cmで、比重が $2.1\text{cc/g}$ 以上の高比重画分では150年を超えていた。また、深さ40-45cmの土壌では、 $2.1\text{cc/g}$ 以下の低比重画分でも2000年を超え、非常に滞留時間は長く、長期間土壌中に安定的に炭素を蓄積しうる可能性が示唆された。加えて、土壌呼吸 $\text{CO}_2$ および土壌から採取した $\text{CO}_2$ の放射性炭素同位体分析の結果とこれらの比較し、土壌呼吸 $\text{CO}_2$ の炭素の起源についても検討を行った。

## F2-09

## 生態系モデル VISIT による土地利用変化が炭素動態に与える影響評価

\* 安立美奈子, 伊藤昭彦 (国環研), Wan Rasidah (FRIM), 山形与志樹 (国環研)

グローバルな炭素循環において、陸域の土壌有機炭素は土地利用や気候の変化によっては大きなCO<sub>2</sub>の放出源となる可能性があるため、その環境応答は将来の炭素収支を予測する上で重要な要素となる。本研究では、森林減少が土壌炭素動態に及ぼす影響を明らかにするため、東南アジアの代表的な土地利用について土壌調査を行い、現地データと陸域生態系モデルの両側から森林から農地への転換が土壌炭素動態に与える影響評価をおこなった。

半島マレーシア・パソ保護林と周辺のアブラヤシ園を対象に、陸域生態系モデル VISIT を適用してシミュレーションを行った。VISIT では森林から農耕地への転換における炭素収支の変化を計算できるが、大きく変化するのは主に地上部植生と土壌の分解率である。しかしながら、土壌環境の調査結果では粒径組成や土壌三相率、土壌孔隙率などが大きく変化していた。また、モデルによる土壌の炭素フラックスの予測では、森林では良く予測出来ているのに対し、アブラヤシ園では実測値と予測値に違いがあった。これらの野外データの結果に基づいて VISIT モデルの改良を行った。主な改良点は、1) 土壌水分の移動をダルシー則に基づき計算するようにした、2) 森林から農地への転換時に土壌のパラメータ (粒径組成や物理特性) を変化するようにしたことである。ダルシー則で用いる飽和透水係数の値は、土壌の粒径組成と孔隙率から計算されるため、土地利用形態後の土壌水分条件の変化をより精度高く再現できる。また、土壌水分条件の変化により地上部の光合成生産も影響を受けることになる。これらの改良前後の結果をもとに、土壌環境の変化が生態系の炭素動態に与える影響について議論を行う。

## F2-11

## 里山地域における住民協働モニタリング調査の継続的運営について

\* 山岸洋貴 (里山科学館キョコク), 三上光一 (長野大学), 永野昌弘 (里山科学館キョコク)

日本の国土のおよそ4割を占める里山地域は、農業や林業などといった人々の営みと自然環境の相互作用によって形成された里山生態系を成しており、多様な生物の生育場所である。近年、里山地域では急速な過疎化が進み、これまで管理が行われてきた棚田や林が荒廃し、そこに生育する里山特有の動植物の存続が危ぶまれている。本研究がおこなわれた新潟県十日町市松之山は世界有数の豪雪地域であり、数多くの棚田とブナ林が接して存在する景観を持ち、極めて生物多様性が高い里山地域である。この松之山でも里地の過疎化や高齢化により里山環境の荒廃が進んでおり、この環境変化が豊富な生物相に大きく影響することが危惧されている。しかし、環境変化が実際にどのように生物相に反映されるのか、そのメカニズムは明らかではなく、長期的な保全策を考える上でもこれらを解明する必要がある。松之山では、持続的なモニタリング調査を目指して、専門的な知識をもった里山科学館の研究員と住民協働による生物モニタリング調査が実施されている。特に種子植物に関して、フロラ調査<花ごよみ調査>を2007年から毎年、積雪期を除き毎月1回、松之山にておこなわれた。住民参加の野外調査は、多くの住民が気軽に参加できるよう、参加者を記入係、写真撮影係、開花している植物を探す係に分け、開花している植物を記録するという単純な調査にした。また、調査参加後、より調査の意義を理解してもらうことと調査内容を広く発信することを目的に、科学館に展示する植物紹介マップの制作に参加・協力してもらった。さらに、調査結果をブログやデータベースに登録したり、調査地を紹介するパンフレットに利用することで、単なるデータの集積ではなく地域の活性化も念頭に入れた活用を行い、持続的なモニタリング調査を目指した活動を行っている。

## F2-10

## 大学博物館における植物パラタクソノミスト養成講座の現状と課題

\* 持田 誠 (北大・総合博), 加藤ゆき恵 (北大院・農・植物生態体系学)

北海道大学総合博物館では、2004年からパラタクソノミスト養成講座を開講している。本報では、植物分野のパラタクソノミスト養成講座の内容と現状を紹介し、当講座の生態学教育における意義、問題点と展望などについて報告する。当講座の示す「パラタクソノミスト」とは、学術標本・サンプルを正しく同定し整理する能力を有する者で、分類学、生物多様性研究、環境アセスメント、環境教育の専門家をサポートする、環境調査・教育において必要とされる人材と定義している。講座は一般に初級・中級・上級に分かれており、初級は初心者向けの基礎、中級は、初級修了者および経験のある一般市民(学芸員、環境調査専門員などを含む)を対象、上級は中級修了者を対象の専門的な講義とされているが、内容や体系は分野ごとに分かれている。植物分野は当講座初年から毎年開講しており、これまでに「植物初級」「植物中級: スゲ植物」「植物中級: イネ科植物」「植物中級: シダ植物」「植物中級: 水草」「コケ植物初級」「きのこ初級」を開講している。開講当初は中級講座のみだったが、受講者からの要望もあり、3年目から初級を開講した。一方、今日まで上級講座は開講されておらず、他分野に比べて体系的になっていない。実習室や設備の面の制約から、1講座は10~12名程度の定員だが、受講希望者が年々増大し、抽選や選考で毎回多数の落選者を出している。一方、受講者数と共に受講者の相が拡大してきており、主催者の想定するレベルと実際の受講者が期待している内容の間に、さまざまな隔たりが生じてきている。元々、専門家をサポートするパラタクソノミストを養成する目的だった講座が、近年の傾向として、一般の教養講座的な目的に変化してきていると考えられる。講座の目的と内容について整理し、今後の方向性について検討すべき段階に来ていると考えられる。

## F2-12

## Educating for sustainability. Will the knowledge of the ecological impact of meat production affect students consumption pattern of the school lunch?

\*Paul Ofei-Manu

Ecological literacy is necessary for understanding socio-ecological interactions, for making informed decisions about dealing with the numerous environmental problems through engagement in environmentally sustainable activities, and as a requisite component of education towards a sustainable, low carbon living. Two 90-minute lectures were given to university students after a preliminary survey was done using questionnaires to determine their level of knowledge of (and attitudes towards) ecological impacts of livestock production and its links to climate change. A 'feedback' survey to assess change in the level of knowledge and attitudes was done after each lecture. An aspect of the 'feedback' survey involved giving students take-home 'notes' on ecological definitions and concepts to read and answering the questionnaire afterwards. Results showed a significant increase in knowledge of ecological impacts of meat (livestock) production and its links to deforestation and climate change, and also some basic ecological terms and concepts. The adequacy of the media serving as sources of ecological information was low. The willingness of respondents to forego at least part of their unsustainable behaviors increased after the lectures. There were also changes in attitudes regarding several environmental issues that were values/ethics-related.

## G2-01

## 日中と夜間の生態系呼吸の違い：チベット草原における夏季と冬季の観測から分かったこと

\* 廣田充 (筑波大・生命環境), 古松 (中国科学院・西北高原), 沈海花 (国環研・生物), 唐艶鴻 (国環研・生物)

炭素循環研究では、植生や土壌といった生態系の主たる構造と、その間を移動する炭素(主にCO<sub>2</sub>フラックスの定量化が重要である。生態系の炭素フラックスは、主に植物の光合成による吸収フラックスと、生物の呼吸にともなう生態系呼吸(以下ER)があるが、ERはその正確な定量化が難しい。その主な理由として、ERは質的に異なる様々な放出源からのCO<sub>2</sub>の混合物であることや、日中は光合成も並行して起こるために、日中のERだけの定量化が不可能なことが挙げられる。これまでの研究では、呼吸だけ起こる夜間のERと温度の関係式から、日中のERを外挿するという手法がとられている。これは一日を通して生態系呼吸の温度依存性が一定、という仮定に基づいている。しかし、光合成が行われる日中は、蒸散に伴う根からの吸水や同化産物の転流が活発化することなどから、ERの温度依存性は夜間とは異なる可能性もある。この仮説を検証すべく、演者らはチベット高山草原を対象として、2005年の7月と11月に日中のERを人為的な暗黒条件下で直接定量化することで、日中と夜間のERの環境依存性の違いについて検証を行った。その結果、光合成が盛んに行われる夏季は日中と夜間でERの温度依存性は有意に異なり、日中のERのQ<sub>10</sub>は夜間のそれよりも大きかった(それぞれQ<sub>10</sub> = 1.5, 3.6)。また日中のERは、光強度が強いほど大きくなる傾向も明らかになった。さらに日中ERのこのような環境依存性は、植物の地上部が枯死する冬季には見られず、日中と夜間のERの環境依存性はほぼ同じであった。以上から、少なくとも夏季のERはこれまでの推定値よりも大きくなる可能性が示唆された。

## G2-03

最終退氷期以降の急激な気候変動と八甲田山代湿原泥炭形成量変動の関連性解明：泥炭堆積物中セルロースの $\delta^{13}\text{C}$ 分析による考察

\* 篠崎鉄哉 (東北大・理, 国環研・化), 箕浦幸治 (東北大・理), 近藤美由紀 (国環研・化), 柴田康行 (国環研・化), 吉田明弘 (東北大・植), 小池慧子 (東北大・理), 内田昌男 (国環研, 化)

現在の地球温暖化による将来の気候変動予測は、人類の繁栄において緊急の課題である。これまで報告されている堆積物コアを用いた過去の気候変動記録は、南北両半球のアイスコア記録が主であり中緯度域である日本における記録はまだ十分ではない。日本を含む北西太平洋域は東アジアモンスーン気候に属する。アジアモンスーンの供給する水分により、農業が可能となり人々の居住を支えている一方、洪水や干ばつなどの自然災害がもたらされることがある。そこで、過去に起きた自然レベルでの気候変動とアジアモンスーン変動の関係を明らかにするため、本研究では青森県八甲田山代湿原でコアの掘削を行い、急激な気候変動を記録している最終退氷期を含む過去15500年間の泥炭堆積物中セルロースの安定炭素同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ )分析を行った。

得られたボーリングコアは全長8.8mで主に泥炭から構成されており、コアの基底は十和田八戸テフラ(約15500年前)に対比された。水環境の復元のため泥炭堆積物中セルロースの $\delta^{13}\text{C}$ 測定を行った。セルロース $\delta^{13}\text{C}$ は、植物が光合成によりCO<sub>2</sub>を固定する際の同位体分別により決定される。同位体分別は気孔の開度に依存し、気孔が開いている時(湿潤)に大きく、閉じている時(乾燥)に小さい。つまり、連続して $\delta^{13}\text{C}$ を測定することで過去の水環境変動の復元が可能となる。本コアおよび中国北部、チベットにおける $\delta^{13}\text{C}$ 記録を比較した結果、温暖期に乾燥、寒冷期に湿潤な気候をとることがわかった。これはアジアモンスーンの影響をより強く受ける低緯度帯とは逆のフェーズであることから、アジアモンスーンの影響が緯度帯毎に大きく異なることを示唆している。

## G2-02

## 日本列島における土壌呼吸の時空間分布に関するモデル推定

伊藤昭彦 (国環研), 市井和仁 (福島大), 加藤知道 (JAMSTEC), 後藤誠二郎 (国環研), 梁乃申 (国環研)

土壌呼吸は、陸域生態系からの二酸化炭素放出のうち半分以上を占める大きなフラックスであり、その環境応答や時空間パターンを明らかにすることは炭素収支の高精度な解明に向けて不可欠である。実際に、チャンバー法などを用いた多数の観測が行われてきたが、生態系以上の広域スケールで土壌呼吸量を評価することは、メカニズムの複雑さや空間的不均質さのため非常に困難である。近年発達してきた物質循環を扱う生態系モデルを利用することで、地域から大陸スケールの炭素収支に関する研究が行われるようになっていく。しかし、現在の生態系モデルには多くの不確定要因が残されており、観測結果を十分な信頼性で再現して解析に寄与するには精度評価・検証とモデル改良を重ねることが必要である。本研究では、日本列島の自然生態系を対象にして、5種類の陸域生態系モデル(Biome-BGC, CASA, LPJ, SEIB, VISIT)によるシミュレーションを実施し、土壌呼吸に関する比較解析を行った。日本列島は南北方向の温度勾配が顕著であり、概して水分制限は厳しくないため、いずれのモデルで再現された土壌呼吸もそのような環境条件を反映した、緯度・高度方向の空間分布を示した。また、夏季にピークを示す季節変化が明瞭であるなど、定性的には観測されたパターンをよく再現していた。しかし、多くの地点では推定された土壌呼吸の絶対値にモデル間で大きな差が見られ、大きな推定不確定性が残されていることが示唆された。特に、モデル間で根呼吸の推定方法と結果に大きな差異があり、観測に基づくプロセス研究と協力して不確定性を低減していくべきと考えられる。また、いくつかの地点ではチャンバーによる観測データとモデル推定結果を比較しており、攪乱影響の導入が生態系モデルによる炭素収支評価の課題である点も明らかになった。

## G2-04

## 生態系の退行遷移が寒帯林の島の安定同位体に及ぼす影響

\* 兵藤不二夫 (岡山大・RCIS), David Wardle (SLU)

長期間にわたって大規模な攪乱がない場合、生態系の退行遷移が生じる。この過程では、より強く栄養塩制限がかかり、地上部や地下部の生態系過程の速度が低下する。熱帯や温帯の退行遷移において、どのように窒素循環が変化するか窒素安定同位体を用いて調べた研究はある。しかし、寒帯における退行遷移過程でどのように炭素・窒素安定同位体組成が変動するのかわかっていない。本研究では、北部スウェーデンの寒帯林における5000年の遷移系列を対象とした。この調査地は、湖に浮かぶ30個の島々からなり、島の面積が小さくなるほど雷によって引き起こされる野火の発生が少なくなるため、退行遷移が進行する。この30の島々から、植物3種(シラカバ、ビルベリー、タチハイゴケ)、土壌、消費者としてコモリグモとアリ、島の周囲の湖からの餌源として、ユスリカを採集し、その炭素・窒素安定同位体比を測定した。その結果、退行遷移が進行するにつれ、植物3種と土壌の窒素同位体比は上昇した。これは、植物が大気から生物学的に固定された窒素を利用していること、有機態窒素をその窒素源として利用しているためであると考えられる。一方、退行遷移が進むにつれて、おそらく栄養塩制限による生理的ストレスのため、シラカバや土壌の炭素同位体比は高い値を示した。クモやアリの窒素同位体比は、退行遷移過程において明瞭な傾向を示さなかった。これは大きく変動する窒素同位体比を示すユスリカを利用しているためであろう。実際に、これら消費者の炭素同位体比は、退行遷移が進むにつれて、上昇ユスリカの値に近づいた。以上の結果は、植物と土壌、消費者の炭素・窒素同位体比を同じ環境傾度に沿って測定することで、地上部と地下部の生態系を駆動する環境要因や、それらの結びつきに関して新たな知見を与えうることを示している。

## G2-05

## 食物連鎖に沿ったCN安定同位体分別係数はどのように決まっているか：アミノ酸代謝モデルからの考察

\*石井 勲一郎 (JAMSTEC), 相田 真希 (JAMSTEC), 小川 奈々子 (JAMSTEC), 高津 文人 (国環研), 山田 佳裕 (香川大・農), 兵藤 不二夫 (岡山大・RCIS), 和田 英太郎 (JAMSTEC)

北太平洋、バイカル湖、琵琶湖、モンゴル草原、ボルネオ熱帯林など多様な生態系を対象に、生食連鎖の一次生産者から高次捕食者までを含む炭素・窒素同位体マップ (C/N マップ) の相互比較をおこない以下の結果を得た：

1) 各系とも系内に多く存在する生物はC/Nマップ上でおよそ直線に乗る。

2) 1) の直線の傾き  $Dd^{15}N/Dd^{13}C$  は系間で大きく異なる。

これらは各栄養段階間のバルクでの捕食・被食作用だけでは説明ができない。栄養段階を通じて一定の  $Dd^{15}N/Dd^{13}C$  を与える同位体効果をもたらすメカニズムとして、我々は2次消費者 (TL3) 以上の生物もその炭素・窒素代謝が1次生産者 (TL1) の特性に制約を受けている可能性に着目し、生物体を作るタンパク質合成過程に関して以下のような仮説を立てた。

[仮説] TL3以上の生物のアミノ酸代謝も、TL1由来の必須物質により制約される。そのため系内では一定のC/N同位体分別効果が働き、系固有の  $Dd^{15}N/Dd^{13}C$  の傾きとして現れる。このような必須物質としては、主要アミノ酸代謝過程に関与する酵素 (例：グルタミン酸デヒドロゲナーゼ) の活性を制御する重金属や、従来栄養生物の必須アミノ酸などが考えられる。

簡単な同位体分別モデルによる検討から、これら必須物質の制限下では、各摂取アミノ酸の生物体内のタンパク合成と分解・排出への経路が変化し、それに伴って  $Dd^{15}N/Dd^{13}C$  も変化しうることが示唆された。

このことはC/N同位体分析が系内の食物網構造解析だけでなく、系間の食物連鎖特性の比較や、各系の生物種の適応の歴史を反映した健全性の指標を与える可能性を示すものである。

## G2-07

## 熱帯山地河川食物網構造と栄養起源の空間異質性

\*宇野 裕美 (京大生態研), 竹門 康弘 (京大防災研), 北山 兼弘 (京大・農・森林生態), 奥田 昇 (京大生態研)

上流域の河川生態系では、溪畔林起源の他生性有機物が餌資源として重要であるのが一般的であるが、熱帯低地林の河川上流域では他生性資源に由来する食物網が貧弱となることが報告されている。本研究は、熱帯山地河川の上流域に形成される食物網の栄養起源を定量評価するとともに、自生性・他生性資源への依存度を左右する河川環境条件を検討することを目的として河床地形と光環境に着目して野外調査をおこなった。

調査はマレーシア・サバ州のキナバル国立公園内の原生林を流れる Liwagu 川の標高 1600m 付近の3次河川において、2009年3月と10月に実施した。約 300m の区間から光条件や河床地形の異なる 12 地点を選び、各地点で底生動物とその潜在的餌資源を採集し、群集構造解析と炭素・窒素安定同位体比分析による餌資源推定を行った。

解析の結果、群集全体としての他生性資源への依存度は 60% 程度と見積もられ、熱帯でも山地溪流においては他生性資源に依存する割合が高いことが示された。また、瀬よりも淵の局所群集で他生性資源への依存率が高く、他生性資源と自生性資源の利用割合を決める要因として瀬と淵の重要性が認められたが、光環境については地点間の差が小さかったため両資源への依存度の影響は認められなかった。

他生性資源への依存率が高かった理由として、河川水中の微細粒状有機物 (FPOM) に含まれる陸上植物由来物質の割合が高かったために、FPOM を利用する濾過食者や採集食者の他生性資源への依存率が高くなったことが挙げられる。これらの FPOM の生成と瀬淵構造の意義などについても言及したい。

## G2-06

## 瀬戸内海における低次栄養段階生物の安定同位体比分布と栄養構造

\*柴田 淳也, 國弘 忠生, 磯中 竜一, 濱岡 秀樹, 松元 一将, 南口 哲也 (愛大・沿岸研セ), 曾我 部篤 (広大・生物園科学), 大西 秀次郎, 大森 浩二 (愛大・沿岸研セ)

瀬戸内海は、陸域に囲まれ閉鎖性が高く、灘や瀬戸・湾といった環境異質性の高い半独立したいくつかの海域から成り立ち、各海域で環境特性に応じた多様な食物網構造が形成されていると考えられる。瀬戸内海では、海域間で一次生産が食物連鎖を経て高次消費者の魚類にいたるまでの有機物の転送効率に大きな違いがあることが過去の研究で明らかになっている。しかし、高次消費者への生産物の転送効率の違いがどのように生じているのかわかっていない。生産者の作り出した有機物は、食物連鎖の中で栄養段階が上がることによって呼吸・代謝過程などで損失していく。そのため、食物連鎖の段階数における違いは生産有機物の転送効率に深く関係する。海洋生態系では、生産者からカイアシ類等魚類の重要な餌生物の大型動物プランクトンに至るまでの食物連鎖の段階数が、生産者の群集組成に依存して微生物食物連鎖の寄与などにより大きく変動する可能性がある。そこで、本研究では瀬戸内海全域の各海域における生産者およびカイアシ類の炭素・窒素安定同位体比の地理的パターンを明らかにしたうえで安定同位体比を用いた食物網構造解析を行い、瀬戸内海海域間でカイアシ類の栄養段階に地理的な変異があるか検討する。また、海域間でのカイアシ類の栄養段階の違いを生み出す原因について、色素バイオマーカーを指標に推定した植物プランクトン群集組成などから考察を試みる。

## G2-08

## 溪流に供給される落葉の飛散における距離と量との関係

\*金指 努 (名大・生命農学), 服部 重昭 (名大・生命農学)

溪畔林から供給される落葉は、溪流生態系にとって系外からの重要な養分供給源と考えられている。しかし、溪流に供給される落葉の飛散距離と量の関係についての研究は少なく、また、上層木からの供給に限定されていて中・下層からの供給についてはほとんど考慮されていない。溪流生態系の保全にとって、溪畔域の適切な森林管理は重要と考えられるが、まだ情報が不足している。そのため、溪流生態系への養分供給経路を解明するため、溪流に供給される落葉の飛散距離と量の関係について調査した。調査地は、愛知県豊田市稲武町の演習林内を流れる落葉広葉樹林パッチを2箇所選んだ。それぞれの調査地は、水平距離でそれぞれ 26.4m および 29.0m の長さ (縦断方向) の溪流を含んだ。各パッチはスギ人工林の中に存在し、面積の違いからそれぞれ大パッチおよび小パッチと呼ぶ。大パッチでは、落葉広葉樹林が溪流から斜面方向に水平距離で 30 m 以上分布しているのに対し、小パッチでは 15m 以上になると落葉広葉樹の上層木は失われ、スギ人工林に変化した。飛散距離を測定するため、調査地内の上・中・下層木それぞれの葉群の一定空間 (縦 1.5m、横 1.5m、高さ 1m) を着色した。着色箇所は局所に集中しないよう任意に選んだ。また、溪流上にリタートラップ (開口部 1.5m-1.5m) を各 10 個設置し、トラップに落下した着色葉を 2008 年 10 月 16 日から 2009 年 1 月 6 日まで回収した。回収した落葉の乾燥重量を測定し、葉群の単位面積当たりの落葉供給量を計算した。その結果、大パッチでは溪流から水平距離で 22m 離れた範囲まで落葉供給が確認されたため、小パッチではスギ人工林化によって落葉供給距離が制限されている可能性が示唆された。また、葉群の単位面積当たりの落葉供給量を各層で比較すると、中・下層木も重要な落葉供給源であることが分かった。

## G2-09

## 縮合タンニンの添加による土壤微生物群集の組成と機能の変化

\*潮雅之(京大・生態研センター), 北山兼弘(京大・農)

縮合タンニンは、植物の生産する主要な二次代謝産物であり、土壤有機物の分解過程を担う細胞外酵素と複合体を形成する、土壤微生物への毒性を持つ、という生化学的特徴を有するため、微生物群集の組成、機能、有機物分解過程に大きな影響を与える。しかし、縮合タンニンの土壤微生物群集、分解過程への影響が直接的に、かつ野外において検証された事例はほとんどない。

そこで本研究ではボルネオ島、キナバル山熱帯山地林において、野外、実験室の両方の条件下における短期間の縮合タンニン添加実験により、縮合タンニンの土壤微生物群集、酵素活性、有機物無機化過程への影響を検証した。本調査地は針広混交林で、マキ科針葉樹 *Dacrydium gracilis* やブナ科広葉樹 *Lithocarpus clementianus* などが優占する。先行研究によって、生葉の縮合タンニン濃度が比較的高い *Dacrydium* の樹冠下土壤では、*Lithocarpus* の樹冠下土壤に比べて縮合タンニン濃度、真菌細菌比が高く、C、N無機化速度が低いことが明らかになっている。縮合タンニンは *Dacrydium* の生葉から抽出し、もともとの微生物群集組成と活性の違いによるタンニン添加への応答性の違いを調べるため *Dacrydium* と *Lithocarpus* の樹冠下土壤両方に添加した。室内実験においてタンニン添加区では蒸留水添加区より真菌細菌比が高かった。また、土壤呼吸速度、いくつかの分解酵素活性がタンニン添加区で蒸留水添加区より有意に低く、この傾向は実験室内、野外実験のいずれかで確認された。N無機化速度は *Lithocarpus* 土壤でのみタンニン添加区で蒸留水添加区よりも低かった。以上の結果より、*Dacrydium* の生葉中に高い濃度で含まれる縮合タンニンが樹冠下土壤において微生物群集、有機物無機化過程に影響を与える一因であることが示唆された。

## G2-10

## 半乾燥地の耕作放棄後の土壤水分移動特性に多年生草本の侵入が及ぼす影響

星野亜季(東大・農), 藤巻晴行(筑波大・生命環境), 大黒俊哉(東大・農), ジャムスラン・ウンダルマ(モンゴル農大), 武内和彦(東大・農)

半乾燥地における耕作放棄地では、典型的な多年生草本群落の消失や土壤構造の破壊や風食による土壤水分移動特性の変化をはじめとする、土壤劣化を伴う土地荒廃が問題となっている。耕作放棄後、10年程度経過すると、多年生草本がパッチ状に生育する。多年生草本の侵入は、風食防止の観点から回復に寄与していると考えられるが、多年生草本の侵入そのものが、耕作放棄地の土壤および植生へ及ぼす影響についてこれまで十分に評価されてこなかった。そこで、本研究では、半乾燥地に位置するモンゴル国の放棄年代別(放棄後2,9,18年)の耕作放棄地において、パッチの有無による植生および土壤水分移動特性の違いを比較することで、多年生草本の侵入が耕作放棄地の土壤水分移動特性を介した植生回復へ及ぼす影響について評価した。

放棄年代別の圃場を5サイトずつ設置し、調査枠15枠を各サイトのパッチ内外に設置し、植生調査を行い、DCAにより序列化した。また、土壤コアサンプリングをパッチ内外で行い、水分移動特性を測定した。

DCA1軸については、放棄年数と相関を示し、放棄後9年のパッチ内では、パッチ外よりDCA1軸の値が大きいのに対し、放棄後18年では、パッチ内外の差は確認されなかった。また、放棄後18年サイトのパッチ内では、パッチ外よりも一年生草本の被度が有意に高い結果となった。水移動特性については、放棄後9年では、パッチ内外で大きな違いは無いが、放棄後18年では、パッチ内では、パッチ外よりも、表層の土壤水分サクションが小さく、一年生草本の優占する放棄2年後の土壤水分サクションと同様の傾向であることが分かった。以上より、多年生草本の侵入後10年程度経過した耕作放棄地では、土壤水分移動特性を介した植生回復は確認されなかった。

## H2-01

## 外来種スイセンハナアブの餌資源—原産地と侵入地の比較—

\* 須島充昭, 伊藤元己 (東大・総合文化)

スイセンハナアブ *Merodon equestris* はヨーロッパ原産のハナアブで、日本へは戦後輸入植物に付着して小規模な侵入を繰り返して、1990年代以降、関東、東北、北海道における野外への定着が確認されている。なお、本種は原産地では温暖な地域(地中海沿岸)にも分布しており、日本における分布域も西進する可能性がある。また、本種はマルハナバチ擬態の種といわれており、著しい色彩多型を示すことも知られている。一般に雄は3型、雌は5型(雄と共通の3型プラス2型)に識別されている。

本種成虫は原産地ではキク科植物を好んで訪花するといわれている。また、幼虫は原産地においてヒガンバナ科(スイセンなど)やユリ科(チューリップ、ヒヤシンスなど)の球根を摂食するため害虫とみなされている。そこで本研究は、本種の侵入地の一つ日本における餌資源解明を目的とした。演者は2009年、東京と横浜に各1地点調査地を設定し、そこでランダムに本種成虫を捕獲した。その結果両地点から計120個体を捕獲し、そのうち32個体を訪花中に捕獲した。訪花植物の内訳は、ハルジオン17、オオアマナ9、セイヨウタンポポ5、ハタケニラ1であった。原産地同様、キク科(ハルジオン、セイヨウタンポポ)を好んでいたが、ユリ科(オオアマナ、ハタケニラ)への訪花が見られた点が特徴的であった。また、日本での本種幼虫の餌資源を解明するため、公的機関の収蔵標本調査を進めた。その結果、標本のラベルデータから、スイセンとヒガンバナ(後者は東アジア特産)を幼虫の餌資源(寄主植物)として特定できた。なお、本種幼虫の餌資源の更なる解明(輸入球根の検疫によるものも含む)には幼虫の分子同定が有効であるため、本種のDNA barcode 配列を決定した。

## H2-03

## 外来蝶アカボシゴマダラの分布拡大予測

\* 小林弘幸, 小池文人 (横浜国大・院・環境情報)

アカボシゴマダラ (*Hestina assimilis*) はチョウ目・タテハチョウ科に属し、ベトナム北部から中国、台湾、朝鮮半島、南西諸島に分布するが、1998年に神奈川県で発見、定着が確認されて以降、毎年分布を拡大している。自然への影響として、地域のチョウ相が変化するほか、在来チョウへの生態学的競合の影響や、近縁在来種であるゴマダラチョウとの遺伝的な交雑の影響が危惧されている。本研究では、統計的な手法を用いてアカボシゴマダラの分布拡大予測モデルを作成して分布拡大予測を行い、将来の自然への影響の地理的な拡大を予測した。

食草であるエノキの分布予測では3次メッシュ(約1km)内のライントランセクトで発見されたエノキ個体数を密度指標とし、土地利用、平均標高から予測する回帰式を作成した。菅井氏(2008など)が取りまとめたアカボシゴマダラの分布情報を用いて、ハビタット好適度をエノキ密度指標のロジスティック関数とし、指数関数の分布拡大カーネルとの積としてモデル化してパラメーターを決定した(Fukasawa et al. 2009)。

過去の分布データからのモデル選択によると、空間的な分布拡大とエノキ密度はともに重要であることが明らかになった。拡大の様子を予測したシミュレーションによると、アカボシゴマダラは30年後までには関東平野部全域に拡大することが分かった。また、西方向(丹沢山地)への広がり方が弱いと言う現在までの傾向も再現できた。モデルにおけるこの挙動は、民家が散在する丘陵地などでエノキ密度が高く、まとまった森林や中心市街地には少ないことに対応している。将来的に関東平野から全国に分布拡大する場合には、関東地方から西方向(南アルプス方面の森林)へは直線的には拡大せず、海岸線沿いや谷沿いの民家が散在する地域を通して分布を広げていくことが予想される。

## H2-02

## 特定外来生物カワヒバリガイの貯水池における成長と移動

\* 中野大助, 小林卓也, 坂口勇 (電力中央研究所), 松本寛 (鍋川土地改良区)

カワヒバリガイは淡水に生息する付着性二枚貝で、2006年に環境省から特定外来生物に指定されている。本種は、生活史の中に浮遊幼生期を持ち、成貝になると足糸によって基質に集団で付着する。そのため、発電や水道などの利水施設へ幼生期に侵入し、成長して通水阻害をもたらすなど産業への被害が心配されている。また、高い付着能力や濾水能力を持つことから、在来の生物群集への悪影響も懸念されている。浮遊幼生期を持つカワヒバリガイの定着には、湖沼や貯水池といった止水環境の存在がカギになると考えられているが、止水環境におけるカワヒバリガイの成長や移動についてはほとんど明らかになっていない。

群馬県南西部に位置する鍋川用水では、2005年にカワヒバリガイの侵入が確認されている。現在、鍋川用水の貯水池である大塩湖には、カワヒバリガイが大量に生息している。大塩湖で付着基盤を設置し、定期的に引き上げることでカワヒバリガイの成長および移動に着いて調査した。付着基盤の設置は2008年8月28日に行い、同年10月3日(約1ヶ月)、同年11月27日(約3ヶ月)、2009年2月26日(約6ヶ月)、同年4月24日(約8ヶ月)、同年6月3日(約10ヶ月)、同年9月2日(約1年)にわたって回収を行った。

基盤に付着したカワヒバリガイの殻長は、1ヶ月後は0.5mm(中央値)であったのに対し、1年後には約10mm(同)まで成長し、18mmに達する個体も見られた。また、水温が15℃を下回った期間ではほとんど殻長は伸長せず、水温は成長に大きく影響するものと考えられた。基盤へのカワヒバリガイの付着数は、1ヶ月後から3ヶ月後にかけて増加し、その後も緩やかに増加する傾向を見せた。1ヶ月後には、浮遊幼生の発生が終了していたことから、付着後の個体にもかなりの移動力があることが示唆された。

## H2-04

## 宿主繁殖生態を利用した病原ウイルスの伝播メカニズム

\* 内井善美子 (Univ Blaise Pascal), Arndt Telschow (Westfalian Wilhelms Univ), 川端善一郎 (地球研)

新興感染症は時として野生生物の個体数の減少や地域個体群の絶滅を引き起こす。しかし、病原生物が宿主間を伝播し、個体群中に拡散するメカニズムについての知見は乏しい。1990年代に初確認されたコイヘルペスウイルス(CyHV-3)は、2004年、琵琶湖のコイ(*Cyprinus carpio*)の大量死を引き起こした。2006年における琵琶湖コイ個体群は、成熟個体が未成熟個体に比べ著しく高いCyHV-3への感染率を示した。このことは、他個体との接触頻度が増大する集団繁殖活動を介し、ウイルスが宿主間を伝播する可能性を示唆した。そこで本研究では、宿主繁殖活動とウイルス伝播経路との関わりを明らかにするため、繁殖期前後を通じ、繁殖場所のCyHV-3動態と宿主体内のCyHV-3動態を追跡した。繁殖場所のCyHV-3濃度は繁殖期に大きなピークを迎え、繁殖期前後には減少した。非繁殖場所においては、CyHV-3濃度は繁殖期に小さなピークを示したのみであった。また、宿主中のCyHV-3量は、成熟個体において繁殖期に増大した。これらの結果より、繁殖場所に集まった宿主より放出されるウイルスが蓄積することによって、繁殖期には繁殖場所がウイルス伝播のホットスポットへと発達することが示唆された。

## H2-05

## 外来種問題に見る Host-Parasite 共進化系崩壊リスク

五箇公一 (国立環境研)

人間活動による生物の生息地の破壊や生物の人為的移送は、宿主-寄生生物間における共進化の歴史を崩壊させ、寄生生物の感染爆発をもたらす。寄生生物の多様性および宿主との共進化の歴史を知ることが、寄生生物との共生関係を維持する上でも重要な知見となる。我々は、これまで輸入昆虫セイヨウオオマルハナバチや外国産クワガタムシに寄生するダニを材料として、生物の人為移送がもたらす共進化系崩壊のリスクについて論じてきた。今回はさらにデータを追加して、これら寄生ダニのルーツについて検討を重ねた。その結果、マルハナバチに寄生するマルハナバチポリブダニの起源となる地域と、宿主マルハナバチの起源となる地域は地理的に異なっており、マルハナバチが種分化し、分布を拡大する過程で、異なる宿主生物からマルハナバチに Host-Switch したダニがマルハナバチポリブダニに進化したという説が立てられた。このように宿主-寄生生物間の関係の歴史を辿ることで、生物移送のリスクを寄生生物の持ち込みという観点から評価することが可能となる。例えば、近年、世界的に問題となっている両生類の病原微生物・カエルツボカビについても、Host-Parasite の共進化系を再構築することによって、なぜ中南米やオセアニアで感染爆発を起こしたのか、そのメカニズムを解明できると同時に、将来のリスク予測にも結びつけることができると期待される。2010年10月における生物多様性条約第10回締約国会議 COP10 の名古屋での開催を控えて、様々な生物多様性保全策が議題として提案される中、寄生生物や micro-organisms の多様性 (とその攪乱のリスク) に注目する人は少ない。本講演では、具体的データに基づいて、寄生生物の多様性保全の意義について議論する。

## H2-07

## 支笏湖沿岸の非意図的外来魚 (ヌマチチブ) が底生生物群集に与える影響

東海大 生物理工

湖沼の生態系は閉鎖系の特性上、人為的な環境変化を受けやすい。特に密放流による外来生物の侵入は、在来生物の食いつくしや、在来生物の生態的ニッチを攪乱することで、生態系に及ぼすダメージを指摘される。従来、支笏湖における外来種問題は、沖域のブラウントラウト等の大型魚類が在来種に対する捕食や餌資源の競争排除を中心として調査されており、他水域では調査されていない。しかし近年、発表者らの調査により沿岸域では、ヌマチチブ等の小型外来種が高密度で生息する事が確認された。従来このような小型外来魚は在来魚を直接捕食できず、在来魚と生息場を重複しても競争に弱いため、そのインパクトは低いと推測される。しかし、小型外来魚は在来魚の幼魚期の生息場である沿岸域を重複して利用している。このことは、魚食性や競争力の低い小型外来種が、湖の環境に適応し、なんらかの生物資源を利用することで、在来種の環境を攪乱している可能性を示す。本研究では2007年に行われた小型外来魚の季節と調査地に伴う個体群変動と食性分析を、2008年に行われた小型外来魚が湖岸の生態系に与える影響を調べるためエンクロージャーを用いた操作実験の結果を発表する。2007年の個体群調査では総ての調査地点において、ヌマチチブは小型魚類相の中で著しく優占していた。食性分析では、小型魚類の多くは藻類を餌資源としていた。2008年の操作実験では、小型外来魚としてヌマチチブを用いた。エンクロージャー内のヌマチチブの存在は、藻類のクロロフィル濃度を減少させる傾向を示し、底生動物群集の密度のみを低くした。この底生動物群集の密度の変化は、ヌマチチブの捕食ではなく、藻類の減少からくる間接的効果と考えられる。本研究では小型外来種は沿岸の空きニッチを利用し分布域を広げたと考えられる。

## H2-06

## 河川規模によって異なる在来種サクラムスと外来種ブラウントラウトの種間関係

\*長谷川功 (さけますセンター)、山崎千登勢 (北大・環境科学)、太田民久 (北大・苫小牧研究林)

競争や捕食-被食といった種間関係の様相は、環境要因の影響を強く受ける。近年の保全生態学研究の中で大きなウェイトを占める外来種の在来種への影響評価においても、種間関係への環境要因の影響を考慮することで、より正確な評価ができると考えられる。IUCN が選定した「世界の侵略的外来種ワースト100」にも挙げられているサケ科魚類ブラウントラウトは、種間競争と捕食を通じて、在来サケ科魚類の減少を招くことが懸念されている。本研究では、北海道の河川に広く分布し、水産重要種でもあるサクラムス(ヤマメ)へのブラウントラウトの影響が、環境によってどのように異なるかを野外調査によって調べた。調査は2009年5月下旬に石狩川水系千歳川の支流ママチ川で行った。環境が異なる上流・中流・下流に4調査区ずつ設け、サクラムスとブラウントラウトの密度推定と胃内容物採取、餌資源量把握のために流下昆虫と底生生物の定量採集を行った。両種の利用餌資源の重複度合いは重複度指数で評価した。競争の各個体への影響の程度は胃の充満度指数で評価した。さらに、調査区の物理的環境要因(水深・流速など)を計測した。その結果、底生生物の中でヨコエビが優占する下流では、ブラウントラウトはヨコエビ、サクラムスは陸生昆虫を主に捕食していた。ヨコエビがいない中流・上流では、利用餌資源の重複度合いが下流よりも大きかった。サクラムスの胃の充満度は河川規模が小さい上流は他よりも極端に低かった。以上より、下流よりも中流・上流の方が利用餌資源の重複が大きく、餌を巡る競争が強く生じることが示唆された。上流でのサクラムスの充満度の低下については、この区域はサクラムスが高密度であったため、種間競争に加え、種内競争の影響も考慮する必要がある。サクラムスに対する捕食は、本調査ではほとんどみられなかった。

## H2-08

## 侵入直後のオオクチバスが 短期間のうちに溜め池の生物群集に及ぼした影響

\*藤本泰文、進東健太郎 (伊豆沼財団)、星 美幸、神宮宇 寛 (宮城大・食)

定期的に調査を行っていた宮城県北部の溜め池にオオクチバス *Micropterus salmoides* が侵入した。すぐに捕獲作業を行ない、82個体のオオクチバスを捕獲した。環境調査の記録から、オオクチバスが侵入して13日が経過した段階で捕獲したと考えた。胃内容物を調査した結果、オオクチバスは1個体あたり3.0個体の水生生物を捕食していた。溜め池に生息する水生生物の個体数推定を行ない、オオクチバスによる水生生物に対する捕食数と捕食率を算出した。その結果、オオクチバスは溜め池に生息した13日間で、溜め池に生息する約9,000個体の水生生物のうち、タナゴ1,687個体、トウヨシノボリ400個体、エビ類718個体、アメリカザリガニ267個体を捕食したと推定された。これは生息個体数のそれぞれ37.9%、31.0%、35.0%、21.2%に相当する。侵入初期のオオクチバスによる水生生物への影響を報告した事例はこれまでになく、本研究の結果は、オオクチバスが水生生物を大量に捕食する性質を持ち、今回のように生息する水生生物の約1%に相当する個体数が侵入した場合においても、強い捕食圧を与え、その水域の水生生物を急減させることを示した。

## H2-09

### 砂礫質河原のバッタ群集へのシナダレスズメガヤの影響： ハビタットスペシャリスト植食者は外来植物の侵入に敏感か？

\* 吉岡明良（東大・農）、角谷拓（国環研）、須田真一（東大・農）、鷺谷いづみ（東大・農）

外来植物の侵入は在来植食性昆虫に、餌となる在来植物の競争排除やハビタット構造改変を通じて負の影響を与えることがある。特定の植物種を餌とする植食性昆虫（フードスペシャリスト）は外来植物侵入の影響を受けやすいことが知られている。しかし、外来植物によるハビタット構造の改変を介したハビタットスペシャリストへの影響については、知見が乏しい。

本研究では、栃木県鬼怒川中流域の外来牧草シナダレスズメガヤ（以下シナダレ）の侵入が近年急速に進行しつつある砂礫質河原において、代表的な多食性植食者であるバッタ類12種を対象として、バッタ各種のハビタット特異性およびシナダレ侵入の影響を比較した。現地調査では鬼怒川河川敷の2つのハビタットタイプ（砂礫地と草地）においてシナダレの被度と出現したバッタ各種の個体数を記録した。12種のうち5種が砂礫地か草地のいずれかに有意に多く出現するスペシャリストであり、そのすべてがシナダレの被度と有意な負の関係を示した。一方、両ハビタットタイプに偏りなく出現したジェネラリスト7種のうちシナダレの被度と有意な負の関係を示したのは2種のみであった。これらの結果は、ハビタットスペシャリストはジェネラリストより外来植物侵入の影響を受けやすいという仮説を支持する。砂礫地のような裸地的環境は一般に外来植物に侵入されやすい。そのような環境に適応しているカワラバッタのようなハビタットスペシャリストは、特に外来植物侵入の影響を受けやすいことが示唆された。

## H2-11

### ヌートリア対策の経緯と課題 - 捕獲およびモニタリングの結果から

森生枝（岡山県自然保護センター）

ヌートリア *Myocastor coypus* は、南米原産の半水生齧歯類であり、これまで植物の根や地下茎などを主食とすることが知られている。ヌートリアは、岡山県自然保護センターの野外施設（100ha）においても、開所した1991年から、池を中心にして定着していることが確認されている。

開所以降の観察によれば、当初マコモやミクリが特に被害を受けたことから、ヌートリアは水辺や水中に生育する植物の根茎を主な食糧としていたと考えられる。その後、ヒシやドブガイの生育・生息にも影響を与えるようになった。ヌートリアはヒシの種子を1994年秋期の池干しを契機に食物として利用するようになり、池面（1.4ha）の半分近くを被っていたヒシは激減したが、2003年に実施したヌートリア捕獲後はしだいに元の状態にまで回復してきた。また、最近では水位が低下した池岸で底生動物ドブガイが相当数捕食されていることも明らかとなるなど、ヌートリアは植物の根茎だけでなく種子や動物をも食糧としていることが明らかになった。

捕獲については、03年から09年までに、巣穴が集中する池（周囲530m、面積1.4ha）を中心として、箱わなを用いて74頭のヌートリアを除去した。この間の捕獲努力量は2182わな日であった。06年（捕獲開始後4年目）には、03年の捕獲開始以降初めて幼獣の捕獲数がゼロとなった。それに伴い、マコモなど多年生植物の生育面積が増加し、捕獲開始後5年目にはドブガイ個体数にも回復の兆しが現れた。しかし、その後の捕獲努力量の減少に伴い再びヌートリア個体数は増加に転じた。

04年から09年までに捕獲されたメス成獣19頭のうち少なくとも12頭（63%）に目視可能な胎児が見られ、かつ妊娠個体は1年を通して確認されたことから、ヌートリアの高い繁殖能力がうかがえた。当面、捕獲努力量の確保が最も重要であると考えられた。

## H2-10

### 外来樹種人工林の生物多様性保全機能

\* 尾崎研一、佐山勝彦、上田明良（森林総研北海道支所）

カラマツは本州中部等が自生地であり、北海道では外来種（国内外来種）である。北海道の外来種リストである「北海道ブルーリスト」ではカテゴリーAにランクされ、在来生物への影響が報告されている。カラマツは北海道の人工林の3割を占め、そのほとんどが低標高地域にあるため、本来、その地域に存在する落葉広葉樹林の多くがカラマツ人工林に代わっている。このようなカラマツの大規模植林により、在来種が消失する一方で、他の外来種が侵入することが危惧される。そこで、北海道内でカラマツ人工林の多い道央地方と道東地方においてカラマツ人工林、落葉広葉樹天然林、そして在来種であるトドマツの人工林を選び、各林分において蛾類と林床植生を調査した。

その結果、697種の蛾類と267種の植物が記録されたが、このうち外来種は蛾類で6種、植物で12種だけであった。このうちの蛾類3種はカラマツ林で有意に個体数が多かったが、これらはいずれもカラマツ食であった。つまり、カラマツの植林にともなってカラマツを食べる蛾類数種の侵入はみられたが、それ以外の外来種の侵入はほとんどなかった。

次に在来種への影響をみると、蛾類の場合、林分あたりの種数は天然林で約2割多かったが、カラマツ林でも平均150種が採取された。各種の個体数を解析すると、天然林とトドマツ林で個体数が多い種は10種以上みられたが、カラマツ林で個体数が有意に多かったのは2種だけであり、外来樹種の人工林に多い在来種は少ないと考えられた。一方、林床植物の場合、林分あたりの種数はトドマツ林が最も多く、天然林とカラマツ林では違いがなかった。林床植物の種数にはササの被度が影響していると考えられた。

## H2-12

### 小笠原諸島における外来生物ウシガエルの根絶達成

\* 戸田光彦（自然研）、刈部治紀（神奈川県博）

ウシガエル *Rana catesbeiana* は北米原産の大型のカエルで、水生生物を広く捕食することから特定外来生物に指定されている。近年の小笠原諸島では父島列島の弟島にのみ定着が知られていたが、弟島の水辺には小笠原固有の5種のトンボ類が見られることから、ウシガエル排除の必要性が高いと判断された。演者は環境省の自然再生事業の一環として、2004年より弟島において本種の防除を実施した。

2005年までの調査によって、弟島のウシガエル生息地は島の北端近くに限定され、産卵場所は2箇所池に限られることが判明した。2005年6月以降、手捕りに加えてアナゴ漁用のカゴワナを用いることによって、効率よくウシガエルを捕獲することができた。これらの池には他の両生類や淡水魚類、カメ類、甲殻類等が生息せず、混獲はほとんど生じなかった。冬鳥（カモ類等）の混獲が確認されたことから、冬期（概ね11月から3月頃）には罟を回収してウシガエルのみを捕獲するようになった。

弟島において、これまでに64個体のウシガエル成体・幼体と多数の卵・幼生が排除された。主たる生息地である鹿ノ浜では2006年6月以降、3年7ヶ月にわたり記録がなく、最後の繁殖確認は2005年6月で、4年7ヶ月にわたり繁殖は停止している。個体数が激減した2006年4月以降、夜間の自動録音装置を用いた鳴声のモニタリングを継続しているが、鳴声は同年6月までにわずかに確認されたのみで、2006年7月以降は全く記録されていない。本種の変態から成熟までの期間は2～3年間とされることから、未成熟個体が池から離れて生存している可能性も小さいと考えられる。

以上より、弟島のウシガエルは完全に排除されたものと判断された。これは、国内でほとんど例のない本種の根絶事例であり、かつ、ひとつの諸島からの完全排除が達成された初めての事例と考えられる。

## 12-01

## ハマダラカの生活史に基づく地理的分布の評価

\* 柏田百代, 太田俊二

ハマダラカ (*Anopheles*) の広域分布はマラリアの感染リスク評価において非常に重要である。しかし、その分布図は限られた観測値と気候条件を基にした経験的なものが多い。そこで本研究では、潜在的な分布を時空間的に高い解像度で表現できるようにするために、まずハマダラカの生活史に着目して、その生育のモデル化を行った。

ハマダラカの成長は温度に依存すると仮定した。その一生の前半は水中で過ごすため、本モデルでは同時に地表面における水分条件をとくに考慮し、さらに熱収支モデルにより平衡水温を求めた。成虫以降の成長は気温に依存するとした。このモデルを用いて韓国、日本、中国、インドでのハマダラカの生息調査の結果を再現したところ個体数の増減とよく対応することがわかった。そこで、本モデルをモンスーンアジア域に適用し、ハマダラカが成虫まで成長すると次世代が誕生するとして生息可能な年間世代数を数え、その地理的分布を示した。得られた世代数分布によると、高温の低緯度から緯度が高くなるにつれて世代数は減少していた。これらの結果は、本モデルによるハマダラカの生息分布評価は妥当であることを示唆している。

## 12-03

## 湖沼種における浸透性交雑と雑種個体の生活史パターン

\* 小北智之, 熊田裕喜 (福井県立大・海洋), 奥田昇 (京大生態研)

湖沼に生息する魚類の中には、沖帯に生息し、プランクトンを専食する沖合型と岸寄りの浅瀬や流入・流出河川に生息し、ベントス食性を示す底生型と言った species pair (番種) が存在する分類群が知られている。特に、北米やヨーロッパの後氷湖に生息する番種は、種分化プロセスを詳細に検討するための格好の研究材料となっている。

広大な沖帯を持つ琵琶湖においても、沖帯に生息し、プランクトン食の固有種と沿岸部の浅所、内湖や流入河川に生息する姉妹種、つまり、番種の存在が知られている。しかし、生殖隔離機構を含めた種分化プロセスやメカニズムに関して、ほとんどの種で明らかにされていない。コイ科の琵琶湖固有種であるホンモロコ (“沖合種”) とその姉妹種であるタモロコ (“底性種”) はこのような関係にある代表的な番種であるが、両種には生殖後隔離は生じておらず、その番種の維持機構は不明のままである。

ホンモロコの代表的な産卵場である琵琶湖東岸の内湖で繁殖期に採集した多数の個体を核 DNA マーカーによって解析したところ、タモロコのゲノムが部分的に浸透した雑種個体が存在することが判明した。さらに、安定同位体分析によって雑種個体の生活史パターンを詳細に検討した結果、すべての雑種個体は琵琶湖から回遊してきたことが判明した。雑種個体の摂餌や遊泳と関連した形態形質は中間的な特徴を示し、体サイズも小型で産卵場に出現した。このような結果を基に、両種の生殖隔離機構の一つとして、雑種個体への淘汰圧とその生活史の影響について検討したい。

## 12-02

## カタツムリ同胞種の生活史変異—越冬生態

\* 入村信博 (千葉県立磯辺高校), 浅見崇比呂 (信州大・理・生物)

コハクオナジマイマイ (以下コハク) とオナジマイマイ (以下オナジ) は、陰莖内壁を除く形態形質が酷似し、交雑すると、前者からは正常に繁殖する雑種が得られる。自然集団での遺伝子浸透も核・ミトコンドリア DNA のマーカーで確認されている。それほど近縁であり、どちらも平地に生息し、人為的に移動分散しやすいにもかかわらず、分布域が著しく異なる。オナジはほぼ全世界の温・熱帯、国内では本州以南に分布するが、コハクは主に西日本と房総半島に分布する。房総半島では、近年コハクが分布を北に広げ、オナジの生息地に侵入してから数年でコハクしか見つからなくなる事例がくり返し観察されている。4月中旬にコハクの幼貝が地上部に現れ、その50%が9月下旬までに成熟し、10月中旬から1ヶ月間で成貝が消失する。9月上旬からコハクの殻が薄くなり、10月には殻が壊れてはがれつつある個体が増加した。コハクの生息地では、死殻が見つけにくく成貝は越冬せずに死亡すると考えられ、以下の2つの仮説が考えられる。仮説1: コハクは卵で越冬する。仮説2: コハクの卵は秋に孵化し、稚貝で越冬する。オナジでは殻の軟弱化現象は観察されず、成貝が1年を通して観察された。これらの近縁種間で生活史が著しく異なることが明らかである。本研究は、2種の越冬生態を明らかにする目的で行った。野外ケージ実験およびコドラート調査の結果、コハクは卵または稚貝で越冬し、オナジはあらゆる齢で越冬することがわかった。

## 12-04

## 戻し交配しても遺伝子が浸透しない: アイナメ属3種で発見された半クローン生殖

\* 木村幹子 (北大・FSC), 河田雅圭 (東北大・院・生命化学), 阿部周一 (北大・院・水産), 荒井克俊 (北大・院・水産), 宗原弘幸 (北大・FSC)

遺伝的に異なる集団が交雑を起こしている場所は、交雑帯と定義される。雑種の適応度が十分に低い場合、交雑が生じても親種間の遺伝的な差異は維持されるが、雑種が生存・繁殖可能である場合、親種との戻し交配により中立な遺伝子の浸透が起きる。また適応度低下の度合いによっては、交雑帯が維持されず、集団の遺伝的な差異も失われることが予測される。従って、遺伝子浸透を妨げ、交雑帯を維持させている要因を明らかにすることは、種間の分化の維持機構を解明する上で重要である。

北海道南部には亜寒帯性種のスジアイナメと温帯性種のクジメやアイナメの分布が二次的に接して形成された交雑帯があり、交雑帯ではスジアイナメを母親、クジメやアイナメを父親とする一方性の交雑が生じている。雑種は全てメスとなるが、繁殖力を有し、父方の親種と頻繁に戻し交配しているにも関わらず、交雑帯ではF<sub>1</sub>雑種しか出現せず、3種間の遺伝子浸透は全く生じていなかった。人為的に戻し交配をさせて得られた仔魚の遺伝子型、核型および倍数性を調べた結果、父方の親種と戻し交配させた個体は母親と同じF<sub>1</sub>雑種型の2倍体ヘテロ接合体となったが、母方の親種と戻し交配させた個体は、母方種であるスジアイナメと同様のゲノム組成を示した。このことから、雑種が卵形成の際に父方ゲノムを排除し母方ゲノムのみを含む半数体の卵を生産すること、そして半数体精子と受精して再び2倍体の仔魚が生まれることが明らかになった。母方ゲノムはクローンとして次世代に伝わるが父方ゲノムは世代ごとに入れ替わることから、この生殖様式は半クローン生殖または雑種生殖 (Hybridogenesis) と呼ばれている。アイナメ属では、半クローン生殖によって3種間の遺伝子浸透が妨げられ、交雑帯が維持されていると考えられる。

## 12-05

## メスヒグマ行動圏を再考する

小平真佐夫 (知床財団)

従来、北海道に生息するヒグマ (*Ursus arctos*) の行動圏は、北米などの内陸部に生息するヒグマと比較して狭く、メス成獣では年変動が少ないと報告されてきた。ヒグマがサケ類を利用できる知床半島では、特にその傾向が強いとされる。ここでは、2003年から国指定知床鳥獣保護区で始まったGPSテレメトリー調査の結果から、メスヒグマの行動圏を再検討した。ヒグマの捕獲と標識付けは、すべて同保護区内にある斜里町の幌別・岩尾別台地で行い、2003-2008年の6年間で、26頭にGPS首輪を装着し、約170ヶ月分のデータを取得した。このうち、10ヶ月以上のデータを取得できたメス成獣10頭から、のべ11例の年間行動圏を推定した。平均行動圏面積は100% MCP推定で38.85 km<sup>2</sup> (SD = 33.07, 22.4-137.0 km<sup>2</sup>)であった。これは過去の同地域での報告より広く、北海道の報告例で最も広い浦幌の例 (Sato et al. 2008) と変わらなかった ( $t_{14} = 0.273, P = 0.394$ )。メス2頭 (137 km<sup>2</sup> と 82.2 km<sup>2</sup>、後者は3ヶ月行動圏のため上記に含まず) の行動圏が特異的に広がったのは、行動圏を大きく離れて戻る移動 (エクスカージョン) を行ったためであった。これらの行動は約3週間で完了したため、月に1, 2回のVHFテレメでは探知できなかった可能性が高い。また、2頭とも成獣であり、亜成獣の分散予備行動とは考えられない。こうしたエクスカージョンは通常の行動とはみなされないとして行動圏推定から除外されることが多い。しかし、人とクマの軋轢が起きるのはむしろ行動圏の外縁部であることから、エクスカージョンは管理上重要な意味を持つ。さらに、エクスカージョンの頻度に地域差や個体差があり、かつ軋轢 (駆除リスク) との相関があるのならば保全上も見逃せない要素であり、今後の検討に値する。

## 12-07

## 日本産トゲオオハリアリにおいて卵はワーカー間順位行動を抑制するか？

\* 下地博之 (琉球大), 藤木悠里 (京都工繊大), 辻和希 (琉球大), 山岡亮平 (京都工繊大)

アリでは繁殖を担う女王と繁殖以外の労働を担うワーカーという生殖的分業が成立しているが、普通ワーカーは交尾出来ないものの卵巣を保持しており未受精卵を産める。しかし女王存在コロニーにおいてワーカー産卵は稀なため、ワーカー産卵を制御する女王物質の存在が議論されてきた。焦点は女王物質の同定であるが、その前に女王情報の伝達特性を調べる必要がある。Tsuji et al. (1999) は、トゲオオハリアリを用い、実験的に一部のワーカーの巣内の移動を制限したところ、女王との接触が禁止されたワーカーだけが卵巣を発達させたことから、女王情報は女王との直接接触のみでワーカーに伝達されると議論した。しかし、本種では多くの場合、卵は卵塊で女王の近くに置かれているため、女王との接触を禁止されたワーカーは、同時に卵と接触する機会も制限されていた可能性がある。そこで本研究では、本種ワーカーにおいて女王との接触と卵との接触を切り離す実験を行い、ブルードを介した女王情報のワーカーへの間接伝達の可能性を検討した。

## 12-06

## 知床国立公園における交通量のシュミレーション

\* 峰谷菜保子 (北海道大学環境科学院), 庄子康 (北海道大学 農学研究院), 愛甲哲也 (北海道大学 農学研究院), 西成活裕 (東京大学 先端科学技術研究センター), 佐竹暁子 (北海道大学 創成科学共同研究機構)

世界遺産登録以来、知床国立公園を訪れる利用者が急増し、自然環境の破壊や混雑による利用体験の質的低下、野生動物との遭遇などの問題が生じている。このような問題を緩和するため、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。本研究では、以前から問題視されている車両による渋滞と、今後導入が検討されている認定ガイド制度、マイカー規制の変更との関係に着目し、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の利用管理に役立てることを目的とする。

モデルでは、公園内の道路を区画で区切り、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ないと仮定する。ウトロから出発し、知床五湖とカムイワッカへ向かうと分岐点に遭遇する。分岐点では、アンケート調査より推定された選択確率に基づき、1つの観光地を選ぶと仮定する。それぞれの観光地の駐車可能量と平均滞在時間、車両が公園の入り口にあたるウトロに入ってくる確率に依存して、渋滞の程度がどのように変わるかを調べた。ウトロに車が入る確率が高いほど渋滞は起きやすく、各地での滞在時間と駐車可能量のバランスが渋滞に影響を与えることが明らかになった。また、知床五湖での滞在時間が減ると、知床五湖での混雑は緩和されるが逆にカムイワッカで混雑がエスカレートすることがわかった。

以上の結果を、交通量調査から得た実際の車両密度と比較し、モデルの整合性を確認すると共に、今後より実践的なシミュレーションを進めていき認定ガイド制度とマイカー規制の導入方法を検討する。

## 12-08

## 熱帯雨林におけるコウグンシロアリの空間的棲み分け

\* 竹松葉子, 三巻和晃, 山口貴史 (山大・農)

熱帯雨林に生息するシロアリの中に、アリのように野外で行列を作って採餌活動を行う「コウグンシロアリ」と呼ばれるグループがある。コウグンシロアリの採餌活動は、2-3日おきに、何十mもの距離を半日以上にわたって行われる。シロアリの多様性が高い熱帯雨林では、シロアリ同士の相互作用がそれぞれの種の分布に影響を与えているだろう。特にコウグンシロアリの様に広い活動範囲をもつものは相互作用が顕著であると思われる。同所的に生息するコウグンシロアリの分布様式を明らかにすることは、森林内での彼らの相互作用を知る手がかりとなる。

マレーシア、ランビルヒルズ国立公園には、4種のコウグンシロアリ (*Hospitalitermes hospitalis*, *H. lividiceps*, *H. umbrinus*, 及び *Longipeditermes longipes*) が同所的に生息している。本研究では、4種の巣及び採餌場の位置、採餌行列の距離と高度、行列している場所を記録し、採餌行動範囲を比較した。

その結果、*H. hospitalis* と *H. lividiceps* は共に、高木の板根や樹上に営巣し、樹冠部を採餌場としていた。この2種は、樹幹や地表面の倒木、落葉、落枝上を伝って行列するが、地表土壌を行列することは少ない。一方、*H. umbrinus* は完全樹上生活者であった。営巣場所も採餌場も常に樹上に位置し、採餌行動でも地表には全く降りてこなかった。反対に、*Longipeditermes longipes* は生息域が地表のみに限定されていた。しかし、地表面の倒木、落葉、落枝上を伝って行列する *H. hospitalis* および *H. lividiceps* と異なり、地表土壌を行列することが多かった。一連の調査から、4種のコウグンシロアリは種ごとに活動範囲が異なり、同一森林内で棲み分けていることがわかった。

## 12-09

## シロアリにおける攻撃性とは何か?—防衛行動の定量化の試み—

\* 石川由希・三浦徹(北大・環境科学)

社会性昆虫はその複雑性ゆえに古くから学問的な注目を集めてきた。なかでもシロアリは高度な社会性を発達させたグループである。社会性昆虫の最大の特徴は「分業」であり、コロニーメンバーがカーストごとに異なった行動を示すことでコロニー全体の生産性を高めている。シロアリは多くの捕食者の標的であるため、いかに適切に防衛するかが非常に重要な命題である。シロアリのコロニーには防衛に特化した形態を持つ兵隊カーストが存在し、これまで、外敵への直接的な防衛行動はこの兵隊のみが行うと考えられてきた。しかし、実際カーストごとにこのような攻撃性がどのくらい違うのかを定量的に計測した例はない。

カーストごとの攻撃性の違いを検討するため、我々は人工巣にオオシロアリ *Hodotermopsis sjostedti* の兵隊、ワーカー、補充生殖虫(王・女王に替わり生殖活動を行うようになった個体)を導入し、防衛行動の定量化を試みた。単独では、兵隊、ワーカー、補充生殖虫の順に防衛行動(外敵に対する定位、咬みつきなど)の頻度が高く、これは野外で見られる傾向とよく一致していた。次に随伴するカーストによってこれらの攻撃性が変化するかを調べた。すると、兵隊や補充生殖虫の攻撃性はどんな場合でもほぼ一定であるが、ワーカーの攻撃性は随伴するカーストによって変化することが分かった。補充生殖虫に随伴する場合、ワーカーは頻繁に外敵に攻撃したが、兵隊に随伴する場合は普段より低い攻撃性を示した。つまり、ワーカーは周囲にいるカーストによって攻撃性を柔軟に変化させ、兵隊の不在時にはコロニーの防衛を担うと考えられる。またこの結果は、ワーカーが他個体のカーストを認識する何らかの機構を持っていることを示唆している。

## 12-11

## テナガツノヤドカリにおける繁殖個体群の構造とオスに見られるハサミサイズの二型の季節変化

\* 古賀庸憲・福田有里(和歌山大・教育), 吉野健児(佐賀大・有明プロジェクト)

テナガツノヤドカリは日本では砂質干潟の潮間帯から潮下帯にかけて普通に見られる。これまで九州の天草諸島ではよく研究されてきたが、それ以外の地域では殆ど研究が行われていない。私たちは和歌川河口干潟の砂質干潟において、本種の繁殖生態をオスのハサミサイズの季節変化に着目して調査した。抱卵メスは調査した全ての月(4~10月)で見られたが、抱卵率のピークは6~7月で90%を超えていた。成体メスの甲長は3.5 mm ~ 8.5 mm の範囲であったが、大部分の成体メスの甲長は5 mm ~ 6 mm であった。オスの甲長は3.5 mm ~ 10 mm の範囲でメスよりも一様に分布していた。稚ガニの定着は主に7月に起こり、同じ月に雌雄の大型個体が急に減少した(メスでは甲長6.5 mm 以上、オスでは8.5 mm 以上の個体)。交尾前ガードについては、ガードされるメスの甲長が4.8 mm ~ 8.0 mm の範囲で変異が大きかったのに対し、ガードしたオスは甲長7 mm 以上の比較的大きな個体のみであり、また各ガードペアでは常にオスの方が大きかった。大きい方の鉗脚の相対サイズが、繁殖期の初期からピーク(4~6月)においては、小型オス(甲長7 mm 未満)と大型オス(7 mm 以上)との間で統計上有意な違いがあった。この期間には、大型オスは小型オスよりも相対的により大きなハサミを持っていた。しかし、この差は繁殖期の後半(7~9月)には不明瞭になった。大型オスはメスを巡る競争で有利になるように繁殖期の初期から鉗脚をより長く成長させている可能性がある。また、なぜ7月に大型の雌雄が急に減少するのかについては、2つの可能性を考えており、現在調査中である。

## 12-10

## ヤエヤマシロアリ野外コロニーの生殖虫とカーストと性の構成

\* 星 真大, 北出 理(茨城大・理工・生物)

シロアリのコロニーはワーカー、ソルジャー、ニンフ、生殖虫(一次生殖虫、ニンフ型幼形生殖虫、ワーカー型幼形生殖虫)、幼虫など、異なるカースト(階級)の血縁個体で構成される。いかなる要因が自然条件下のコロニーのカースト構成、性比に影響を与えるかを明らかにするため、沖縄県西表島においてヤエヤマシロアリ *Reticulitermes yaeamanus* の野外コロニーの調査を行なった。合計15の営巣材を2008年と2009年の3月に採集し、(1)生殖虫の有無、(2)カースト構成、(3)ワーカー、ソルジャー、ニンフの性比、(4)カーストごとの全個体数を調べた。

巣内にみられた個体数は、およそ1000~30000(平均14000)と幅があった。生殖虫の構成には、一次生殖虫ペア、一次生殖虫ペアとワーカー型生殖虫、一次生殖虫の雄とニンフ型生殖虫とワーカー型生殖虫、ニンフ型生殖虫とワーカー型生殖虫、ワーカー型生殖虫のみの5タイプがみられた。ワーカーとソルジャーは全てのコロニーで得られたが、ニンフ、幼虫は一部のコロニーでは得られなかった。多くのコロニーで、ワーカー、ソルジャー、ニンフの性比はほぼ1:1であったが、ニンフの性比が極端に雄に偏ったコロニー、ワーカーの性比が雌に偏ったコロニーが1つずつ観察された。

特徴的な生殖虫構成のコロニーについては、マイクロサテライトマーカーを用いてコロニー内の遺伝構造を調査し、生殖虫とワーカー・ニンフとの親子関係の推定を試みている。さらに、野外コロニーでのカースト構成・性比と生殖虫の有無、総個体数に対して、どのような遺伝的背景が影響を与えているのか考察する予定である。

## J2-01

漁獲量は「観測データ」として使えるのか：サメガレイ  
個体群の階層ベイズモデリング

\* 奥田 武弘, 服部 努 (東北水研・八戸)

生物資源管理や多様性保全の対象生物は生息密度が低く、野外の生息状況を正確に反映した観測データを得られないことがしばしばある。この様な不確実性の大きな観測データの時間変化を従来型の統計モデルに当てはめる手法では、生物資源管理や保全が必要な生物の個体群動態を正確に表現することは困難である場合が多い。観測データの不確実性を軽減するために調査努力量を大きくした場合、野外調査に必要なコストが大きくなってしまいます。もし野外調査以外の大規模データから個体群動態を推定できるならば、少ないコストで資源管理や保全に必要な情報を得ることができるだろう。本研究では、階層ベイズモデルの1つである一般化状態空間モデルを用いて、生息密度の低い生物資源のモデルケースとしてサメガレイ (*Clidoderma asperimum*) の東北部沖合域における1980年～2007年の漁獲量を観測データとみなした個体群動態パラメータの推定を行った。

モデルを単純化するために宮城沖・福島沖・茨城沖の3地域で個体群は独立していると定義して、(1) 観測(漁獲)に伴う誤差を考慮した観測モデル、(2) 個体群サイズの時系列変化とそれに影響するプロセス(個体群増加率、漁獲圧)を推定するプロセスモデルの2つのモデルから構成される一般化状態空間モデルを作成した。MCMC法によるパラメータ推定の結果、個体群増加率は3地域で同調的に変化するが、地域間のばらつきも示された。一方で、漁獲圧は地域間で独立して変化していた。また、推定された個体群サイズを、個体群(資源量)の状態を表す従来型の指標であるCPUE(漁獲努力量あたりの漁獲量)と比較したところ、個体群サイズが小さい状態だと推定精度が不十分である可能性が示された。推定精度向上のためには、漁獲物のサイズ組成や漁獲努力量などの補助データをモデルに組み込む必要があるだろう。

## J2-03

## 繁殖場の破壊 - 個体群動態 - コイヘルペスの大流行

\* 山村則男(地球研), テルショウ・アアント(ミュンスター大), 内井喜美子(地球研), 川端善一郎(地球研)

繁殖に際して、多くの動物は配偶行動と新生児の成長のために適切な場所に移動する。そのような例は、甲殻類、淡水魚、両生類、渡り鳥、海獣などで普遍的に見られる。我々は、子孫の数が繁殖場の面積に比例するという第1近似の仮定を採用して、繁殖移動する動物の個体群動態の基本方程式を提案する。この方程式は、非常にシンプルなので解析解を持ち、繁殖場の破壊と劣化という環境問題を扱うのに有効である。その解によると、繁殖場における成体密度は繁殖場の破壊に伴って一時的に上昇するが、その後、もとの密度に戻る。密度のピーク値は、破壊の面積が大きいくほど、破壊の速度が速いほど、生態の生存確率が高いほど大きい。この方程式を応用して、琵琶湖におけるコイヘルペスの大発生を例にして、人為的繁殖場の減少に伴う成体の一時的な高密度から生じる、個体群の病気発生リスクを検討する。

## J2-02

## What the results of beam light census of sika deer tell and how to explain? - a case study in northern Mount Fuji

\* 姜兆文(野生動物保護管理事務所), 上田弘則(近中四国農研センター), 今木洋大(山梨環境研), 北原正彦(山梨環境研)

To know population size is important for managing sika deer. Beam light census is 1 method to monitor deer population size. To answer what and how the census results tell remains problem. Former studies estimated population size by the relationship among discovery rate, distance to animal, and visibility commonly.

We carried out the census in northwestern Mount Fuji, from July 2000 to July 2002. Survey line started at 1200m and ended at 1800m in elevation, total distance was 15.8km. We did the survey by 1 driver and 2 light holders. We drive a jeep at 10km/h along road and recorded site, number, sex, ages (adult, juvenile, fawn), behavior (feeding, resting), and the distance of deer to jeep.

Deer number changed seasonally with 2 peaks at May and Sept-Oct.. Both peaks were coincidence with active feeding period. Further deer mainly appeared in < 15-year planted forest. This suggests that newly planted areas are main feeding sites due to high food availability. Buck mainly appeared from Oct.-Nov., the rutting season. This suggests that bucks might use different habitat except rutting period. The total deer number found during the survey was not only influenced by visibility and discovery rate, but also influenced by behavior, habitat use, and food distribution. Therefore, the census result may only be relative density method.

## J2-04

## 被食者の遺伝的多様性が被食者-捕食者系の持続性に与える影響

\* 津田みどり, 和田志乃, Ah Nge Htwe (九大院・農)

遺伝的多様性は、それ自体は集団の平均適応度を上げる (Fisher 1930)。また、生物間(被食者-捕食者間)相互作用の影響下でも、富裕化のパラドックスが誘引する絶滅を防ぐ (Doebeli 1997) など、進化的変化によって集団の安定持続性を高める効果があるとされている (Hughes et al. 2008)。さらには下位の栄養段階の遺伝的多様性の方が安定持続性に影響することも示されている (例えば Tuda & Bonsall 1999)。しかし、寄生-捕食寄生者(被食者-捕食者)系においてこれらを検証した実例はほとんどない。

そこで本研究では、遺伝的多様性の異なるヨツモンマメゾウムシ(寄主)・コマユバチ(捕食寄生者)集団を用いた実験室実験系によってこれらの仮説を検証した。遺伝的多様性の低い寄主として2つの実験室飼育系統、高い寄主としてこれら2系統間F1を創始者集団として用いた。さらに、コマユバチの2系統それぞれを各マメゾウムシ集団と組み合わせた6種類の寄主-捕食寄生者系の個体群変動を、幼虫期の餌であるアズキを定期的に加えながら400日間観測した。結果、絶滅までの時間は、マメゾウムシの系統間交配集団からなる系で有意に短く、遺伝的多様性が絶滅を促進するおそらく初めての実証例となった。コマユバチ系統の影響は見られなかった。実験測定した生活史形質や被寄生率の集団間差異をもとに、系の不安定化を齎したメカニズムについて考察する。

## J2-05

## Population dynamics of intertidal barnacle: effects of seasonal processes operating at different spatial scales

\*K. Fukaya (Hokkaido Univ.) , T. Okuda (Fish. Res. Agency) , M. Nakaoka (Hokkaido Univ.) , M. Hori (Fish. Res. Agency) , T. Noda (Hokkaido Univ.)

It is likely that dynamics of a population is under control of the seasonally different density-dependent and density-independent processes operating at different spatial scales. To test this hypothesis, we observed coverage of intertidal barnacle *Chthamalus challengerii* over eight years by using hierarchical sampling design. We then analyzed the data by fitting a population model that incorporated both a density-dependent process (strength of density dependence) and density-independent processes (intrinsic growth rate and stochastic fluctuation at different spatial scales). The coverage tended to decrease in summer, when the population growth were characterized by a relatively lower intrinsic growth rate, weaker density dependence, and stronger stochastic fluctuation. In contrast, the coverage tended to increase in winter, reflecting a higher intrinsic growth rate, strong density dependence, and weak stochastic fluctuation. In summer the population growth rate was strongly affected by regional-scale stochastic fluctuation, whereas in winter it was more affected by rock-scale stochastic fluctuation. These results indicate that seasonally variable density-dependent and density-independent processes determine the population dynamics of *C. challengerii*.

## J2-07

## コリクワガタ種群の種の分布境界域の状態

\*久保田耕平(東大・農), 久保田典子(横浜市)

日本産コリクワガタ属は本州、四国、九州の主として冷温帯広葉樹林に生息し、ブナに代表される自然のよく残された環境に多いグループである。著者らは Kubota et al. (2008) において、それまで *Platycerus acuticollis* 1種とされてきたコリクワガタ種群を、主として雄交尾器内袋の形態から4種に分離記載し、大局的に見ると各種どうしがほぼ側所的に分布することを報告した。また、その後の調査で分布境界域におけるコリクワガタとユキグニコリクワガタの混棲地を発見した(久保田他, 2009)が、境界域の分布についてはまだよくわかっていなかった。

さらに2008-2009年にかけて各種の境界域を探索したところ、ニシコリクワガタとトウカイコリクワガタ、およびユキグニコリクワガタとトウカイコリクワガタの組み合わせについても、最短の生息地間の距離を10km-数十km程度まで短縮することができた。いずれの場合も移行的な形質は認められず、種間の形質差は歴然としており、さらなる中間域の探索が求められる。また、コリクワガタとユキグニコリクワガタの混棲地付近を精査したところ、両者はほとんど完全に入れ替わっており、ごく一部で混棲が認められるにすぎないことがわかった。これまでに明らかな種間雑種と考えられる個体は発見されていない。本講演では、これら種間境界付近での形質状態、分布状態の詳細について報告する。

## J2-06

## 北海道で大発生したマイマイガ地域個体群の特徴

\*東浦康友, 山口博史, 倉沢美穂, 時下進一

マイマイガはこれまで、カラマツ林や広葉樹林で何度も大発生しており、2007年から北海道・東北の広い範囲で大発生した。今回は、大発生に至る経過を解析したので報告する。

マイマイガは、1頭の雌が1卵塊しか産卵しないので個体群動態の解析に適している。北海道美唄市のシラカンバ林で卵塊の全数(=全産卵雌数)調査を実施した。1974年から1982年の9年間は約1haの林で、1991年から2009年の19年間は0.4haの林で調査した。この間、2007年から2009年までha当たりの卵塊数が $10^4$ 個を超え大発生状態となった。その他の年は、0個の時もあったが(解析には卵塊数+1の対数変換を使用)、平衡状態としては $10^{1-2}$ 個程度であった。

Royama (1981: Ecological Monographs 51, 473-493) は、年一世代の昆虫の個体群動態解析法として二次の密度異存過程を提案している。いま、t世代目の卵塊数(=産卵雌数)を $x_t$ とし、 $X_t = \log(x_t)$ とすれば、

$$R_t = a_1 X_t + a_2 X_{t-1} + b \quad (R: \text{増殖率})$$

$R_t = X_{t+1} - X_t$  であるから(いずれも対数変換した値)、 $X_{t+1} = (1+a_1)X_t + a_2 X_{t-1} + b$

9年間と19年間のマイマイガ個体群動態に、この二次の密度異存過程を適用すると、大発生しなかった9年間と、大発生年を含む19年間では、それぞれ、

$$X_{t+1} = 0.358X_t - 0.614X_{t-1} + 1.831 \quad (r^2 = 0.938) \text{ と、}$$

$$X_{t+1} = 1.225X_t - 0.626X_{t-1} + 0.968 \quad (r^2 = 0.705) \text{ となり、}$$

いずれの期間の変動過程も良く表された。係数の違いから、大発生期間では振幅が大きく、平衡密度はそれほど違わなかった。

美唄市の他に、札幌市南区小金湯と、千歳空港近くの安平町早来での調査結果を、ミトコンドリアDNAハプロタイプの変動と併せて発表する。

## J2-08

## 伊豆諸島のヤマガラ集団構造

\*藤田薫(東邦大・地理生態), 西海功(国立科学博物館), 山口典之(東大・農・生物多様性), 樋口広芳(東大・農・生物多様性)

伊豆諸島は火山島であり、植物、昆虫、鳥類等の固有種や固有亜種が生息している。噴火という大規模な環境変動が度々起こっているこのような海洋島では、噴火に伴う島間での移動や分散が、固有種、固有亜種の個体群維持に影響している可能性がある。そこで、伊豆諸島での島間の遺伝的交流の程度を明らかにするために、諸島内に複数の亜種が分布しているヤマガラを対象に、遺伝的集団構造を調べた。

伊豆諸島にはヤマガラが3亜種分布しており、最も北に生息しているヤマガラは本土と同じ亜種であり、南の3島に生息するオーストンヤマガラと、中央の島々に生息するナミエヤマガラは伊豆諸島の固有亜種であり、それぞれ絶滅危惧II類とIB類に指定されている。南の亜種ほど体サイズが大きく(Higuchi 1976, Yamamoto & Higuchi 2004, Yamaguchi 2005)、顔や胸の色が濃く(Yamaguchi 2005)、一腹卵数や育雛期間などの生活史形質にも違いが見られる。しかし、ミトコンドリアDNAの塩基配列分析では、亜種間での変異はほとんどなかったため、より変異速度の速いマイクロサテライトの分析によってこれら3亜種の遺伝的集団構造を調べた。集団構造から、本土2カ所と伊豆諸島のヤマガラの分集団を調べた結果、まず、神津島とそれ以外の場所の2つの分集団に分かれ、新島の集団構造はこれら2つの分集団の混合を示した。さらに、神津島・新島を除いて分集団を解析した結果、本土と大島、式根島と三宅島と御蔵島、八丈島の3つの分集団に分かれた。これらの結果から、伊豆諸島のヤマガラでは、集団構造に階層構造があること、分集団はIsolation by distanceや亜種区分とは必ずしも一致しないことが示された。

## J2-09

## 瀬戸内海におけるカムリウミスズメの繁殖に関して

飯田 知彦

## J2-10

## 無性型の多型維持のメカニズム：フナ類の有性・無性の共存研究 I

\*箱山 洋(中央水研), 岡本千晶(中央水研), 児玉紗希江(中央水研), 小関右介(長野水試), 川之辺素一(長野水試), 松本光正(中央水研), 藤森宏佳(中央水研)

フナ類の無性型は多数のクローン系列が同所的に存在する。ところが、ニッチの近い集団間では強い競争排除が起こるといった観点から考えると、クローンの系列が多様であることは不思議である。今回、無性型のクローン系列の起源と維持について説明ができそうなことが分かってきた。一般にフナ類は有性型(二倍体)と無性型(三倍体)が同所的に共存している。有性型にはオスもメスもいるが、無性型にはメスしかいない。無性型はすべてメスであり三倍体のクロソナルな配偶子を作るが、有性型のオスの精子が発生の制約として必要である。通常は、オスの精子は遺伝的に貢献せず、無性型個体からはクローンの娘が生まれてくる。ところが、稀にオスの精子が無性型の卵に受精して四倍体が生じることがある。実際、野外にもごく稀に四倍体の個体が存在し、四倍体にはオスとメスがいる。交配実験と配偶子の倍数性の測定から、四倍体メスは四倍体の配偶子を作る無性生殖を行い、四倍体オスは二倍体量の倍数性の配偶子を作ることがわかった。さらに、四倍体オスと二倍体メスを交配させると三倍体の個体が生じることがわかった。こうして生じた遺伝的に多様な三倍体個体には無性個体も含まれると考えられ、稀な四倍体と通常の二倍体の交配から新たなクローン系列が生じている可能性がある。また、稀に野外に三倍体のオスもいるが、その配偶子の倍数性は平均では1.5倍量であった。この配偶子は異数性である可能性が高い。三倍体オスと二倍体メスを交配すると、様々な倍数性の個体が生まれたが、二倍体も含まれた。この二倍体の有性型であれば、無性集団からの遺伝的な交流が起こる。フナ類の無性生殖は進化的なデッドエンドではないことを示唆している。

## J2-11

## 有性、無性の成長率の比較：フナ類の有性、無性の共存研究 II

箱山 洋(中央水研), \*岡本千晶(中央水研), 児玉紗希江(中央水研), 小関右介(長野水試), 松本光正(中央水研)

フナ類は、有性型(二倍体)と無性型(三倍体)からなる集団として同所的に共存している。フナ類の無性型は雌性発生であり、クローンのメスが産まれる。有性型の性比が1:1だとすると無性型は有性型の2倍の増殖率を持っており、性以外の条件が同一であれば、有性型を駆逐して自らもオス不足で減びる。同所的共存のためには、(1)有性型に増殖上の有利さが必要であり、(2)少数者有利の頻度依存淘汰(例えば、無性型が少なれば無性型の増殖率が大きいような仕組み)が必要である。魚類のメスでは、体重は産卵数に比例する重要な要素であり、繁殖率に大きく影響する。そこで、本研究では、競争下にある有性型と無性型の成長の違いを明らかにし、成長に少数者有利の頻度依存性があるかを検証した。方法としては、飼育環境、発育ステージの異なる3つの実験系で有性・無性型の体サイズを測定し成長の違いを検討した。(I) 稚魚競争実験：日長と水温を制御した水槽(45cm×3)に一腹子の生後一ヶ月の稚魚を(a)有性型100尾、(b)無性型100尾、(c)有性型50尾、無性型50尾(混群)導入した(n=7)。導入後4ヶ月で取り上げ体長・体重・倍数性を測定した。(II) 室内実験個体群：日長と水温を制御した水槽(2ton×7)に有性型と無性型の成魚を導入し、1年間飼育後、再生産して加入した個体も含めて体長・体重・倍数性を測定した。(III) 半野外実験個体群：自然河川から取水し日長と水温等は自然環境の池(17ton×8)に有性型と無性型の稚魚を導入し、2年間飼育後、再生産個体も含めて体長・体重・倍数性を測定した。分散分析と事後検定から二倍体・三倍体・四倍体(生まれた子供に四倍体がいる)の体長比較を行い、メタ・アナリシスを用いて全体の傾向を検定した結果を報告する。

## J2-12

## ウナギ資源の現状と対策

立川賢一(流域総合研究会)

[目的] ヨーロッパウナギ資源が激減しているとの判断から、その輸出規制が昨年3月13日に施行され、またEUはシラスウナギ漁獲量を2013年までに60%削減することを合意した。日本のウナギ資源も減少の一途を辿っている。この主な減少原因は、ウナギの生活環境の破壊や改変、またシラスウナギの乱獲等の影響によると指摘されてきた。河川横断人工構造物であるダム建設は見直し、中止の方向に政治的判断された。このような背景の下、日本におけるウナギ資源の現状を再認識し、資源回復のためにできる対策は何かを検討したい。

[方法] これまでの知見を再整理するために、農林水産省農林統計部(漁業・養殖業生産統計年報;1965年~2008年)、日本養殖新聞(日本の鰻データ&ダイアリー;2006~2010)、日本ダム協会(ダム年鑑2003)等を使用した。

[結果と考察] 日本のウナギ年間漁獲量は、1969年に最高の3,194トンから、2008年には最低の271トンに激減し、40年間で91.5%の減少割合を示した。シラスウナギの採捕量は、1969年が最高の174トンであったが、2006年には8トンにまで激減した。ダム建設の中止により、ウナギの生活環境が現状よりも悪くならないことを期待し、ウナギ資源の回復への対策を以下のように考える。

1. 汽水域から淡水域におけるウナギの生活史、特に成熟過程の解明
2. 不要ダム撤去の推進と人工護岸等の構造物を可能な限り自然の状態へ修復し、ウナギの生活環境の保全を図る。
3. ウナギの保護水域を設置すると共にシラスウナギの採捕量を規制する。
4. 余剰養殖稚魚の早期放流を促進する。
5. 特定水系におけるウナギ資源のモニタリングを実施する。

## K2-01

## 施肥がクロマツ苗の菌根共生と水分生理に及ぼす影響

\*大原一晃(京都市大・農), 岡田直紀(京都市大・農)

近年の海岸クロマツ林では、ニセアカシアとの混植などによって富栄養化が進行しており、この富栄養化がマツ材線虫病によるマツの衰退を促進する誘因の一つとも考えられている。また、クロマツは外生菌根と共生することで厳しい環境条件でも生育できることが知られており、菌根の形成は土壌の栄養条件により促進、あるいは抑制されることが多くの樹種で示されている。そこで、本研究では、菌根菌を接種したクロマツのポット苗を用いた施肥実験により、土壌の富栄養化が樹木の菌根形成や水分生理に与える影響を調べることを目的とした。

播種後2年目のクロマツのポット苗を用意し、チチアワタケとシヨウロの胞子液を散布し、菌根の形成を確認した後、窒素・リンの施肥を行うN+P区、窒素のみのN区、リンのみのP区と対照区に分け、それぞれ施肥を行った。窒素には硝酸アンモニウム、リンにはリン酸二酸化カリウムを用い、1苗あたりの総施肥量はN-300mg、P-75mgとなるようにした。その後、菌根形成の程度の指標として菌根化率を、水分生理の指標として根のコンダクタンスを測定した。また、地上部の生長量や根長、根の表面積、葉とポット土の養分含有量の測定を行った。

菌根化率に有意な差は見られなかったものの、菌根の色や形態については各施肥処理区間で異なるように思われた。根のコンダクタンスに関しては、施肥の処理と菌根菌の種の違いによる差は認められなかった。地上部の乾燥重量や地上部の長さ、根元直径、葉・ポット土の窒素含有率、根長、根の表面積は、窒素を施肥していない個体に比べて施肥した個体のほうが有意に大きくなった。葉の窒素含有率では、リンを施肥した個体よりリンを施肥していない個体のほうが有意に高くなった。施肥による菌根形成への影響は明瞭には認められなかった。

## K2-03

## 北海道におけるコナラ属の開葉の産地間変異

\*生方正俊, 那須仁弥, 福田陽子

北海道に広く分布するコナラ属樹種であるミズナラ、コナラおよびカシワは、葉等の形態が変化に富み、産地間差が大きいことが知られている。さらにこれらの3樹種間の様々な段階での種間雑種の存在がこれらの多様な変異を生み出している原因の一つになっていることが指摘されている。演者らはミズナラの地理的変異を解明する研究を進めており、今までに葉や堅果の形質、開葉時期および葉緑体DNA多型において、北海道の脊梁山脈を境にした東西地域間で明瞭な違いがあることを明らかにした。東西地域間差が生じた原因としては、気象等の環境条件の違い、過去からの分布の変遷等が考えられる。

コナラ属樹種の地理的変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60産地430系統のコナラ属樹種について、開葉時期の調査を断続的に行っている。1993年および1994年に調査した結果は既に発表しているが、今回は、これらの調査の15年および16年後である2009年に再度調査を行った。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、1993年および1994年は、最も早く開葉した日は、それぞれ5月7日および5月2日であり、最も遅く開葉した日は、それぞれ5月28日および5月23日だった。2009年は、最も開葉が早い日および遅い日は、それぞれ5月1日および5月23日だった。開葉の順位が北海道の西部地域産系統から東部地域産系統へ進むという全体的な傾向は2009年においても変わらなかったが、全体的に開葉の遅い系統の開葉日が早まる傾向がみられた。これは、春先の気温の上昇パターンが影響しているものと考えられる。

## K2-02

## 葉の形態変異と生態型：可塑性が違えば、馴化能力も変わる

野村尚史(科博・植物園)

本講演では、ツワブキの陽地型・陰地型・渓流型の各葉形態・構造にみられる可塑性と光合成馴化能力の関連について、強光・弱光の光環境で行った共通圃場試験の結果を元に考察する。

南琉球のツワブキ(*Farfugium japonicum*, キク科)には、海岸に生育する陽地型と林床に生育する陰地型、溪畔に生息する渓流型の3つの生態型が知られている。陽地型は強い日射と蒸散に対応するため小型の丸葉となるが、陰地型は弱い日射を獲得するために大型の丸葉となる。一方で、渓流型は増水時の流水に耐えるため小型の細葉(狭葉)となる。これまでの研究から、これら生態型は南琉球地域での単系統性が担保されると同時に、集団間・表現型間での頻繁な遺伝子交流が維持されていることが判っており、さらに表現型への選択圧が生育環境ごとに異なることで、その分化が維持されていることも判明している。したがって、ツワブキ種内の葉形態は、環境適応による表現型変異の好例といえる。

共通圃場試験の結果では、細胞の形態と密度によるLMAの違いが、各生態型の特性を生育環境に適合させていることが判明した。陰地型では、柵状組織の層数が少なく細胞も寸量なため、強光下でP areaを高めることが出来ない。反面、陰地型はLMAが小さいため、弱光下では陽地型よりP massを高く維持することが可能となる。陽地型は、柵状組織の層数が多く細胞が細長いため、強光条件下でP areaを高められるが、弱光下でLMAを下げる事が出来ない。一方の渓流型は、海面状組織の細胞数が多いために、陽地型・陰地型の双方よりLMAが高く、強光下で育成した場合のP<sub>max</sub> per massが陽地型に近いことを除けば、常にP massが劣る。この結果から、渓流型で葉内間隙とコンダクタンスの減少によってP areaが抑制されるとの仮説は、支持されなかった。

## K2-04

## 生育光条件の変化に対するダケカンバの葉の窒素量・色素量や展葉数の変化

\*小野清美(北大・低温研)

ダケカンバは先駆樹種であり、春葉と、春葉展葉後に次第に展葉する夏葉を持つ順次展葉型の落葉樹である。本研究では、人工気象室内の弱光下で生育させたダケカンバ苗木を春葉展葉前後の様々な時期に強光に移し、弱光下で展葉した春葉が強光に対する応答を示すのか、春葉の窒素量や着葉期間、夏葉の展葉数が、強光に移す時期によって異なるのかを調べた。春葉展葉前に強光に移し、強光下で春葉が展葉した場合、弱光下のまま、あるいは春葉展葉後に強光へ移した個体に比べ、春葉を長く保持している傾向が見られた。春葉展葉後かつ夏葉展葉前に強光へ移した個体では、春葉は早い時期に落葉するものの弱光下より夏葉の展葉数が多くなる傾向が見られた。強光へ移すと、クロロフィル量が減少する一方、キサントフィル量が増加し、その脱エポキシ化の割合も増加するなど、春葉は強光応答を示した。乾燥重量あたりの窒素量は、強光に移すことにより減少したが、葉面積あたりの窒素量は、強光で増加する傾向が見られた。成長の早い時期に強光に移した春葉ほど、これらの強光に対する応答が強く見られる傾向があった。ダケカンバでは、春葉、夏葉の展葉状態によって春葉の強光応答が異なり、さらに夏葉の展葉数が影響を受けることが示唆された。

## K2-05

## クワ科植物の乳液に含まれる多様なアルカロイド類や耐虫性タンパク質類が担う被食防衛機構とスペシャリスト昆虫の適応メカニズム

\*今野浩太郎, 平山力, 和佐野直也, 中村匡利, 立石剣 (農業生物資源研), 竹中真紀子 (食総研), 小野裕嗣 (農水省), 大藤康雄 (国研センター熱帯島嶼拠点)

クワ科植物 (世界で約1,000種うち800種がイチジク属 *Ficus*) は傷口から乳液を分泌する。これらの乳液は昆虫の害から植物を守る被食防御の役割があったが、乳液中の防御成分はクワ科種間で極めて多様であった。クワ (*Morus spp.*) では乳液中に高濃度 (計2.5%) で含まれる1,4-dideoxy-1,4-imino-D-arabinitol や1-deoxyynojirimycin等の糖類似アルカロイド (昆虫のsucrase・trehalase等の糖代謝酵素を阻害し毒性を発揮) および新規乳液タンパク質 MLX56 (Hevein domain と Extensin domain を有するキチン結合性のタンパク質、0.01%で成長阻害毒性を示す) が耐虫成分であった。沖縄県石垣島自生イチジク属植物では、ハマイスズビ (*F. virgata*)・ホソバイスズビ (*F. ampelas*) では乳液中の強いシステインプロテアーゼ活性が耐虫性の主因であるが、オオバイスズビ (*F. septica*) 乳液にはプロテアーゼ活性はなく、乳液中に0.56%含まれるantofine(3-30ppmで顕著な昆虫毒性)等の複数のphenanthroindolizidine alkaloid が耐虫成分であった。クワ specialistのカイコはクワ乳液の糖類似アルカロイドおよびMLX56の双方に耐性を示すが、糖類似アルカロイドに対しては非感受性のsucraseとtrehalaseを発達させて適応していた。以上、クワ科植物の乳液の多様な成分が植物-植食昆虫間生態・進化関係において重要な役割を持つことが明らかになった。

## K2-07

## ハリケーン・カトリーナの生態的後遺症に関する研究 ---- ヌマスギと侵入樹種ナンキンハゼ、センダンの塩水冠水耐性比較 ----

\*竹内貴裕, 坪井騰久, 岩永史子, 山本福寿 (鳥取大院・農)

【はじめに】アメリカ南部のミシシッピ河下流域では、2005年のハリケーン「カトリーナ」がもたらした多量の降雨と高潮による湿地林根圏の塩濃度上昇により、甚大な被害が生じた。被災した湿地林には、外来樹種であるナンキンハゼ (*Sapium sebiferum*) やセンダン (*Melia azedarach*) の急激な個体数増加が確認され、植生の変化が懸念されている。本研究ではミシシッピ河流域の主要な湿地林構成樹種であるヌマスギ (*Taxodium distichum*) と、外来種のナンキンハゼおよびセンダンの苗木を用いて、塩水中への水没処理実験を行い、3樹種の生理・成長反応について比較検討した。

【方法】実験は鳥取大学農学部のガラス室で行い、2年生のヌマスギ、ナンキンハゼ、及び1年生のセンダンのポット苗を用いた。2008/6/11から14日間、塩濃度の異なる水槽 (0mM, 200mM) に苗木全体を水没させ、その後、淡水による土壤冠水条件下で42日間回復観察を行った。解析項目は伸長・肥大成長量、器官別乾燥重量、光合成速度、及び器官別陽イオン濃度である。また2009年に2年生のヌマスギとナンキンハゼの苗木を使用し、沈水期間の長短による生理的变化を評価した。2009/6/11, 6/16, 6/23, 6/30, 7/2, 7/4の順に、塩濃度の異なる水槽 (0mM, 75mM) に、苗木全体を水没させた。7/7に一斉に引き上げ、淡水による土壤冠水条件下で42日間回復観察を行った。

【結果】ヌマスギとセンダンは、塩水沈水から淡水による土壤冠水に移行した際に全個体が枯死した。一方ナンキンハゼは、新葉の展開や不定根形成という形態的な回復が確認され、冠水及び塩水に対する耐性が、他の樹種より高いことが分かった。またナンキンハゼでは、適合溶質であるベタイン類の塩水ストレスによる増加を確認した。

## K2-06

## 中国毛烏素沙地に生育する植物の浸透調節能と乾燥適応戦略

\*岡田憲和 (鳥取大・農), 毛恵平 (鳥取大・農), 道又静香 (鳥取大・農), 山本牧子 (鳥取大・乾地研), 山中和 (鳥取大・乾地研), 山本福壽 (鳥取大・農)

中国内蒙古自治区内オールドス高原の毛烏素沙地は多様な植生を有しており、風による砂の移動を防ぐために植生の定着などによる砂丘の固定が行われている。砂丘固定を目的とした植生の維持・管理には、対象となる植物の生理生態的特性の情報収集が不可欠である。半乾燥地の植物には、乾燥、塩など、様々な環境ストレスが生じる。乾燥や塩ストレス環境下においては、土壌からの水吸収が困難になるため、生育している植物は、体内に適合溶質 (浸透調節物質) を集積するなどによって適応している。現在適合溶質と考えられているのは、ショ糖などの可溶性糖、グリシンベタインなどの第四級アンモニウム化合物、ソルビトールなどの糖アルコール、プロリンなどのアミノ酸、K<sup>+</sup>などの無機イオンである。本報告は、2008年、2009年の現地調査結果をまとめたものである。2008年度には、生育する植物 (沙柳、旱柳、油蒿、カラガナ、臭柏、油松、樟子松、新疆楊、白榆、垂柳、烏柳、牛心朴子、沙米: 13種) の夜明け前と日中の葉における水ポテンシャル、9種の糖の含有量、3種のベタイン類の含有量を測定し、それらの関係性について分析した。2009年度には、沙柳、旱柳、油蒿、カラガナの葉における水ポテンシャルと糖の含有量の時間的変化を測定した。これらの結果、植物の浸透調節能は多様であり、特に油蒿は、糖、ベタインの蓄積による高い浸透調節機能を持つことが明らかになった。

## K2-08

## 流程の違いによる付着藻類の炭素安定同位体比の変化とその要因

\*赤松史一 (土木研), 小林草平 (土木研), 矢島良紀 (土木研), 中西哲 (土木研), 天野邦彦 (国総研), 三輪準二 (土木研)

付着藻類は、河川生態系の一次生産者であり、消費者の主要な炭素源である。一方で、流域から流入する陸上植物由来炭素も重要な炭素源となっている。河川生態系における河川・陸上由来炭素動態は、長年議論が積み重ねられてきているが、近年では炭素安定同位体比解析を用いた評価手法が導入され、その理解は大きく進んだ。しかしながら、付着藻類の炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}C$ ) は、空間変異が大きく、しばしば安定同位体比による食物網解析の整合性がとれなくなる原因となっている。我々は、付着藻類の  $\delta^{13}C$  変動が何に起因するのかを明らかにするため、付着藻類の炭素同位体分別に着目し、物理環境との関連性を調べた。愛知県東部に位置する豊川を対象にし、上流から下流の7地点の瀬から年4回、付着藻類を採集した。同時に、河川水を採水し、無機態炭素と付着藻類の  $\delta^{13}C$  を測定した。付着藻類の  $\delta^{13}C$  は、-11%から-24%の間で変動し、中流部が最も高く、上流よりも下流の方が低い値を示した。これらの値は、淵の割合が増えるほど低下していた。無機態炭素濃度は、下流ほど上昇しており、淵の割合と正の相関があった。加えて、無機態炭素濃度は、硝酸態窒素濃度と高い正の相関があり、流域からの栄養塩負荷が関連している可能性がある。また、無機態炭素の  $\delta^{13}C$  は、下流ほど低下していた。さらに、付着藻類の炭素同位体分別は、無機態炭素濃度と有意な正の相関が見出された。下流における付着藻類の  $\delta^{13}C$  の低下は、炭素源である無機態炭素の  $\delta^{13}C$  の低下と、無機態炭素濃度の上昇による炭素固定の際の同位体分別が大きくなることによって生じていた。これらの結果は、上流方向の瀬淵割合変化と流域からの栄養塩負荷が付着藻類の  $\delta^{13}C$  を決定する重要な要因となっていることを示唆するものであった。

## K2-09

## 西オーストラリアの塩害地におけるユーカリ植林木の成長低下

\*齋藤隆実(東大院理, UWA), 曾根恒星(プリマス中央研), 林和典(日本製紙森林科学研), 上田眞吾, 片瀬隆雄(日大生物資源), 野口航, 寺島一郎(東大院理)

オーストラリア大陸南西部の半乾燥地においては、紙の原料を生産するためにユーカリが植林されている。同時にこの植林地は、塩害を緩和しCO<sub>2</sub>を吸収するという社会的な役割も期待されている。効果的な植林には、乾燥や塩分ストレスに対して耐性を持つ精英樹を用いることが望ましい。しかし、精英樹を選抜するにあたって、基準となるような生理的な指標は明らかでなかった。そこで、本研究では土壤塩分濃度の高い植林地において、性質の異なる系統の成長を追跡し、葉の生理的な性質と関係づけることを目的とした。

材料として、*Eucalyptus globulus* の高成長性系統(HG1)および塩耐性(ST1)あるいは乾燥耐性(ST2)を示すと期待される系統を使用した。2005年7月に土壤条件のよい良好地と塩害地にクローン苗を植栽した。以後、個体の成長を記録するとともに、葉の水分特性やガス交換特性、炭素安定同位体比と窒素濃度を測定した。

その結果、個体の成長は高成長性系統が耐性系統よりも大きかった。塩害地ではどの系統も成長が大きく低下したが、やはり高成長性系統が最も大きかった。一方、光合成速度は良好地では高成長性系統で高いものの、塩害地では耐性系統で十分に高かった。また、葉の気孔コンダクタンスには、系統間や調査地間で明確な違いはなく、成長の違いとは一致しなかった。さらに、葉の炭素安定同位体比や窒素濃度には、系統間や調査地間で明確な違いがなく、葉がとくに水分や養分のストレスを受けているとは言えなかった。したがって、個体の成長の大小は葉の生理的な性質だけからではうまく説明できない。それでは、どのように理解したらよいか。本大会で議論する予定である。

## K2-10

## インドネシア泥炭湿地林における水位調節が樹木の葉の性質に与える影響

\*市栄智明(高知大・農), 田中(小田)あゆみ(東大・新領域), 田中憲蔵(森林総研)

熱帯泥炭湿地林の開発による地下水位の変化は、泥炭地に生育する樹木の生理や生態に大きな影響を与えている可能性が高い。特に、土壌の分解系に直接影響を与える樹木の葉の性質が変化すれば、炭素排出源としての効果がさらに促進される可能性もある。この研究では、熱帯泥炭湿地林の開発による地下水位の変化が、樹木の葉の形態や性質に与える影響を明らかにすることを目的として、地下水位の異なる泥炭林における樹木の葉の硬さや防御物質、窒素量の違いを調べた。

調査は、インドネシア・中央カリマンタン州・バラカラヤ市近郊に広がる熱帯泥炭湿地に存在する1)排水工事が実施されず原生的な状態の泥炭林、および2)1990年代の農地開発を目的とした排水路の建設により地下水位が低下し乾燥化した泥炭林で行った。両方の調査地に共通に出現し、同様の光環境下に生育する樹高1-5mの本木種14種計227個体を調査対象とし、全ての個体の樹冠上部の葉について、葉厚、葉硬度、全窒素・全炭素濃度、総フェノール・縮合タンニン濃度、炭素安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ )を測定した。

その結果、地下水位が低下した泥炭林に生育する個体は、原生的な状態の泥炭林に生育する個体に比べ、葉厚と縮合タンニン濃度、炭素同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ )が有意に高い傾向を示した。その他の項目については、両者で明瞭な差は見られなかった。つまり、水位調節により、熱帯泥炭湿地林の樹木は、葉の硬さや窒素濃度など、分解や光合成に直接関わる性質の変化は認められないものの、乾燥ストレスに対応するために含水量の多い厚い葉を持ち、気孔を閉じ気味にして水利用効率を高めていることが考えられた。

