

シンポジウム

- S01 Sex and the Evolution of Eusociality
- S02 日本の生物多様性の総合評価 – 生物多様性条約 COP10 に向けて –
- S03 迅速な適応性 (第2回) – 学習や表現型可塑性がドライブする進化
- S04 Diversity on diversity: aboveground and belowground communities as drivers of ecosystem functioning
- S05 外来種の管理をめぐる人々の意識と意志決定
- S06 「生態リスク」にどう向き合うのか? 2: データ解析からリスク解析へ
- S07 広域大気汚染の生態系影響
- S08 Animal responses to general flowering and mast fruiting in Southeast Asian tropics
- S09 サンゴ礁生物の緯度傾斜に沿った変異: ゲノムから生態系まで
- S10 企業と生物多様性 – 生態学と企業の協働をめざして –
- S11 侵略的外来種の防除戦略
- S12 環境改変 – 感染症 – 人間のつながり
- S13 利用と保全の調和を図る国際制度としてのユネスコ MAB (人間と生物圏) 計画: 日本の環境保全戦略への活用
- S14 新世代遺伝手法が拓く生態学
- S15 開花フェノロジー研究のスケーリングアプローチ: 分子から景観まで
- S16 農村における生物多様性モニタリング – 多様な主体の参画による共通基盤の確立に向けて –
- S17 トキの野生復帰を実現する自然再生シナリオをつくる
- S18 Effects of ants and termites in ecosystem process and biodiversity
- S19 森林群集の形成メカニズム ~プロットベースから景観・地理的スケールまで~

S01-1

Diversity of termite breeding systems

Edward L. Vargo (North Carolina State University)

Social insect colonies are based on a reproductive division of labor in which only one or a few individuals specialize in reproduction. However, within this general framework, social insect species exhibit considerable diversity in colony breeding structure, with termites showing the most variation. Termites are therefore an excellent group for investigating the historical and ecological factors shaping colony breeding structure. The last decade has seen tremendous progress in our understanding of colony breeding structure in termites, buoyed in large part by the application of molecular genetic markers. There are three main components of colony breeding structure in termites: 1.) the number of breeding individuals (males and females), 2.) the degree of relatedness among the breeders, 3.) and whether the breeders are primary reproductives or neotronics (immature, non-alate derived). While each of these components can vary independent of the others, in general they tend to be closely associated, with the presence of multiple reproductives usually occurring in the form of inbred neotronics who replace the founding king and queen. Breeding structure is strongly influenced by both phylogeny and ecology. These trends will be reviewed in light of recent data from molecular studies. Finally, constraints on inbreeding in termite colonies will be discussed.

S01-3

The integrated society and its enemies: a case study of an asexual ant

Shigeto Dobata (University of Tokyo)

Cooperation is one of the major problems in evolutionary biology. It has been mainly considered in the context of controlling cheating. Inclusive fitness theory predicts that high relatedness can inhibit cheating. However, cooperation itself is a collective function, which is not always optimized by high relatedness and often requires collaboration between genetically different entities.

The ant *Pristomyrmex punctatus* provides a unique opportunity to investigate the relationship between the genetic composition and the effectiveness of cooperation. In this ant, all nestmates fulfill both parthenogenetic reproduction and cooperative tasks. This ant is also known to harbor a cheater lineage which lowers fitness of their nestmate cooperators.

Using microsatellite markers, we revealed that the colonies vary in the genetic composition, most of which would be achieved through drifting of individuals among colonies. Although it allows the cheaters to intrude, the acceptance of alien individuals might also facilitate collaboration between genetically different cooperators. Indeed, we found that the genetic heterogeneity of the cooperators had a significantly positive effect on the colony productivity, but only at one microsatellite locus. While the mechanism remains unclear, this result suggests that the effects of genetic composition should be assessed at each locus.

S01-2

Sex and asexual reproduction in termite evolution

Kenji Matsuura (Okayama University)

The major advantage of sexual reproduction is that it promotes genetic variability, despite the disadvantages of reduced genetic contribution to offspring and the cost of finding mates. Many termite species undergo royal succession, in which the primary reproductives who found colonies are replaced by secondary reproductives from within the nest. Under normal sexual reproduction, such a breeding system is expected to result in inbred colonies with limited genetic diversity. Recently, we found that the termite *Reticulitermes speratus* avoids inbreeding by the conditional use of parthenogenesis (Matsuura et al. 2009, Science). In mature field colonies, primary kings were present but primary queens had been replaced by an average of 55.4 secondary queens. Genetic analysis showed that secondary queens were exclusively produced parthenogenetically by the original primary queen, whereas workers and alates were produced by sexual reproduction and therefore retained levels of heterozygosity. By producing her replacements parthenogenetically, the queen maintains her full genetic contribution to the next generation of primary reproductives. These findings reveal a novel breeding system in which asexually produced replacement reproductives in colonies of a social insect are used to boost sexual reproductive output of the queen to the benefit of both the queen and the colony.

S01-4

Clonal reproduction and life history in myrmicine ant *Vollenhovia emeryi* with queen polymorphism

Kyohsuke Ohkawara (Kanazawa University)

Most social Hymenoptera are characterized by simple haploid sex determination and environment-based caste differentiation. However, recently, reproduction and caste determination systems by genetic factors have been reported in some ants. Particularly the case of the little fire ant *Wasmannia auropunctata* is remarkable. In this ant, female sexuals are produced by ameiotic parthenogenesis from unfertilized eggs, workers from fertilized eggs, and males from fertilized eggs after the elimination of the maternal genome. They mean a complete separation of male and female gene pools. The special reproductive system will give us new approach to test the theoretical hypotheses of the evolution of sex and sociality. Similar clonal reproductive system was discovered in myrmicine ant *Vollenhovia emeryi*. This species is queen-polymorphic, long-winged and short-winged queens. The two queen types are adaptation as dispersal and mating strategies. Probably the clonal reproductive system in *V. emeryi* has evolved associating with the queen polymorphism. In this presentation, we introduce the system of clonal reproduction in this ant, and propose the hypotheses for the evolutionary process and factor of clonal reproduction from the life history data. Additionally we have discussion about the existence of female-male conflict in sexual production in this ant.

S01-5

S01-5

Sex and non-sex in insect social evolution: an overview

Kazuki Tsuji (University of Ryukyus)

The interaction between sex and altruism has been a central issue in evolutionary biology, since W. D. Hamilton has explained the evolution of sterile workers in hymenopteran insects by haplodiploidy that involves parthenogenesis producing males (arrhenotoky) in the life cycles. Recently, the other type of parthenogenesis, thelytoky (the female producing one), is also a central focus. By thelytoky females can produce genetically highly related direct offspring. In social hymenoptera the body of recent findings indicates that thelytoky is often associated with cheating or intraspecific social parasitism. This is theoretically reasonable, because thelytoky can extend options of hymenopteran workers which otherwise can produce only drones. Furthermore, such a selfish option gives rise to new conflict with other parties such as males, leading to the evolution of various counter strategies. In this talk I overview thelytoky in social insects and discuss that at least three different consequences of thelytoky can result. 1. The collapse of the colony or the extinction of the population. 2. The fixation of an asexual genotype, which does not result in the population extinction but leading to the resolution of conflict at least in the short term owing to the clonal nature of colonies. 3. The maintenance of eusociality and sex by the power balance of counter strategies.

S02-2

COP10、2010年目標、ポスト2010目標など生物多様性に関する日本と世界の状況

鳥居敏男（環境省自然環境計画課）

我々の生活を支える生物多様性を保全し、その持続可能な利用を確保するためには、生物多様性の現状を正しく理解することが必要である。しかしながら、生物多様性についての国民の認識は低く、昨年6月に内閣府が実施した世論調査においても「言葉を聞いたことがある」と回答した者の割合は36.4%であった。国民や事業者が生物多様性の状況をわかりやすく伝えることで、それぞれの消費行動や事業活動などにおいて、適切な配慮につなげていくことが重要である。

また、行政にとっては、生物多様性国家戦略に位置づけられた施策をはじめ、政策の課題や効果を把握し、よりよい政策決定に活用していくために、生物多様性の現状を的確に把握することが重要となる。

しかし、これまで我が国の生物多様性の状況を総合的かつ科学的に示す資料は必ずしも十分であったとは言えず、生物多様性総合評価の活用が期待されているところである。

他にも、生物多様性総合評価の結果は、今年10月に愛知県名古屋市で開かれる生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）に向けて諸外国に日本の状況や評価方法を知ってもらう他、諸外国が自国の評価を行う際の参考として活用されることも期待される。

本シンポジウムでは、生物多様性条約の戦略計画の一部で、「現在の生物多様性の損失速度を2010年までに顕著に減少させる」といういわゆる「2010年目標」とCOP10で議論される2010年以降の新たな目標（「ポスト2010年目標」）等に関する国内外の議論の動向と、この生物多様性総合評価との関連も含めて、生物多様性総合評価の意義とその活用の可能性等について述べたい。

S02-1

日本の生物多様性総合評価報告書案について

中静透（東北大学）

生物多様性総合評価は、日本の生物多様性の状況を一般に広く認識してもらうとともに、環境行政等における政策決定に判断材料を提供するため、生物多様性の要因や状態に関わる既存の科学的・客観的な情報等を総合的に分析・評価することを目的とする。環境省の設置した「生物多様性総合評価検討委員会」は、平成20年度から検討を開始し、昨年度と今年度の2カ年をかけて「生物多様性総合評価報告書」を取りまとめつつある。

昨年度は、日本の生態系を大きく6つ（森林生態系、農地生態系、都市生態系、陸水生生態系、沿岸・海洋生態系、島嶼生態系）に分け、それぞれの生態系における指標を検討した。また、これらの各生態系を横断して、生物多様性国家戦略に示された3つの危機、すなわち1）開発や乱獲の影響、2）里地里山などの利用減退の影響、3）外来種などの持ち込みの影響、及び4）地球温暖化の危機の観点から、危機をもたらす要因に関する指標を検討した。

今年度は、昨年度に開発した30の指標を再検討した上で、報告書（案）を作成した。過去約50年間について、生態系を横断する指標によって生物多様性の損失の要因を、また、それぞれの生態系の指標によって生態系ごとの生物多様性の損失の状態を評価し、これらを総合して日本の生物多様性の損失を評価した。同時に、多くの専門家に案文を送付して意見を求めた。

報告書（案）は、日本の過去における生物多様性の損失に関する評価を中心とし、生態系サービスへの影響、2010年目標の達成状況、将来における損失への対策のプライオリティ、評価に関する技術的課題についても記述を試みた。

「生物多様性総合評価報告書」は本年5月に公表の予定であり、このシンポジウムでその内容を紹介してご意見をうかがい、熟度を高めたい。

S02-3

生物多様性評価の意義と科学的基盤の重要性

香坂玲（名古屋市立大学）

モニタリングを含む生物多様性の悪化は傾向という科学的な警鐘は、条約の成立時に大きな役割を果たして以来、継続して条約の重要な要素を果たしてきた。生物多様性条約の主眼は「紙の上での文言をどのように実施していくのか」という、実践（インプリメンテーション）と、その過程で先進国と発展途上国という南北の折り合いをどのようにつけていくのかという点に主眼が移行している。

生物多様性の定義から、その用語を使って、どのような事象が問題とされ、各国と関係団体がどのような主張をしているのかを整理していく必要がある。端的には、生物多様性は環境や科学の問題であると同時に、国際社会や経済の問題でもある。

そのためには、政府、地方自治体、企業、市民、それぞれの立場からの参画が不可欠である。特に、産業界については締約国会議でも、参画が遅れていることが指摘されている。

2010年10月に開催が予定されているCOP10を控え、日本の学術界がどのような貢献を行えるのか、議論をしていく。

S02-4

生物多様性観測ネットワークと総合評価の今後の課題

矢原徹一（九州大学）

生物多様性条約第10回締約国会議（CBD COP10）では、ポスト2010年目標の設定を行う。ポスト2010年目標の設定にあたっては、評価指標の設定が必要不可欠である。わが国の生物多様性総合評価は、生物多様性のトレンドを評価する指標開発に寄与することが望まれる。この指標開発に関しては、CBDだけでなく、GEO（地球観測に関する政府間会合）の下に組織された生物多様性観測ネットワーク（GEO BON）も取り組んでいる。GEO BONは、DIVERSITASとNASAが中心となって、2008年に設立された研究者のネットワークである。日本では、GEO BON日本委員会（J-BON）が2009年5月にスタートした。また、環境省事業費によって、アジア太平洋地域生物多様性観測ネットワーク（AP-BON）が7月にスタートした。これらのネットワークでは、既存の生物多様性観測システムをつなぐことで、生物多様性の広域的なトレンドを把握しようとしている。これらの一連の取り組みの中で、以下のような課題が顕在化している。

- （1）遺伝子・種・生態系レベルのトレンドをいかに関係づけるか？
- （2）生物多様性のトレンドと生態系サービスのトレンドをいかに関係づけるか？
- （3）生物多様性のトレンドと人間生活の関係をいかに評価するか？
- （4）観測されたトレンドを生物多様性損失を防ぐための行動提起にいかに関係づけるか？

生物多様性の総合評価は、単なるデータの集積にとどまるのではなく、その評価が生物多様性損失を防ぐ市民の行動につながるものであることが望ましい。そして、その行動がさらにデータの集積を促すというフィードバックを作りだすことが、生物多様性を守るうえで重要だろう。

S03-2

珪藻における表現型可塑性の人為選抜実験系の構築

○城川祐香・若本祐一・嶋田正和（東大・総合文化・広域）

発生過程でみられる表現型可塑性は、環境に適応した新規な形態をつくり出すのに重要とされる（Kirshner and Gerhart 2005）。その環境変動を受けての発生経路の変更は、最終的には個体内の単一細胞の環境シグナル応答に帰結する。よって一細胞レベルでの細胞形態形成の変化、細胞の形質ごとの個体群動態の変化を理解することは、普遍的な理解を与えてくれるはずである。細胞レベルでの表現型可塑性を検証する材料として、珪酸質の殻をもつ単細胞藻類である珪藻を用いた。中でも世界中に幅広く出現する広塩性中心珪藻 *Cyclotella meneghiniana* の、有基突起と呼ばれる粘液糸を放出する殻器官の数に着目した。有基突起からの粘液糸は、細胞集団形成やそれによる生存率の上昇、沈降速度の増加といった生態的に重要な役割が知られている。

本講演では、海水濃度変化に対して有基突起数を多くする表現型可塑性、そして複数産地から確立したクローン株間の反応基準の違いをご紹介します。また上述の結果である集団の有基突起数の多様性が、一細胞ごとのどのような振る舞いにより創出されるかを調べるため、細胞ごとに世代を特定した有基突起数の関係に着目した。その結果、海水濃度変化の直後の分裂で有基突起数を変化させる迅速な適応がみられたことに加え、同一環境下での表現型ゆらぎを確認した。

本種を含めた有基突起をもつ *Thalassiosira* 目は淡水-海水間の移入を通して複数回の種分化を繰り返していることが最近の研究で明らかになっている。そこで本種の海水濃度変化への適応を通じた進化可能性を検証するため現在進行している実験である、表現型可塑性、表現型ゆらぎと世代間の継承の存在下での有基突起が多い個体の人為選抜についてご紹介したい。

S03-1

迅速な適応性：学習による Baldwin 効果がドライブする進化

嶋田正和（東大・総合文化・広域）

適応という術語は、微妙に違う2つのニュアンスで用いられることがしばしばある。Futuyma (1986) は「生理的には個体の表現型が環境に合うことを意味し、進化生物学としては、遺伝的変異にかかる自然選択により適応度が増進するため、適応状態が形成されることを意味する」と述べている。しかし、従来の進化生態学では、遺伝子発現の調節や脳-神経系が司る学習行動や表現型可塑性の生理的適応は、至近要因として片づけられ、進化生態学は究極要因（適応度と自然選択による進化）を研究する学問であるかのような扱いであった。

しかし、最近、遺伝的同一性説（West-Eberhard 2003）や促進的表現型変異説（Kirschner and Gerhart 2005）が台頭してきた。これらは、行動的適応や生理的適応が遺伝システムの中に取り込まれる生物学的メカニズムに基づく説明であり、20世紀前半に活躍した Baldwin や Schmalhausen から Waddington を経た系譜である。そして、学習行動や表現型可塑性に基盤を持つ迅速な適応性は、環境中での個体の経験によって学習行動や表現型可塑性が発現し、それが遺伝系に取り込まれる効果（Baldwin 効果）を伴うときには、引いては表現型を支える遺伝的変異に自然選択がかかることで、突然変異-自然選択だけの古典学説よりも、ずっと速い進化的適応をもたらすようになる（Kawecki グループ [2004,2007] の成果）。Lande (2009) も Baldwin 効果の新しいモデルを出している。

このように、Abrams (2005) が指摘しているように、「適応性」にはさまざまな時間スケールの生物学的機構が関与しており、学習行動や表現型可塑性と適応進化の両方を取り込んだ個体の行動や進化の理解が必要となるだろう。

S03-3

2 種大腸菌による栄養共生への迅速な適応とその遺伝子発現変化

○細田一史・四方哲也（阪大・情報科学）

人間は初めての環境変化にでも、それに合わせて行動を変化するだろう。常にとはいわなくても、多くの場合は適応的だろう。例えば、災害により皆が苦しい状況では、普段協力しない人でも周りと協力するかもしれない。直接利益になると知らなくても、実際は利益になる。学習・評判・信仰・本能など色々あるが、結局は環境中に存在するなんらかの合図（単一ではなく複数の組み合わせかもしれない）に対する応答、つまり広い意味での表現型可塑性であり、柔軟に適応できる者は自然選択されるだろう。さて、その根底にある機構はどうなっているのか？合図に伴う生体内の神経伝達や遺伝子発現変化、その他生化学反応まで還元することができるだろう。しかし、人間などではその根底と行動変化との間はあまりに遠く、実験科学としては扱いにくい。

初めての環境変化に対する適応は細菌ですら起こりえる（Yamada 2008）。細菌は最も単純な生物であり、私達が想像するような学習・評判・信仰などはもちろん無い。本発表では、モデル細菌である大腸菌を用いた実験結果を元に、表現型可塑性による初めての環境変化への適応機構について議論したい。特に、協力的になるという表現型変化に注目する。なお実験結果とは、2種の異なる大腸菌栄養要求性株（共に同じ野生株の一遺伝子欠損株）を作成して混合すると、協力的になる表現型変化が片方の株に起こり、共に増殖して栄養共生が成立したというものである。この際全遺伝子発現量変化も測定した。これらの実験結果は鈴木真吾、森光太郎、柏木明子、城口泰典、山内義教、小野直亮、四方哲也ら（敬称略）との共著である。高等生物と細菌は全然違う。しかし同じ生物なので、いちアプローチとして様々な分野の方々の思考の肥やしになれば幸いである。

S03-4

S03-4

柔軟な表現型改変を支える発生・生理機構

三浦 徹 (北大・地環研)

表現型可塑性 phenotypic plasticity は、生物が環境に柔軟に対応するための適応的な仕組みとして重要である。また、近年では、進化学的にも多様な表現型を迅速に進化させる鍵を担うとして着目されてきている。

演者らは、主に昆虫類を用いて環境に応じた表現型可塑性・表現型多型を調節する生理・発生機構について研究を進めている。本講演では、社会性昆虫のカースト多型、アブラムシの生活史多型、ミジンコの防御形態形成などを例に、いかなる生理・発生機構が、環境条件に柔軟に応じた表現型改変を可能にしているのかを概説し、研究の展望を考察したい。更には、これらの可塑性をもたらす生理・発生機構が表現型進化においてどのような役割を担うのかについても考えてみたい

S04-2

Biodiversity and primary productivity of cropland ecosystems

NISHIZAWA, T. (Ibaraki Univ.)

Agroecosystem management influences functional biodiversity in cropland fields. A cover-cropping and no-tillage system, recently well-examined practices, is found to affect carbon and nitrogen dynamics in cropland fields. In addition, it is known that these practices keep the soil aggregate structure and thus increases the biodiversity of soil microorganism. Although our knowledge is improved, limited information is available regarding the effects of cover-cropping and tillage system on soil microbial community. Herein, the diversity and dynamics of the microbial communities in upland rice field soils under the agricultural management practices investigated using a molecular genetic technique: an application of real-time quantitative PCR (qPCR) assay to monitor the PCR amplification and then used for terminal-restriction fragment length polymorphisms (T-RFLP) profiling. Analyses of non-metric multidimensional scaling and the rank abundance curve based on the terminal-restriction fragments (T-RFs) profile showed a tiny change of diversity and dynamics of the soil microbial community in the agricultural management practice. These results indicate that soil microbial community flexibly responded to the soil management practice in upland rice field. Moreover, qPCR-T-RFLP profiling provided the database of the soil microbial community in cropland field.

S04-1

Soil biodiversity as related to plant production and sustainability

SUSILO, FX. (Univ. of Lampung)

A CASE STUDY ON CEREAL-LEGUME FALLOW ROTATION AND COFFEE-BASED AGROECOSYSTEM IN LAMPUNG, INDONESIA

Observations were done in coffee fields in Sumberjaya area (West Lampung) and long-term corn-legume rotation plots in Natar area (South Lampung). Soil arthropods (from pitfall trap or Winkler), nematodes (from soil core), and earthworms (from monolith) in both areas were inventoried during July 2009 - January 2010. Coffee fields with more diverse shade trees and less (no) tilled corn plots were in this study considered as more sustainable agroecosystems. Thicker litter and higher net present value (NPV) were evident in complex shade coffee but shading did not affect earthworm abundance, arthropod abundance, and coffee yield. High nematode abundance was found in simple shade coffee and not found in either no shade or complex shade coffee fields. Acari abundance in no tillage plots was higher, but tillage did not affect overall arthropod diversity and corn yield.

S04-3

Microbial diversity in forest soil and its beneath: reasons and implication

KATO, K. (Shizuoka Univ.)

Demarcation of species can never be fully done for Prokaryotes as they do not constitute Mendelian population. Thus we need to employ Operational Taxonomic Unit (OTU) defined by the threshold of 97 or 98 % similarity in 16S rDNA for identification of *Bacteria* and *Archaea*. Though it was suggested that roughly 6000 "species" existed in a given forest soil of cm³ which contains 4.8×10^9 cells (Torsvik *et al.* 2002) or far more than that (Gans *et al.* 2005), I herein try to depict the difference of soil layers of A and B horizons from the difference in microbial constituents revealed by 16S rDNA.

It is astonishing that B-horizon contained more diversified Bacterial constituents than that of A-horizon. And a fingerprint technique showed that Bacterial constituents of B-horizon became similar to that of *in situ* A-horizon by nutrient enrichment cultivation of several weeks. In addition, a fact that a soil animal *Parafontaria laminata* may control dominant microbes through its feeding behavior was suggested from another experiment.

When look at the function of microbes in nitrogen cycling in a forest system a hot spot of denitrification was found at the bottom of a watershed, where the water content was as high as 70 % . Functional gene analysis of the candidate bacteria for denitrification there showed "high activity was supported by highly diversified microbial community".

S04-4**Structure of microbial community in soil ecosystem: detection of environmental filters**

MURAKAMI, M. (Chiba Univ.)

Microorganisms have very limited abilities to move and the occurrence of a function of microorganisms within soils thus is largely determined by the occurrence of mechanisms that bring microorganisms into contact with the environments, which should determine the dominated functioning within the soils. This paradigm is known as the "sleeping beauty paradox". This idea was tested in field and laboratory experiments. In the field experiment, the effect of earthworms on the assemblage of soil microorganisms was assessed. In the microcosm experiment, five different microcosms with microorganisms were established. The changes in assemblage structure of microbes was assessed by T-RFLP and Cloning-Sequence analyses.

S04-5**Long term drivers of aboveground-belowground linkages**

WARDLE, D. (Swedish Univ. of Agricultural Sciences)

There has been a rapidly increasing recent interest in how aboveground and belowground communities interact to drive ecosystem functioning. In this presentation I discuss how these interactions can help us to understand long term ecosystem change in forested ecosystems by focusing on three examples: (1) The impacts of invasive mammals in New Zealand rainforests; (2) The impacts of wildfire on lake islands in northern Sweden; and (3) Long term changes during ecosystem retrogression in contrasting forests around the world. All three examples point to the importance of linkages and feedbacks between the producer and decomposer subsystems in driving the fundamental characteristics of ecosystems in the long term perspective.

S04-6**Use of carbon-14 natural abundances in soil ecology: carbon assimilation and carbon sequestration**

TAYASU, I. (Kyoto Univ.)

Soils are extremely complex ecosystems, containing an enormous diversity of microorganisms and soil fauna, which are difficult to study without disturbing the natural soil system. Various techniques are used to study these complicated systems. In particular, ratios of the carbon isotopes ^{12}C , ^{13}C , and ^{14}C , which differ in natural materials, can be used to trace carbon in the environment using either natural abundances or labeling methodologies.

Carbon-14 natural abundances have been used to estimate turnover time of soil organic matter (SOM). Toyota et al. (submitted) compared carbon-14 signals in the forest soils, which have different vegetation history, and showed different accumulation patterns in relation to the vegetation change. They also estimated the diet age of earthworms, a dominant macro-invertebrate, using carbon-14 and showed the difference in age-dependence of soil animals corresponding to the feeding habits. I show some other on-going studies using carbon-14 signatures and emphasize a potential utility of carbon-14 natural abundances on the study of carbon assimilation and carbon sequestration. Finally, I conclude the utility of carbon and nitrogen stable isotope ratios together with carbon-14 analysis in the study of soil food webs.

S04-7**Soil macrofauna modulates ecosystem function of soil microbes: A case study of the train millipede**

FUJIMAKI, R. (Yokohama Nat. Univ.)

It is well recognized that earthworm activity substantially mediates the microbial processes in soil nutrient dynamics. Other than earthworms, however, little is known about ecosystem functions of soil macrofauna. Millipedes from Xystodesmidae are common in central and southwestern Japan and sometimes dominate in biomass of soil macrofauna. Thus their impact on soil ecosystem functioning is expected. Here I show a study about the effects of the train millipede (*Parafontaria laminata*) on the soil microbial processes.

Feeding experiments revealed that the millipede stimulates microbial respiration and CH_4 consumption in soil. Especially, CH_4 consumption in soils was related to the feeding habit of the millipede; soil CH_4 consumption increased when the adult of soil-litter mixed feeder was fed on soil and litter, while the larvae of soil feeder did not influence. Contrary, guts of the millipede emitted CH_4 in anoxic condition, indicating presence of methanogenic microbes in the guts.

Another aspects of ecosystem function of the millipede is an increase of soil aggregation. Both of feeding experiment and field observation showed that the millipede increase large-size fraction of soil aggregate. C mineralization of the aged aggregates was lower than soil with disrupted aggregate structure, suggesting contribution for C accumulation in soil aggregates.

S05-1

S05-1

外来種のリスク評価と管理

米倉竜次（岐阜河川研）

外来種の侵入はグローバル化の代償として顕在化する環境問題として認識されるようになった。法令や施策にも広く適用されるようになってきている。しかし、外来種の管理（防除、駆除、影響抑制など）に関する努力目標や理念は掲げられているものの、現場での外来種管理にあたり、実行性や有効性のある具体的な方策・計画をどのように立案していくかはこれからの課題である。

この講演では、巻頭言として、外来種管理を現場で実践しようとする際に役立つ事例や問題点について情報提供をおこないたい。特に、外来種のリスク評価と管理について国内外の動向を紹介し、それに関わる人々（管理者や施策決定者など）の意思決定プロセスについても触れようと思う。

S05-3

水辺の外来種管理に対する支払意思額：環境経済学からのアプローチ

* 柘植隆宏（甲南大・経済）、西川潮（新潟大・超域）、高村典子、今井葉子、今田美穂（国環研）

環境経済学の分野では、環境政策を効率性の観点から評価する取り組みが行われている。そのための手段として、ある政策を実施するための費用と便益を比較する「費用便益分析」が用いられることが多いが、生態系保全政策の費用便益分析を行うためには、生態系保全の便益を貨幣単位で評価することが必要となる。

生態系保全の便益とは、保全される生態系の価値に他ならない。経済学では財の価値は支払意思額、すなわち、「その財を手に入れるために最大限支払ってもいいと思う金額」で計測する。したがって、生態系の価値は、生態系保全に対する人々の支払意思額（を集計したもの）と考えられる。

そこで、これまでに経済学の分野では、生態系保全に対する支払意思額を評価するための様々な手法が開発されてきた。なかでも近年は、アンケートを用いて直接人々に支払意思額を尋ねる「表明選好法」に関する研究が多数行われており、洗練化が進んでいる。表明選好法を用いれば、その生態系を次世代に残すことから得られる満足である「遺贈価値」や、その生態系が存在するという事実そのものから得られる満足である「存在価値」などの「受動的利用価値（非利用価値）」も評価することが可能となる。

本報告ではこれまでに開発されている代表的な評価手法を紹介するとともに、表明選好法の一つである「コンジョイント分析」により、水辺の外来種管理に対する支払意思額を評価した事例を報告する。

S05-2

外来種と在来種に対する人々の選好：全国スケールの電子アンケート調査

* 西川潮（新潟大・超域）、今井葉子、今田美穂（国環研）、柘植隆宏（甲南大・経済）、高村典子（国環研）

外来種の駆除や在来種の復元を実施する上で、国民の協力体制は、プロジェクトの成功の可否を握る大きな鍵となる。実際、ニュージーランドやイギリスでは、侵略的外来種の駆除を行う際、対象生物やその管理方法に対して人々がどれだけ関心を持っているかに応じて国民の協力体制が決まったという報告がある。しかしながら、我が国では、これまで、外来・在来動植物に対する人々の選好を広域スケールで調べた研究は皆無である。

日本全国の20代から60代の男女約800人ずつを対象として、外来もしくは在来動植物に対する人々の駆除（外来種）もしくは保全（在来種）の意識を調査した。その結果、在来種よりも外来種において、生物の保全・管理に対する人々の意識に、分類群に応じて大きなばらつきが認められた。次に、人々の意識・選好と個人属性（性別、年代、職業、収入、経験など）との関係について紹介する。また、外来種においても在来種においても、実際にその生物を見たことがあるかどうかよりも、テレビや新聞で見聞きしたことがあるかどうかのほうが、対象生物に対する保全・管理意識の強さと高い正の相関を示したことから、国民の意識を決定する上でマスコミの影響力が大きいことが示唆された。日本では、2009年までに生物多様性地域戦略（もしくはそれに類する戦略）を策定した都道府県が6県（埼玉県、千葉県、兵庫県、滋賀県、香川県、長崎県）あり、これら環境先進県では生態系管理に対する住民の意識が他の都道府県と比べて高いことが想定される。時間が許せば、環境先進県の一つである兵庫県と日本全国を比較し、外来種駆除や在来種保護に対する意識が環境先進県において特別に高いかどうかについても触れる。

S05-4

外来種問題をめぐる順応的な協働の可能性 - ポリティカル・エコロジーの視点から -

二宮咲子（東大・院・社会文化環境）

私たち人間は、外来種問題を認識し対応する主体である。本報告では、釧路湿原流域のウチダザリガニをめぐる外来種問題を事例に、この主体の側の多様性に着目する。そして、順応的管理と協働による解決が求められている外来種問題の制度的枠組みをポリティカル・エコロジーの視点から再検討する。

近年、釧路湿原流域で急激に増えてきたウチダザリガニは、2006年に外来生物法（通称）の特定外来生物に指定された。国内外の生態学的な知見から、絶滅が危惧されているニホンザリガニとの巢穴をめぐる競合や、水草の切断など、生態系へのさまざまな影響が懸念されている。一方で、ウチダザリガニをめぐる行政・専門家と漁業・観光業を営む地域住民との間で社会的軋轢が生じていた。それは、釧路湿原東部の塘路湖で漁を営んできた地域住民の「なんでもかんでもウチダザリガニが悪いわけではない」という言葉に象徴される。地元の漁師は、塘路湖周辺でニホンザリガニが減少した主な要因は塘路湖上流域のカラマツ林への殺鼠剤の散布だという。また、ニホンザリガニは塘路湖に流入する小川に生息し、ウチダザリガニは湖に生息しているという。このように、社会的軋轢の基底には、地域の歴史的な出来事や自然環境の特徴から、ウチダザリガニの外来種問題を認識する「もうひとつの生態学的な知見」が存在していた。また、ワカサギ漁の網に入ってくるウチダザリガニへの自助努力的な対応策として特定外来生物指定の前に漁業権をとり、釣堀・バーベキューなど新たな観光資源としても有効活用していた。つまり、外来生物法の中央集権的な防除のシステムとは異なるが、そこには地域社会に根ざした対応のシステムが存在していた。

外来種問題を順応的管理と協働によって解決するためには、「認識」と「対応」のそれぞれの段階で、多様な主体の生態学的な知見と行為をつなぎあわせることを可能にする制度的枠組みを構築する必要がある。

S05-5

よかれと思った対策と実際の効果との間に生じうるギャップ - 生態系のしくみを理解することがいかに重要性か -

* 巨悠哉 (森林総研, パリ第11大学), 小林頼太 (東大・生物多様性)

外来種が引き起こす在来生態系への影響は甚大で、生物多様性や生態系機能の低下のおもな要因のひとつになっている。今後の外来種対策の成否が、将来の生物多様性を大きく左右するといってもよいであろう。しかし、私たちの生態系の仕組みに対する理解はあまりにもわずかなため、よかれと思って実施した対策が、それほど効果を発揮しなかったり、時には逆効果を引き起こしてしまうことも少なくない。

本講演では、演者らがこれまでに関わってきた奄美大島のマングース、ノイズ、ため池のザリガニ、海外の島嶼域のクマネズミ問題を題材に、人間の直感的心理に基づく行動や本来生物を守るためにある法律などと、実際の効果との間に生じうるギャップについて紹介する。また、生態系の仕組みを理解することの重要性や、意思決定プロセスの課題について議論したい。

S06-1

趣旨説明：データ解析で終わってはいけない～アブダクションから意志決定へ

林岳彦 (国環研)

一般に、理学においては「真理」あるいはその近似としての「最も確からしい仮説」を明らかにすることが目的とされる。生態学における統計学の利用は主に「観測データに基づく（最も）確からしい仮説の選択」に関わるものである。そのため、ネイマン-ピアソンの仮説検定の枠組みにおいても AIC の利用においても、生態学においては「仮説 vs 仮説」という土俵の上で「最も確からしい仮説」を明らかにしていくことが一義的な目的とされる。

一方、工学においては「真理」よりも「実利」を得ることが目的とされる。何らかの「実利」を追い求める上では、「最も確からしい仮説」を明らかにすることは一義的には重要ではなく、とにかく「実利」における最終的な利得を最大化することが最重要となる。

生態リスクの解析は「生物の保全・管理」という実利を追求することを目的として行われる。そのため、生態リスクの解析においては、「帰無仮説との優劣をつけること」を一義的な目的としたネイマン-ピアソンの仮説検定の枠組みに本質的な意味は殆どなく、AIC などに基づくモデル選択も単に「最も確からしい仮説」を明らかにした時点で終了してしまうならばその意義は限定的である。生態リスクの解析において必要となるのは、生態系保全・管理に関する意思決定を支援するための解析であり、そのためには様々な不確実性の存在を考慮しながら、様々なシナリオの下で何がどのくらいの尤度で起こりうるかについての予測を分かりやすい形で示す必要がある。

本企画シンポジウムでは、そのような解析に必要とされる技術・アプローチ・哲学について、様々な分野における実践者をお招きして議論を行う。

S05-6

琵琶湖における特定外来生物指定植物種の防除をめぐる

* 金子有子 (琵琶湖環境科学研究セ), 栗林実 (株) 生態システム研究所), 藤井伸二 (人間環境大), 野間直彦 (滋賀県立大), 中井克樹 (琵琶湖博物館)

琵琶湖水系における 1960 年代からのコカナダモ、オオカナダモ、ホテイアオイ等の外来植物の繁茂は深刻な社会問題にもなってきたが、近年新たな脅威となっているのが、特定外来生物指定種のミズヒマワリとナガエツルノゲイトウである。2004 年に彦根市神上沼で初確認されたナガエツルノゲイトウでは、初期防除が行われず、発見当初の 5 パッチが 3 年後には沼の水域面積 (7.2ha) の 3 割近くを占めるまでに拡大していった。2009 年末には大津市・草津市等の琵琶湖岸 50 箇所以上でも定着が確認されており、彦根市と県が本格的な防除事業を開始しているが、根絶には多額の費用と労力が必要な事態になっている。一方、2007 年に草津市矢橋で初確認されたミズヒマワリでは、発見直後から NGO 近江ウェットランド研究会が中心となって防除活動が開始された。常に最新の繁茂状況を把握しながら、陸上・水上での除草を 20 回以上実施してきた。また、特定外来生物に関する啓発や情報発信も行い、市民・行政との連携・協働を模索してきた。その結果、2007 年の生育量を大きく下回るレベルでの抑制に成功している。さらに、一年目の除草効率は生育場所により大きく異なっていたが、その要因検討に基づいて除草効率の向上が図られ、根絶に至る道筋が見えてきた状況である。一年目の除草効率が高かった区域の事例では、2008 年、2009 年の繁茂面積がそれぞれ 2007 年の 26%、22% と推移していた。これは、前年に全く除草しなかった時の予測繁茂面積 (前年の 6.3 倍と仮定) と比べた場合には、それぞれ予測繁茂面積の 4%、13% のレベルに抑制されていたことを示しており、高い防除効果のあった区域とみなせた。

S06-2

モンテカルロシミュレーションを用いた農薬の生態リスク解析

永井孝志 (農環研)

現状、農薬の生態リスクに関わる規制としては、農薬取締法に基づいて、魚類、ミジンコ、緑藻の 3 つの水生物に対する毒性試験結果と河川水中濃度の予測値との比較によってリスク評価が行われ、リスクが懸念される場合には登録が保留される仕組みとなっている。しかしこの評価スキームにおいて、濃度予測のシナリオは一つに限定され地域差などの不確実性は考慮されていない。また毒性評価においては、魚類と甲殻類に限り種間の感受性差による不確実性係数が適用されるが、その明確な根拠は示されていない。従ってより高度に生態リスクを評価するためには、毒性や曝露などの不確実なパラメータを一つに決定せずに分布として表現し、確率論的な評価を行うのが望ましいと考えられる。

そこで我々の研究では、毒性については種の感受性分布の解析を行い、曝露については、濃度予測モデルのパラメータ (水田面積や河川流量、農薬の普及率など) の地域的なバラツキを考慮して、モンテカルロシミュレーションにより曝露濃度の確率分布を推定した。そして、毒性と曝露の分布の重なり具合から、生態リスクを「影響を受ける種の割合」として定量化した。さらに、様々な農薬のリスクを横並びで評価する場合、得られるデータの質・量が農薬によってバラバラであるので、そのようなデータが少ないことによる推定の不確実性についても定量化を行った。

生態リスクを確率として定量化することで、「農薬の使用量を減らす」「農薬の流出防止対策をとる」「より低毒性の農薬に切り替える」などのリスク低減対策をとった場合の効果を予測できるようになり、より効率的にリスクを減らす管理対策を選択することが可能となる。

S06-3

S06-3

最尤推定法の近似としてのベイズ法の活用：エゾシカ個体数の推定の場合

山村光司（農環研）

ベイズ推定法の使用の適否に関しては現在でも議論が絶えない。対象とするパラメーターが反復生成可能なパラメーターであり、そこに事前分布が実際に存在する場合にはベイズ推定法に疑問をささむ余地はないが、たとえば「東京が大阪の東にある確率」のように反復生成が不可能なパラメーターに対して事前分布を仮定する場合には問題が生じる。こうした事前分布の使用に対して R.A. Fisher は強く批判を行い、ベイズ推定法に代わるものとして最尤推定法を構築した。確率を主観確率としてとらえれば、ベイズ推定法の論理的問題は消えるが、客観性に基づく自然科学では主観確率を用いることができないため、ベイズ推定法の使用が妥当でない場面も多いであろう。しかし、そのような場合でも、ある条件を整えればベイズ推定法を活用することができる。最尤推定値は一般に事前分布のモードでの事後分布のモードとほぼ同じであり、ベイズ推定値は一般に事後分布の平均値として計算されるから、一般に事前分布を仮定したベイズ推定において、尤度曲線が正規分布に近ければベイズ推定値と最尤推定値はほぼ一致する。このため、ベイズ推定値を最尤推定値の近似として用いることができる。この場合には AIC などを使ってモデル選択を行うことも可能である。ただし、パラメーターを適当に変数変換した上で事前分布として一様分布を仮定する方がよいであろう。野外の不確実性を組み込んでモデルを構築する場合には、最尤推定値を直接に求めるのが困難となる場合も多い。そこで Yamamura et al. (2008; Popul. Ecol. 50: 131-144) では、エゾシカ個体数を推定する際にベイズ推定値を最尤推定値の近似として用いた。このような形でのベイズ推定法の活用は実際問題としては有効だと思われる。

S06-5

不確実性がある中でどのように意志決定を行えばいいのか？：外来種管理を例に

横溝裕行（国環研）

園芸植物などの商業的に有用な植物が海外から意図的に持ち込まれている。しかし、その商用植物が野生化して、外来植物として生物多様性などに様々な負の影響を与えるリスクがある。商用植物が拡散しないために封じ込め (containment) を行う事が管理手段の一つとして考えられている。野生化した場合に与える負の影響の大きさや、封じ込めの効果などに関する情報に不確実性がある中で、導入に関して政策決定を行わなくてはならない。現在、オーストラリアなどでは商用植物の導入に関して Australian Weed Risk Assessment model が用いられているが、商業植物の経済的な価値や、封じ込めのコストや効果は考慮されていない。本研究では、これらを考慮に入れ、商用植物を導入する事により得られる純利益の大きさに基づいて、導入や封じ込めの実施を決定するモデルを構築し、商用植物の導入の条件を明確化した。また、イギリスに導入された商用植物 *Rhododendron ponticum* に関する事後解析を紹介する。

S06-4

空間明示型 Harvest based model による外来生物リスク管理の評価 - 奄美マングース防除事業への適用を例に -

* 深澤圭太（自然環境研）、阿部慎太郎（環境省那覇自然環境事務所）

外来生物による生物群集や景観の改変、および農林業被害に代表される人間社会との軋轢などの生態リスクは各地で深刻な問題となっており、根絶を目指した管理が多くの地域で行われている。しかしながら、外来生物の個体群動態を把握することは容易ではなく、情報不足によって適切なリスク管理が困難であることも多い。

奄美大島においては、1970年代に放獣された外来哺乳類ジャワマングースがアマミノクロウサギなどの固有種を含む在来動物群集に対する脅威となっており、根絶を目指した捕殺作業が2000年度より実施されている。捕獲によってマングースは減少傾向にあることが明らかになっているが、マングースの個体群動態についてはなお不明点が多く、捕獲戦略の評価と改善に直結する情報は不足している。これまでの捕獲履歴についてはトラップの位置情報などの詳細なデータが蓄積されており、それらをいかに活用するかが課題となっている。

そこで、本研究においては捕獲データとその背後にあるマングースの個体群動態の関係を階層ベイズモデルとして記述し、捕獲率、個体群の自然増加率、時空間で変動する個体数などの直接測定が困難なパラメータを推定する Harvest based model を構築した。講演においては、ランダム効果による時空間的な不均一性の推定、観測できない生態プロセスの表現、複数のデータソースの統合というこのモデルの特性から、野生動物リスク管理における階層ベイズモデルの有効さについて考察する。その一方で、モデルの良さの評価の難しさなど、階層モデルの適用上の問題点についても議論したい。

S06-6

『良いモデル』の統計学小史：AIC からデータ同化まで

上野玄太（統数研）

【文責：林岳彦（シンボ企画者）】

「良いモデルとは何か？」という問いに一つの現実的な解を与えたのが赤池弘次による赤池情報量基準 (AIC) である。一般に、パラメータの数を増やすほどモデルのデータへの適合度は上がるが、パラメータの数が多すぎると未来のデータに対する予測能力が落ちる。このとき、AIC を指標とすることにより予測能力が最大となる (= AIC が最小となる) モデルを最適なモデルとして選ぶことができる。

おそらく多くの生態学者にとってはこの「AIC 最小」というのが「良いモデルとは何か」という問に対する答えの一つとして浮かぶのではないかと考えられる。しかしながら、赤池自身は AIC の評価について「パラメータ数の増加に伴って現れる最尤法の弱点を解消するために登場した AIC は、分布全体の構造を自由に変えられるベイズモデルの登場により、その役目の大半を終えたかの感がある。(中略) 実は AIC の歴史的な役割としては、その導入がベイズモデルの実用化に思想的な拠り所を提供したという事実の方が、より重要なものと考えられるのである」としており、「良いモデル」への探求においてはその後赤池自身が (また統計学の流れ全体としても) AIC からベイズモデルへと主舞台を移したことについて述べている。

本講演では、生態学者にとっては見えにくいその「AIC 以降の統計学の流れ」を統数研の上野玄太氏に解説いただく。さらに、その「良いモデル」を探求する実践における現在の最先端といえる手法である「データ同化」についての解説をいただく。「データ同化」は「モデルのパラメタリゼーション」と「モデルを用いたシミュレーションによる予測」を有機的に繋げる有力な手法であり、生態学/生態リスク学への応用についても、時系列観測データと生態学モデルを繋げたい場合に非常に有効な手法となる可能性が高いと考えられる。

S07-1

なぜ、汚染源から離れた地域で O₃ 濃度が上昇しているのか

大原利真（国立環境研究所）

対流圏オゾン（O₃）が再び大きな問題になっている。日本で測定されている光化学オキシダント（その大部分がオゾンである）の濃度は、1980年代後半から全国の測定局で上昇し、その年平均濃度は1985～2007年度の間、約0.25ppbv/年（1%/年）の割合で増えている。さらに、光化学オキシダント注意報を発令した都道府県は徐々に増加し、2007年には28都道府県に達して観測史上最大となり、汚染地域が拡大している。2007年5月8日から9日にかけて、九州をはじめ西日本の広い範囲で光化学オキシダント注意報が発令され、大きな社会問題になったことは記憶に新しく、同様な現象は2008年、2009年にも発生した。また、離島や山岳のような清浄地域でもオゾンが増加していることが報告されている。

対流圏オゾンは、工場や自動車などから排出された窒素酸化物や揮発性有機化合物が大気中で光化学反応を起こすことによって生成される。しかし、日本では発生源規制等によって、これらのオゾンの原因物質は年々減少している。なぜ原因物質が減少しているのにオゾンが増加しているのか。なぜ発生源が近くにない地域でもオゾンが上昇し、汚染が広がっているのか。これらの原因の1つとして、アジア大陸からの越境汚染の影響が考えられる。経済成長が著しいアジア地域では、火力発電所、工場、自動車等による化石燃料燃焼などによって発生する大気汚染物質が急増している。これに伴って、オゾンやその原因物質が大陸風下の日本に運ばれて、日本のオゾン濃度が広域的に上昇していると考えられる。そこで、我々の研究グループは、アジア地域の大気汚染物質排出インベントリを作成し、観測データも活用して、東アジア地域における広域・越境大気汚染のシミュレーション研究を進めている。本発表ではこれらの研究結果について紹介する。

S07-3

屋久島における広域大気汚染の影響

永淵修（滋賀県大）

演者は、1990年代以降、九州の山岳部で長距離輸送される大気汚染物質の調査を

行い、屋久島では、1990年代半ばから越境大気汚染物質による陸水および森林への影響を研究してきた。その結果、屋久島においては降下物の主成分は硫黄化合物であり、陸水の酸性化が母岩や土壌の化学風化により押さえられ、それに利用されるプロトンが土壌中のCO₂からだけではなく、水中の硫酸のプロトンを加えることにより理論値と同等になることを明らかにした。一方、森林に対しては、硫酸エアロゾルが針葉に影響を与えていることを明らかにした。ここでは、2000年代半ば以降大きな社会問題になっている大陸起源のO₃について、屋久島の森林地帯における高濃度オゾンとの関連を報告する。パッシブサンプラーを中心とした10年以上の測定の結果から、屋久島のO₃濃度は冬季から春季にかけて100ppbを超えるような高濃度を示し、日変動も一般都市大気のような規則性のあるものではないことが明らかになった。この原因を明らかにするために屋久島の北部に位置する一湊中学の屋上にオゾン計を設置し、O₃濃度の日変動、季節変動を測定し、屋久島の高濃度オゾンの原因を2009年の2月から12月までの10分間隔のデータ（7・8月欠測）を用いて検証した。O₃濃度は季節的には冬・春が高く、夏に低かった。特に小笠原気団の影響下にある場合は低濃度で推移した。一方、冬・春では、大陸からの気団が入ると50ppb以上の濃度なる確率が高かった。日変動については様々に複雑な変動を示した。これらについて詳細に流跡線解析を行った結果、大陸からの気団が入れば高濃度になり、他の方面からの気団では低濃度になることが多いことが示された。屋久島における卓越風は西風であり、年間を通して大陸からの気団に晒されているため、屋久島の高濃度O₃の起源は大陸起源である可能性が非常に高いことが示された。

S07-2

オゾンによる樹木の光合成影響

北尾光俊（森林総合研究所）

オゾン濃度の上昇は植物の光合成に悪影響を及ぼし、成長を低下させる。近年、大陸からの長距離越境汚染によるオゾン濃度の上昇が報告されており、我が国の森林生態系への影響が懸念されているところである。オゾンの樹木への影響は苗木を中心として研究されてきた。苗木のような小さな個体を対象にした場合はそれぞれの葉が受ける光の量に大きな差はないが、大きな樹や森林を対象にするときには樹冠内の光勾配を考慮してオゾン影響を評価する必要がある。本発表ではヨーロッパナ成木を対象としたオゾン暴露実験についてドイツのミュンヘン工科大学と行った共同研究の結果を紹介する。ミュンヘン工科大学では、2000～2006年の7年間に渡り、樹齢60年、樹高約30メートルのヨーロッパナ林にタワーを建て、成木全体へのオゾン暴露実験を行ってきた。ドイツの研究グループはオゾンの影響を調べる時に、樹冠の上部にある葉（陽葉）と下部にある葉（陰葉）の2つのカテゴリーに分けて光合成速度の比較を行っていたが、オゾンが陽葉、陰葉の光合成にマイナスの影響を与える年があれば、影響を与えないばかりか逆にプラスの影響を与えている年もあり、オゾン影響について統一的な見解は得られていなかった。対象となるヨーロッパナは、そのほとんどの葉が樹高にして3メートルの範囲に密集して存在しており、少しの位置の違いにより葉の受光量が大きく異なっていた。そのため、樹冠上部と下部という大きな分け方では、測定した個々の葉の受光量は一定でなく、生育する光環境の違いによる光合成能力のパラッキのためオゾンによる影響が不明瞭になっているものと考えられた。そこで、ヨーロッパナ成木の個々の葉が実際に受ける受光量を考慮に入れて、オゾン影響の再評価を行った結果、生育する光環境にかかわらず、オゾン暴露により気孔が閉鎖し、光合成速度が低下することが明らかとなった。

S07-4

立山における広域大気汚染とローカルな大気汚染の影響評価

* 渡辺幸一（富山県大）、朴木英治（富山市科学博物館）

演者らは、北陸山岳域の大気環境を評価するため、立山の西側斜面において、微量気体成分濃度の測定、エアロゾル粒子の観測や霧水・降水中の化学成分濃度の測定を行ってきた。

立山における霧水中の化学成分の特徴として、標高の低い美女平（標高977m）より、弥陀ヶ原（標高1930m）や室堂平（標高2450m）で、pHが4以下の強い酸性の霧がよく発生していることがわかってきた。また、関東地方など大都市近郊の山岳域で発生する酸性霧中には硝酸イオンが高濃度に含まれていることが多いが、室堂平で観測される強い酸性霧では硫酸イオン濃度が高いのが特徴的である。これらのことから、室堂平の霧水を酸性化させる主な原因が、近隣の汚染源からではなく、中長距離輸送されてくる汚染物質である可能性が高いものと考えられる。また、酸性霧の発生状況や化学成分比は、年度による気象条件の違いにより、大きく異なることもわかってきた。場合によっては、夏期や秋期においても上空に存在する「バックグラウンド黄砂」の影響を非常に強く受け、酸性霧がほとんど発生しない年度もあった。さらに、立山で観測される酸性霧中には、植生に非常に有害な過酸化水素も高濃度（> 100 μM）に含まれていることも多く、強い酸性物質との複合効果による植生への影響も懸念される。

美女平（標高977m）におけるオゾン濃度は、夏期には、午後には極大となる日変化が観測されたが、11月になると夜間に濃度が高くなった。夏期には、下層の汚染大気中で活発にオゾンが光化学生成されながら輸送されてくるために日中に濃度が高くなる。秋期には、高濃度の二酸化硫黄や硫酸エアロゾルとともにオゾンが高くなる現象もしばしば観測され、越境汚染の影響が大きくなる懸念される。一方、窒素酸化物や超微小粒子についてはアルペンルート通行車両の影響も受けていることがわかった。

S07-5

S07-5

日本の森林樹種に対するオゾンと窒素負荷の複合影響に関する実験的研究

山口真弘 (東京農工大)

近年、対流圏オゾンの濃度が上昇している。一方で、大気から地表面への窒素沈着量は増加傾向にある。したがって、我が国の森林を構成する樹木は、オゾンと土壌への窒素負荷の複合影響を受けていると考えられる。そこで演者は、日本の代表的な樹種であるブナ、コナラ、スダジイ、カラマツ、アカマツおよびスギに対するオゾンと土壌窒素負荷の複合影響を、オープントップチャンバーを用いた実験的研究によって評価した。その結果、コナラ、スダジイ、アカマツおよびスギのオゾンによる成長低下の程度は土壌窒素負荷によって変化しなかった。一方、オゾンによるカラマツの成長低下の程度は土壌窒素負荷量の増加に伴って緩和されたのに対し、オゾンによるブナの成長低下の程度は土壌窒素負荷量の増加に伴って著しくなった。以上の結果から、日本の森林樹種に対するオゾンと窒素負荷の複合影響には樹種間差異があり、ブナやカラマツに対するオゾンのリスク評価を行う際には、土壌への窒素負荷も考慮に入れる必要があることが示された。

オゾンによるブナの成長低下の程度が土壌窒素負荷量の増加に伴って著しくなった原因を明らかにするために、ブナの葉の生理機能に対する両処理の複合影響を調べた。その結果、土壌窒素負荷量が多いと、純光合成速度やRubiscoなどの可溶性タンパク質の濃度がオゾンによって顕著に低下することが明らかになった。土壌窒素負荷量に関わらず葉の全窒素濃度にオゾンの影響は認められなかったが、土壌窒素負荷量が多いと、光合成窒素利用効率や可溶性タンパク質への窒素分配がオゾンによって低下した。これらのことから、土壌への窒素負荷量が多いと、ブナの葉において光合成や可溶性タンパク質への窒素利用がオゾンによって抑制され、光合成や成長の低下程度が著しくなったと考えられた。

S07-7

大気-現場-実験を結びつけることの重要性

久米篤 (九大・農)

広域大気汚染が陸上生態系に及ぼす影響は、様々な研究においてその重要性が認識され始めている。代表的な汚染物質であるO₃の植物影響は多くの実験によって示されており、大気CO₂濃度上昇や地球温暖化の影響評価においても考慮されている。化石燃料の燃焼によって生じる酸性エアロゾルも遠距離輸送され植物表面で高濃度に濃縮されて様々な影響を与えており、野外的水文学的過程に及ぼす影響も降水や渓流水の水質変化などの形で検出されている。一方、これらの汚染物質が野外的植物群集に与える影響を評価することは容易ではない。これらの汚染物質は、多くの日本の生態学者が慣れ親しんできた光や温度、CO₂濃度のように自身で測定することが難しく、大気・環境化学者の協力が必要である。さらに、現地で実際に植物に負される量は微地形の影響を強く受け、植物表面では化学的・生理学的反応が活発に進行しているため、現場における環境化学的過程の評価が非常に重要である。その一方で、大気・環境化学者にとっては、大気中の化学物質の濃度や動態を測定・評価することができたとしても、それがどのように生態系の植物に影響を及ぼすのかを評価することは別世界の仕事に近い。植物生理学者は、化学物質が植物に与える影響やその機構を調節された環境で実験的に解析することは得意であるが、その結果から長寿命で複数種が混在する野外的植物群落に対する影響を予測するまでにはかなりの距離がある。そもそも、ここ数百年で1.5倍近く上昇した大気CO₂濃度が野外的植物群集へ及ぼしてきた影響を簡単に示すことすら難しいという現状がある。これらの課題を解決するためには、地球上にはもはや人為的な大気汚染影響を受けていない場所は存在しないことを生態学者が自覚し、大気環境影響を考慮した植物動態の解析手法を開発していくことが重要である。

S07-6

日本の森林樹種に対するオゾン・窒素負荷のリスク評価

渡辺誠 (北大・農)

現在、日本には光化学オキシダント(その大部分はオゾン)のモニタリングサイトが1200箇所近く存在する。またモデルシミュレーションによるオゾン濃度の推定精度も大きく向上しており、国内におけるオゾン濃度の分布は、かなりのレベルまで把握されてきている。一方で、日本の森林樹種に対するオゾンの単独影響に関しては、苗木を用いた実験から得られたデータが主ではあるが、ある程度の知見が得られている。しかし、これらの結果を統合した、特に全国規模のオゾンリスク評価については、ほとんど情報が無いのが現状である。単純には「オゾン暴露量(濃度×時間)が高い方がオゾンリスクは高い」と考えられる。しかし、樹木のオゾンに対する感受性は樹種によって大きく異なり、各樹種の分布地域も様々である。さらに、樹種によっては窒素負荷によってオゾン感受性が変化することも報告されている。したがって「高オゾン地域」=「高リスク地域」とした単純なオゾンリスク評価には過大あるいは過小評価の可能性がある。そこで我々は、ブナ、コナラ、スダジイ、カラマツ、アカマツおよびスギを対象樹種として、実験的研究から求められたオゾン感受性の樹種間差異と窒素負荷に伴うそれらの変化、各樹種の分布、そして全国の光化学オキシダントや酸性降水物のモニタリング結果を、地理情報システム(GIS)によって統合し、日本の森林樹種に対するオゾンのリスク評価を行った。その結果、オゾンの暴露量が高い地域とオゾンのリスクが高い地域は必ずしも一致しないことが示された。その原因として、オゾン感受性の樹種間差異と、特にブナにおいて見られた窒素沈着量の違いに伴うオゾン感受性変化が挙げられた。本講演では、このリスク評価を紹介するとともに、現時点での問題点を提示し、今後のオゾンリスク評価の展開について議論したい。

S08-1

Primate responses to mast fruiting in Danum Valley, Borneo

HANYA, Goro (Kyoto Univ)

I study the numerical and functional response by diurnal primates in Danum Valley, East Sabah, Borneo to a mast fruiting event. During the two year study period from January 2007 to December 2008, one mast fruiting occurred in June-October 2007. During the mast fruiting period, orangutans were detected twice as frequently as during the other period, in two places in Danum Valley, which are ca 15 km apart each other. On the other hand, detection frequency of other primates was stable throughout the two year period. Out of the mast fruiting period, red leaf monkeys were mostly young leaf eaters, in particular young leaves of a liana (*Spatholobus macropterus*, Fabaceae), but increased seed eating during the mast fruiting. Functional response is common among primates; they switch from fallback foods, such as young leaves, to fruit and/or seeds. Considerable numerical response is observed only for orangutans: they seem to migrate to fruit-rich area over several tens of kilometers. Solitariness and fat deposition of orangutans may relate to this peculiar response. Other species live in group and have stable home ranges, but solitary-living orangutans can shift their home ranges more easily than others. Orangutans are known to deposit fat, and this ability may enable them to consume large amount of fruits available during the mast fruiting events.

S08-2

Seasonal dynamics of terrestrial mammals in Deramakot and Tangkulap Forest Reserves, Borneo

SAMEJIMA, Hiromitsu (Kyoto Univ)

During a general fruiting season in the mixed dipterocarp forests of Southeast Asia, some frugivore species show a conspicuous immigration and population eruption despite its aseasonal climate. However, the mechanism of the migration and population eruption was not yet known. Therefore, we monitored the populations of middle to large ground dwelling vertebrates at a large spatial scale in Deramakot and Tangkulap FR in Sabah, Malaysia. We set 87 automatic remote cameras in the 827km² area.

General fruiting occurred at the beginning of a preliminary survey (Sep-Nov, 2007), but did not occur during the main study period (May 2008-Dec 2009). Of the 38 species of mammals and bird monitored, only Bearded pig showed an obvious population fluctuation following the general fruiting. The trapping ratio during general fruiting season increased by 10 times than during a normal season. During a normal season, no area showed a significantly high trapping ratio of Bearded pig. Because previous studies and hunting records suggested that population eruption was only obvious when general fruiting occurred twice in the same year or consecutive two years, the population eruption may be caused by the repression of death ratio of newborn infants during the general fruiting.

S08-4

Community structure and seed utilization pattern of insect seed predators on dipterocarps in Pasoh, Peninsular Malaysia

HOSAKA, Tetsuro (Kyoto Univ)

Pre-dispersal seed predatory insects on dipterocarps need seeds to reproduce and increase their population size. Thus, they are animals being most affected by unstable seed production of dipterocarps. How insect predators response to mast fruiting and affect reproduction of dipterocarps?

By intensive sampling throughout seed development, 3799 individuals of seed predatory insects were collected from 26910 fruits of 11 *Shorea* spp. in two mast fruiting events in Peninsular Malaysia. Insect species composition were similar in most of the *Shorea* species, while it was different from that of *Dipterocarpus* spp.

While *Shorea* spp. came into flower sequentially for ca. 3 months in each flowering event, emerging adults are unlikely to utilize the seeds in the same event. This implies that population build-up is unlikely to occur within an event.

Comparing between two flowering events occurring after 65 and 7 months from the preceding events, the population size of seed predators was larger in the latter event than the former event. Consequently, the trees fruiting in the latter event suffered higher seed predation.

These results suggest that synchronous mast fruiting by *Shorea* spp. with long intervals is effective to satiate insect predators and reduce their pre-dispersal seed predation rates, supporting 'seed predator satiation'.

S08-3

Responses of flower-visiting chrysomelids to general flowering periods in Bornean dipterocarp rainforests

KISHIMOTO, Keiko (RIHN)

In the Southeast Asian rainforests, general flowering (GF), a community-wide synchronous flowering, occurs at irregular and supra-annual intervals. During GF periods, most Dipterocarpaceae and many other trees flower profusely, while flowering plants are scant between GF periods. During flowerless periods, anthophilous animals that depend on floral resources for food may suffer food shortages and subsequently decrease in abundance. At Lambir Hills National Park, chrysomelid adults were observed to feed on dipterocarp flowers (petals) during GF periods in 1996. However, the means by which they respond to GF and survive flowerless periods remain unknown. My co-worker and I determined the abundances of flower-visiting chrysomelids during GF and non-GF periods by examining light-trap samples and the feeding preferences of chrysomelids between GF periods. We found that the number of chrysomelid species and their abundance are maintained between GF periods; these species maintain their abundance by feeding on the young leaves of dipterocarps and on the young leaves and flowers of non-dipterocarps. In the presentation, I aim to reveal these findings and to introduce the diverse patterns of insect responses to GF periods.

S08-5

General flowering and figs (title tentative)

HARRISON, Rhett D (Xishuangbanna Tropical Botanical Garden)

Title has changed as 'Consequences of soil and climatic variability for fig phenology'. Figs are often regarded as keystone plants for their role in maintaining frugivore populations. This results from their year-round flowering and fruiting behaviour, which means fig fruits are often available when other fruit resources are scarce. This behaviour is a direct consequence of their dependence for pollination on highly specific, but short-lived (1-3 days), wasps that breed inside the inflorescence. Continuous flowering at the population-level is a necessary condition for the mutualism to persist, as any substantial break in the supply of breeding sites for the pollinations would lead to their extinction. However, in most tropical forest with relatively strong seasonality figs do show some degree of seasonality in their flowering and fruiting phenology. In Borneo extreme droughts have been shown to cause local extinction of pollinators among dioecious figs, but had less impact on the large monoecious species, associated with large fruit crops. However, how figs respond to the less severe droughts that are thought to trigger masting events is not well understood. In this paper I compare *Ficus* phenology among species and sites to investigate the climatic and edaphic factors affecting fig fruit production.

S09-1

S09-1

南西諸島におけるサンゴ群集構造の地理的変異

酒井一彦（琉球大・熱生研）

サンゴ群集は、高水温やオニヒトデの大量発生などが原因となり、世界的に衰退傾向にある。また今後地球温暖化が進行すれば、サンゴ礁生物の分布が高緯度域へシフトする可能性も指摘されている。南西諸島では亜熱帯から温帯にかけてサンゴ礁が発達し、緯度傾斜に沿ったサンゴ群集の変異の現状と、今後の温暖化と海洋酸性化の影響が緯度傾斜に沿ってどのように起こるかを追跡するのに適したフィールドである。このような観点から2008年夏季に、大隅諸島、奄美諸島、沖縄諸島、宮古諸島および八重山諸島で、各諸島域でサンゴ群集調査やダイビング業などに従事し、趣旨に賛同する人々と調査チームを組織し、サンゴ群集の現地潜水調査を、共通の調査方法で実施した（WWF ジャパンと日本サンゴ礁学会保全委員会の共同事業）。

サンゴの平均種数は諸島域間で有意に異なり、緯度が高いほど少ない傾向が見られ、八重山で最も多く、宮古、沖縄および奄美で中間、大隅で最も少なかった。サンゴ被度も諸島域間で有意に異なり、緯度が高いほど少ない傾向にあったが、沖縄で最も低かった。サンゴ科レベルでの相対値では、低緯度でミドリイシ科の被度が高く、高緯度でキクメイシ科が高かったが、沖縄ではミドリイシ科の相対被度が隣接する諸島域よりも有意に低かった。ミドリイシ科の相対被度が低かったことは、沖縄では本来ミドリイシ科が優占すべきサンゴ群集が、回復していないことを意味すると思われる。これは沖縄では人口密度が高く、陸域の人間活動の影響が、サンゴ群集に負の影響を及ぼしている可能性を示唆する。今後沖縄と他の諸島域でのサンゴ群集動態を比較することで、地球および地域規模での環境変化の相互作用をフィールドで検証できる可能性がある。また緯度傾斜をより深く理解するためには、集団遺伝学や分類学との連携が不可欠であろう。

S09-3

九州から本州にかけてのサンゴ群集の緯度変異とサンゴ分布北上の可能性

杉原薫（福岡大）、* 山野博哉（国立環境研）

日本は造礁サンゴ（以下、サンゴ）分布の北限域にあたり、沖縄から本州にかけて緯度の増加にともなって種数や群集構造の変化が観察される。分布北限域にあたる九州から本州に棲息するサンゴは、地球温暖化による水温上昇に対して敏感に応答すると考えられる。我々は、第一に、九州から本州にかけての緯度勾配に沿った海域でサンゴ分布調査を行い、サンゴ分布と種構成の緯度変異を明らかにした。その上で、南方に特徴的な種を用いてサンゴ分布の北上の可能性を検討した。過去の報告書のサンゴ出現記録をレビューし、現在のサンゴ分布と比較したところ、長崎県五島列島、千葉県館山でサンゴ分布の北上が示唆された。既存の報告（熊本県天草〔野島・岡本, 2008〕、和歌山県串本〔野村ほか, 2006〕）とあわせ、日本周辺の海域でサンゴ分布の北上が起こっている可能性が示された。

S09-2

造礁サンゴにおける環境応答解析と群集の緯度変異

中村崇（九州大・理）

近年、温暖化に伴う造礁サンゴ（以下サンゴと記す）の分布域変化が示唆されている。日本のサンゴ群集は、世界的に見ても比較的高緯度域に存在している。そのため、生息するサンゴ種数は、亜熱帯から温帯域へ北上するに従って減少傾向を示す。例えば、熱帯から亜熱帯の浅海に優占的に見られるココビミドリイシ *Acropora digitifera* の分布域は、九州本土以南となっている。各海域における水温の違いが分布の制限要因として考えられており、日本沿岸域での水温上昇に伴って分布域が変化することが予想されている。しかし、温暖化影響の考察に有用な、生息環境の閾値等に関する、生理学的基礎情報はいまだ十分とはいえない。そこで、温度や日照に特徴付けられる環境の変動に対して、サンゴ群体の成長・共生藻の光合成が示す動的応答の変化を明らかにすることで、生息環境閾値の見積もりを試みた例を紹介しつつ、今後、サンゴ種間・群集間における環境応答比較と群集動態調査により、将来のサンゴ群集への温暖化インパクト予測に重要な基礎的知見を提供できる可能性について論ずる。

S09-4

日本南西部におけるタイドプール魚類群集の構造パターンと地理的変異

新垣誠司（琉球大・理）

岩礁性タイドプールに出現する魚類を対象に、南北約1200kmにわたる群集パターンの地理的変異を明らかにし、その背景について考察する。

琉球列島を中心に日本南西部28地点で、夏期に調査を実施した。各調査地で20-40個のタイドプール（ $< 1\text{m}^2$ ）を選択し、目視観察または全魚類の採集をおこない、出現種と個体数を記録した。

解析の結果、1）南ほど高多様性の場所があること（種多様性の緯度勾配、特に東海岸で顕著）、2）種数-面積関係や種の相対優占度は出現種数が同程度の地点間で類似していること（群集構造の共通性）、3）群集類似度と物理距離は反比例関係にあるが、距離の効果よりも南北グループ間の種の置換を反映していること（種子島・屋久島付近で主要種が置換）、4）南北の群集グループはそれぞれ東西のグループに細分できること、がわかった。

こうした地理的パターンをもたらず背景として、温度や地質などの環境条件および歴史があげられる。今回見られた南北の相違は、琉球列島における温帯種の欠如が寄与しており、温度以外に南北に流れる黒潮が温帯種の南方への分散を制限している可能性が示唆された。さらに、近縁種間で個体数の優占度が南北で逆転する場合があります。環境への適応と種間相互作用の変化も推察された。また、種多様性の緯度勾配および群集組成に東西で違いが見られた点は、海流のほか波あたりや風の影響の違いを反映していると考えられる。

生物群集レベルの地理的変異のメカニズム解明および環境変化に対する応答の予測には、各種の生息に適した環境条件とその変化への適応（基本ニッチ）を生理学的に明らかにし、集団遺伝学的手法で地域個体群間の交流・連結度（分散の程度と可能性）を求め、群集生態学の実験・解析手法を用いて種間相互作用（定着の可否）を検討する必要があると考える。

S09-5

南西諸島におけるミドリイシ属サンゴの遺伝子流動

中島祐一（琉球大・熱生研）

南西諸島では1998年に造礁サンゴの多くが海水温上昇による大規模白化を受け、現在もサンゴが壊滅的な状況にあり回復が進んでいない海域が存在する。サンゴにおける個体群の維持・回復機構を考える上で、分散の程度を推定するために集団遺伝学によって個体群間の遺伝的なつながりの程度を把握することが重要である。さらに、緯度と遺伝的多様性との相関の有無を知ることは、個体群が遺伝的に衰弱しているかを推定する上でも有益である。もし高緯度になるにつれ生息する個体群の遺伝的多様性が低くなる場合、温度や日射量のようにサンゴを取り巻く環境が分布の限定要因となることでサンゴの分散が制限されることを意味する。本研究では、高感度DNAマーカーであるマイクロサテライトマーカーを用いて日本の南西諸島の7地域19地点、およそ1000kmという広範囲の海域において、南西諸島の温帯域を生息域北限とする放卵放精型サンゴのコユビミドリイシの集団遺伝学的な解析を行った。その結果、コユビミドリイシの遺伝的分化係数 F_{ST} はどの地域間でも0.035以下であり、遺伝的分化の程度は低かった。このことは、生息域北限海域を含む各地域間でコユビミドリイシの遺伝的なつながりが強いことを意味する。また、地理的距離と遺伝的分化の程度が相関することはなく、距離による分布制限が存在することも無いと考えられた。加えて、南西諸島においてコユビミドリイシは遺伝的多様性を減少させることなく生息域北限海域に分布していることがわかった。以上のことから、今後南西諸島において再び大規模白化が起きてコユビミドリイシが局所的に死滅することがあっても、他地域に同種の個体群が生存していれば、幼生の新規加入により回復可能であると推測される。さらにコユビミドリイシは、生息域北限海域まで遺伝的多様性を保持したまま、遺伝的に衰弱することなく分布が可能であると推測される。

S09-7

遺伝子解析から見た沖縄から本州沿岸の黒潮流域におけるイシサンゴ類の地域特異性

* 深見裕伸（京都大・フィールド研）、鈴木豪（西海区水研・石垣）

種子島以北の九州・四国・本州の温帯域と呼ばれる黒潮流域沿岸には、サンゴ礁地形はできないものの実は多くの造礁性イシサンゴ類が生息している。実際、高知県や和歌山県南部では100種以上（沖縄の1/3程度）の造礁性イシサンゴ類が報告されている。ただ、これまで、これら温帯域に見られる造礁性イシサンゴ類のほとんどは黒潮に乗って沖縄方面から移入してきた幼生が生育したものと考えられていた。また、沖縄と温帯域の間で同一種内の形態変異が認識されてはいたものの、その違いは温帯域の低水温の影響によるところが大きいと考えられていた。このように温帯域の造礁性イシサンゴは、基本的に沖縄と同じであるという考えがあるため、その注目度は研究分野に限らず非常に低く、その知見は少ない。

しかしながら、温帯域と沖縄の両地域から採集した造礁性イシサンゴ類の遺伝子解析を行ったところ、複数の分類群では、温帯域の集団で特異的な変異を有しており、沖縄の集団とは遺伝的に大きく離れていることが明らかとなった。このことは、温帯域が、実は沖縄方面から隔離されており、しかも温帯に特化した種が多いということを示唆した。このように温帯域は、貴重なイシサンゴ類の宝庫である可能性が高い。その一方で沖縄の集団からの遺伝子移入が起こっていると考えられる分類群も温帯域でみられた。今後水温上昇が進行すれば、ますます温帯域に沖縄方面からのサンゴが移入し温帯域の集団と混ざってしまう可能性が考えられる。そうなる前に早急に温帯域のイシサンゴ類の詳細な調査・研究を行い、この貴重な温帯域のイシサンゴ類の全貌を解明する必要があるだろう。

S09-6

ゲノム情報を利用して造礁サンゴの地理的変異を探る

井口亮（琉球大・熱生研）

近年、次世代シーケンサーの出現など塩基配列取得技術の発展に伴い、マウスやショウジョウバエなどのモデル生物に限らず、非モデル生物でも全ゲノム配列の取得が比較的容易となっている。サンゴが属する刺胞動物門は、動物界の中でも進化の基底に位置し、動物進化の解明を目的とした比較ゲノム解析の対象として早くから注目されてきた。そして現在イソギンチャクとヒドラでは大規模なESTデータベース及び全ゲノム配列が利用可能であり、またサンゴにおいてもESTデータベースの構築が既に行なわれており、近年では全ゲノム配列の取得も試みられつつある。現在こうしたゲノム情報は、マイクロアレイなどによって、サンゴ群集衰退の要因の1つとされるサンゴ白化現象の分子基盤の解明などに活用されつつあるものの、野外集団の地理的変異を解明するためのアプローチへの応用に関してはまだ未開拓のままである。本発表においては、サンゴを含む刺胞動物におけるゲノム情報の概要について紹介し、これらの情報を、サンゴ集団の緯度傾斜に対応した地理的変異を探ることや、今後の環境変動に対するサンゴ集団の適応パターンの解明に、どのように活用できるのかについて述べたい。

S10-1

生物多様性民間参画ガイドラインの目指すもの

鈴木 渉（環境省・自然環境局自然環境計画課）

環境省では、企業などの民間事業者が生物多様性の保全と持続可能な利用に貢献する際の手引として、『生物多様性民間参画ガイドライン』を策定し、2009年8月に公表した。

1. 背景

生物多様性を保全し、自然の恵みを将来にわたって享受できる「自然共生社会」を構築するためには、国民、事業者、その他民間の団体、地方公共団体、国といった様々な主体が、生物多様性の保全と持続可能な利用に関する取組を進めていく必要がある。

特に、事業者はその活動を通じて国内外の生物多様性と関わり、また、製品やサービスを通じて消費者である一般市民と生物多様性との関わりに関与していることから、社会の一員として重要な役割を担っているといえる。

2. ガイドラインの概要

ガイドラインは、生物多様性に関する活動への事業者の参画を促すことを通じて、生物多様性の保全と持続可能な利用を促進することを目的としている。

ガイドラインは、多くの業種に共通する一般的な指針となっており、各事業者の環境管理システム等を生物多様性分野の活動について補強・支援するものと位置づけられている。

ガイドラインでは、事業者、国民、民間の団体、地方公共団体、国といった主体の中で、事業者を対象としている。中でも、初めて生物多様性に関する取組を行おうと考えている事業者の実務担当者に参加となるような情報を重点的に盛り込んでいる。なお、このガイドラインでは、「事業者」を大企業、中小企業、組合等各種法人事業者、個人事業者等も含んだ概念としている。

また、事業者以外に、事業者と連携する様々な主体（地方公共団体、研究者、NGO/NPO等）やその他の主体においても、事業者の活動に関する理解を深めるために本ガイドラインを活用することが期待される。

S10-2

S10-2

企業と生物多様性イニシアティブ (JBIB) の目指すものと課題

足立 直樹 (株式会社レスポンスアビリティ)

今年10月のCOP10開催を受け、数年前から企業の間でも生物多様性の保全に対する関心が急速に高まりつつある。しかしもちろん、COP10があるからではなく、そもそも企業活動が生物多様性に密接な関わりがあるからこそ、保全に取り組まなければならないのである。

その関係性とは、多くの企業活動が生物多様性に大きな負の影響を与えているということもあるが、実はそれ以前に、企業活動はいわゆる生態系サービス、生物資源の供給や生態系の各種機能、に依存していることが大きい。すなわち、生物多様性が劣化、消失することは、企業にとっても大きな不利益となるのである。

こうした背景を理解した企業は、自主的に生物多様性の保全への取り組みを開始している。そうした企業の集まりの一つが「企業と生物多様性イニシアティブ (JBIB)」である。2008年の4月のスタート時には14社の会員が、2010年1月には38社となっている。

主な活動内容としては、生物多様性の保全のために企業は何をすべきか、またそのためにどのような手段があるのかというようなことを共同で調べたり、適当な手段がない場合には自分たちで開発している。主な活動結果として、製品やサービスのライフサイクル全体にわたって生物多様性に対する依存と影響を可視化する手段である「関係性マップ」の開発などがある。

また、生物多様性の保全活動として、社会貢献的な活動だけを行う企業も多いが、JBIBでは本業との関係性を意識し、事業が与える影響を削減する活動を広げようと努力している。今後は、こうした活動の目標と進捗をいかに定量化し、日々のマネジメントに落とし込むかが課題となっている。

S10-4

生物多様性保全のために～カツオ資源の共同調査

杉本 信幸 (味の素株式会社・環境経営推進部)

味の素グループは2009年、創業100周年を迎え、次の100年に向けて、グループ全体で「おいしさ、そして、いのちへ。」というメッセージを掲げ、「いのちのために働く」取組みを進めている。味の素グループが貢献できる21世紀の人類の基本課題は「食資源の確保」、「健康希求の充足」、「地球環境保全」の3つであると考える。事業を通じてこれらの課題解決に貢献することを、味の素グループの存在意義としている。「地球環境保全」という大きなテーマの中でも、「生態系・生物多様性の保全」、「低炭素社会の実現」、「資源循環型社会の実現」への貢献は、喫緊の重要課題と認識している。特に、世界各地において、農・畜・水産資源を活用し、バイオテクノロジーを強みとし、地域に根ざして事業展開する味の素グループの事業活動は生態系サービスに依存していることから、すべてのいのちの営みのベースである「生態系・生物多様性の保全」は、最も基本的かつ重要な取組みと考えている。

取組みの一事例として、カツオ資源の共同調査について紹介する。カツオは、風味調味料「ほんだし」の原料などとして、味の素グループが日本の漁獲量の数%を利用している。持続可能な調達・利用ができるよう、主要原料である生物資源の資源量やそれを育む生態系について知る、見守ることは基本的なことであり、サプライチェーン上の下流に位置する資源利用事業者であっても、一次産業など関連事業者や研究者などと連携した積極的な関与が重要となっている。取組みの第一歩として、2009年度より、(独)水産総合研究センター遠洋水産研究所とともに、「太平洋沿岸カツオ標識放流共同調査」を開始し、2009年5月に奄美大島周辺海域で1,000尾の標識放流を実施した。

S10-3

生物多様性保全のために～企業の敷地を評価する

*伊藤 俊哉 (住友林業緑化株式会社・環境緑化事業部)、三輪 隆 (株式会社竹中工務店・技術研究所)

企業活動において、生物多様性に直接影響を与えるものに企業が使用・管理する土地の利用がある。土地をどのように使用するかで、企業の使用・管理している土地はもちろん、周辺の土地の生物多様性にも影響を与える可能性がある。

「企業と生物多様性イニシアティブ (JBIB)」では、企業活動が生物多様性に与える影響や関係性を把握する生物多様性関係性マップの作成に取り組んでおり、原材料調達と並んで工場や事務所などの土地利用が重要であるとの認識が深まっている。そして、企業にとっては数値化できないものを管理することは難しいことから、企業の土地利用の適性を生物多様性の観点から評価する手法が求められている。また、土地利用のどこをどのように改善すべきかが事業所の従業員に理解できるようなわかりやすい指標や、土地利用改善の成果を簡便に測定できるモニタリング手法の提案も求められている。

こうした背景から、JBIBでは簡便な土地利用の評価手法の開発に着手した。そして、事業所の緑地や透水性舗装の面積、樹種などを記入し、それを元に企業の土地利用を採点する土地利用状況調査票を作成した。その調査票によりJBIBの会員企業の主な事業所の土地利用の状況を評価した試験運用の結果を紹介する。

なお、都市や郊外など異なる立地環境の事業所を対象とすることなどから、上記の土地利用評価手法のみによって土地利用が生物多様性に与える影響を説明しきれるものではなく、当評価手法は生物調査と併せて運用していく必要がある。そこで、JBIBでは社員参加型の簡易な生物調査手法の開発にも着手しており、それらを含めた土地利用評価の課題と展望についても紹介する。

S11-1

外来哺乳類の防除戦略

池田透 (北海道大学地域システム科学)

2008年10月に沖縄で国際シンポジウム "Control Strategy of Invasive Alien Mammals 2008 (CSIAM 2008)" を開催した。このシンポジウムでは日本・NZ・UKの研究者が中心となり、10カ国の外来哺乳類管理の成功例・失敗例から得られた知見を検討することによって、侵略的外来哺乳類管理に向けた100の方法を整理した。

設定した10のセッションと、各セッションで推奨された今後日本で取り組むべき対応は以下のようにまとめられる。1)「法制度と管理方針」: 根絶や管理プロジェクトを進める際の各機関と関係者の法的な責任分担を明確にすること、2)「対策の優先順位及び影響評価」: リスクアセスメントの手法を発展させること、3)「リスク管理システムと予防原則」: 膨大な侵略的外来生物の輸入とその潜在的な利用という現状の改善、4)「調査研究及び順応的管理」: 事業の基礎となる科学研究の体系的実施、5)「普及・啓発」: 社会市場調査技術を利用して各地域で対象となる関係者に焦点をあわせて対応することの必要性、6)「管理戦略及び管理計画」: 資源配置・コスト・成果等を考慮した経営管理手法の導入、7)「管理手法 (ワナ、毒物及びフェンス等)」: 管理手法実用化のための経験の蓄積、8)「管理手法 (その他)」: 防除対策用のハンター及び狩猟犬等の組織化と訓練、9)「個体群モニタリング」: 長期モニタリングのための適切な指標選定と影響を受ける種の個体群モニタリングの実施、10)「間接効果と生態系アプローチ」: 意思決定者や行政担当者に生態系レベルで考えることの重要性を納得させるための具体的な間接効果の例を日本の事例で示すこと。

対策に関する知識や経験の集約及び効果的手法の開発は各国共通の課題となっており、今回構築された国際的研究者ネットワークを通じてさらなる対策の進展を図りたい。

S11-2

田辺市におけるアライグマの防除戦略

鈴木和男（ふるさと自然公園センター）

和歌山県田辺市では2002年夏より、農作物被害の急増をうけてアライグマの捕獲が開始された。箱罠の貸し出し、捕獲個体の受け入れは田辺市農業振興課とJ A紀南の各支所が窓口となり、対応している。アライグマ対策への理解と協力を求める活動として、講演会や報告書の発行、地元新聞への情報提供などを行ってきた。

捕獲されたアライグマは全頭回収され、記録されている。その数は、交通事故や狩猟を含めて2008年末までに869頭に達した。捕獲場所は、捕獲への参加・協力者の広がりに合わせて年々広がってきた。月別捕獲数は8月に20.0頭と高く、農作物被害の目立つ時期を反映している。捕獲個体の性別・年齢別構成は、0才47.9%（オス24.7%、メス19.4%）、1才以上の成獣52.1%（オス29.8%、メス22.3%）だった。県内のアライグマ遺伝子分析結果から、有田郡以北の県北部と日高郡以南の県中部・南部では、集団の遺伝子型が違っており、野生化の由来やその後の繁殖の経過が異なっていると考えられる。寄生虫検査から、アライグマ糞線虫（外来寄生虫）が検出されている。2007年春には、田辺市のタヌキにジステンパーが流行した。その後の抗体検査から、アライグマもジステンパーに感染していたことが判明し、その流行の拡大に関与していた可能性がある。

アライグマの増加と分布拡大は今後とも進むものと予想される。農作物被害や住宅への進入被害だけでなく、在来生物相への影響や寄生虫や感染症による公衆衛生上の被害も予想される。現状での目に見える被害対策としての捕獲だけでは、アライグマの封じ込めは難しい。早期の捕獲こそが、もっとも有効な対策であることは間違いなく、より一層多くの方々にアライグマ対策の必要性への理解を求め、そして、捕獲作業への参加・協力を募ることが重要だろう。

S11-4

和歌山県におけるタイワンザルの根絶計画

白井啓（野生動物保護管理事務所）

和歌山県北部において、1950年代、民営の観光施設からタイワンザルが逸走、野生化し、ニホンザルとの交雑、農作物被害などが問題視されている。1999年、和歌山県および和歌山タイワンザルワーキンググループが一斉調査を実施し、2群、合計約200頭が確認され、ザルの多くが交雑個体の特徴を持っていることがわかった。この結果に基づき和歌山県は特定鳥獣保護管理計画を策定し、2001年から全頭捕獲を目標にした捕獲事業を開始した。その後、外来生物法が制定され（2005年施行）、タイワンザルは特定外来生物に指定された。

これまで主に7基の大型オリで捕獲が実施され、平行して分布域、群れごとの行動域、個体数などがモニタリングされている。また電波発信器を装着したメス個体が繁殖に参加しないように不妊手術も実施されている。これまでの総除去数は、2009年12月現在356頭、現在の推定残存個体数は3群合計約20頭である。

残存個体は捕獲オリを忌避していることから、捕獲方法の改善が必要となっている。また群れが非常に小規模なため、残存個体数の把握が通常の方法では困難でありモニタリング手法を開発する必要もある。この10年間の捕獲事業は93%除去という成果があまり評価できる。しかし残りの7%除去を成し遂げるためには、捕獲およびモニタリングの継続、体制の再整備が求められる。以上、これらの課題を克服し根絶を実現させたい。

なお和歌山で最終段階をクリアし根絶を達成することができれば、千葉のアカゲザル、伊豆大島や大根島のタイワンザルなど他地域に野生化している外来マカク対策にその経験が応用できると期待される。

S11-3

ジャワマングースの根絶計画について

山田文雄（森林総研関西支所）・阿部慎太郎（環境省）

ジャワマングースは1910年に沖縄本島に導入され、1979年頃に奄美大島に導入された。一方、鹿児島市においても20～30年ほど前から定着していることが昨年（2009年）判明した。外来生物法（2005年施行）で特定外来生物に指定された本種の根絶計画は、2005年から沖縄島北部地域と奄美大島で開始された。計画目標として、在来種や生態系保護を目的に2014年までの10年間に生息地からの完全排除（根絶）を掲げている。奄美大島の例では、雇用従事者（マングースバスターズ）37名、探索犬3頭、捕殺トラップと生捕トラップ（希少種生息地で使用）で年間最大190万ワナ日が実施されている（2008年度実績）。1993年の有害捕獲開始からの総捕獲数は3万頭、またこの5年間（2005-2009年）では7,400頭に達した。近年、分布の北部で捕獲成果の見られない地域がでてくるなど、分布縮小させていると考える。今後は、低密度で生残する個体の除去のため、高い捕獲圧（200万ワナ日）を効果的に配分し、生息数の低減化、分布域の縮小、地域的根絶の実現を目標としている。このため、探索犬、毒餌やモニタリング技術開発、数理生態学的手法による根絶予測などの利用を進めている。この5年間で、防除戦略と集約的な捕獲作業が展開されてきたと評価できる。しかし、今後の目標達成を図るためには、一層の技術発展と綿密な作業が求められる。技術開発では、在来種の混獲を防ぐ方法、薬物の使用、発見感度の向上、発見後の捕獲方法や、捕獲とモニタリングの努力量配分の最適化などが必要である。ハブ対策として不用意に導入された本種であるが、この事例からも、外来種対策は根絶に多大の努力を要するため、導入阻止や早期対策の必要なことを示している。

S11-5

防除モデル事業にみるオオクチバス等外来魚の防除戦略

中井克樹（滋賀県琵琶湖博物館）

2005年6月に外来生物法が施行され、オオクチバス等が特定外来生物に指定された。それに合わせる形で定められた「オオクチバス等に係る防除の指針」に基づき、環境省は同年度から「オオクチバス等防除モデル事業」を全国6地域で開始した。実施地域は、指針において「防除の優先度の高い水域の考え方」に記された「生物多様性保全の視点から重要な地域」であることを根拠に選定され、日本最大の湖・琵琶湖（滋賀県）から灌漑用ため池までを含む陣容であった。防除モデル事業は2008年度に最初の期限を迎え、羽田沼（栃木県）と犬山市のため池群（愛知県）を除く4地域では、2009年度からも事業が継続されている。

モデル事業では、生息個体の捕獲と繁殖活動の抑止を主軸とした水域内でのオオクチバス等の生息抑制が主要課題として取り組まれている。各事業水域は環境条件も、オオクチバス等の生息状況も大きく異なることから、生息抑制のために採るべき方法も現場の状況に順応した形で検討されつつあるが、これまでの実施状況を概観するといくつか課題も見えてきている。

各地で実施されているモデル事業が、他の地域が倣うべき「モデル」としての評価を得る上で、現時点で決定的に不足しているのは、モデル事業間の情報交換等がほとんどなされていないことである。また、オオクチバス防除活動の先進地域である伊豆沼・内沼（宮城県）では、ブルーギルがほとんど生息していないが、残る5地域ではブルーギルが最優占であるため、この魚を対象とした生息抑制手法の開発も急務である。また、伊豆沼で開発されマニュアル化もされた「人工産卵床」が、他の3つの事業地域（片野鴨池（石川県）、琵琶湖、藪牟田池（鹿児島県））でも採用されたが、マニュアル通りでは期待した成果が得られにくい“制約”のあることが判明した。演者らは、この制約を打開し人工産卵床の適用範囲を拡げる手法の開発にも取り組んでいる。

S11-6

S11-6

深泥池における外来魚の管理

安部倉完 (京大理学研究科)・竹門康弘 (京都大学防災研究所)

2005年より外来生物法が施行され、在来生物群集の復元を目的とした外来生物除去が各地で行われるようになった。しかし、外来魚の個体群動態に基づいた抑制手法の確立は十分とはいえない。京都市深泥池(面積約9ha, 周囲約1km)は、北方系と南方系の多様な動植物が共存するため天然記念物に指定されているが、外来魚の侵入によってその生物群集は大きく変わってしまった。このため、深泥池では1998年からブルーギルとオオクチバスを対象とした外来魚対策事業を実施している。

我々は、これまでブルーギルの除去努力量と個体群抑制との関係について、密度効果を加味した個体群動態モデルを用いて、捕獲努力量を調節することにより、順応的な外来魚の個体群抑制の対策を継続してきた。その結果、1998年に9,545尾だったブルーギル個体数は、2007年490尾、2008年には143尾まで減少した。しかし、2009年は972尾に個体数が増加した。2008年は産卵床の破壊数は23個から56個に増加しており、そのため、破壊しそこなった産卵床が増え、新規加入を抑制できなかったと考えられる。これまで繁殖年齢は4歳魚以上であったが、2008年は、多くの3歳魚が繁殖に参加していたことが確認された。

本研究では、繁殖年齢の低下を考慮した個体数変動と絶滅確率を個体群動態モデルを使って検討した。シミュレーションの結果、繁殖年齢は4歳魚以上、2008年レベルの駆除努力を継続すると過程した場合、2012年の個体数予測値は100尾以下となり、2017年には50%以上、2037年には90%以上の確率で根絶が可能となると推定された。また、個体数が200尾以下になった時には3歳魚も繁殖に参加すると仮定した場合、2022年に300尾以下となり2036年には25%の確率で根絶が可能と予測された。

S12-1

趣旨説明—環境疾患予防学と生態学

川端 善一郎 (地球研)

ヒトや家畜や野生生物の感染症の拡大は人間を直接死に至らしめるだけでなく、経済的損失や生態系の崩壊を引き起こす可能性があり、人類が直面するきわめて深刻な地球環境問題である。感染症の拡大を未然に防ぐためには、発症の病理的メカニズムを解明するだけでなく、病原生物を生み出し、拡大させてしまう背景の理解が不可欠である。人間の環境変化が感染症の発生と拡大の原因になっている可能性がある。感染症の発生と拡大を「環境変化—感染症—人間のつながり」の視点から理解することは、甚大な被害が起これにくくする手だてを見いだすことにつながる。このつながりを明らかにするためには、強力な生態学の基礎研究が不可欠である。遺伝子から人間を含む生態系を対象とした人間と環境の相互作用環を解きほぐす研究が必要とされている。本シンポジウムでは、いくつかの感染症の例を取り上げ、病原生物を生み出し、感染症を拡大させる人間と環境の相互作用の事例を整理し、感染症のリスクを抑えた人間と病原生物のかかわりかたを見いだすために必要な研究課題を述べる。さらに「環境疾患予防学」とも言うべき学問の創設に生態学がどのように貢献できるか、またすべきかを議論する。

S11-7

小笠原諸島における送粉系攪乱と外来種対策

安部哲人 (森林総研九州支所) 総合討論に向けて

小笠原諸島における送粉系攪乱と外来種対策
安部哲人 (森林総研九州)

小笠原諸島で外来種によって引き起こされている問題のひとつに送粉系の攪乱がある。小笠原では外来種であるセイヨウミツバチが養蜂用に持ち込まれた父島・母島から兄島、弟島など父島周辺の属島でも確認され、その分布域を広げていることが明らかになっている。一方で父島・母島では固有のハナバチ類をはじめとする送粉昆虫相が衰退しており、送粉者が入れ替わっていることが分かっている。在来送粉者相の衰退要因は、これまでの研究により外来トカゲであるグリーンアノールによる捕食が主要因であることが明らかになってきた。また、この送粉系攪乱の影響で属島では小笠原の在来植物種への訪花頻度が高いのに対して、父島・母島ではセイヨウミツバチが在来植物よりも外来植物に高頻度で訪花している。セイヨウミツバチは在来植物にも訪花しているものの、一部の種では柱頭に全く花粉が運ばれておらず、送粉者として機能していなかった。こうした現象は新たな生育地に侵入した外来種の定着にとって障壁の一つとなるはずの送粉者不足がセイヨウミツバチにより解消されることとなり、外来種同士の相利共生系の作用によって生物学的侵入が促進されていると考えられる。その一方で、在来送粉者相が衰退した父島・母島では多くの在来植物もセイヨウミツバチに送粉を依存している。このことから、小笠原の送粉系攪乱対策としては、セイヨウミツバチよりもグリーンアノールの根絶を優先させるべきであり、セイヨウミツバチの根絶は在来の送粉者相が回復してから行うのが妥当であると考えられる。また、個体数が極端に少ない絶滅危惧植物では複数の要因が作用して個体群が衰退する「絶滅の渦」と呼ばれる状態にあり、送粉系攪乱もそうした要因のひとつになっていると考えられる。したがって、こうした絶滅危惧植物の保全対策も平行して行う必要がある。

S12-2

人間活動が誘引する感染症—新型インフルエンザ、BSE、抗生物質耐性菌を例に

梯 正之 (広島大・院・保健学研究科)

近年、さまざまな新しい感染症が出現し、人類にとって大きな脅威となっている。ここでは、これら新興感染症の背景や対策について検討する。

まず、医療の世界では、薬剤耐性菌の問題があげられる。抗生物質の安易な使用が薬剤耐性菌の出現をもたらした。耐性菌に感染した患者では死亡する例も出ている。しかし、抗生物質の使用を控えると耐性菌は消失してゆく。

食の世界では、食肉産業の問題がある。家畜が高密度で飼育され、いわば工場のような環境の中、きわめて「効率的」に食肉が「生産」される。子牛に、牛乳は与えず、肉骨粉のような代用となるタンパク質を与えて肥育することが、狂牛病の原因になったと考えられている。鳥や豚から新型インフルエンザが出現する背景にもこのような大規模で工業的な畜産システムの普及があるといえよう。一方、野生動物なら安全とも限らない。AIDSもSARSも野生動物を食用とすることとの関連が指摘されている。

どんな生き物も感染症・寄生者から無縁ではあり得ない。環境の変化が新しい種の進化を可能にする。そして、ホストとパラサイトの関係は、進化的な調整の下にある。簡単な理論モデルからもその本質がよく理解できる。このような観点から医学の問題を再検討することが、ダーウィン医学として近年注目を集めている。常在菌・腸内細菌など、微生物との関係は寄生や感染症に限らず、常在菌が有害菌の侵入を阻んでいるとの見方もある。このような、古いつきあいの感染症と生態学的に安定な平衡状態を保つことが予防につながるのだろうか？新しい技術の応用による環境の変化が生む「ニッチのすきま」を「目張り」し、慣れ親しんだ関係を土台にした人間と病原体の生態学的関係の再構築が必要である。

S12-3

鳥インフルエンザの発生拡大に関わる生態学的要因

長 雄一（北海道環境科学研究センター）

鳥インフルエンザの発生拡大の要因に野生鳥類の関与が挙げられているが、野生鳥類に関する各種情報が不足している。因果関係の解析及び対策の検討手法等を確立するためには、複合的・学際的な学問領域の適用が必要と考える。今回は、発表者が関わった環境省環境技術開発等推進費「野生鳥類の大量死の原因となり得る病原体に関するデータベースの構築」及び日本野生動物医学会感染症対策委員会保全医学専門家チームの諸活動における知識・経験をもち、以下のようなキーワードで様々な問題解決に至る糸口を提示していきたい。

○電子カルテ：野生動物の死亡・衰弱個体について、その発見日時・場所・要因・計測値・解剖所見等を、広域・長期において記録・蓄積・解析を行うことは、野生動物の生物学的特性把握及び感染症を考える上での基盤情報となる。

○空間疫学：ある疾病の発生状況を時空間的に解析し、感染ルート of 解明やそのリスク評価を行うのが、空間疫学の目的であるが、野生動物への適用には様々な独自技術の開発が必要である。前述の電子カルテがその有力ツールの一つとなる。

○保全医学：人間あるいは野生動物の健康を、健全な生態系の一要素という視点で捉える複合領域である。人獣共通感染症等の疾病発生の因果関係解明・対策立案が大きな目標であるが、それを扱う人材育成も目標の一つである。

○統合型 GIS（地理情報システム）：人間社会、生態系あるいは野生動物の個人情報等を統合化するためには既存の GIS の機能拡張が有効である。多方面にわたる情報の共通化・共有化に関しては、社会的な合意形成が必要であるが、GIS 等の情報技術を活用した可視化による情報開示が、その合意形成を促し、適切なりリスク評価につながるかと考える。

S12-5

都市文化に潜むレジオネラ感染症

那須正夫（大阪大・院・薬）・一條知昭（地球研）

人類は、生存のため、また安全・安心、快適な生活を送るために環境を改変し、文化、文明を築くことができた。例えば、感染症を予防するために水道を整備し、日本において水道の普及が急速に広まった 1960 年以降、赤痢患者数は急減している。しかしながら、微生物生態系を理解することなく環境を改変するとき、新たな感染症の発生が懸念される。感染症を予防するためには、環境の改変による微生物生態系の変化と感染症発生、そして社会との関連を総合的に理解することが重要である。私たちは、水環境の改変により引き起こされていると考えられる、レジオネラ症と非結核性抗酸菌症について研究を進めている。

レジオネラは自然環境中に広く存在するが、水を循環使用する環境においてしばしば急増し、アウトブレイクが発生している。日本においては、温泉や 24 時間風呂でのレジオネラ感染が問題となり、世界的にはホテルやクルーズ客船、スパなどでの感染も多く、旅行者感染症としても社会的に重要な課題である。

非結核性抗酸菌症は患者報告数が 1990 年代以降先進国を中心に増加し、水環境からの暴露が感染の要因と考えられているものの、いまだその感染経路は明らかとなっていない。

本発表では、分子微生物学的手法により細菌と水環境との関係を検討し、感染症発生との関係、さらにはその予防について考えていきたい。

S12-4

陸海連環環境が作りだすノロウイルスと人間の関係

真砂佳史・大村達夫（東北大・院・工）

ヒトノロウイルスはヒトに特異的に感染するウイルスであり、ヒトの体外では増殖できない。したがって、ノロウイルスが種を存続させるには、感染者から排出されたウイルスが何らかの手段で再びヒトに摂取される循環経路が成立している必要がある。都市域での重要なノロウイルス循環経路として、ノロウイルスで汚染された下水が水環境（河川や海洋）に放出され、それを直接あるいは間接的に曝露することで感染が拡大する経路が考えられている。

汚染された水と直接接触する経路には、ノロウイルスで汚染された水を浄水水源として利用することや、汚染された水域での水浴（海水浴等）が考えられる。しかし水道水中のノロウイルス遺伝子濃度は非常に低く、また塩素処理による不活化も期待できるため、感染を引き起こすのに十分なウイルス粒子を一度に摂取するのはほぼ不可能である。また水浴による曝露は、ノロウイルス感染症の報告数が冬に多く夏にはほとんどないことを考えるとその影響は無視できるであろう。汚染された水に間接的に曝露する経路としては、その水域で養殖された水産物を摂取することが考えられる。実際に、養殖された二枚貝からノロウイルスを含む様々な病原微生物が検出されている。さらに、ノロウイルス患者数が増える時期と生牡蠣の消費時期が重なっていることから牡蠣の生食がノロウイルス感染症拡大に関係していると指摘されているが、その寄与の大きさは明らかになっていない。こういった水環境を介したウイルス感染症拡大を防止するには、都市域で発生したノロウイルスが集積する下水処理場で効率的にウイルスを除去・不活化することが重要である。ノロウイルス除去・不活化のため様々な下水処理技術が開発されており、今後下水道の整備や高度処理の導入によりノロウイルス感染症の削減が期待できる。

S12-6

コイヘルペスウイルス感染症と人間の相互作用環

源利文・本庄三恵・内井喜美子・山中裕樹・鈴木新・神松幸弘（地球研）・米倉竜次（岐阜県河川研）・大森浩二（愛媛大・沿岸環境研究センター）・板山朋聡・田中伸幸（環境生態工学研究所）・浅野耕太・白江祐介（京都大・院・人間・環境）・奥田昇（京大・生態学研究センター）・川端善一郎（地球研）

総合地球環境学研究所の研究プロジェクト「病原生物と人間の相互作用環」では「人間が引き起こす環境改変が感染症の拡大を招く」という仮説に基づいて、「人間による環境改変-感染症の発生・拡大-人間生活の変化」の相互作用環を解明することを目的として研究を行っている。一般に感染症の研究は病理や治療法にスポットが当てられ、その基盤となる病原体や宿主の生態にはあまり注意が向けられてこなかった。そこで我々は病原体や宿主の生態を明らかにすることで上述の仮説を検証する取り組みを行っている。本講演ではプロジェクトの具体的な研究ターゲットの一つであるコイヘルペスウイルス（KHV）感染症について、我々の取り組みと最新の成果を紹介する。KHV 感染症は 2003 年に国内で初めて発生が確認され、2004 年には琵琶湖において 10 万匹のコイ（Cyprinus carpio）が犠牲となる大アウトブレイクを起こした。コイの大量死は経済的な影響とともに水域生態系全体への影響も懸念され、KHV やコイの生態学的研究はそれ自体が重要な研究課題でもある。これまでの研究の結果、湖岸環境改変による水温変動、環境水温に対するコイの行動特性、KHV 感染症発生の数理モデル、琵琶湖やその他の淡水域における KHV の季節動態、コイのサイズと抗体価から見た KHV 感染症の拡大要因、水温変化に対するコイのストレス応答、コイ大量死の社会的影響などが明らかになった。これらの結果を元に環境改変と KHV 感染症のつながりについて議論したい。

S13-1

S13-1

イントロダクション：MABと生物圏保存地域

松田裕之、酒井暁子（横浜国大・環境情報）

ユネスコは「人間と生物圏（MAB）」計画の柱として「生物圏保存地域（Biosphere Reserve; BR）」の指定を行っている。日本では1980年に屋久島、大台ヶ原、白山、志賀高原の4カ所が指定された。現在のBRは自然度の高い「核心地域」、「緩衝地帯」、人の利用も可能な「移行地域」といったゾーニングシステムを採用しているが、上記4カ所には移行地域が指定されていない。BRは世界遺産とは異なり、主目的は、自然の持続的利用を通じた文化的多様性の維持や地域社会であり、移行地域が重要な意味を持つ。

MABのコンセプトは日本の生物多様性国家戦略にある「第2の危機」に対処する上で極めて有効である。知床や屋久島など日本の世界遺産も、利用と保全の調和を図る取り組みが評価され、知床では上記のゾーニングが登録時の管理計画に明記され、むしろMABに相応しい地域である。また、核心地域でシカが過剰となり、知床では核心地域でのシカ捕獲を実施している。核心地域も、手つかずのまま遷移に委ねるとは限らない。知床世界遺産科学委員会でも、BRへの二重登録が議論されている。世界遺産指定後にBRに指定した前例にはガラパゴスがある。

日本では現在「MAB計画委員会」が中心となり、担当省庁である文部科学省や関連省庁、地域行政と協議しながら新規登録を目指している。登録地は、景観レベルでの良好な生態系を対象とすること、また科学的なモニタリングや基礎研究が必要となること、さらに現地での環境教育が重視されることから、登録地の選定から登録後の維持管理まで生態学者の幅広い関与が必要である。

本講演では、MABの理念を、屋久島と知床における持続的利用と保護の調和をはかる取り組みなどを例に議論する。

S13-3

Living harmoniously with man and nature systems in Shinan Dadohae Biosphere Reserve

洪善基（韓国・木浦大学・島嶼文化）

Area of Sinan Dadohae Biosphere Reserve (SDBR) is composed of very unique ecosystems and biological spectrum spatially networking with terrestrial, tidal flat and marine landscapes. According to the principles of UNESCO BR, SDBR will accomplish the statutory framework for conservation, development and logistic support in biosphere reserve. The core zone of SDBR includes three islands and four natural monuments, which designated as Dadohae Marine National Park. This area is composed of terrestrial ecosystem and marine ecosystem, and huge tidal-flat ecosystem is connecting two ecosystems. Core zone of SDBR show dynamic mosaic landscapes to which various biological species are spatially adapted in the habitats. Therefore, it is significantly meaningful that this area is important area for world biological conservation. Warm-temperate evergreen broad-leaved trees, conifers and rare plants designated as natural monuments are grown in the terrestrial area of the core zone. As well as geographical isolation of biological species, this area shows the climatic characteristics in warm and humid ocean. The temperate broad-leaved forest ecosystem and evergreen broad-leaved forest ecosystem are mixed in this area. As one of eco-region, the area is academically very significant, and it is important role for main axis of national island-coast ecological network in Korean Peninsula.

S13-2

南アルプスの自然と MAB 生物圏保存地域

増沢武弘（静岡大・理）

南アルプスと言われている地域とは、南北に100Km以上、東西が50Kmにおよぶ赤石山脈の高山一帯である。この地域を「生物圏保存地域」として考える時、その面積は日本で過去に指定されている地域と比べると、あまりにも広大である。そのため、この地域には生物圏保存地域として指定すべき、地形、地質、生物が数多く存在する。高度800mから3100mまでの移行地域、緩衝地域、核心地域には多様な「自然」が存在し、各々が人間社会との関係を持っている。行政区分では長野県、静岡県、山梨県に属し、管理者は国、県、市町村、個人と様々である。特に静岡県側はそのほとんどが私有地であり、人間社会との共生に関する重要な部分となっている。

本講演では南アルプスにおける「生物圏保存地域」として地質、地形の特異性、生物の多様性について述べる。また、広大な地域であるため、保存対象地域をいくつかの河川の流域としてとらえる試みを提案する。

S13-4

Development of the Man and the Biosphere (MAB) Programme in Asia - main achievements and lessons learnt

Qunli HAN (UNESCO Tehran)

MAB Programme has been a collective international effort, aiming at developing a basis for the rational use and conservation of the resources of the biosphere and for the improvement of the global relationship between humankind and the environment. In this global effort of four decades, Asia has its own contribution by means of studies, exchange and networking as well as input toward the Seville Strategy (1995) and Madrid Action Plan (2008), two UNESCO instruments for pursuing sustainable ecosystem management. MAB in Asia shifted focus after 1990 from the early research agenda of 1970-80s to Biosphere Reserves (BRs). Now some 100 sites in Asia, BRs constitute priority areas to link ecology and other concerned science disciplines to real management challenges within different socio-economic and cultural contexts, thus connecting global concerns on biodiversity loss and climate change impacts to actions at specific localities. Some lessons learnt are worth of noting for the future Asian MAB agenda: the long process to understand and recognize ecosystem values, complexity of zoning in practices, constraints/opportunities in trans-boundary cooperation, conservation values of degraded and rehabilitated ecosystems, roles of sacred natural sites, traditional knowledge and cultural diversity linkage with biodiversity.

S13-5

里山の新たな保全制度としての MAB 生物圏保存地域の可能性

大澤雅彦（日本自然保護協会）

ユネスコの MAB 計画は日本も当初から積極的にかかわり多くの貢献をしてきた。この国際研究計画はいくつかの大きな変革を経ながらも、その自然保護のための手段として考案された生物圏保存地域（生物圏保護区）は当初から一貫して発展し続けて現在では世界で 550 か所以上の保護区ネットワークを構成し地球規模での生物圏の保護に役立っている。そのゾーニングシステム（核心地域、緩衝地域、移行地域）はその後のさまざまな保護区デザインの基本的な考え方として引き継がれてきた。自然の保全と人々の生活の発展（福祉）を両立させるといった考え方は、保護区を作るためにその住民を排除するといった発想を真っ向から否定し、保護区は人々の生活の向上をもたらすものでなければならぬと宣言し、自然保護と同時に人々の生活の向上を目指すという視点は自然保護の基本原則となった。2001-2005 年に行われたミレニアム生態系評価ではその点がさらに強調され、人々の生活向上のために自然を保護し、それから受ける恩恵を最大にするという生態系サービスという概念を定着させた。もともと生物圏保存地域のゾーニングシステムは、厳正保護の核心地域、保護のための研究教育を目指す緩衝地域、保護区を支える人々の生活の場としての移行地域という配置を想定しているが、これは実は日本の里山での伝統的な土地利用のパターンを模したような空間構造になっている。

S13-7

コメント：MAB 計画と ESD（持続発展教育）

浅井孝司（文部科学省・国際課）

S13-6

コメント：屋久島における MAB 生物圏保存地域と世界自然遺産との関係

羽伊佐幸宏（環境省・自然環境局）

S14-1

新世代遺伝手法の歴史的背景と進化学・生態学へのインパクト

清水健太郎（チューリッヒ大）

次世代シーケンサーやマイクロアレイなどの遺伝学的手法により、ギガベースのオーダーの塩基配列、そしてゲノムワイドな多型が比較的容易に得られるようになってきている。医学的応用として、ヒト各個人のゲノムワイドな多型の検出を目標として、技術開発とコストダウンが進められている。一方、これらの技術は生態学・進化学に大きな可能性を提供する。例えば、これまで生態・進化学的な研究が蓄積してきた一方で、ゲノム情報が少なかつたいわゆる「非モデル生物」についても、ゲノム情報を用いて適応の分子基盤を探ることが可能になるだろう。また、微生物群集の同定やメタゲノム研究も次世代シーケンサーによって促進されている。こうした大量のゲノムデータが得られる時代になり、Freeman & Herron は教科書 'Evolutionary analysis' (4th ed. 2007) の中で、'New data, new questions' という節を設け、進化・生態学の研究アプローチとして仮説検証型研究のみならず、まずデータを得てから仮説を探するというアプローチもますます有意義になるだろうと論じている。

我々のグループでは、Roche 454 次世代シーケンサーを用いて、食虫植物の消化液の微生物群集の解析を行っている。低 pH で昆虫を消化する環境のため、植物の胃とも呼ばれる。旧来の培養・クローニングによるアプローチではごく一部のバクテリアしか同定できないというバイアスが大きかったが、リボソーム配列を PCR で増幅して直接次世代シーケンサーを利用することで、1000 を超える OTU からなる多様性の高い群集であることが分かった。また、非モデル生物のゲノムワイドな発現解析の可能性についても論じたい。

S14-2

S14-2

シロイヌナズナ近縁種の適応的「分化」：遺伝子発現アレイとゲノム多型アレイ

森長真一（東大・総合文化）

生物はそれぞれの環境に適応し、とてもうまく生きているようにみえる。しかしながら、適応の仕方は生物やその生物のもつ形質によって様々であり、可塑性によって表現型を分化させることもある。近年のゲノム科学の発展は、生物が実際に生育・生息している環境においてどのように適応しているかを、表現型と遺伝子の両側面から明らかにすることを可能にしてきた。特に、ゲノムが解読されている生物やその近縁種を用いることで、生態学的現象の遺伝的基盤が次々と明らかになりつつある。

そこで現在、既にゲノムが解読されているアブラナ科のシロイヌナズナに近縁な野生植物を対象に、野外生物学と分子生物学を融合させて、適応的「分化」の遺伝的基盤の解明を目指して研究を行っている。発表では、[1] コカイタネツケバナの花器官にみられる環境依存的な形態的分化と [2] ハクサンハタザオの低地型と高地型の生態型分化に関して、網羅的遺伝子解析手法であるマイクロアレイを用いた遺伝子発現・遺伝子多型解析の結果を紹介する。これらの研究を踏まえ、生態学的研究における遺伝的基盤解明の意義についても触れたい。

S14-4

有害化学物質汚染土壌における微生物集団のメタゲノム解析

津田雅孝（東北大・院生命科学）

自然環境での物質循環に対する微生物の役割は極めて大きく、また、これら微生物は多種多様な生物現象を示す。このような役割・現象に関わる微生物が多数分離され、当該微生物の実験室内での純粋培養系を用いた分子レベルでの機能解析は、数々の新規知見を提示してきた。その一方で、自然環境棲息微生物のうち実験室で培養可能な微生物は1%未満であることから、自然環境で「どのような微生物がどのような生物機能を有し、どのようにその機能を発揮しているか」の本質は未知であり、また、自然環境要因変動に対して微生物が集団として適応・進化していく様式やその機構も不明である。我々は、環境要因変動の一例として難分解性芳香族化合物等の汚染物質に晒した土壌環境での微生物-環境相互関係や微生物間相互作用の包括的解明をめざした研究を、メタゲノム解析も含めて実施している。閉鎖系土壌に4種汚染物質を同時添加し、経時的に、汚染物質残存量や培養可能菌数の測定、汚染物質分解細菌株の分離を実施した。また、汚染および非汚染の土壌由来のメタゲノムを用い、16S rRNA 遺伝子ライブラリー解析や各種汚染物質分解遺伝子の定量PCR解析、第2世代シーケンサー SOLEXA による大規模シーケンシング解析、汚染物質添加直前土壌や添加後ならびに非添加後の異なる時期の土壌に由来するメタゲノム計11試料の解析で、各試料に関して平均長75塩基のリードが約1,000万本ずつ、計11,000万本程の高精度なリードを得た。これらリードに関して、KEGGをはじめとする各種データベースに対してBLASTXで配列同源性検索を行った。その結果、汚染土壌においては、時間経過に伴い、菌叢が著しく変動するとともに、汚染物質分解酵素遺伝子を含む多種多様な遺伝子の顕著な質的並びに量的変動が認められた。なお、メタゲノム解析は国立遺伝研と東工大のグループと共同で実施している。

S14-3

トゲウオの種分化と適応の遺伝子：SNPアレイから次世代シーケンサーまで

北野潤（東北大・院生命科学）

適応放散は生物多様性を創出する主要過程であるが、その背景にある遺伝機構については殆ど明らかになっていない。トゲウオ科魚類のイトヨは、約200万年以内に急速な多様化を遂げた小型魚類であり適応放散研究の格好の材料として注目されてきた。近年になって遺伝ツールが整備されてきたことから、生態学と遺伝学をつなぐことのできるモデル動物としても注目されつつある。近年、我々を含む複数のグループによって、ゲノムレベルでのQTL解析やアソシエーションマッピングが行われ、いくつかの例では、トランスジェニックイトヨを用いて適応遺伝子の実体解明にまで至ったものもある。一旦遺伝子が同定できると、適応遺伝子のアレル頻度の挙動を野外で観察したり、適応遺伝子にかかる自然選択圧を推定したりすることが可能となる。遺伝子の特定が困難な場合にも、適応進化や生殖隔離に関わる遺伝子の数や効果、染色体上の位置を明らかにすることが可能であり、これらの要因は全て表現型進化や種分化の速度等に影響を与えるものであることから、イトヨ個体群の将来について予測する上で必須の情報を蓄積しつつあると言えるであろう。本発表では、トゲウオ科魚類における適応進化と種分化の遺伝基盤に関する研究成果について報告するとともに、この過程で活用されたゲノムツール（マイクロサテライトマーカー、SNPアレイ、ゲノムシークエンスデータベース、トランスジェニック法など）を紹介する。さらに、次世代シーケンサーを用いた進行中のプロジェクトについても紹介する。生態学者が如何にして、種分化や適応進化といった野外生物の「面白い」生態現象について、遺伝ツールを援用しながら理解を深めていけるかについて議論したい。

S14-5

『融合』か『手法の導入』か？表現型可塑性の進化生態学が新しい遺伝的手法に出会う。

西村欣也（北大・水産）

進化生態学は、特に生物の生活史に注目し、適応論的枠組みで発展してきた。適応論に基づく研究を精緻なものとするために、古典的なメンデル遺伝学や量的遺伝学は、進化生態学の中に融合的に導入された。

遺伝子の物理的基盤が明らかにされ、遺伝学が革命を遂げた当初、生物学の諸分野はその発見に感銘を受けたが、「それはそれ」として、各分野は、すぐに直接的影響を受けることはなかった。しかし、手法の発展にともない、各生物学分野の問題に対する検証の有力な方法が、遺伝学から急速に導入されるようになってきた。

生物を取り巻く環境との関連を通して、生活史の特徴として観察される表現型可塑性は、進化生態学における魅力的な研究対象の一つである。エゾアカガエルのオタマジャクシは、冬の終わりに偶然性を伴い構成される池の食物網中で、危機が高い捕食者メンバーのタイプに応じて、適切に機能する防御形態を可塑的に発現させる。

この生態学的状況は実験室でも再現することができるため、防御形態形成に関わる遺伝子発現調節についての、エコゲノミクスの研究テーマとなりえた。マイクロアレイを用い、捕食者暴露と発現量が相関する遺伝子のスクリーニングを行った。この研究は遺伝子調節を通じた防御形態形成メカニズムの解明へと続くべき道程にあり、新しい遺伝的手法の導入により、生態学的研究が発生的研究に受け継がれたものとも位置づけられる。

私たちは、「エコゲノミクス」と言う前途有望なスローガンを耳にしながら、使える新しい手法として、分子遺伝学が進化生態学に導入される場面や、分子生物学に鼓舞された発生学と進化生態学が強い接点を持つ場面に直面している。本講演では、進化生態学と分子遺伝学の融合や統合のイメージについて考えてみたい。

S14-6

新世代遺伝手法を生態学にどう活かす？

田中健太（筑波大・菅平セ）

新世代遺伝手法は、1個体を対象にした大量遺伝子の同時解析や、1遺伝子を対象にした大量個体同時解析を可能にする。前者の進歩が先行し、後者も徐々に容易になってきた。これらの大量解析は何の役に立つのか？おおよね次の3点に整理できる。

(1) エコゲノミクス：生態学的形質を担う遺伝子の同定には「大量遺伝子解析」が、同定された遺伝子の解析には「大量個体解析」が大いに役立つ。ではそもそも遺伝子が分かると何が良いのか？まず、進化生態学の従来の最適戦略理論が予測してきた平衡点も、平衡点に達する速度も、形質の変化における遺伝学的な制約や形質を司る遺伝体制に大きく左右される。したがって遺伝子が分かれば、進化の向きも速さについての理解が大きく進む。

(2) 個体・種を同定するマーカー：クローン植物や微生物群集などでは、遺伝子を調べる方が個体・種の同定が容易である。微生物群集では、「大量個体解析」によって単離培養なしに環境DNAから種多様性や群集構造を直接調べることが、スタンダードな手法としてすでに定着している。

(3) ゲノム集団遺伝学：Wrightの島モデルなどの古典的な集団遺伝学では、各集団の集団サイズ一定、集団サイズは時間的に不変、自然選択なし、ジーンフローの方向性なし、などを仮定してきた。しかし実は、これらのパラメーターこそ生態学の興味の対象であり、「大量遺伝子解析」による豊富な遺伝子データがあればコアレセント理論を基にした理論によって推定できる。

それでは、これらの研究はどんな野生生物でも行えるのか？(2)、(3)はおおむねYes。(1)は、遺伝子から表現型に至る遺伝的カスケードの情報が多いモデル生物近縁種の有利性は動かないが、そうでない生物でもアッセンブリ前のドラフトゲノムや新規マイクロアレイを入手する障壁は大きく下がってきており、工夫次第でかなりのことができるだろう。

S15-2

一斉開花現象への遺伝子からのアプローチ

小林正樹（チューリヒ大）

東南アジア熱帯雨林に生えるフタバガキ科に属する多くの種は、数年に一度、一斉に開花するという特殊な開花様式を見せる。この開花現象は数年おきに起きる不定期な乾燥と相関して起こることが示されているが、詳しい開花機構についてはわかっていない。

近年、実験室におけるモデル植物をもちいた分子遺伝学的研究から、植物の栄養成長相から生殖成長相への相転換（花成）を制御する多くの遺伝子が明らかにされてきた。花成時期の決定は開花時期を決定する重要なタイミングである。これらの花成制御遺伝子は、さまざまな環境シグナルによって制御される複数の絡み合った花成経路を形成している。イネやシロイヌナズナといった系統的に離れた種間の比較研究の結果、異なる環境シグナルを受容し花成にいたる植物種間で多くの花成制御遺伝子が共有されていることがわかっていく。

これまで、分子生物学におけるモデル植物あるいはその近縁種以外を用いて遺伝子の発現制御を調べることは困難であった。しかしながら、モデル植物における遺伝子制御ネットワークの理解とともに、次世代シーケンサーなどの技術の発達に伴い、非モデル植物において多くの遺伝子情報を得ることができるようになった他、特定の遺伝子の発現を調べることも比較的容易になってきた。この発表では、特殊な開花様式を見せるフタバガキ科植物に対して、これらの遺伝子情報を応用し、乾燥などの環境シグナルと開花機構の関係を理解することの可能性と、その問題点について議論したい。

S15-1

自然条件下における遺伝子機能解析：複雑に変動する気温と季節調節

工藤洋（京大）

遺伝子は、それぞれの生物が生育する自然環境下で機能している。コンテキストアプローチとは、自然の生育地条件下での（あるいは自然条件を考慮した）研究である。本講演では、シロイヌナズナで明らかにされてきた開花調節機構を題材に、コンテキストアプローチでおこなった研究を紹介する。気温と日長は、植物が季節を感知するための主要な要因である。日長が暦に従って予測性の高い季節変化を示すのに対して、気温の季節変化は長期傾向としてのみ現れる。そのため、植物が気温から季節を感知するためには、短期の気温変動を無視して長期の傾向のみに応答するような分子メカニズムが必要である。本研究では、ポリコムグループ(PcG)タンパクが介在して発現調節がされている転写因子 *FLOWERING LOCUS C (FLC)* が変動する気温を長期間にわたって統合的に感知する主要メカニズムとして機能していることを示した。多年生のシロイヌナズナ属植物であるハクサンハタザオの自然集団を対象に、野外に生育する個体の *FLC* 転写量をほぼ1週間おきに約2年間にわたって継続測定した。*FLC* 転写の抑制と上昇がともに温度依存性を示し、転写量は年間を通して過去6週間の温度環境に強く関連していた。*FLC* 転写量は栄養成長から繁殖生長への移行時期に対応しているだけでなく、逆方向への移行とも対応していた。*FLC* は単に冬の記憶としてだけでなく、長期間の温度変動を量的に記憶するというより包括的な役割を担っていると結論した。この研究は、環境応答のメカニズムをコンテキスト依存的な機能として評価することの重要性を示した。さらに、遺伝子の機能解析においてコンテキストアプローチが果たす役割について議論する。

S15-3

農業生態系におけるフェノロジー調節の遺伝子-環境相互作用モデルによる理解

中川博視（石川県大）

フェノロジーは作物の環境適応性を決定する最も重要な形質の一つである。作物生産を安定化・最大化するには、作物がライフサイクルを好適な季節のうちに全うし、環境資源を安全かつ最大限に利用することができるようにフェノロジーを注意深く環境条件に合わせなくてはならない。現在、フェノロジーに関する遺伝学的情報が主要作物種で急速に蓄積されつつある。特に短日植物のモデル植物でもあるイネでは、十数個のQTLが報告され、そのうちの幾つかについてはすでに遺伝子の単離や機能解明が行われている。一方、日々の気温や日長の経過から、ある作物品種の出穂日・開花日を予測する、現象論的ではあるが、実用的なフェノロジーモデルが開発され、開花日予測システムの構築や生育・収量シミュレーションモデルのクロックとして用いられている。

演者らは、イネの出穂期予測モデルのパラメータをQTL解析することで、それらのパラメータを遺伝的形質として取り扱うことが可能なこと、およびQTLの機能推定が可能なことを示してきた。さらに出穂期関連QTLの遺伝子型と日々の気温、日長条件から、出穂期を予測するモデルを開発した。ここでは、以上のような遺伝子-環境相互作用型フェノロジーモデルと、それを用いた出穂期関連QTL型の環境適応性シミュレーションについて紹介したい。演者の研究動機は、MAS (Marker Assisted Selection) によって優良形質を保持しながらフェノロジー応答の異なる品種群を育成することが可能になってきたこと、および気候変動の懸念によって最適なフェノロジー応答を設計する方法開発の重要性が高まってきた等の実用的見地に発しているが、最後に、フェノロジー-環境応答の分子的基盤からの理解に向けて若干の考察を加えたい。

S15-4

S15-4

ランドスケープフェノロジーの生態的重要性

工藤岳（北大）

地域生態系を構成する植物群集には、それぞれ特有の開花フェノロジー構造がある。また、花を利用する昆虫等の動物群集の多くは、植物群集間を移動して資源を利用している。従って、送粉系を巡る生物間相互作用は、景観スケールに及んで作用しているはずである。生物間相互作用を評価するには、生物個体群の適応度評価に帰結する必要がある。景観スケールの開花フェノロジー構造が植物個体群の適応度に及ぼす影響は、以下のように考えられる。(1) 植物個体群間の開花フェノロジー変異は花粉散布を介しての遺伝子流動に作用し、種の分布域内の空間スケールにメタ個体群構造を形成する。(2) ポリネーターの質的量的季節変動に対して、送粉成功、種子生産、他殖率などは個体群間で変動する。(3) ポリネーターを共有する植物種間にはポリネーター獲得競争やポリネーターの種間移動に伴う干渉作用などの相互作用が存在し、それは植物群集内に留まらず、隣接する群集間や生態系間でも存在する可能性がある。これらの生物間相互作用の時空間変動は、地域個体群に繁殖性質の進化、個体群変動、交雑帯の形成などをもたらす。このプロセスを、いくつかの具体例を交えて解説する。さらに、景観スケールの開花フェノロジー構造は、(4) ポリネーターの資源利用パターンと個体群動態にも作用する。ポリネーターの生活史特性と景観スケールの開花フェノロジー構造の対応により、花を利用するマルハナバチなどの個体群動態に植物の開花パターンがどのように関係するのかを理解できる。このような研究アプローチは、生態系のキーストーンとなる植物種個体群の抽出を可能にし、生態系構造と機能の関連性の解明につながる。フェノロジー研究の景観スケールの導入により期待される研究展望についても紹介する。

S15-6

一斉開花の森にみる植物-動物相互作用

* 酒井章子（地球研）、鮫島弘光（京大）

東南アジア熱帯の非季節性低地フタバガキ林では、多くの植物種が同調して開花・結実する一斉開花現象が知られている。一斉開花がおこると数ヶ月の間に多くの植物が開花するが、それ以外の時期には、林内にごくわずかの花や果実しか見ることはない。わたしたちは、1992年からボルネオ島のランビル国立公園で植物フェノロジーの観測を行い、この現象について研究してきた。これまでの研究から、一斉開花は不規則な乾燥によって引き起こされること、フタバガキ科以外の多様な植物種が一斉開花に参加すること、などがわかっている。

一斉開花によってもたらされる不規則な花資源、果実資源の変動は、それを利用する動物の個体数変動や、動物と植物の関係にも大きな影響を与える。たとえば、花資源を利用する動物の多くは送粉者として植物の繁殖に貢献するが、普段花資源の乏しい森林で一斉開花時に十分な送粉サービスがどのように供給されるのかは、大きな謎であった。ランビルの植物の送粉システムを調べてみると、鞘翅目、膜翅目、鱗翅目など、さまざまな昆虫が主要な送粉者であった。送粉者は、一斉開花時に著しい個体数増加を示すものから、花以外の資源を利用して非一斉開花期をのりきり大きな個体数変動を示さないもの、非一斉開花期には他の森林ですごし一斉開花になるとフタバガキ林にやってくるものなど、いろいろなパターンが見られた。種子捕食者についても、よくにた反応パターンの多様性があった。わたしたちは、このような植物資源の予測性の低い群集では、種特異性や予測性の低い動物-植物関係が成立していると考えており、一部の分類群ではそれを支持するデータも得られている。不安定な動物-植物関係はまた、生態系の脆弱性の要因となっているかもしれない。とくに近年急速に拡大しているブランテーションは、低地フタバガキ林における動物-植物の関係を大きく変えている可能性がある。

S15-5

高山生態系のフェノロジー傾度と送粉系を巡る種間競争

川合由加（北大）

高山生態系では、雪渓の非同調的な雪解けが生物の季節性や生育期間の異なる局所環境を形成しており、フェノロジー構造が異なる局所群集が雪解け傾度に沿って連続的に成立している。高山生態系の雪解け傾度は、植物の繁殖成功や遺伝構造に対するフェノロジーが持つ生態学的重要性を評価するための優れた野外実験場でもある。雪解け傾度を用いたこれまでの送粉系に関する研究では、開花時期の変動に伴うマルハナバチの季節的活性の違いが、個々の種個体群の質的・量的な送粉成功の選択圧として重要であることが示されている。しかし、その多くは特定の植物種とポリネーターとの一対一の関係を比較したものであり、マルハナバチを巡る植物種間の競争を考慮した研究は乏しい。景観レベルでの開花フェノロジー構造は、雪解け傾度に沿った植物群集の季節性の違いや、群集構成種固有の開花フェノロジーを反映して、時空間的に大きく変化する。ポリネーターは高山生態系内の開花フェノロジー構造の季節変動に対応して、訪花パターンを決定する。その結果、多種の開花フェノロジーの組み合わせの中に、複雑な種間相互作用が成立している。特に、優占種の開花構造は、非優占種の受粉成功に強く影響を及ぼすであろう。しかし、その競争形態は個々の種が有する繁殖特性（群集内での相対的な開花スケジュール、ポリネーターへの報酬、交配システムなど）に依存すると考えられるので、優占種の影響は種間で異なると予想される。この講演では、北海道大雪山系の高山帯において、開花スケジュールや交配システムの異なるマルハナバチ媒の草本植物3種を用いて、優占種であるツガザクラ属植物の開花構造に着目したマルハナバチを巡る競争形態の季節的変化について報告する。さらに、もうひとつの選択圧である、生育シーズンの制約に対する開花フェノロジー調節の可能性について検討する。

S16-1

Estimating the distribution of high nature value farmland in Europe - integrating land cover and biodiversity datasets

Ybele Hoogeveen (EEA)

European agriculture is characterized by large-scale intensification combined with regional land abandonment. The net effect is a loss of traditional, often extensive, farming systems with high biodiversity. The need for measures to conserve this 'high nature value (HNV) farmland' is recognized in e.g. the pan-European Biodiversity and Landscape Strategy, the 2003 declaration on biodiversity of the European Environment Ministers, and the EU rural development policy documents.

In support of these policy processes, EEA and UNEP presented a preliminary map of HNV farmland in 2004. This map has recently been updated on the basis of land cover data (CORINE 2000), refined and regionally differentiated selection criteria, and additional biodiversity datasets which include European inventories of Natura2000 protected areas, Important Bird Areas and Prime Butterfly Areas, as well as national inventories of semi-natural grasslands in some member countries. To improve accuracy, a panel of European experts has reviewed both the methodology, as well as the corresponding results.

The final map shows the probability of occurrence of HNV farmland across Europe. The total coverage of HNV farmland is estimated at 30% of Europe's farmland. The majority of this HNV farmland (approx. 80%) is outside protected areas.

Full details can be found here: http://agrienv.jrc.ec.europa.eu/activities_HNV.htm

S16-2

我が国農村における生物多様性情報の現状と課題

山本勝利（農環研）

農村の生物多様性は、農林業を中心とした人間活動の影響を受けてきた。このため人間活動の急激な変化の影響を強く被り、近年、里山や水田などの二次的自然に依拠する生物多様性の著しい変化が顕在化している。こうした中、農村地域における生物多様性の保全や再生の試みが、国、地方行政団体、地域住民等の様々なレベルで取り組まれるようになった。これらの試みを効果的に進めるためには、農村における生物種の生息生育状況や生物群集の状態を、それらに影響を与えている人間活動や景観構造の変化とともに的確に把握することが重要である。しかしながら、農村の生物多様性に関する情報については、これまでその蓄積が進んでこなかった。そこで本報告では、農村の生物多様性に関する情報の現状と、今後それらの情報を蓄積し、それを有効に活用して生物多様性の保全と持続的な利用を図るための課題について検討する。

今日では、農村の生物多様性を継続的に把握するための調査が国や地方の事業レベル、NPO その他の地域住民レベルなど、様々な主体によって開始されている。しかし、それらの調査成果が相互に利用されるまでには至っていない。したがって、それらの成果を統合しつつ、新たな調査結果をも利用可能とするための共通基盤の構築が不可欠である。そこで本報告では、今日まで農村の生物多様性に関する情報の蓄積が進んでこなかった要因について検討し、EU等の先進的な事例や、農業環境技術研究所で開発中の調査情報システム RuLIS を紹介しつつ、生物多様性と自然環境、人間活動、景観構造などの統合的把握に向けて共通基盤が具備すべき要件について問題提起する予定である。

S16-4

農林水産省・環境省連携 「田んぼの生きもの調査」

*坂根 勇, 守山拓弥（農村環境整備センター）

農林水産省と環境省が連携して平成13年度から継続して実施してきている「田んぼの生きもの調査」について概説する。この調査は、全国的な広がりや、生きもの専門家グループの指導・助言を受けて一定の調査方法・取りまとめ方法を定め、採捕した生きもの（魚、カエル、水生昆虫）の同定を写真を活用して専門家により行い、自然環境保全基礎調査（「緑の国勢調査」）とも情報交換する、等の特徴を有している。

水田や水路、ため池など、多様な環境がネットワークを形成している農村地域は、生きものにとって重要な生息・生育の場となっている。このような農村地域では場整備やかんがい排水などの土地改良事業を進めている農林水産省は、「生きものなどの環境に配慮しながら事業を進めるため、地域の生きものや複雑な生態系に関する情報を収集、蓄積することが必要である」との目的意識に基づいてこの調査を実施している。

具体的調査の実施は、国の農業農村整備事業関係機関をはじめ、都道府県や市町村といった行政機関だけでなく、土地改良区や地元農家、さらには小学校や地域住民、農地・水・環境保全向上対策の活動組織の参加も得ていて、事業のためのみならず、農村地域の多様な生きものについての理解の促進、さらには自然と共生する地域作りを目指している。

本年度実施分も含めて、9カ年分の調査結果が蓄積された現在、これらデータは行政や研究機関だけでなく、国民全体の財産であるとの考えのもとづいて、その有効活用について検討がなされているところであり、検討の方向性についても報告する。

S16-3

農水省プロジェクト研究「農業に有用な生物多様性の指標および評価手法の開発」の概要

田中幸一（農環研）

2008年度から5年間の計画で、農林水産省委託プロジェクト研究「農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発」が開始された。この発表では、本プロジェクトの概要を紹介するとともに、どのようなデータが得られるかを示して、その活用方法について議論の材料を提供したい。

近年、環境保全型農業の推進が図られている。この農業は、化学合成肥料・農薬の使用量を減らすなど、環境に対する負荷を小さくする点で、環境に対してプラスの効果があるが、生物多様性に対する効果については定量的なデータは少ない。本プロジェクトでは、農業生態系における生物多様性の保全・向上に対する環境保全型農業の効果を科学的に評価するために、その効果を表す指標を開発することを目的としている。指標として対象とする生物は、主に害虫の天敵など農業に有用な生物に絞っている。基本的な指標の選定方法は、環境保全型農業圃場・地域と慣行農業圃場・地域との間で、生息する生物の種および個体数を比較し、環境保全型農業圃場・地域で多い種を指標生物候補とすることである。指標を選抜する課題では、水田、果樹、野菜圃場などを調査地として、延べ50近い全国の地域で調査を行っている。対象とする指標生物は天敵類が中心であるが、調査は害虫やその他の昆虫（ただの虫）も含めて行われている。プロジェクトでは、初めの2年間で指標生物の候補を選び、3年目以降は候補種を対象として調査法および評価法の開発を行うこととされており、したがって多種（群集）に関するデータは2年間のものとなる。以上のことから、基本的には、栽培管理および地域の違いによって特徴づけられるデータが得られるといえる。

S16-5

市民で行う全国規模の里やま生物多様性健康診断並〜モニタリング1000の取り組み

*高川晋一, 福田真由子, 廣瀬光子（日本自然保護協会）

里やま（里山、里地）は、生物多様性の保全上重要な環境であると広く認識されているものの、面積が広大な上に多くが私有地であることなどから、その生物多様性の現状・変化のモニタリングの実現が課題となっていた。日本自然保護協会では、各地域で活動する市民こそが調査・保全の主体として最もふさわしいと考え、調査の手法や体制を確立し、その普及に努めてきた。2005年からは環境省の「モニタリングサイト1000里地調査」としても全国的な調査を展開しており、全国196ヶ所のサイトで植物や鳥類といった9項目の調査を実施している。現在調査には1000人以上が参加し、各地域で自然観察や保全活動に取り組む市民団体を中心として、プロの研究者や、企業、農家など多様な主体が参加している。

多くのサイトがまだ1年分のデータしかないが、既に20万件以上のデータが蓄積され、全国の里やまの生物多様性の現状・パターンを把握する基礎データが得られた。また複数のサイトで、アライグマなどの特定外来種をはじめとして、これまでの調査で記録がなかった種を初確認することができた。今後は、生物多様性の多面的な側面を捉えられるような約20の指標に注目して解析することで、膨大なデータから迅速に、生物多様性の定期的な健康診断を実施していく予定である。

これらのデータは、ホットスポットやコリドーを考慮した保護区的设计、多様性への影響予測に基づく土地利用計画の作成、外来種の早期的な駆除計画の立案など、他の保全施策にも十分利用可能である。しかしそのためには、他の行政施策へ計画的に活用される仕組み作りや、広域スケールでのパターン解析や各サイトの技術的支援を実現するための研究者・博物館等との連携などが課題として残されている。本講演では、このプロジェクトの概要と、データや体制が持つ可能性や今後の課題について発表する。

S16-6

S16-6

NPOが主体となった「田んぼの生きもの調査」の現状とその課題

* 嶺田拓也（農研機構）、原耕造（BASC）

近年、NPOが主催し、特に農村地域や農業者を対象とした生物調査（以下、田んぼの生きもの調査）が各地で盛んに行われるようになった。環境に関心を持つ市民だけでなく地域の農業者も参加する「田んぼの生きもの調査」では、農業者にとって農村内の気付きが生物資源に対する価値を市民と共有する機会となるだけでなく、農村内に生息する生物やその生息環境について改めて学ぶことによって、豊かな自然環境とのやりとりを再生する契機としても重要である。

本報告では、NPOの協力のもとに、農業者主体の調査活動を全国に先駆けて実施した福岡県の「農の恵み」事業の経緯と残された課題について紹介するとともに、「田んぼの生きもの調査」を通じて、広く市民に対する田んぼ直接支払いシステムの普及を視野に入れて活動しているNPO生物多様性農業支援センター（BASC）の取り組みを中心に現在、全国で展開されている市民参加型の「田んぼの生きもの調査」について報告する。

NPO主導型の「田んぼの生きもの調査」では、生きものや環境に対する「発見」や「気付き」のプログラムを導入部として採用する場面が多いが、その後は、生きものや環境意識に対する啓発を続けたり、生物目録の作成を目指したり、また、生物生息状況と環境や営農条件との関係の解析を試みたりなど、さまざまな目的が未整理のまま活動が展開されることが多い。一般の生物モニタリングでは、それぞれの目的によって調査内容や参加者に要求される識別能力（同定能力）が異なるため、目的や参加者属性に応じた調査プログラムの整備・提供が進んでいる。しかし、BASCの取り組みに代表されるように、農業者や市民の参加を促す「田んぼの生きもの調査」の多くは、持続的な生産システムの構築に向けた新たな意識の醸成を前提としており、他のモニタリングシステムと異なる体系化やそのステップの提案が必要であろう。

S17-1

佐渡のデータベースをつくる

三谷泰浩（九大・院・工）

トキの営巣環境、採餌環境、生態情報といった自然環境、さらには、社会的合意形成を設計するための社会環境の両面に適合した持続的な自然再生計画を立案し、それを地域に定着させることを目的に「トキ再生プロジェクト」が実施されている。このプロジェクトを円滑に実施するためには、関連する情報を活用することが鍵となる。しかしながら、自然・社会環境に関する情報は、多種多様であり、これらを利用する研究者、地域住民なども様々であるため、関係する情報、研究成果を統合し情報を機能的に活用、共有される環境を整備することが重要となる。

そこで、多種多様な情報を位置情報をキーとした地理空間情報として管理・集約するデータベースとそのデータベース構築を支援するGISとWikiを用いたポータルサイト「トキGIS」からなるGIS情報基盤を構築し、情報を共有・流通させる仕組みを創出した。

このGIS情報基盤では、プロジェクト内の各研究グループが保有する各種情報の相互関係性を情報マトリックスにより視覚的に管理し、調査・研究情報を収集する仕組みを作るとともに、収集された情報を用いてGISの空間解析機能を用いた分析及び評価を行い、新たな地理空間情報を創出し、Web GISを用いた情報の配信を行うことによって情報を次々と更新・流通させる自律発展型の情報サイクルの仕組みができた。また、GISの空間解析機能を用いた各種評価では、生態学の観点、社会学の観点およびGISの技術的観点から最適なデータモデルを提案した。

その結果、利用者の情報共有が円滑に行われ、各分野の調査・研究が融合されることで、情報の共有だけでなく、意思決定支援のための専門家らによる「知」の共有が可能な環境が創出された。これにより、自然再生計画立案において、生態学、工学、社会学の観点を意見を相互に組み込むことができた。

S16-7

科学的リテラシーと暮らし感覚を兼備した集落生物多様性評価の共通基盤に向けて

* 日鷹一雅（愛媛大・農）、西田貴明（三菱UFJ）

わが国をはじめアジア諸国の多く国々では、里地の生態系の社会的構成単位は小農をベースにした「集落」単位で機能してきた。生態学の用語を用いるならば、集落はmeta-populationであり、meta-communityと準えることもできるであろう。たとえば、私たち研究者が生物多様性を調査研究する場合に、たとえ昆虫や鳥や草花を対象にしていたとしても、お世話になる農山漁村の集落の中で認知、コンセンサスを得なければ思うように研究が進められないことから、日常伺える事である。わが国の集落の密度分布はこの50年間で大きく変容し、小さな集落の均等分布から一極集中型の分布様式に変化しつつあり、集落機能の基盤の上に存立する二次的自然の生物多様性も大きく変容し危機的な状況が国家的課題になっている。ここでは、本集会の主題、農山漁村の生物多様性をモニタリングし、その構造や機能を評価し、保全活動に結びつけて行くにはどうしたらいいのか？について議論する。とりわけ、科学的リテラシーと暮らし感覚（livelihood）という、内と外の視点から、集落ベースでの生物多様性評価の方向性について考察したいと考えている。まず科学的リテラシー面から、生物多様性をモニタリングしようとするならば、適切な調査法、種同定、データ集計、予測性につながる分析に基づく評価が重要であり、科学者やその経験者らが集落のよき支援者となり、例えばパラタクソノミストのような方策が肝要である（日鷹 2009）。また集落の暮らし感覚抜きで生物多様性の科学を投入しても、集落機能と保全活動は実際の現場では結びつかないのは、NRMやagro-biodiversity関連の近年の世界的な潮流である（Poundら 2003）。日本やアジア諸国の事例を交えながら、生物多様性評価における科学的リテラシーと暮らし感覚の創発に向けた共通基盤について論ずる。

S17-2

景観レベルからみた再生候補地の抽出

宮下直（東大・院・生物多様性）

トキの主要な絶滅要因として、土地開発や農業の近代化による餌生物の減少が挙げられている。そのため、野生復帰したトキが長期的に個体群を存続できるためには、その餌資源の復元が重要課題である。トキの食性は、魚類、両生類、昆虫類など多岐にわたることが知られているが、なかでもドジョウ、ヤマアカガエル、バッタが重要と考えられる。これらの生物量を増進させるには、局所環境（例えば水田）の整備・再生とともに、広域スケールでの生息適地（生息地ポテンシャル）を推定することが必要である。その理由は、局所環境の改善がもたらす効果は、その周辺の景観構造によって状況依存的に大きく変化すると考えられるからである。そこで我々は、これら生物の個体数を決定する環境要因を局所と景観の2つの空間スケールから明らかにし、費用対効果の高い再生候補地を抽出することを試みた。

小佐渡地域の多数の地点（ドジョウ：河川、カエルとイナゴ：水田）で個体数と局所環境の調査を行うとともに、地理情報から景観変数を抽出し、重回帰分析と情報量基準を基にしたモデル選択を行うことで、個体数に影響する要因を明らかにした。その結果、ドジョウとイナゴは平野部に広がる水田地帯でポテンシャルが高く、ヤマアカガエルでは森林と水田が適度の混在する景観でポテンシャルが高いことがわかった。さらに、ヤマアカガエルにおいては、大佐渡地域の水田では、小佐渡地域で予想されるよりも明らかにポテンシャルが低いことがわかった。その理由として、今回の解析よりも大きい空間スケールでの生息地の連続性が関与していることが考えられた。以上の結果より、餌生物を豊かにするための自然再生の効用は、対象種群や周辺景観により大きく変化することが示唆された。今後は、実際のトキの行動を基に、費用対効果の高い再生適地の更なる絞込みを行う予定である。

S17-3

河川と農地の再生技術

河口洋一（徳島大・院・工）

佐渡島は島の中央に平野（国仲平野）が広がり、その北西側は島で最も高い金北山（1172m）のある大佐渡山地、そして南東側には小佐渡丘陵がある。佐渡島は国内で最後までトキが生息していた場所で、当時の観察例の多くは小佐渡丘陵であった。小佐渡丘陵の大部分は森林に覆われ、人々は主に沢沿いの土地を農地（主に水田）として利用し、トキがまだ見られた頃にはドジョウやカエルといった小動物を水田で採餌する姿が確認されている。

しかしながら、その当時の河川・農地環境と現在は大きく異なっている。佐渡島の川には、利水目的で川の上流から下流まで数多くの農業用取水堰が設置され、魚類の上下流への移動が妨げられている。そして治水面では効率よく排水する河川整備が徹底されたため、コンクリート二面張り・三面張りの区間も多く見られ、魚類の生息環境の劣化は著しい。さらに、水田では圃場整備が進められ、用・排水分離、暗渠による排水、土水路からコンクリート水路への変更に伴い、水田は周辺環境とのつながりを無くし、水田に依存する生物は減少している。このような人為的変化により、河川や農地は人にとって利用しやすくなった反面、水田を利用する生物の減少や生物多様性の低下が引き起こされ、トキ野生復帰において餌不足が大きな課題となっている。

今回の発表では、トキの採餌環境整備として河川を担当する行政機関（新潟県佐渡地域振興局）そして農地を担当する行政機関（農林水産省北陸農政局）、さらに農家やNPOと協働して取り組んだ河川と農地の再生技術について、1）農業用取水堰の落差改良、2）水路と河川の落差改良、3）水田魚道の設置といったエコロジカルネットワークの再生、そして4）水田における冬期湛水や水田内土水路（江）の設置、といった河川と農地の再生技術の効果について、トキの餌として重要な餌生物に注目しながら発表したいと考えている。

S17-5

佐渡において放鳥されたトキの餌メニューとハビタット選択

永田尚志（新潟大・超域）

日本のトキは佐渡島に残っていた最後の5羽が1981年に捕獲され、野生個体群は消滅した。野外絶滅したトキ（*Nipponia nippon*）の野生復帰を目指して、2008年9月25日に10羽（雌雄各5羽）が、2009年9月末に20羽（♂8、♀12）が、佐渡島で放鳥された。1次放鳥10羽のうち7羽の生存が確認されていて、2次放鳥の19羽（1羽回収）を含めた36羽が野生復帰し、そのうち31羽が佐渡に生息している（2009年12月末現在）。1次放鳥直後から約1年半にわたってトキの行動・生態を追跡し、1日の行動配分（タイムバジェット）、採餌効率（餌の飲み込み速度）、警戒行動などのデータが蓄積してきている。

佐渡島におけるトキの採餌ハビタット、餌メニューの1年間の行動の変化を中心に紹介する。観察で確認されたトキの主な餌メニューは、水田および畦などに生息しているミミズ、ドジョウ、カエル、昆虫類、甲殻類、貝類であり、ドジョウとミミズへの依存度が高かった。稲刈り後の10月から田植え直後の6月までは水田で採餌を行いドジョウを採餌できるが、イネの丈が伸びる6月後半から9月までは水田を利用しなくなり草丈の低い休耕田や畦、農道脇でミミズや昆虫類を利用するようになる。

また、1次放鳥の10羽のうち6羽、2次放鳥20羽のうち9羽には衛星追跡用のGPS発信機が装着されたが、1次放鳥の5個体（♂4、♀1）と2次放鳥の5個体（♀5）からのみ、3-10日ごとに毎日1～4点の位置データが順調に送られてきて位置データが蓄積している。これらのGPS位置データを用いて、主に1次放鳥個体の利用ハビタットの解析結果から、佐渡におけるトキの個体群の再生にとって必要な環境整備について提言する予定である。

S17-4

水田生態系の生物多様性はどのように決まる？

武山智博（新潟大・院・自然科学）

トキは水田や河川などの湿性環境を主な採餌場所とし、新潟県佐渡島では、その環境の約8割を水田が占める。従って、圃場整備や耕作放棄などにより、エサとなる水生生物の生息数や生物多様性が低下した水田をいかに再生させるかが、トキの生息環境復元のポイントとなる。演者らは、生物量や生物多様性を高め、かつトキの好適な採餌環境として水田を再生・維持するため、生態学的評価に基づく水田管理手法の確立をめざし、水田内への通年の湛水環境の実験的創出が、水生生物群集に与える効果に着目した検証を行ってきた。通年湛水の新規創出方法として、耕作水田を対象とする場合には「江（え）」と呼ばれる小土水路を創出し、休耕田を対象とする場合には「通年湛水」という処理を行い、比較対象として未処理の水田を近隣に設置し、森林からの距離に基づく水田の立地環境（里山および平野）の違いとともに、年間を通じて生物現存量および種多様性の評価を行った。さらに、水田生態系における生物多様性の規定要因を明らかにするため、安定同位体比分析により食物網構造を評価した。その結果、通年湛水環境の創出の初年から、水生生物の生物量および種多様性は増加し、その効果は2年目でも継続的に認められた。特に水生昆虫では、平野よりも里山の水田の方がより効果が高かった。水田内の食物網構造は、水中の懸濁態有機物（植物プランクトンを含む）と表泥上に堆積した有機物が一次生産者（物）であり、魚類が最高次の消費者であった。この構造は立地環境によらず、江と湛水休耕田の両方で共通していた。一方、一部の水生昆虫類は、上述の水田内の食物網に属さないと考えられ、このことは、水田の水生生物の種多様性が、水田内の食物網に属する生物と、水田外の食物網から水田内へ移動してきた生物の両方で構成されていると推測された。

S17-6

自然再生を実現する体制をつくる

関島恒夫（新潟大・院・自然研）

本プロジェクトで作成を急ぐトキ野生復帰に向けた自然再生のシナリオは、完成した後に放鳥したトキによる診断を仰ぐこととなる。トキのモニタリングを通し、具体的な自然再生の取り組みに対し、トキがどのような反応を示すのかを定量的に評価し、適宜、立案した自然再生計画にフィードバックさせていくことで、トキの定着実現に向けた順応的管理手法が確立できるといえる。それを達成する上で不可欠なことは、行政機関やNPOが実施する様々な自然再生の取り組み情報を常に一元的に掌握し、その情報に基づき効率的・効果的に、次なる自然再生を組織横断的に展開することである。われわれは、立案した自然再生シナリオが速やかに実現される体制を整備するため、これまで農地・河川に関わる行政連携体制の強化を図ってきた。本講演では、特に農地を例に、再生を推進する上で鍵となる幾つかの取り組み事例を紹介する。

S18-1

S18-1

Effects of interspecific variation in myrmecophytic traits among *Macaranga* plants on the diversity of herbivore

*T. Itioka, T. Okubo, K. Shimizu, M. Nomura (Kyoto University)

Myrmecophytes are defined as plants that have symbioses with ants by providing nest spaces for the ants. Generally, the symbiotic ants protect the myrmecophytes from attacks by herbivores. Thus, the interactions between myrmecophyte and their symbiotic ants are usually mutualistic. *Macaranga* is a plant genus that includes more than 20 species of myrmecophytes. The myrmecophytes in this genus provide their symbiotic ants with food as well as nest space. Several *Macaranga* myrmecophytes often coexist in the lowland of Bornean tropical rainforest area. Myrmecophytic traits are known to vary among coexisting species of *Macaranga* myrmecophytes (Itioka et al. 2000, Nomura et al. 2000 etc.). However, effects of the interspecific variation on the diversity of herbivores and those on the characteristics of the interactions in the community around the *Macaranga* myrmecophytes have not sufficiently investigated. In this paper, we will show advance in our investigations on the effects. Our results suggest that the variation in the balance between anti-herbivore defenses by ants and those by the other mechanisms (chemical and physical ones) among *Macaranga* myrmecophytes affects the difference in the species compositions among them. Effects of ontogenetic change in myrmecophytic traits on the herbivores will be discussed as well.

S18-3

Ant-aphid-tree interactions in boreal forests: cascading effects on carbon and nitrogen fluxes and biodiversity

T. Domisch (Finnish Forest Research Institute)

Wood ants (*Formica rufa* group) are considered as key species in forest ecosystems where they live in mutualistic relationships with canopy-dwelling aphids. These aphids excrete honeydew which the ants use as a food source, and as a trade-off the ants protect the aphids against predators. This mutualism can have cascading effects on third parties, e.g. by inducing carbon (C) and nitrogen (N) fluxes from their host trees. Wood ants are strong competitors and can affect the functional biodiversity of boreal forests. However, none of the earlier studies have considered the conceptually complex interactions between host tree choice, the effects of ant-aphid mutualism on the growth of trees, and competitive interactions among trees within a stand. Our aim was to find out how tree properties (such as tree species, height or diameter) affect host tree choice and how the ant-aphid mutualism affects tree growth and the abundance of the other invertebrate fauna. We test three hypotheses: 1) trees with faster growth rates are favoured as host trees, 2) the mutualism increases throughfall C flux onto the forest floor and reduces that of N and 3) ant-aphid mutualism lowers the species biodiversity of the invertebrate fauna. We conducted manipulative experiments both at tree and stand level (ant-aphid mutualism eliminated or not). Preliminary results are discussed.

S18-2

Wood ants (*Formica* s. str.) and aphids affect tree growth in Eurasian boreal forests

J. Kilpelainen (Finnish Forest Research Institute)

Wood ants of the *Formica rufa* group are ubiquitous keystone species in Eurasian boreal forests. They and aphids live in a mutual relation where, in exchange for protection, aphids provide ants with sugary honeydew processed from tree sap. Conifers, unlike deciduous trees, have only few defoliating insects, and the growth loss of conifers due to sap sucking by aphids is thus not compensated by reduced insect herbivory due to predatory ants. The effect of ant-aphid mutualism on tree growth can change with stand age, because forest clear cutting harms wood ants. It was studied whether the mutualism between wood ants and *Cinara* aphids affects the growth of Norway spruce (*Picea abies*) in stands of different ages. The study was done in spruce stands of four age classes (5, 30, 60 and 100 years) in eastern Finland. Ten spruces visited heavily and ten spruces visited lightly by ants were selected around five medium-sized ant mounds in each stand age class. The access of ants was blocked to half of the trees in both groups. Only in the 30-year-old stands, the mean annual radial growth of the heavily-visited spruces was significantly 7.3 % smaller than in trees where ant traffic was blocked. The results indicate that the ant-aphid mutualism can have a significant effect on the growth of individual spruces, but its effect is negligible at a stand scale.

S18-4

Effects of ants and termites on hot spots of soil respiration in Asian tropics

M. Ohashi (University of Hyogo)

Soil respiration, CO₂ efflux from soil surface to air, accounts for 40-95 % of total ecosystem respiration. Therefore, small changes in this component could have considerable impacts on the ecosystem C budget. Our recent studies found that hot spots of soil respiration, which is extremely high emission of CO₂ from soil surface. Each of the CO₂ hot spots occurred sporadically at different times and locations.

The nesting and feeding activity of termites and ants is one likely cause of the CO₂ hot spots. In tropical rainforests, ants and termites are astonishingly abundant, accounting for nearly 30 % of the entire animal biomass and 80 % of the entire biomass of insects. They could contribute on soil CO₂ efflux directly by their respiration and indirectly by changing the chemical, physical and biological condition of the soil. In this study, we hypothesize that the sudden and considerable increase in soil respiration could be caused by the colony formation of termites and ants.

In order to verify the hypothesis, our project aims to solve three questions; 1) Do hot spots of soil respiration appear in tropical seasonal forest in Thailand? 2) What are the sources of soil respiration? 3) Whether ants and termites relate to the dynamics and formation of hot spots of soil respiration? In this symposium, I introduce outline of the project and our preliminary results.

S18-5

Termites and carbon cycling

A. Yamada (Kyoto University)

Termites are widely distributed over the world, and quite abundant especially in tropical ecosystems. They are well-known as the so-called ecosystem engineers enhancing the subsequent decomposition of dead plant material (i.e. mineralization of organic carbon), while at the same time their own contribution to carbon mineralization has been gradually clarified being well considerable in tropical ecosystems. Here, I show the quantitative role of termites in carbon mineralization of annual aboveground litterfall (AAL) in a tropical forest of Thailand and make a comparison of the role among tropical ecosystems in Asia and Africa. I focus on the resource competition among decomposers, such as termites and microorganisms, and on the flow of carbon derived from AAL into the soil, suggesting the factors affecting the importance of termites and the decomposition processes of AAL on and in the soil. Finally, I will discuss the effects of termites on hot spots of soil respiration, which have been recently reported in a tropical forest and could significantly affect the estimation of net carbon balance in the ecosystem.

S18-6

The effect of ants on the biodiversity of arthropod communities

P. Niemela (University of Turku)

Mound-building ants, and especially wood ants (*Formica rufa* group), are wide-spread key species that affect ecosystem functioning in several ways in the boreal forests of Eurasia. I evaluate how wood ants affect biodiversity of arthropod communities in boreal forests. Studies conducted on mountain birch (*Betula pubescens* ss. *czerepanovii*) showed that the impact of wood ants on the structure of invertebrate community living in canopy was mainly negative. Predation by wood ants reduces especially the numbers of leaf-chewing herbivores and thus biodiversity in the canopy of birches growing near the ant mounds. Predation by wood ants affected more seriously the early season invertebrate community. The impact of hairy wood ants on the guild structure of herbivorous insects on birch (*Betula pubescens*) was similar. Total species richness of the herbivorous insect community on birch was reduced by ants. Wood ants also affect soil animal community structure. Increased ant density affected both the taxonomic and trophic structure of soil invertebrate community. However, the direct effects of wood ants on soil animal food web is likely to be small. Summarizing, several studies indicate that when the densities of wood ants are high they may have remarkable negative effects on invertebrate communities and thus they reduce the biodiversity of local arthropod communities.

S18-7

Diversity of ants in Asia

Sk. Yamane (Kagoshima University)

S18-8

Effects of ants on canopy structure of tropical rainforests

*H. O. Tanaka (Kyoto University), S. Yamane (Kagoshima Univ.), Y. Inui (Osaka Kyoiku Univ.), T. Itioka (Kyoto Univ.)

The canopies in tropical rainforests harbor species-rich arboreal ant assemblages. However, few studies have examined how these arboreal ants affect the web of interspecific interactions among organisms there. This study examined effects of a typical arboreal ant species, *Crematogaster difformis*, which forms myrmecophytic symbiosis with epiphytic ferns, on the activities of insect herbivores on canopy trees and on the growth of lianas clinging to canopy trees, by conducting field observations and experiments.

Herbivory damage on new leaves on branches from which any of *C. difformis* were excluded experimentally was significantly higher than that on new leaves on control branches where the ants formed their territories. Lianas that were experimentally placed inside the territories of *C. difformis* in the canopy were attacked and removed by the ant workers. For the emergent tree species from which nest of *C. difformis* had been recorded, the rate at which at least one liana reached the crown of an emergent tree was significantly lower on emergent trees with either of the ferns than on those without any of the ferns.

These results suggest that *C. difformis* greatly regulates both the herbivory damage and the growth of lianas clinging to the crowns on several species of emergent tree.

S18-9

S18-9

The role of *Formica exsecta* (Nyl.) on vegetation and seed bank patterns

*M. Schuetz, A. C. Risch (Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research)

Animals are important vectors for the dispersal of seeds within and between ecosystems. They thereby alter seed bank and consequently vegetation dynamics at various spatial scales. We studied how two different sized animals inhabiting the same grassland ecosystem in the Swiss Alps, affect these dynamics: the mound building narrow-headed ant (*F. exsecta* Nyl.) and red deer (*Cervus elaphus* L.).

Recently, we counted roughly 1200 active ant mounds on the grassland and up to 40 deer that visited the grassland during the night. Both animal species show a distinct spatial pattern with most mounds located in areas that are rarely visited by red deer and vice versa.

We found different seed dispersal patterns by the two species with ants dispersing more seeds than deer. However, deer were found to disperse the seeds evenly across the grassland, while ant activity lead to a clumped seed occurrence close to the forest. Seeds from graminoids dominated in ant mounds in contrast to deer dung where herbs were predominant. At a small spatial scale graminoids were found to dominate in the vegetation around ant mounds. At a larger scale graminoids were dominant in areas with high ant while herbs dominated in areas with high deer activity.

Overall, both species play a considerable role in the grassland ecosystem studied.

S19-2

景観スケールにおける樹木の絶滅確率予測

*石田敏(東北大), 中静透(東北大)

最近数十年間には、薪炭林として利用されてきた二次林が、針葉樹人工林へ転換されるなど、大きな変化がおこり、森林の生物多様性にも大きな影響を与えた。したがって、ある地域における希少種の保全を考えると、どのような土地利用、管理シナリオが特定の種に影響を与えるかを考慮する必要がある。しかし景観全体を捉えるためには多くのデータが必要であり、またすべての種の動態を求めることは難しい。そこで土地利用の変化と、群集内での種組成変化をマトリクスで表し、両者を組み合わせて種組成の変化を予測した。さらに絶滅確率の予測も行い、管理シナリオごとの違いから考えられる種ごとの応答性の違いを考察した。小川保護林周辺における土地利用を、原生林、二次林、スギ林、草地に大別して、それぞれの土地利用が変化を過去約50年にわたりマトリクスで示した。それぞれの土地利用では、放置すると林冠木から下層木への遷移がマトリクスで示され、二次林伐採では伐採前後の種組成比から出した伐採による変化マトリクスが求められる。地域全体の種組成は最近の土地利用変化に基づいて世代ごとに決定した。樹木種ごとの絶滅確率は、調査データのばらつきを持ち、最終的な種組成が様々な値を取る。この試行を繰り返して、景観内に1本の林冠木がない、絶滅した場合がどのくらいあるかを計算した。以上の景観全体の種組成、種ごとの絶滅確率を指標に、管理シナリオである里山の増減、保護林設定の有無による土地利用の影響を考察した。

S19-1

プロットデータに基づく樹木個体群動態の種間比較 ～ 散布カーネルの推定とマトリクスモデル～

正木隆(森林総研), 柴田鏡江(森林総研), 直江将司(京大・生態セ)

北茨城の小川群落保護林(コナラ、イヌブナの優占する落葉広葉樹林)では、種子から成木に至る樹木の個体群動態パラメータ(成長率や死亡率など)を推定するために、これまで23年間、測定がおこなわれてきた。ここは冷温帯林でありながら6haのプロット内に50を超える樹木種があり、主要とみなされる樹種は20種近い。その中で、たとえばコナラは、当年生実生は分布するが、樹高2m前後の稚樹がなく、このステージでのパラメータの推定ができない。一方で、稚樹はあるが中径木を欠く樹種もある。このように23年間の観測でも、樹種によってはサンプルが不完全でパラメータの推定はできなかった。

しかし、ベイズモデルが身近になり、階層化による種ごとの推定や、隣り合うサイズクラス間での自己相関を考慮した推定をおこなうことで、今までは諦めていたパラメータ推定が可能となった。本報告では、一番単純なマトリクスモデルのパラメータを推定し、18種の個体群動態を比較した結果を紹介する。

λについては、ウリハダカエデ、イタヤカエデ、オオモミジ、ブナ、ミズキがこの順番でトップ5となり、クリ、ミズメ、ミズナラ、コナラ、クマシデの順にワースト5であった。事前の予想では、ブナとイヌブナが最も高い増加率を示すと考えていたが、予想に反してカエデ属3種がもっとも高いλを示した。

弾力性分析については、実生・稚樹、壮齢木、高齢木の3段階にわけて値を計算したところ、系統的に近い種はよく似た傾向を示し、カエデ属は実生・稚樹と壮齢木の弾力性が高く、ナラ類やクリは高齢木の値が高いという共通点があった。

試験地で得られたデータは非空間モデルにとどまらず、空間構造を明示的に取り入れたモデルにも適用できる。試みとして、種ごとに推定した散布カーネルと上記のマトリクスモデルと連携した解析結果も紹介したい。

S19-3

樹木の肥大成長と気候変動 ～地理的クライン検出の試み～

中川弥智子(名大)

近年の温暖化や降水量変化などの気候変動が、生態学的現象に与える影響について、現在まで様々な生物を材料に多くの研究がなされてきた。樹木では、繁殖や生育に重要である開花・結実や展葉・落葉などのフェノロジー(生物季節)が早まる、または遅くなるということが報告されているだけでなく、その成長速度にも大きな影響があることが最近明らかになってきた。肥大成長の経年変化の検出は、年輪データの解析に基づいた、1種～複数種の樹木を対象にしたものが多い。しかし、高木・低木に関わらず比較的容易にかつ精度高く測定できる周囲長は、日本各地に数多くあるプロットで継続的に測定されている項目の1つであり、そのデータは着実に蓄積されてきている。また、気候変動が肥大成長に与える影響は樹種によって異なると予想されるが、群集レベルでの森林帯によっても異なる可能性が考えられるものの、広域でその影響を調べた研究はまだ少ない。

そこで本発表では、多くの研究者の協力により得られた、北海道から宮崎県までの20プロットにおける樹木の周囲長データを用いて、近年の気候変動が群集レベルでの樹木の肥大成長に与える影響を、地理的スケールで検出することを試みた結果を紹介する。本発表が、このシンポジウムのねらいでもある、プロット間ネットワーク研究の多角的な展開のきっかけになれば幸いである。

企画集会

- T01 流域 - 流程を結ぶランドスケープエコロジー：生態系同士のつながりに着目して
- T02 なぜ里山に竹林が広がっているのか？竹林が広がると何が起こるのか？
－その生物学的要因と生態系への影響－
- T03 生活史がもたらす適応進化：生活史戦略と生物の分布パターン
- T04 メタボリズム理論に基づく水界生態系の動的理解：個体から景観スケールまで
- T05 三宅島 2000 年噴火後の生態系の回復過程－巨大噴火に対する陸上生態系の応答－
- T06 群集と進化：Evolution in a community context
- T07 生態学における数的手法 2010
- T08 微生物群集と生態系をむすぶ：微生物多様性と生態系の多様性の視点から
- T09 博物館の生態学 6 ～視覚と体験で伝える生態学の理論～
- T10 熱帯林生態系における生物地球化学的研究の展開
- T11 伊豆諸島の生物地理と生物間相互作用
- T12 カワウの食害と対策
- T13 「関わり」からみる保全生態学 ～水田地帯の魚類をめぐる若手研究者の保全研究・活動の展開～
- T14 共進化生態学の新天地を求めて
- T15 生態系サービスの総合的な指標化
- T16 フェノロジー研究会「気候変動とフェノロジー」
- T17 河川上流・中流・沿岸における粒状有機物の移動と水生生物による利用
－各場の特性と流域スケールでの理解に向けて
- T18 旅する生物 －生物分布の歴史とその崩壊－
- T19 JapanFlux/CarboEastAsia: Carbon Balance of East Asian Terrestrial Ecosystems
- T20 普通種がいなくなるとき －水田地帯の生物多様性
- T21 使えるアリー効果：希少種保全、野生復帰、外来種管理への応用にむけて
- T22 アグロエコロジー研究会「農生態学への誘い」
- T23 群集生態学の新しい展開：生物群集とは何か
- T24 生物多様性研究と DNA バーコーディング
- T25 気候変動予測に向けた陸域生態系シミュレーションの現状、今後の課題
- T26 保全生態学の成果を現場に活かす：保護管理ユニット設定の科学と法整備
- T27 火は植生をどのように変えてきたのか？
- T28 日本列島内の隠れた遺伝的分化
- T29 もっと使える景観生態学：ランドスケープ× α
- T30 微生物生態学者から学ぶ方法論－分子生物学的解析法の適用可能性と限界－
- T31 近親交配：その進化的意義を問い直す

T01-1

森林と河川とのつながり：有機物、栄養塩の移動と水生生物群集との関係

河内 香織（埼玉大学理工学研究科）

河川における有機物や栄養塩などの物質の流れはいくつかの方向に分けることができる。本講演では、1、森林生態系から溪流生態系への移動、2、溪流生態系から森林生態系への移動、3、溪流生態系から汽水域生態系への移動という3つの物質の流れに焦点を当てる。それぞれの流れでは、1、溪畔林から溪流に流入する有機物と水生動物の関係、2、遡上したシロザケの死骸が森林生態系に及ぼす影響、3、沿岸に流下した落葉の海産無脊椎動物への生息場所や食物資源としての役割について、主に北海道石狩市を流れる山地小河川ゴキビル川での研究事例を紹介する。

T01-3

上流と下流とのつながり：流下過程における栄養塩動態

* 谷尾 陽一（京大農）、大手 信人（東大農）、福島 慶太郎（京大フィールド研）

河川は陸域から水を介して窒素やリンといった栄養塩を集積し、下流の生態系へと運ぶただの通路ではない。河川内を栄養塩が流下して行く過程で、Nutrient spiralingと表現される河川生態系独自の吸収-生成サイクルに栄養塩が取り込まれることによって、下流へと運ばれる栄養塩量がコントロールされているからである。

特に山地上流部の河川は、欧米では活発な栄養塩の吸収の場として注目され多くの研究が行われている。しかしながら、日本では山地河川内における栄養塩動態に着目した研究はこれまでほとんど行われていない。そこで演者らは原位置栄養塩添加実験を用いて、滋賀県南部の山地河川で栄養塩の吸収・生成の特性を明らかにすることを試みた。添加実験では、山地河川の源流から下流にかけて100m程度の調査区間を3区間設定し、塩化ナトリウム、硝酸ナトリウムおよびリン酸二水素カリウムの混合溶液を調査区間の上端からポンプを使って一定速度で注入した。そして、調査区間内における塩化物イオン、硝酸イオン、リン酸イオンの濃度変化を測定し、河川内の栄養塩除去速度を求めた。

調査の結果、流下過程で窒素やリンが河川内から除去されることを確認しただけでなく、除去する速度が流量や河川内の水理構造といった要因により規定されることがわかった。例えば、河川内に淀みや河床堆積物など Transient Storage Zone と称される空間の占める割合が大きな河川ほど、リンの除去速度が大きくなることを明らかにした。これは河川内でのリンの除去が河床堆積物などへの吸着によって主に行われていることを示している。

T01-2

植物-土壌と溪流とのつながり：人工林伐採撓乱とその回復過程に着目して

福島 慶太郎（京大フィールド研）

近年、手入れ遅れの人工林再生にむけ、皆伐や間伐、広葉樹林化など様々な施策が模索されている。森林施策は森林生態系に人為的な撓乱を加える。皆伐は大規模な人為撓乱であり、皆伐によって渓流水質が変化し、溪流生態系や下流域生態系に大きな影響を与えることが知られている。

本研究の調査地である奈良県十津川村のスギ人工林では、皆伐後渓流水中の硝酸濃度が皆伐前の15倍程度にまで上昇した。皆伐・植林後、人工林の成立に伴って水質はおおよそ15年程度で皆伐前の状態まで回復した。一方、皆伐・植林から5-10年経過すると、根による土壌緊縛力が弱まり、斜面崩壊の発生確率が最大になることが示されており、溪流の河床堆積物や河畔環境にも伐採の影響が経年的に変化するといえる。そこで溪流の河床や河畔の環境に大きく依存する水生生物相に着目し、その食性を摂食機能群と炭素・窒素安定同位体比から検討した。その結果、伐採直後には藻類食者・リター食者が混在していた。土石流の発生後間もない15年生のスギ林では藻類食者が優占しており、40年生スギ林やモミ・ツガからなる天然林では主にリター食者が優占していた。以上のように、渓流水質と河床・河畔環境は、共に皆伐の影響を強く受けるが、植栽木の成長に伴ってそれぞれ異なる過程を経るといえる。すなわち、皆伐・植林後渓流水への栄養塩流出が単調に減少するのに対して、人工林の成立過程で発生する斜面崩壊によって河床構造や河畔環境に再度撓乱が加わり、水生生物相の変化を引き起こす可能性が示された。

また、一定量の木材を伐採する際に、全域を満遍なく抜き切りする間伐と、部分的に皆伐地を造成する施策とで、溪流に与える影響をシミュレーションモデルを用いて比較した結果、間伐の方が部分皆伐よりも溪流への影響が小さいことが示された。渓流水質や水生生物相を保全する森林施策を行うためには、皆伐面積を低くすることが重要であるといえる。

T01-4

流域と流程とのつながり：集水域景観と食物網構造の流程変化に着目して

石川 尚人（京大・生態研）

河川生態系のネットワーク構造は、流域（陸域-水域）と流程（上流-下流）という2つの空間軸から構成されている。このうち流域スケールの研究は、特に森林と河川とのつながりについて様々な角度から明らかにされており、この分野の発展は著しい。これに対し、流程スケールの研究は欧米では報告があるが、急峻な地形を特徴とする日本河川での報告例は稀である。さらに流域スケールの研究の中でも土壌や地質的な要素に着目した研究例は少なく、河川集水域の中で個々の生態系がどのようにつながっているのかはまだほとんど分かっていない。

そこで、本講演では流域、流程という2つの空間軸に着目した生物地球化学・生態系生態学的な研究のレビューと共に、流域の植生だけでなく、土地利用、母岩形態の違いが河川生態系の食物網構造や物質循環に対してどのように影響するのかを、生物の炭素・窒素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ ）および放射性炭素の天然存在比（ $\Delta^{14}\text{C}$ ）を用いて検証した研究例を紹介する。 ^{14}C は時間と共にベータ崩壊を起こし、5730年の半減期を示すため、 $\Delta^{14}\text{C}$ は環境中の炭素滞留時間を明らかにすることができる。ここでは、 $\Delta^{14}\text{C}$ は地下部に由来する年代の古い炭素と現在の大気 CO_2 との混合で値が決まり、その流程変化は天然のトレーサーとして河川内の炭素動態の指標となると予測する。この予測のもと、集水域の景観要素が異なる河川の上流と下流において、生物の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ ・ $\Delta^{14}\text{C}$ を測定し、食物網構造の流程変化を検証することにより、流域と流程とがどのようにつながっているのかを考察する。

本講演から、河川生態系のネットワーク構造を理解する新しい視点提案すると共に、その可能性について議論したい。

T01-5

T01-5

総括

* 森 照貴 (北大・環境科学院), 石川 尚人 (京大・生態研)

生態系同士のつながりを考える上で、境界面で生じる現象に対する理解が重要であることは、近年多くの研究で指摘されている。隣接する生態系との境界が明瞭な河川生態系では、流下過程での物質やエネルギーの流れと生物群集構造を概説した河川連続体仮説のような枠組みで生態系間の相互作用が捉えられてきた。しかし、河岸の景観要素の影響や流下に伴って生じる生物学的プロセスなどは、実証的に示されてこなかった。そのため、生態系間の境界面でどのような現象が起こっているのかについての知見は不十分なままである。

本企画集会では、河川集水域の中で流域（陸域-水域）と流程（上流-下流）という2つの空間軸に着目し、生物群集と物質循環の両方の側面から景観スケールでの生態系同士のつながりを理解することを目指す。

本講演では総括として、実証研究に基づいた各講演を通して、景観スケールで見出される次の問いに答えていく。

1. 河岸の景観要素や流下過程での生物学的プロセスを考慮することで、河川連続体仮説とは異なる現象が見えてくるのか？
2. 滞留時間の短い河川では、境界面で生じるプロセスがカスケード的に生態系間を次々に伝播していくのか？

これらの問いに答えることで、河川集水域における生態系同士のつながりに関する新しい枠組みを提示していきたい。

T02-2

竹林はどのくらい広がっているのか？

大野 朋子 (大阪府立大・生命環境)

有史以前より日本人の生活と密接に関わってきたタケは、食や材として日本の文化を形成してきた。タケの高い商業的価値によって、竹林はこれまで適切に維持、管理されてきたが、近年、竹林が荒廃し問題視されている。竹林は、適度な利用を伴う管理によって健全に維持されるが、利用放棄によって荒廃している。適正な管理に対して技術的に対応するには、竹林の生態系が質的・量的にどのような動態を辿って劣化するかを明らかにする必要がある。これに関する知見を得るためにかつてタケノコ生産が盛んであった大阪府岸和田市をモデルとしてGISやリモートセンシング技術を用いて竹林面積の経年変化を調べた。竹林は岸和田市の中央部に位置する丘陵部や山間部に集中して分布し、総面積は1968年に213.46ha、2002年には484.91haに増加していた。増加速度は、期間によって違いがあり、1987年から1992年にかけてピークを迎え、1992年から2002年には緩やかになっていた。

竹林の拡大が問題視されてから10年以上が経過している。拡大の現状やそのプロセスはわかってきたが、対策を講じるための方策は未だに本質的に解決していない。単純にタケを伐採し、整備するだけでは、景観の劣化など新たな問題を招いている。タケを資源として日常的に利用しているアジア諸国では、日本以上に大面積の竹林があるが、日本のような問題は起きていない。竹林の拡大の問題を解決する糸口は、タケを資源として見直し、時代に即した利用を考えていくか、あるいは本来、モウソウチクやマガケは栽培種であるから、他の樹種などに転換していくしかない。

T02-1

竹林拡大研究の現状と竹林景観ネットワークの活動

鈴木重雄 (立命館大・文)

里山の利用停滞や管理放棄が、景観や生態系の構造の大きな変容を招いていると指摘されるようになり久しい。とくに、西日本を中心とした竹林の激増に対しては、空中写真判読やリモートセンシングなどの活用による面積拡大の報告や、地形や隣接植生など主に自然的条件との関係などについて説明がなされてきた。一方で、生態学で強く関心となる分布の拡大に係る大型タケ類の生物学的特性や生態系の機能、生物間相互作用に対する竹林拡大の影響などは、未だ十分に調べられていない。また、竹林拡大の引き金となった人間による竹林や里山管理の粗放化の過程やそのメカニズムについても、十分に検討されていない。つまり、「竹林」という生態的かたまりについては、その一面からしか評価されていない状態である。

そこで、本集会の企画者らは、多くの分野にまたがる竹林の研究を蓄積するために、生態学を含む多分野の研究者による集合・竹林景観ネットワークを結成した。ここでは、若手を中心とする研究者が成果を公表しあうことにより、分野間での研究交流を深めることを試みている。さらに、竹林に隣接して暮らしている住民にとっては、現在進行形の問題である。そこで、彼らを巻き込んだネットワークを形成することにより、竹林景観に関する学民間での情報の交流を図り、持続的で現状に即した順応的管理システムの構築を目論んでいる。これらにより、里山景観の保全への研究者のあり方に一つの事例を提示したいと考えている。

本集会では、竹林を対象とした生態学の研究の有用性に着目し、発展途上といえるタケ類に対する生態学の研究を提起したい。これらの研究は、竹林景観の今後を予測するために必要不可欠なものであり、これらの一歩先をいく研究成果を踏まえた上で、現在における竹林の適切な管理手法は何かを探っていくたい。

T02-3

ササとタケ・クローナル植物としての拡大特性

宮崎 祐子 (北大・創成)

近年、竹林の拡大がもたらす景観や生態系への影響が問題視されている。本研究では、竹類の旺盛かつ迅速な拡大を可能にする要因として、地下茎による栄養繁殖で増殖することに焦点を当て、拡大実態をもとにした拡大リスク評価を行った。兵庫県豊岡市を対象に、拡大前(1976年)と拡大後(2007年)間での竹林拡大の動態から、分布拡大に貢献する要因を抽出して空間明示的な拡大予測を行った。解析では地下茎による栄養繁殖の影響を統制するため、拡大前の竹林パッチからの距離をバイアスとして重み付けした上で、物理的環境要因として斜面傾斜角度・斜面曲率・斜面方位・土壌湿度条件・全天日射量を変数とした。結果は、既存の竹林による隣接効果(拡大前の竹林パッチからの距離と隣接サイズ)が支配的であり、物理的環境要因の制約は顕著でなく、広い範囲において拡大可能であった。このように物理的環境要因がほとんど分布拡大の制限要因にならない、竹林のルーズな特性が今日の繁茂につながっていると考えられ、物理的なセーフサイトは限定的であることが示唆された。

さらに、竹類のようなクローナル植物でみられる生理的統合(physiological integration)と呼ばれる、ラメット間で同化産物や栄養塩類などをやりとりする現象について、ササ類を対象に検証を行った研究を紹介し、竹類の高い増殖能力および攪乱耐性について検討する。

T02-4

炭素循環・水文過程を考慮したモウソウチク林の機能評価

小林 剛 (香川大・農)

モウソウチクは最も巨大なクローナル植物であり外来生物である。本種は西日本各地の里山二次林に急速に侵入し分布を拡大しており、それにとまなう林分内の生物多様性の低下や地域景観の悪化が指摘されている。しかし、森林生態系の構造や機能に対するモウソウチクの影響は未だ十分に分かっていない。

本報告では、香川県におけるモウソウチク優占度の異なる林分において、地上部バイオマス・成長速度、リター生産量・分解速度および林内微環境などを数年間にわたって調査してきた結果の概要を報告する。すなわち、モウソウチクの侵入と優占は1) 過去のマツ枯れによる炭素保有量の減少を補償している、2) 潜在自然植生と考えられる常緑広葉樹林よりも炭素保有量を低下させている、3) 地上部から土壌への有機物・栄養塩供給を制限するようなリターと微環境を形成していることが示唆された。

3) に関連する結果の例として、モウソウチクの優占度が高いほど土壌含水率は低い値となる傾向が挙げられる。気象因子との関係の解析から、モウソウチク林分内における降雨の分配様式がそのような土壌環境の形成に関わっている可能性が見いだされた。

T02-5

イノシシの生息環境としての竹林

安藤誠也 (奈良教育大・自然環境教育セ)

近年、農業人口の減少や高齢化によって、管理されなくなった土地が全国の至る所でみられる。耕作放棄された田畑には、イノシシの食料や、潜伏場所になりえる植生が繁茂する。モウソウチク・ハチク・マダケは三大有用竹と称され、筍畑や竹材林として、主に九州から東北地方で植栽されてきた。しかし、海外生産品や石油製品の普及によって放置されている。放置竹林では毎年発生するタケノコが、イノシシの食料になっている。このようなイノシシの生息環境となっている植生が、現存する農地と隣接して存在することが、農作物被害を発生させる一因になっている。

著者は農作物被害地域において、イノシシが年間を通じて放置竹林を、どのように利用しているのかを明らかにするため、調査区を設置し、食痕カウント及び自動撮影装置による調査を実施した。

食痕カウントの結果、イノシシが摂食しているタケノコの部位は、タケノコ及び伸長中の地下茎であった。タケノコの摂食が開始される時期は、モウソウチクでは発筍期(タケノコが地表に出る時期)の約半年前からなのに対し、ハチク、マダケでは、発筍期とほぼ一致した。またいずれの竹林においても、発筍終了後の時期に、伸長中の地下茎の食痕がみられた。以上のことから、これら3種の放置竹林が同一地域に存在する場合、時期によって餌資源量の増減はあるものの、放置竹林が年間を通じてイノシシの餌場となっている。

自動撮影装置によるイノシシの写真は、タケノコ摂食の瞬間、稗が密生する竹林に潜伏する幼獣、発筍期の竹林において授乳中と思われる親子の姿を捉えた。

放置竹林の拡大が、これを利用してイノシシの個体数を増加させている可能性がある。またイノシシがタケノコや伸長中の地下茎を摂食することが、竹林の盛衰にどのような影響を及ぼしているのかを、検討する必要がある。

T02-6

竹林の利用・管理の現状

谷崎ゆふ (福岡県森林技セ)

竹林のある風景は長く日本人に親しまれているが、昨今手入れをされず放棄されている放置竹林や他の土地に拡大侵入する侵入竹林が問題となっている。

福岡県では、竹林の約4割が放置竹林であり、放置竹林と侵入竹林合わせて年約1%拡大していると試算している。

竹林は、たけのこ・材の生産利用のほか竹林オーナーとしての利用が進んでいる。特に都市近郊では放置林対策としてのオーナー制度の創設が増えている。

侵入竹対策として、除伐後遮蔽板を埋め込み地下茎を遮断する方法や、竹幹に除草剤を注入する葉殺殺が開発され実証されている。今後、生態系に配慮した殺殺方法が課題である。

また、たけのこ生産は国産志向の高まりとともに増産傾向にあり、持続的な竹林管理が望まれる。生産者の高齢化に対応した省力型竹林管理として、中小型たけのこの生産技術が整備された。市場ニーズに対応する中小型たけのこを生産し、親竹を小型化して労働力の軽減を図る栽培方法であり、今後現場の普及が進むと思われる。

竹の成長力・成分特性に着目した竹バイオマス利用は今後ますます利用用途が拡大していくことが予想される。

農業分野での堆肥・敷料原料、土木分野での緑化資材として実証試験が行われている。また、民間では竹繊維・竹粉末に加工した食品・衣料利用が進んでいる。

今後、競合する外国産竹資源に対抗するには、竹の機能成分の解明とともに供給体制の整備が必要不可欠と思われる。

T02-7

今後の竹林拡大研究における課題と方向性

河合洋人 (岐阜大・流域圏セ)

今後、竹林拡大に関する研究の課題として、いくつか挙げられるが、最も大きな課題は地下部に関する研究だと思われる。現在、地下部に関する研究はあまり多くないが、地下部はタケ類の生態や竹林拡大を理解する上で重要である。また、地球温暖化対策のため、二酸化炭素吸収源としての竹林の評価が行なわれているが、やはり地下部に関するデータ蓄積の少なさが指摘されている。従って、地下部の成長や現存量の把握など、地下部に関する研究が今後必要になると思われる。さらに、データの蓄積という点では竹林拡大研究の研究数自体が多いとはいえない。特に近畿地方から以東の地域における研究事例が少ないため、さらなるデータの蓄積が必要となるであろう。一方、植生遷移から見た場合の竹林の推移に関しても興味深い課題であろう。従来は植生遷移の過程では、途中相に位置づけられていた。しかし、原生竹林の更新とその生態学的研究(上田・沼田、1961)は地形条件によっては極相に近い状態(地形的極相)が維持される可能性を指摘した。この点は長期的なモニタリングやリモートセンシングによる過去の竹林動態の推移などから解明する必要がある。さらに、今回講演して頂いた、竹林の物質循環に関する研究も、竹林拡大のメリットやデメリット、竹林の生態系における役割を評価するといった点で重要であろう。このような課題以外にも、今回の企画集会で講演していただいたその他のテーマや、参加者による意見なども踏まえて、今後の竹林拡大研究をどのように進めていくべきか、議論を深めていきたい。

T03-1

T03-1

大型藻類の最適生活環境戦略と分布パターン

* 別所和博 (九大・シス生), 巖佐庸 (九大・理)

海藻の多くは、半数体世代 (配偶体) と2倍体世代 (胞子体) が独立した藻体を持ち、それらが減数分裂と接合で世代交代をする。さらに、その世代交代のパターンは大きく分けると、片方の世代が大きな藻体になりもう片方の世代が微小になる異形世代交代と、両方の世代がほとんど同じ形と大きさになる同形世代交代の二つに分類でき、それらは緑藻、褐藻、紅藻の各グループに見られる。

我々は、これらを季節変化する環境への適応の結果として理解する数理的研究を行った。そこでは生存率が季節変化する環境を設定し、大きな藻体をもつ生活形は捕食や物理的攪乱を受けやすいため季節性が強く、微小な生活形は成長をしないが安定した生存が見込めると仮定し、各世代の最適世代交代 (成熟) スケジュールと、二種の競争状態における優位性について調べた。

その結果、異形世代交代をする種は、大きな藻体をもつ世代が死亡率の低い季節に生育して、小型の世代が死亡率の高い季節に生育するようなスケジュールでの世代交代が最適であった。そして、同形世代交代をする種は、全ての世代が一定の成熟サイズに達した時点で成熟するようなスケジュールでの世代交代が最適であった。

また、異形世代交代をする種は同形世代交代をする種と比較すると、より季節変化が激しい環境で優占することが予想された。そして、死亡率が極端に高い環境と極端に低い環境では、異形世代交代をする種が優占し、その中間の環境に同形世代交代をする種が優占することが予想された。

本発表では、理論的に予測される世代交代様式の優位性と、現実の潮間帯に見られる海藻の地理的な分布パターンの関係などについても発表することを予定している。

T03-3

温度-サイズ則の適応的意義を探る

* 入江貴博 (琉大・熟生研)

温室効果ガスに起因する地球温暖化の懸念を背景として、欧州では外温生物の温度適応に関する研究集会在近年頻りに開催されている (cf. <http://www.esf.org/thermadapt>)。特に決定成長の分類群を対象とする研究者の間では、低い温度環境で育った外温動物が長い成長期間を経て、より大きな体サイズで成熟するという反応規範の適応的意義が古くから議論の対象となってきた。この温度反応規範は「温度-サイズ則」(temperature-size rule) と呼ばれ、分類群の壁を越えて広く観察されている。この経験則が自然選択によって変更されざる拘束 (constraint) の産物であるという可能性は、主に昆虫を対象とした実証研究によって繰り返し否定されてきた。その一方で、この普遍的な反応規範を進化的に支える適応的意義を説明する数多くの (相互に背反しない) 仮説が提唱され、百家争鳴の様相を呈している。本講演ではまず、これまでに提唱された代表的な仮説とその検証事例を紹介する。温度-サイズ則に関する実証研究はこれまで主に昆虫を材料として進められてきたという経緯がある。従って後半では、昆虫以外の分類群に対する研究の一例として、潮間帯に棲む決定成長の腹足類 (有殻の軟体動物) を対象とした私自身の研究成果を紹介する。貝殻の材料である CaCO_3 は温度が低くなるほど結晶化に要するコストが増大するため、石灰化を行う外温動物は温度-サイズ則に従わない可能性が指摘されている。それに関わらず、対象とした種 (ハナビラダカラ *Monetaria annulus*) は温度-サイズ則に従うことが飼育実験によって明らかにされた。この事実を前提として、陸上生物とはまったく異なる生態学的背景を有する海洋ベントスが温度-サイズ則に従うことの適応的意義を突き止めることを目的とした現在進行中のアプローチについて述べる。

T03-2

温度反応基準の進化とその制約について

* 山平寿智 (新潟大・理・自然環境)

反応基準は生活史進化の中心的概念の一つである。反応基準の進化に関する理論や実証研究の多くは、反応基準の形の進化、すなわち可塑性の進化に注目してきた。反応基準の形の変異は、表現型分散の成分で表すと、遺伝子型と環境との相互作用として表される。しかし、反応基準の変異には、反応基準の高さの変異もある。もしある環境に特定の高さの反応基準をコードする遺伝子型が偏在する場合、その偏在によってもたらされる環境間の表現型分散の成分は、遺伝子型と環境との共分散として表される。この共分散は、表現型値に対する遺伝子型の効果と環境の効果とがパラレルになる (例えば、体サイズを大きくする遺伝子型が体サイズを大きくする環境に多い) 'cogradients variation (CoGV)' と、遺伝子型の効果と環境の効果とが逆行する (例: 体サイズの大きい遺伝子型が体サイズを小さくする環境に多い) 'countergradient variation (CnGV)' とに分けられる。環境温度に対する反応基準 (= 温度反応基準) の地理的変異に関する知見の近年の蓄積により、CoGVは形態形質に多く見られ、CnGVは生理的形質に多いことが指摘されている。CoGVもCnGVもある環境に特定の遺伝子型が多いという地理的変異パターンであるので、どちらも適応進化の結果と考えるのが妥当である。では、なぜ形態形質と生理的形質とで真逆の共分散が進化するのだろうか? 演者は、温度反応基準の形の進化における遺伝的制約がその原因ではないかと考えている。講演では、メダカのような形態形質と生理的形質の温度反応基準の緯度間変異を紹介しながら、その是非について議論する。また、温度反応基準の進化の制約がどのくらいのタイムスケールで解放されるかについても論じ、温度反応基準の進化の不連続性と生物の地理的分布境界との関係にも焦点を当ててみたい。

T04-1

海洋動物プランクトンの代謝活性: グローバルモデルの確立に向けて

西部 裕一郎 (東大・海洋研)

海洋において動物プランクトンは普遍的に分布しており、莫大な生物量を有する。そのため、海洋が二酸化炭素の吸収源として注目されている今日、動物プランクトンの代謝が生態系の炭素循環において果たす機能を理解することは益々重要になっている。海洋動物プランクトンの個体レベルでの呼吸速度 (酸素消費速度) には、様々な物理的、化学的、生物的要因が影響することが知られているが、熱帯から極海の表層に生息する多様な動物プランクトン (8門 143種) の呼吸速度を統合的に解析した研究によって、分類群や種には殆ど関係なく、呼吸速度の変動の90%以上が体重と生息水温によって説明できることが明らかにされている。また、これらの資料に基づいて、海洋動物プランクトンの呼吸速度-体重-生息水温の関係はグローバルモデルとして定式化されており、群集代謝を推定する際に多く使用されている。さらに、最近の研究では、海洋の中・深層 (水深500 m以深) に生息する動物プランクトンの呼吸速度は、同水温条件下での表層性種の値と比較して1/3~1/2程度であることが報告されており、これらの点を加味したグローバル・バシメトリックモデル (生息深度と酸素飽和度をパラメーターに追加) も提出されている。本発表では、はじめに、海洋動物プランクトンの代謝活性、特に呼吸速度に関して、その測定手法、温度依存性、体サイズとの関係について、これまでの研究を概説する。さらに、上述のグローバルモデルを用いて海洋動物プランクトンの群集代謝を推定した研究例についても紹介する。

T04-2

湖沼メソコスムにおける生物群集の体サイズ構造とメタボリズム

* 福森 香代子, 酒井 陽一郎, 西松 聖乃, 陀安 一郎, 奥田 昇 (京大・生態研)

一般に、単細胞生物から恒温動物に至る全ての生物の代謝速度は、体サイズの $3/4$ 乗に比例して増加する。これは生物界一般に普遍的なスケーリング則（アロメトリー）として知られている。また、単位体重あたりの代謝速度は体サイズの $-1/4$ 乗に比例して減少する。従って、相対的に小さな生物で構成される群集ほど、生態系全体の代謝速度（生態系メタボリズム）が大きくなることが予測される。この生物群集の体サイズ構造と生態系メタボリズムのスケーリング則を検証することを目的として、琵琶湖の生物群集を内包したメソコスム実験を実施した。特に、高次捕食者である魚類の摂餌機能多様性（魚類不在、プランクトン食魚、ベントス食魚、両種混生の4実験区）を操作することにより、プランクトン群集の体サイズ構造と生態系メタボリズムに及ぼすトップダウン栄養カスケード効果に焦点を当てた。2ヶ月に亘る実験の結果、プランクトン食魚区ではプランクトン群集が小型化した。ベントス食魚区ではそのような傾向は認められなかった。また、両種混成区では、プランクトン食魚区とベントス食魚区の中間的な体サイズ構造を示した。以上より、魚の摂餌機能多様性はプランクトン群集の体サイズ構造に栄養カスケード効果をもたらすと結論された。しかし、この栄養カスケードは操作区間のメタボリズムの明瞭な差を引き起こさなかった。生態系メタボリズムはプランクトン群集の体サイズ構造に依存しておらず、懸濁懸リン濃度と強い相関が認められた。個体のメタボリズムは慣習的に好適な生育環境下で測定されることが多い。しかし、群集レベルのメタボリズムは個体レベルのメタボリズムの単純な総和とならず、律速資源に強く制限されることが本研究により実証された。メタボリズム理論を生物群集や生態系に適用するにあたり、生態化学量論を導入することの重要性があらためて示唆された。

T04-4

メタボリズム理論を個体群・群集・生態系の理解に活かす

近藤 倫生 (龍谷大・理工, JST さきがけ)

生物個体の代謝を考慮した個体群-群集生態学のアプローチが、近年、盛り上がりを見せている。その一つの理由は、代謝が生物個体と環境間の物質やエネルギーのやり取りを規定するため、捕食・被食関係を中心に発展してきた生態学の問題意識とよくなじんだためであろう。たとえば、生物個体の同化速度は、摂食速度の上限を決めるので、捕食・被食関係の強度と密接に関連する。また、死亡によって失われるバイオマスはたかだか体サイズ程度であるのに対して、一生を通じておこなわれる呼吸によって個体群から失われるバイオマスは大きなものになりうる。個体群動態について研究する際に、この生物の代謝に関する特徴を考慮に入れることで、現実の生物群集の振る舞いのより正確な理解が可能になるだろう。本発表では、現実の生物群集データと代謝理論にもとづいて各個体群の変数を決定した食物網モデルの解析から導かれた、個体群・群集・生態系レベルにおけるパターンやプロセスに関する理論予測を紹介する。特に、(1) 生物群集において種間にはたらく間接効果のはたらきかた；(2) 複数の栄養段階からなる生態系ピラミッドの構造とそこでの物質流；(3) 生態系過程が生物群集の構造とどのような関わりを持っているか、の3つの問題に主眼をおいて議論する。

T04-3

水系ネットワークと流域代謝速度のアロメトリー

* 岩田 智也, 廣瀬 正也, 伊在 丸洵 (山梨大・工), 芳賀 弘和 (鳥取大・農), 高津 文人 (国環研)

一般に、ボディサイズと代謝速度の間には、アロメトリー（非相似）関係が成立する。例えば、微生物から大型哺乳類にいたる様々な大きさの生物で、体重の $3/4$ 乗に比例して代謝速度が増加することが知られている。この代謝速度のべき乗則は、血管のようにフラクタル様のネットワークで資源を分配する系でみられる普遍的なパターンであるらしい。すなわち、資源の輸送・分配ネットワークの形状が、系全体の代謝速度を決めているものと考えられる。

水系網は、枝分かれした各支流が、流域からさまざまな陸上有機物を集めながら下流へと輸送するネットワーク・システムだ。また、水系は河川生物の代謝により、活発に陸上有機物を分解している。つまり、水系全体の陸上有機物を基質とする呼吸（代謝）速度は、水系網の大きさとアロメトリー関係にある可能性がある。そこで本研究は、流域スケールにおける陸上有機物の代謝速度と水系サイズとの間のスケーリング則を探索する目的で、富士川水系全域を対象とした野外観測を2年にわたって実施した。

調査の結果、水系全体における陸上有機物の代謝速度は、一定のべき乗則で流域面積とともに変化することを明らかにした。また、その指数は1を上回り、河川内における陸上有機物の分解速度は、大きな流域ほど相対的に高かった。これは、大流域ほど相対的に水路面積が大きくなり、河川生物の代謝の場が大きく広がることによる原因と考えられた。本研究により、個体や群集レベルと同様に、景観レベルにおいてもシステムサイズと代謝速度の間にべき乗則が成り立つことを明らかにした。また、より大河川の水系ネットワークを改変した場合に、河川を通じた陸から海洋への炭素輸送が変化する可能性が相対的に高くなるものと考えられた。

T05-1

三宅島 2000 年噴火の概要について

樋口 広芳 (東大・農学生命)

伊豆諸島三宅島は2000年8月から9月にかけて大噴火し、大量の火山灰を放出した。最大の噴火であった8月の噴火の噴煙高度は15kmに達し、山頂には直径1.5km、深さ500mの巨大な新火口が形成された。新火口からの火山灰の放出は2000年以降終息したが、二酸化硫黄を含む火山ガス放出がこれに続いた。2000年から2001年にかけての二酸化硫黄の放出量は、1日あたり48000tonにも達し、その後減少傾向になったが、現在も1日あたり数百トンから数千トンの二酸化硫黄が放出されている。これら一連の噴火活動により島の生態系は多大な影響を受け、三宅島の森林の60%にあたる2500平方kmの森林が強い被害を受けた。また、山頂とその周辺部には、火山灰が堆積した広大な裸地が形成された。噴火は生物種の豊富さにも多大な影響を及ぼした。植物では、山頂部にのみ生育していたハコネコマツツジやウメバチソウなどが三宅島で絶滅した可能性が高く、森林への依存性の高い鳥類であるオーストンヤマガラは、鳥全体で生息数が半数以下になったと推定されている。一方、噴火後、一定期間後に増加した種も存在する。植物に関しては、これまで三宅島ではほとんど確認されなかったシダ植物であるユノミネシダが二酸化硫黄の高濃度地域を中心に著しく増加した。また、噴火被害林の多くが、ハチジョウススキの草原へと変化しつつある。昆虫については、フタオビミドリトラカミキリ、イズアオドウガネの大発生が確認されている。さらに微生物においては、噴火後に成立した裸地では、化学合成細菌の存在も確認されている。このように三宅島の生物群集はダイナミックな変化をしている。

T05-2

T05-2

空から見た噴火影響と陸上生態系の回復

高橋俊守 (宇都宮大・里山科学センター)

三宅島における 2000 年の噴火及びそれ以降継続されている火山活動に伴い、噴石、火砕流、降灰、高濃度の火山ガス等が発生し、これらの影響によって広範囲にわたって植生被害が発生している。植生を失った斜面は、大雨時に泥流やがけ崩れを生じやすくなるため、二次災害の恐れが懸念されている。このため、噴火後の植生被害の動態を監視することは、生態学的な側面に加えて、三宅島の復興や災害防止の観点からも重要である。そこで本研究では、衛星画像を用いた噴火後の植生の被害と回復の動態を表す地図の作成を試みた。

2000 年の三宅島噴火の前後の期間を観測した衛星データとして、噴火前の観測データがある JERS-1/OPS の 4 時期の画像と、噴火後の観測データがある Terra/ASTER の 8 時期の画像を選定し、解析に用いた。噴火前、噴火後 2 年以内、噴火後 3 年以降に時期を区切り、それぞれの期間における NDVI 最大値画像を作成して統合し、クラスタリングを行った。この結果、三宅島における植生の変遷過程を 6 パターンに分類した評価図を得た。衛星画像の分類と現地踏査の結果をもとに、三宅島における植生の回復過程について考察を加えた。この結果、衛星画像の分類で示されたパターンは、噴火直後の植生被害の程度とその後の植生回復状況によって解釈することが可能であった。

T05-4

植生遷移と火山灰堆積地における土壌の初期生成

*川越みなみ (朝日航洋), 上條隆志, 田村憲司 (筑波大・生命環境)

三宅島の植生は 2000 年噴火により、多大な影響を受けた。本発表では、噴火後の植生変化の概要および、火山灰堆積により裸地化した地域における植生 - 土壌系の初期発達過程について述べる。

2001 年に島の中腹以下 (190-420m) に 11 ケ所の固定調査区 (10 × 10m) を設置し、2009 年まで毎年調査を行った。これら調査地は火口からやや遠く、噴火前の生残個体が多くみられた。2001 年には、全面落葉した樹木が胴吹きにより一時的に再生したが、2003 年から 2004 年にかけて、これらの多くは枯死し、多数の枯れ木が生じた。その後、火山ガス耐性があると考えられるユノミネシダ、ハチジョウススキなどの特定の草本種が著しく増加した。

植生 - 土壌系の初期発達過程を明らかにするために、島西部の中腹以上 (379-544m) に 3 ケ所の固定調査区 (10 × 10m) を 2007 年に設置した。これらは、火山灰堆積 (20-52cm) によりほぼ裸地化した地域にある。植生回復は標高に対応しており、標高 379m と 443m ではハチジョウススキ - オオバヤシャブシ群落であったのに対して、544m では、ほぼ裸地に近い状態 (植被率は 5%未満) にあった。植生発達と土壌生成には明瞭な対応関係がみられ、植生が発達した地点ほど、土壌有機質層が厚く、根の侵入が深かった。表層土壌の微細形態についても、裸地に近い調査区では、亜角塊状ベッドからなる構造であったのに対して、ハチジョウススキ - オオバヤシャブシ群落では小粒状ベッドと軟粒ベッドからなる構造が観察された。炭素蓄積については、地上と地下の炭素蓄積量合計値が大きい地点ほど、植物体が占める炭素量の割合が高かった。このことは、植生 - 土壌系の初期発達過程の炭素蓄積は、植生系が先行することを示しているものと考えられる。

T05-3

三宅島火山噴火と土壌微生物生態系の応答

太田寛行 (茨城大・農)

生態系のエネルギー・フローと炭素 - 水素 - 酸素の循環はリンクする。その実体は光合成系と酸素呼吸系の共役である。三宅島 2000 年噴火とその後の火山ガス噴出は、光合成系 (植物) を無くした環境を生み出した。残っているのは呼吸系 (土壌微生物) であり、その群集構造と機能にどのような変化が生じたかを、本発表では突きつめ、議論を行いたい。分析試料は、雄山山頂近くで採取した火山灰堆積物 (採取、2003 年～; pH 3.0-3.7; TC, < 0.01-0.03; TN, < 0.01-0.01) である。2003 年採取試料の培養可能菌数 (g^{-1}) はすでに 10^5 オーダーであり、翌年以降の採取試料では 10^6 のレベルが維持された。この細菌密度は通常土壌の約 1/100 であるが、CO₂ 吸収活性、ニトロゲナーゼ活性、鉄酸化活性は、噴火の影響を受けなかった島内土壌よりも十分に高かった。試料から直接 DNA を抽出して行った遺伝子ライブラリー解析 (16S リボソーム RNA 遺伝子、RubisCO 遺伝子 (*rbcl*)、ニトロゲナーゼ還元酵素遺伝子 (*nifH*)) の結果は、鉄酸化細菌、*Acidithiobacillus ferrooxidans* と *Leptospirillum ferrooxidans* が主要な細菌であることを示唆した。さらに、¹⁵N₂ ガスを用いた stable isotope probing によっても両細菌グループの窒素固定能が示された。以上の結果より、火山灰堆積物の微生物生態系では、鉄酸化のエネルギー生成系から始まり、CO₂ 固定と N₂ 固定代謝が連動していることが推察された。

T05-5

三宅島噴火による枯死木、腐朽木の増加と、それに伴う穿孔性甲虫、特にカミキリムシ相の変遷

槇原寛 (森林総合研究所)

カミキリムシ類は主として食材性の昆虫で種類も多い。乾いた材、湿った材、衰弱木、生立木などを食害する種、さらに特定の樹種を嗜好する種、しない種など、様々な食害形態を持った種を含んでいる。三宅島は 2000 年 7 月の噴火前まで 54 種のカミキリムシが記録され、このような食害形態の種が全て含まれていた。三宅島は 2000 年噴火後、火山ガスの影響で多数の枯木、衰弱木が生じた。2003 年に火山ガス高濃度地区でフトオビミドリトラカミキリの大発生が確認された。フトオビミドリトラカミキリは樹皮付きの比較的乾いた堅い材に産卵する。2000 年の噴火は 7、8 月であるが、本種の発生のピークは 6、7 月なので、噴火時にはすでに産卵されていたと推定される。2004 年 2 月に火山ガスの影響を受けた地域の枯木から本種のものと思われる脱出孔が多数認められた。トラカミキリ類の幼虫は乾燥に強く、条件が悪いと生存期間を延ばすことができる。このため、2003 年のフトオビミドリトラカミキリの大発生は 2000 年噴火前に産卵された個体、2001、2002 年産卵の個体も含まれている可能性がある。その後 2004、2007、2008 年に火山ガス高・低濃度地区の定点での調査と 2007、2008 年のガス高濃度地区から順次低濃度地区へと変化する坪田林道沿いの調査を行った。その結果、2004 年も火山ガス高濃度地区でのフトオビミドリトラカミキリの大発生が続き、2007 年には減少した。2007、08 年には枯木でも湿度がありやや硬い木に産卵するニホンチャイロヒメカミキリが増加した。さらに腐朽木食のコバネカミキリが増えてきた。この傾向はガス濃度の高い高地から濃度の低い低地へと移行した。このような大発生の変化はいまだに続いている。

T05-6

三宅島 2000 年噴火後の鳥類の生息状況と保全上の問題点

* 加藤和弘, 樋口広芳 (東大・農学生命)

三宅島 2000 年噴火は、その初期においては火山灰の付着などによる害や、陥没や泥流による生息場所の消滅・破壊といった直接的な形で、鳥の鳥類に打撃を与えた。その後今日に至るまで火山ガスの噴出が続き、鳥の植生を損なうとともに、鳥類にも影響を与えている。

噴火直後の三宅島では鳥類相が大きく変化し、一部の個体は近隣の島などに移動していた可能性も示唆されている。その後、植生に大きな変化がない場所では鳥類相も噴火以前の状況にほぼ復帰しているが、植生が退行している場所では鳥類にも影響が認められる。火山ガスの影響を強く受ける場所では、樹木が衰退して草本植物やシダ類が多くなっており、そのような場所からは、コマドリやヤマガラなど樹林性の鳥類種が姿を消し、ホオジロなど草地性の種に置き換わりつつある。さらに、鳥類群集と植生の関係が年を追って変化していることも見逃せない。2006 年頃までは、植生の破壊が大きかった場所でもある程度の数の鳥がみられていたが、2008 年以降、そのような場所では鳥の数が少なくなっている。その理由はなお未解明であるが、可能性としては、噴火後しばらくの間は枯死木や衰退木で発生する昆虫が鳥類の食物となっていたのが、枯死木の分解や人間による除去などに伴ってこれらの昆虫が減少し、鳥類にも影響が及んだことが考えられる。

三宅島での鳥類の保全を進めるためには、植生の衰退や回復の実態を把握した上で、これらに伴う昆虫や小動物の状態も踏まえた上で鳥類の動向を明らかにする必要がある。三宅島には、アカコッコ、イジマムシクイ、ウチヤマセンニュウなど固有性の高い種や亜種が高密度で生息している。現状の適切な把握に基づく対策が急務である。

T06-2

植食者に働く拡散的な自然選択：インターフェースとしての植物の食害応答

内海俊介 (ヨエンスー大学)

陸上植物はさまざまなタイプの植食者や病原菌によって常に損傷を受ける。損傷を受けた植物個体は、その表現型を可塑的に変化させる食害誘導反応を示す。その際、食害の種類に応じて特異的な反応を示すこともよく知られる。もし、食害誘導反応が植食者の形質進化に影響を及ぼす場合、局所的な植食者の種構成などに依存して植物の表現型発現に変異が生じることによって、植食者の多様な形質進化が生じるかもしれない。

ヤナギリハムシ (以下ハムシ) は、春から秋にかけて連続的に出現するヤナギ科植物のスペシャリスト植食者である。この成虫は一般に、きわめて強い新葉選好性を有する。しかし実際には、局所個体群によって選好性の強さが異なり、新葉と成熟葉の間で選好性をしない個体群もあることが見出された。われわれのこれまでの一連の研究は、この地理変異が、再生長反応というヤナギの食害誘導反応の強度の違いに対応した局所適応である可能性が高いことを示している。これは、再生長反応の強度に応じて新葉生産が大きく決定されるためである。さらに、その後の野外調査から、再生長反応の強度には植食者の局所群集の構造が強く関わっていることが示唆された。また、群集操作実験から、植食者の群集構造 (種組成) の違いによって誘導反応のパターンが異なり、それに対応してハムシの選好性に対して異なる強さや方向の自然選択がかかることが示された。この現象は、植物の食害誘導反応がインターフェースとなって、植食者群集の構造が間接的に植食者の形質に作用する拡散選択としてとらえる事ができるだろう。本集会では、これらの成果を紹介し、今後の展望について議論したい。

T06-1

複数種の加害による選択圧とその応答：量的遺伝学からみた群集と進化

巖圭介 (桃山学院大)

食うものと食われるものの相互作用、とくに植物と植食者の相互作用において、その関係が厳密に 1 対 1 であることは少ない。多くの場合、1 対多、あるいは多対多の関係にある。1 対多の場合、複数種の側が他方に及ぼす選択圧とそれに対する進化的応答は、単純に個々の独立した 1 対 1 関係の総和ではなく、拡散 (diffuse) したものになる可能性が高い。1 植物とそれを食害する複数植食者の間の進化的相互関係において、各植食者との進化的関係が相互に独立した関係であるかどうかは、次の 3 つの要因を考えなければならない。まず、それぞれの植食者に対する植物側の抵抗性 (食害されにくさ) が遺伝的に独立であるかどうか。次に、植食者の食害パターンが他の植食者 (の食害) の存在と独立であるかどうか。3 つ目に、各植食者による食害量とその植物の適応度の関係 (耐性) が、他の植食者の食害と独立であるかどうか。これら 3 つのうちひとつでも独立でないものがあれば、植物と各植食者の相互関係は互いに独立には進化せず、拡散的な進化が起きると予測される。3 つの要因を個々に分離して分析するには、個々の植食者の存在や食害量をコントロールした操作実験を繰り返す必要があるが、いずれの要因もすでにさまざまな系で少なくとも表面的には観察されていることであり、群集全体を考えれば拡散的進化は珍しいものではないと予想される。そうした拡散的進化の結果として、植食者群集に対して植物の側の抵抗性あるいは耐性が形成され、それに呼応して植食者群集が成立していると考えられるならば、群集構造を理解する上で拡散的進化の視点が不可欠であることは間違いないだろう。拡散的か否かという単純な問いを超えて、その有無が群集構造にどのようなパターンを生み出すかを考えなければならない。

T06-3

アリ植物をめぐる生物間相互作用の起源と多様化

* 上田昇平 (信大・理), Swee-Peck Quek (ハーバード大・FAS センター), 大久保忠浩 (京大院・人環), 市岡孝朗 (京大院・人環), 市野隆雄 (信大・理)

東南アジア熱帯雨林のアリ植物オオバギ属は、アリ (シリアゲアリ属), カイガラムシ (ヒラタカタカイガラムシ属) およびシジミチョウ (ムラサキシジミ属) と緊密な共生・寄生関係をむすんでいる。これらの共生・寄生者はオオバギに対し形態的・行動的に特殊化しており、寄主との共進化が指摘されている。4 者系のうち、オオバギとアリに関しては分子系統樹を比較した先行研究が行われており、両者は約 2000 万年の間、共生関係を維持し、共多様化してきたことが明らかになっていた。本講演では、オオバギ・アリ共生系とそれに適応した共生者 (カイガラムシ)・寄生者 (シジミチョウ) の起源と多様化のプロセスについて述べる。カイガラムシとシジミチョウは、オオバギ・アリと同時に共生・寄生関係を手に入れ、共多様化してきたのだろうか (共多様化モデル)。それとも、すでに多様化したオオバギ・アリ共生系に後から参入し、寄主転換しながら多様化してきたのだろうか (後乗り・放散モデル)。本研究では、東南アジア全域から採集されたカイガラムシとシジミチョウの分子系統樹を作成し、両者がいつオオバギ・アリ共生系に参入したのか (起源年代) を検証した。結果として、カイガラムシは約 800 万年前に、シジミチョウは約 200 万年前にオオバギ・アリ共生系に参入したことが明らかになった。つまり、カイガラムシとシジミチョウには「後乗り・放散モデル」が当てはまることになる。この結果は、4 者以上からなる共生・寄生系の起源が必ずしも一致せず、逐次的に共生者の参入が起こる場合があり、生物群によって多様性のプロセスが異なることを示している。

T06-4

T06-4

局所的な天敵群集とアリーアブラムシ共生の相互作用

*片山昇 (京大・生態研), 仲澤剛史 (京大・生態研, 台湾大・海洋研)

相利共生とは、相互に関係する生物種が互いに相手から利益を受ける関係であり、あらゆる生態系にみられる。しかし、相利共生は状況に応じて変化し、時として解消される。例えば、アリとアブラムシの関係は、アブラムシが甘露を提供するかわりに、アリがアブラムシの天敵を排除するという、良く知られた相利共生の一つであるが、アリーアブラムシの関係は生態的あるいは進化的に変化しやすく、相利から片利、さらには敵対にいたるまで多様な形態が存在する。このようなアリーアブラムシ系における関係の変異の創出やその維持機構について、これまでの研究ではアブラムシがアリに随伴されることに対するコストと利益を考慮した最適化理論が用いられてきたが、その範囲に取まらない例が多い。したがって、アリーアブラムシの2者間の相互作用だけでなく、第三者を含めた複数種間の相互作用について解析する必要がある。

アブラムシの天敵にはテントウムシ類や寄生蜂などがみられ、それらの天敵間にはギルド内捕食などの相互作用が存在する。例えば、大型のテントウムシは、ギルド内捕食者として寄生蜂の個体数を抑制する。アリはこうした寄生蜂を寄主個体ごと捕食してしまう大型テントウムシを排除してくれる。そのため、アブラムシに引き寄せられたアリは、ある種の天敵に対しては生息できない「空間」を生み出し、また別の天敵に対してはアブラムシを効果的に利用できる「採餌場所」を提供することがあると考えられる。本講演では、このようなアリーアブラムシ系を複数種の生物が関わる相互作用として捉え直し、相利共生の動態について議論する。加えて、アリーアブラムシの相利共生とアブラムシの天敵群集の地理的パターンを調べ、それらを基にしたシミュレーションの結果を紹介する。

T07-1

環境の非一様性と時空間分布

重定 南奈子 (同志社大・文化情報)

生物の生息域は、一般に、自然のプロセスあるいは人為的攪乱により、様々な形や大きさに分画・分断され、モザイク状を呈している。特に、近年、道路や森林開発などにより生物の生息域の分断化が急速に進み、その分布や存続に大きな脅威となっている。こうした状況に歯止めをかけ、生物多様性を維持するための一つの方策として、いくつかの保護地域を緑地でつなぐ緑の回廊 (コリドー) 計画などが進められている。

本講演では、モザイク状の不均質環境として、3種類の規則的な分断環境 (帯状分断環境, 島状分断環境, コリドー環境), および、それらの規則性を確率的に変動させたランダム分断環境を取り上げ、これらを反応拡散方程式の枠組みの中でモデル化する試みを紹介する。

上記反応拡散モデルの内、帯状分断環境については解析的に解くことができ、伝播速度の一般公式が与えられる。島状分断環境, コリドー環境あるいはランダム分断環境については数値計算により解を求め、新たに侵入した生物がその後どのような空間パターンをとりながら分布域を広げていくか、また、先端の進行速度はモザイク構造に依存してどのように変化するかを明らかにする。

さらに、個体の移動が、ランダム拡散に加えて、より好適な環境へと誘引される移流の効果が加わると上記の結果がどのような影響を受けるかについて検討する。

T06-5

捕食者特異的な防衛適応がギルド内捕食系に与える影響

*仲澤剛史 (京大・生態研, 台湾大・海洋研), 三木健 (台湾大・海洋研), 難波利幸 (大阪府大・理)

ギルド内捕食 (IGP) 系は、三種から構成される比較的小さな群集であるが、資源競争・見かけの競争・食物連鎖といった幾つもの栄養モジュールを含んでいるという点で複雑なシステムでもある。IGP系において最も興味深い根本的な問題は、なぜ三種が共存し、IGPが持続的に維持されるのかということである。なぜなら、単純な数理モデルでは、容易に種の絶滅が予測されるにもかかわらず、IGPは自然界では普遍的に見られるからである。これまで多くの実証・理論研究が様々な視点からアプローチしてきたが、一つの答えが進化や表現型可塑性による行動の変化である。本発表では、まず簡単にこれまでのアイデアを紹介する。そして、基底被食者 (basal prey) による捕食者特異的な防衛適応 (predator-specific defense adaptation) を組み込んだ新たな IGP モデルを提示し、その解析結果から三種共存の可能性を考察する。

T07-2

ワーカーポリシングの新たな説明：最適資源配分戦略の観点から

*大槻久 (JST, 東工大・社会理工), 辻和希 (琉球大・農)

社会性昆虫コロニーにおける協働行動は、従来個体間の高い血縁度に起因するものと理解されてきたが、近年、警察行動 (ポリシング) が大きな役割を果たしている事が明らかになってきた。ワーカーポリシングとは、ワーカーが自ら雄卵を産卵できる種において、ワーカー同士が相互に監視し互いの産卵を抑止する一連の行動を指す。女王一回交尾の種において、ワーカーは他ワーカーが産んだ雄 (=甥) に対して $r=0.375$ の血縁度を持ち、これは女王由来の雄 (=兄弟) に対する血縁度 $r=0.25$ よりも高い。しかしこの血縁度の予測に反して、女王一回交尾の種でもワーカーポリシングの存在は報告されており、その適応的意義は未解明のままだった。

本研究ではワーカーポリシングの新たな説明として、時間依存の最適資源配分戦略に注目した。Oster-Wilsonの古典的モデルを拡張し、資源配分コンフリクトに加えて個体間の雄生産権を巡るコンフリクト、および女王とワーカー間の性比コンフリクトを組み込んだ動的ゲームモデルを構築し解析した。

得られた均衡解には二つの異なるステージが出現した。前半の「成長ステージ」では女王は雌卵のみを産み、ワーカーは自己の持つ全資源を投資して雌卵を新ワーカーに育てるパターンが見られた。この時期に人工的にワーカー由来卵がコロニーに導入された場合、強いワーカーポリシングが起こる事をモデルは予測した。これは、繁殖虫生産で得られる直近の包括適応度よりも、新ワーカーへ投資しそのワーカーが将来働く事で間接的に得られる包括適応度のほうが高いからである。後半の「繁殖ステージ」では女王は雌卵を産み、ワーカーは一部の資源を自己の雄卵生産に投資するパターンが見られ、モデルはワーカーポリシングの強度の低下を予測した。

T07-3

花成制御の数理モデル：遺伝子発現制御と貯蔵資源動態

佐竹 暁子 (北大, JST さきがけ)

一年草と多年草の適応的意義については、古くから最適制御理論などの数理モデルによって研究されてきた。しかしその時代には、開花時期を制御する分子機構についての研究は未踏分野であった。近年、モデル植物を対象に分子遺伝学的研究が急速に進展し、開花時期が制御される仕組みが分子レベルで説明できるようになってきた。その結果、一回繁殖と多回繁殖を調節する要因も分子レベルで明らかになりつつある。

本研究では、このような分子遺伝学と数理生物学からの知見を統合した数理モデルを開発し、シロイヌナズナ近縁種を対象に多様な開花戦略を調節する分子機構を理論的に明らかにした。モデルでは、春化応答において中心的役割を果たす花成抑制遺伝子 *FLOWERING LOCUS C (FLC)* の発現制御ダイナミクスと、光合成による炭水化物資源の蓄積と繁殖への配分の両者を考慮した。花成抑制遺伝子である *FLC* の発現が、長期低温によって抑制されることで、花成誘導因子である *FLOWERING LOCUS T (FT)* の発現が促され、花芽形成が始まる。花芽形成が始まると、貯蔵資源の配分によって繁殖器官が生産され、貯蔵資源を使い切った時点で植物は枯死すると仮定する。

FLC の発現制御の調節によって4通りの開花様式が予測された。1) *FLC* の発現が一度抑制されると回復しない場合には、一年草；2) 発現が回復せずかつ緩やかに抑制される場合には、一回繁殖型多年草；3) 発現が回復可能な場合には、毎年繁殖型多年草；4) 発現が回復可能かつ緩やかに抑制される場合には、間欠的繁殖型多年草の挙動を示した。生涯繁殖成功率に基づき進化的に有利な開花様式を推定すると、死亡率の増加に伴い間欠的繁殖型多年草、毎年繁殖型多年草、一年草へ連続的に遷移した。これらの結果は、*FLC* 発現制御の相違が、開花様式の多様性を生じる可能性を示唆する。

T08-2

微生物生態系におけるデータベースの役割

山本啓之 (JAMSTEC)

微生物が系統的なデータベースとして取りまとめられ公開された最初は分離菌株リストである。その目的は、感染症においては病原性の確認、検査法や治療法の開発に加えて、流行傾向や感染源の調査という疫学研究に使われた。1990年代になると分離培養により得られる菌株データだけでなく、遺伝子塩基配列が微生物のデータベースとして重用された。日欧米の国際ネットワーク (DDBJ/EMBL/GenBank) による塩基配列データベースのが確立すると、微生物研究におけるデータベースの役割は格段に大きくなる。特に、遺伝子検出と塩基配列解析の技術革新は、分離培養ができない微生物から遺伝子データを読み出すことを可能にし、膨大な塩基配列データが蓄積する状況を生み出した。この膨大な遺伝子データがインターネットに公開されていたことは、自然原理にもとづく微生物の分類体系と系統進化の再編を可能にした。微生物生態系の調査研究においては、遺伝子データベースは生息分布の調査研究に利用され、微生物生息の地域性や広域性が明らかにされてきた。一方、従来の塩基配列データを基準したデータベースでは環境条件や検出日時などのメタデータが不足しており、変動を基準にした解析を難しくしている。この問題に対応するために幾つかのデータベース (GBIF, ILTER, Worms, ICoMM, MiroMar, BISMaL など) が公開され、微生物から動植物にわたる多様な生物のデータを蓄積し始めている。微生物は動植物を含むあらゆる環境に生息しており、その生態系での機能や役割は単純ではない。気候変動など自然界での変化を視野に入れた調査研究のためには、生息環境での時系列データが必要である。

T08-1

ICoMM および COP10 での微生物生態学者の取り組みの紹介

木暮一啓 (東京大・海洋研)

どんな種類の微生物が天然のどこに居て何をしているのか、その解明が微生物生態学の基本課題である。微生物は人間の視力をすり抜けるため、その数を圧倒的に増やすか、光学的に拡大してやらない限り、認識されない。前者は培養、後者は顕微鏡観察である。天然の微生物群集の大多数は通常の培養条件では培養されないで、両者の情報は長い間かみあわないままであった。90年代に入って分子生物学的な手法が導入され、第三の手段、すなわち遺伝子断片として微生物を認識する方法が確立され、さらにその情報から機能を推定することが可能になりつつある。これによって微生物学は分布、系統、機能とを統一的に理解することができるようになった。さらにこれによって他の生態学の研究領域との接点ができつつある。

例えば、海洋中の遺伝子解析から各種の元素循環、あるいは他生物との相互作用に関わる遺伝子が検出される。あるいは mRNA からその遺伝子の発現を知る。一方で同様の遺伝子を持つ分離株の解析からその機能特性を明らかにする。そうした解析を統合し、微生物機能と生態系への貢献、あるいは他生物との相互作用を推定することができる。

ここでは、そうした流れについて概説すると同時に、新たな塩基配列解析技術の上に立つ動きつつある国際的プロジェクトの例として ICoMM (International Census of Marine Microbes) の活動とその到達点および今後について紹介するとともに、今年名古屋で開催される COP10 (生物多様性条約第10回締約国会議) に関連する動きについて説明する。

T08-3

海洋生態系における微生物の役割：微生物海洋学への展望

浜崎恒二 (東京大・海洋研)

海洋における微生物の生態研究を通して生物多様性、生態系、物質循環を統合的に扱うことを目指す「微生物海洋学 (Microbial Oceanography)」という研究領域が形成されつつある。本講演では、具体的な研究例を示しつつその背景と現状、将来展望についてご紹介したい。環境中に生息する微生物は、そのほとんどが難培養であるため、環境試料から微生物群集 DNA を直接回収することによって多様性や分布が明らかにされてきた。最近では、メタゲノミクスと呼ばれる環境 DNA 試料を対象とした網羅的な塩基配列解析によって、環境中の未培養微生物のゲノム情報が急速に蓄積されつつあり、一部では環境微生物ゲノムのデータベース構築も進められている。これら環境ゲノムデータベースの特徴は、ゲノムデータだけでなくそれに付随する環境情報 (日時、緯度、経度、その他物理・化学・生物環境パラメータ等) いわゆるメタデータが整備されようとしている点である。また、近年の衛星観測網や全海洋に整備されつつあるフロート観測網によって、ほぼリアルタイムで海洋環境の基本情報を居ながらにして得ることができるようになりつつある。これまで、環境ゲノム情報は、他の環境情報に比べて高価なため、その蓄積速度は比較的遅かったが、数年前に桁違いの解析速度と低ランニングコストを実現した超並列シーケンス技術が登場したことによって状況は一変した。この技術は、生命科学や医療に一大変革をもたらすと同時に、環境ゲノムデータの情報量を爆発的に増大させると予想される。つまり、生物あるいは生物の遺伝情報とその生息環境との関係について理解しようとする場合、少なくとも海洋微生物に関しては地球規模の生態系システムの中で比較解析してゆく時代が到来しつつある。

T08-4

T08-4

土壌微生物群集と樹木群集の相互作用：レビューと実証

* 潮雅之（京都大・生態研セ），北山兼弘（京都大・農）

陸域生態系において、土壌微生物群集は細胞外酵素を分泌することで有機物の無機化過程を担い、植物の生育に必須な無機態栄養塩の供給に寄与している。細胞外酵素の活性は、酵素の分泌を担う微生物群集の組成や、植物リターの質、土壌温度、湿度、pHなどの外部要因によって直接的、間接的に制御されている。従って、土壌において微生物群集は外部要因との相互作用の中で、群集組成や細胞外酵素活性の変化を介して無機化過程を規定し、植物群集など生態系内の他の構成要素に影響を与えていると考えられる。

本発表の前半では、まず外部要因－微生物群集－無機化過程の研究がどのように行われてきたのかをレビューする。古典的な研究では、微生物群集の組成分析が技術的に困難であったため、微生物群集は一定の機能が保証されたブラックボックスとして扱われ、外部要因と無機化過程の関係のみが着目されてきた。その中で無機化過程は温度や湿度などの外部要因によって規定されているとされてきた。しかしながら、近年では微生物群集の組成を分析する技術（核酸分析、脂質分析など）の発展を背景に、微生物群集の組成を考慮した外部要因－微生物群集－無機化過程の研究知見が蓄積し、微生物群集の組成も外部要因とともに無機化過程を決定する重要な要因である、という見方が浸透してきた。

さらにごく最近では、微生物群集の活性や組成の変化が植物の生育に必須の栄養塩の供給過程を介して植物群集とどのように関わっているか、ということが注目され始めた。本発表の後半では、このトピックに関連して我々が熱帯山地林で行った実証研究について紹介する。この研究では特に、植物リターの質－土壌微生物群集－CNP無機化過程の関係に着目し、その相互作用が次世代の実生の成長率に与える影響を調べた。

T09-2

河川生態のフィールド体験とメディア体験

吉富友恭（東京学芸大）

T09-1

生態学をテーマとした新しい展示室 一遊べばわかる個体群から競争、進化、群集、保全まで

* 石田惣，佐久間大輔，和田岳（大阪市立自然史博）

近年、生態学は社会的にもその重要性が増し、社会教育のテーマとしても広く扱われるべきものとなった。これは自然史博物館でも例外ではない。伝統的に博物館は分類学に依拠して自然を理解しようとしてきたが、近年はそれに加えて生態学も浸透してきた。今日の博物館は生態学的な有形・無形の情報を日々蓄積し、その成果を基にして生態学の世界教育活動を行っている。

博物館の世界教育は様々なインターフェイスを介して展開されるが、その一つは展示である。ところが、生態学を体系的に扱った展示を持つ博物館は実は少ない。もしそのような展示があれば、生態学の世界教育に新たな展開が生まれるはずだ。

大阪市立自然史博物館では2007～08年にかけて、生態学の理論から自然の成り立ちを解説する常設展示を作った。この展示では、子どもから大人まで幅広い層の来館者が理論を学べるよう、各コーナーの中心にゲーム形式の展示物を設けた。この発表では、展示の制作過程、展示物の概要、来館者の反応などを紹介し、「遊べばわかる生態学」という目標が達成されているかどうかを評価してみたい。

【紹介予定の展示の一例】

「ドングリコロコロ 生き残りコースター」：コナラのドングリに見立てた球が転がるボールコースター。ゴールにたどり着けば発芽となるが、途中で捕食などのトラップがある。ドングリの生存率の低さと具体的な死亡要因を伝える。

「めざせ新天地！鳥の生物地理学シミュレータ」：球を生物、ポケットを鳥に見立てたスマートボール。ポケットの大きさ等によって球の入りやすさが異なる。鳥に生息する種数の理論を伝える。

「人のくらしで自然が変わる 里山シミュレータ」：ハンドルを回すとモニターの農夫が稲作や柴刈りなどの労働をする。回転速度に応じて労働頻度が変わり、植生も変わっていく。自然環境の成り立ちが人間の営みと深い関係にあることを伝える。

T10-1

趣旨説明

北山兼弘（京大・農）

T10-2

生物に適応を迫る土壌プロセス

和穎朗太（農環研）

ボルネオ島の熱帯雨林タイプは立地条件つまり土壌タイプと対応しており、マクロに見れば、土壌は地形・地質（母材）・風化時間・標高（温度）によって決まっている。この事は、異なる地質・気候等の条件下で生成する土壌の特性に応じて、循環しうる生元素量や物理環境が規定され、それが1つの選択圧となって樹木組成に影響を与えていることを示唆する。よって、土壌を介した生物地球化学プロセスを考慮することで、植生・立地条件の対応関係を、時空間的な広がりを持つ生態系の動態として捉えなおすことができるのではないか。

そのための1ステップとして、ここでは異なる標高傾度、地形面上に分布する熱帯雨林生態系を例に、標高・母材・地形等の条件が、どのような土壌プロセスを介して生元素（C, N, P）循環や生態系の構造に影響を与えているかを議論したい。具体的には、先ず土壌風化・貧栄養化と生態系発達の概要を述べ、次に、熱帯雨林においてリン制限を引き起こす生物地球化学的なメカニズムが、各生態系で卓越する土壌プロセスに応じて異なっている可能性について考えたい。

T10-4

熱帯雨林土壌における微生物活性のリン律速

喜多智（京大・農）

森林生態系において窒素（N）やリン（P）は不足しがちな栄養塩であり、しばしば森林の生産や分解を制限する要因となる。特にPは、風化の進んだ熱帯林生態系において制限要因となると考えられている。生産者である樹木のP制限は施肥実験により証明されているが、主要な分解者である微生物の活性がPに律速されているかどうかは不明である。そこで本研究では、熱帯林土壌分解系における微生物活性はP律速かどうかを明らかにするために、野外および室内実験によって、熱帯土壌に異なる基質（N, P）を添加し微生物の活性や量の変化を調べた。

ボルネオ島山地熱帯林土壌について、野外での施肥実験を行ない、低地熱帯林土壌については、有機物層（O層）と鉱物層（A層）に分けてサンプルを採取し室内培養実験を行った。野外および室内において、十分な量のNおよびPを土壌に添加し、経時的に野外培養では土壌呼吸速度、室内培養では土壌呼吸速度、N無機化速度、微生物バイオマス濃度を調べた。

その結果、野外培養では、P施肥後数十分間で土壌呼吸速度が増加した。室内実験においても、O層ではP添加により土壌呼吸速度が増加したことから、野外実験の結果も、O層の特性が強く影響していたようだ。一方、A層ではN添加で土壌呼吸速度が増加した。Pを添加すると微生物が呼吸（活性）よりも微生物バイオマス（量）を増加させる傾向があり、Nの不動化も増加したことから、A層においてPが微生物の律速要因となることが推察された。室内実験において、土壌呼吸速度と微生物バイオマスには逆方向の応答が見られ、微生物の活性（呼吸）と増殖（微生物バイオマス）にトレードオフの可能性があることが示唆された。微生物バイオマスは一定幅のC:N:Pを持つため、C（とN）に富む有機物層と無機態Pの吸着能の高い鉱物層では、異なる栄養塩が有機物分解の律速要因になることが推察された。

T10-3

生態系の地上・地下プロファイルに沿ったCNP分布の非対称性からみた低地熱帯降雨林

*今井伸夫（京大・農）、Titin J（Forest Research Center, Sabah）、北山兼弘（京大・農）

高温多雨のために土壌風化が進んでいる湿潤熱帯では、森林の生産や分解がしばしばPによって制限される。土壌Pは、可給性と有機態無機態の別によって分画でき、多くの研究が熱帯の表層土壌のP分画を調べてきた。しかし、表層土壌だけでなく土壌深部まで含めた各P分画の濃度、細根密度、P無機化速度を指標するリン酸分解酵素活性などの分布と互いの関係性を把握しなければ、植物のP利用可能性を十分には理解できない。また地上部のPについては、生葉・リターに関しては多くの知見があるが地上部P貯留量に関する報告はほとんどない。そこで、熱帯低地林の地上・地下プロファイルに沿ったP分布（およびP分解酵素と細根の分布）を調べた。その際、森林の生産・分解過程においてPと共に重要なCNの貯留量も同時に調べた。

生態系全体のCNP貯留量は、それぞれ315.11.3 t/haであった。Pはその97%が地下部に貯留されており、C(29%)N(83%)に比べてその割合は著しく高かった。可給性の高いP(可給態無機態P+易分解性有機態P)の割合は全Pの約4%で、残りのほとんどが難分解性画分だった。可給性の高いPの6-8割は有機態画分で、土壌深によって濃度に違いはなかった。P分解酵素活性と細根密度は、土壌表層において著しく高かった。このように母岩起源の元素であるPの地上・地下プロファイルに沿った分布（主に土壌に難分解性無機態として存在）は、大気循環プロセスを含むCNのそれ（主に地上部や土壌表層に有機態として分布）とは対照的であった。そして、土壌に一樣に分布する低濃度の易分解性Pの中の土壌表層に分布するPが、素早い無機化とroot matによる吸収を通して植物に利用されおり、こうした効率的なP循環がP欠乏土壌上の熱帯降雨林を支えていると考えられた。

T10-5

リン利用効率からみた熱帯降雨林の空間変異

*日高周（京大・農）・北山兼弘（京大・農）

「熱帯降雨林」と一言で表現されるバイオームには、種組成の異なる多様な植生が存在し、そこにおける一次生産や栄養塩循環も様々である。

Vitousek (1984) は、熱帯降雨林のリン利用効率（Phosphorus use efficiency）が、温帯や他の植生帯よりも高いことを示しているが、どのようなタイプの熱帯林がどのような値のリン利用効率を持つのかは現時点でも明らかではない。そこで、私たちは、ボルネオ島全域の多地点のデータを解析し、熱帯降雨林のリン利用効率について再検討してみた。

その結果、ボルネオ島という赤道直下の限られた範囲で似たような気候帯に属するにも関わらず、この地域の熱帯林のリン利用効率は実に幅広い値を持つことが明らかとなった。これには、土壌の栄養塩可給性と種組成の両方の空間変異が強く関係していると思われる。

本講演では、ボルネオ島の様々な植生のリン利用効率のデータを提示するとともに、リン利用効率に関わるメカニズムである再吸収率（resorption rate）やリン生産性（phosphorus productivity）についても紹介し議論したいと思う。

T10-6

T10-6

ボルネオ熱帯林における土壌の栄養塩利用環境の違いと植物の適応

宮本和樹 (森林総研四国)

ボルネオ島における熱帯ヒース林(ケランガス林ともいう)は、砂質で栄養塩類に乏しいとされる土壌(ポドゾル)の上に発達する脆弱な森林生態系として知られている。熱帯ヒース林の構成種はしばしば小さく厚い葉をもつが、このような形態的特徴は資源制限や被食防衛などと関連付けられて説明されている。北部ボルネオに位置する東マレーシア、サバ州には熱帯ヒース林と典型的な熱帯降雨林として知られる混交フタバガキ林とが同所的に分布しており、さらに熱帯ヒース林には森林構造や種組成の異なる2つの森林タイプ(Large crownとSmall crown)が見られる。Small crownではマキ科の裸子植物 *Dacrydium pectinatum* が優占し、フタバガキ科樹種が優占するLarge crownよりも発達したポドゾルが見られるのが特徴である。混交フタバガキ林および熱帯ヒース林の2つの森林タイプ(Large crownとSmall crown)における土壌表層の硝酸態窒素濃度は混交フタバガキ林で有意に高かった。各森林タイプの優占樹種から林冠葉と落葉をサンプリングし、葉の窒素濃度や窒素利用効率を比較したところ、混交フタバガキ林、Large crown、Small crownの順に林冠葉および落葉の窒素濃度が低くなった。また、葉の厚さの指標であるSLAと窒素利用効率(ここでは落葉の窒素濃度の逆数で表す)との間に高い負の相関が得られた。本講演では主に窒素利用の観点から、土壌における栄養塩利用環境の違いと植物の適応について議論していきたい。

T11-2

伊豆諸島の植生とフロラ

上條隆志 (筑波大)

伊豆諸島の植物には、固有あるいは準固有の種や変種が多く存在する。本講演では、伊豆諸島のフロラと植生を概観するとともに、固有あるいは準固有の植物群の特徴とその起源に関する問題について既存研究をレビューする。さらに、島嶼生態学研究をさらに発展させるべく、新たな課題を提示したいと考えている。フロラ区系からみると、伊豆諸島は、八ヶ岳、御坂山脈、富士、箱根、丹沢、伊豆半島、房総半島、三浦半島などとともにフォッサマグナ区系に属し、その中でも島嶼性が著しい部分とされている(常谷・大場(秀)1968)。すなわち、伊豆諸島の植物の起源に関しては、伊豆半島をはじめとするフォッサマグナ区系を含めて考える必要がある。一方、大場(達)(1975)は、固有あるいは準固有の植物群には本州の夏緑林帯に近縁種が多いことに着目し、過去の寒冷期に、これらの植物群が陸橋などを通じて伊豆諸島に侵入した可能性、ならびに伊豆諸島で分化後に本州へと渡り返した植物群もある可能性を指摘している。さらに、いくつかの重要な指摘点としては、琉球方面との類縁性(大場(達)1990など)、ミクラザサなどの日本海側に分布する植物との類縁性(谷本ほか1983;小林1985)、食用等のための人間による持ち込み(広木1985)などが挙げられる。しかし、日本海側との類縁性については、地理的、気候的ギャップが大きく、フォッサマグナ区系の地史的成立背景を含めて慎重に考える必要があろう。一方、伊豆諸島のフロラ成立に関して欠けてきた観点としては、伊豆半島がかつて島であったという地史的背景との関連づけであり、これまで提示されてきたフロラの成立プロセスに関する仮説を再考あるいは再確認してゆくことが必要と考えられる。

T11-1

オカダトカゲはどこから来たのか? - Plestiodon 属の系統関係から分かったこと -

Matthew C. Brandley (Yale univ.)・栗山武夫(東邦大)

The scincid lizard *Plestiodon latiscutatus* (オカダトカゲ) is one of only a few terrestrial vertebrate animals inhabiting the Izu Islands. From an evolutionary biology and ecology aspect, オカダトカゲ are fascinating because the populations on each island are composed of one of two different color morphs. Moreover, the color morph on each island is associated with 2 different predators, snakes and birds. Vivid color morph have snake predator, however dull color morph have bird predator. To provide phylogenetic evidence that these color patterns have evolved multiple times, and are thus, likely a case of convergent adaptation, we reconstruct the phylogenetic history of Izu Island オカダトカゲ and snake predator using Bayesian analyses of mitochondrial and nuclear DNA. Moreover, we compare the phylogeographic history of オカダトカゲ with that of other Izu Island species and attempt to construct a general phylogeographic history of the Izu island archipelago.

T11-3

伊豆諸島産アカネズミにおけるクルミ食の島嶼間変異

武智怜奈(首都大)

伊豆諸島では、アカネズミは大島、新島、式根島、神津島、三宅島に生息している。本研究では、伊豆諸島の集団の行動的特性を明らかにするため、本州(房総半島、東京都高尾、伊豆半島、静岡県掛川)および伊豆諸島(大島、新島、神津島、三宅島)の8集団において、オニグルミ種子に対する採食行動の比較を行った。オニグルミのない調査区を設け、そこからアカネズミを捕獲し、捕獲した日から毎日種子を1個ずつ与え、14日間連続して観察した。その結果、本州ではおよそ半数の個体がクルミを採食したのに対し、伊豆諸島ではクルミの採食個体の割合は神津島(65.9%)、伊豆大島(25.8%)、三宅島(11.5%)、新島(8.1%)の順に低くなった。伊豆諸島には本来オニグルミが分布していないが、その採食率には顕著な島嶼間変異が認められた。

一方で、伊豆諸島産アカネズミの遺伝的特性を明らかにするため、これらの8集団に関して集団遺伝学的解析を行った。各調査地より13~69頭を捕獲し、皮膚の一部からミトコンドリアDNAのD-loop領域(約300塩基対)を解読し、比較した。その結果、各調査地で固有のハプロタイプが得られ、これらのハプロタイプの系統樹を作成すると、本州側の4地点で得られたアカネズミでは、よく混ざり合った集団が形成されており、神津島の個体も、この本州側の集団とほとんど区別できないことが示された。これに対し、三宅島と新島では、他と区別できるそれぞれに独自のクラスターを形成し、大島でも固有のクラスターを形成した。以上より、伊豆諸島のアカネズミに関しては、移入のイベントは各島に独自で起こっており、新島と三宅島では最も古い時代に、大島が次に古く、神津島には最近になって移入したことが推測された。このように、本州の集団から隔離された年代が古いほど、オニグルミの採食率が低くなっている傾向が認められた。

T11-4

伊豆諸島に分布するオオシマザクラの分子系統地理

加藤珠理 (森林総研)・岩田洋佳 (中央農研)・津村義彦 (森林総研)・向井謙 (岐阜大)

伊豆諸島を主な分布域とするオオシマザクラについて、島間及び、伊豆半島と島の間での集団間遺伝構造を評価するため、母性遺伝する葉緑体 DNA (シーケンス) と両性遺伝する核 DNA (AFLP、SSR) の多型の比較解析を行った。7 集団 (伊豆半島、大島、新島、神津島、三宅島、御蔵島、八丈島) 408 個体を分析した結果、葉緑体 DNA のシーケンス解析では 8 個のハプロタイプが検出され、AFLP 分析では 64 個の多型フラグメント、SSR 分析では 11 座で計 154 個の対立遺伝子が検出された。AMOVA 解析の結果は集団間の遺伝変異が、葉緑体 DNA では 16.55%、AFLP では 15.04%、SSR マーカーでは 7.45% となった。葉緑体 DNA の遺伝的分化は、八丈島より北側に位置する島々と伊豆半島の間で小さいことから、種子を介した遺伝子流動が十分に起きている可能性が示唆された。分子系統樹や STRUCTURE 解析の結果は、各島の位置関係や地質的な特徴を反映するものであった。また、伊豆半島にはオオシマザクラの他、ヤマザクラなどの近縁種も自生しており、雑種個体もみられる。近縁種との交雑はオオシマザクラ集団の遺伝構造に影響を与えていると考えられ、遺伝子移入が起きている可能性が示唆された。

T12-1

異なる環境を利用するカワウの繁殖成功

* 新妻靖章 (名城大)、井上裕紀子 (北大院水産)、藤井英紀 (名大院環境)

カワウはコロニー間でふ化日のばらつきが大きく、ふ化日の頻度分布にピークのあるコロニーもあればないコロニーもある。一般に、海鳥は最も栄養を必要とする育雛期に餌環境の良い時期が同調するように、繁殖開始時期を調節していると考えられている。カワウも、ふ化時期を餌環境が良い時期にあわせており、それが繁殖成績を向上させているかもしれない。一方で、鳥類のふ化時期には、育雛期の餌以外にも、繁殖開始前の餌、被捕食圧、コロニーサイズ、コロニーの成立期間、人によるかく乱、餌等の要因が関連していることが報告されているが、カワウのふ化時期に関してこれらの要因を同時に調べている知見はない。本研究では、カワウの巣立ち率に、ふ化時期が影響しているか調べるとともに、ふ化時期を決定する要因を検討した。

中部地区の 5 つのカワウコロニーにおいて、2006—2009 年に直接観察によってふ化日、ブルードサイズ、巣立ち数を得、吐き戻した餌を集めてコロニー毎の食性の詳細を得た。また、近畿中部地区の 10 コロニーにおいて 2009 年に卵および雛の血液を採集し、安定同位体比分析を行った。直接観察によって、コロニーサイズと雛の成長度合いを記録した。

カワウは、沿岸周辺のコロニーでは、沿岸・汽水域の魚類を、内陸部のコロニーでは河川の魚類を捕食していた。カワウの巣立ち率を、ふ化日を前・中・後期の三期間に分けて比較したところ、季節間で巣立ち率が下がるコロニーがあった。これより、カワウは繁殖開始時期を育雛期と餌の良い時期が同調するように調節しているとは言えなかった。

T11-5

伊豆諸島の植物の遺伝構造

津村義彦 (森林総研)

植物の遺伝構造は過去の気候変動や地形変化に伴う分布の変遷と密接に関連している。また遺伝構造は植物の生態的特性とも密接に関連し、花粉媒介者、種子散布形態、交配様式、繁殖様式、世代時間などの違いによって遺伝構造は大きく異なる。本発表では、三宅島の治山緑化のために調査した植物の遺伝構造などを事例として議論を行う。自然の状態において火山噴火による攪乱を受けた地域に優先して侵入すると考えられる 3 つの植物種、ハチジョウイタドリ (*Polygonum cuspidatum* var. *terminalis*)、ハチジョウススキ (*Miscanthus condensatus*)、オオバヤシャブシ (*Alnus sieboldiana*) を材料として伊豆半島及び伊豆諸島から集団サンプルを収集した。遺伝的解析は母性遺伝する葉緑体 DNA の種内多型と AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) 法を用いて行った。その結果、葉緑体 DNA では、伊豆半島や大島などで多型性は高いものの、特定の島で固有のハプロタイプが存在していた。このことはかなり古い時代に移住した少数の個体が遺伝的浮動やその後の遺伝的隔離によって現在の遺伝構造が形成されたことを示唆している。一方、核 DNA の AFLP 解析結果では集団間の遺伝的分化程度は 4.15%~16.78% と種によって大きく異なった。しかし葉緑体 DNA 多型の結果と比べると島間の遺伝的分化程度は低く、現在でも花粉による遺伝子の交流が起きていることが示唆された。このように種の生態的特性によって遺伝構造は異なるが、伊豆半島と伊豆諸島では調査した種では半島部や大島で遺伝的多様性が高く、八丈島などの南の島では遺伝的多様性が引く傾向が見られた。

T12-2

カワウのねぐらと餌場の季節移動

日野輝明 (森林総研)

カワウの防除技術の開発や個体数管理を効果的に進めるためには、カワウがコロニーやねぐらからどのくらい離れた場所に餌をとりに行くのか、これらの場所は季節によってどのように変化するかなどの情報が必要である。広い範囲を移動する鳥でこのような情報を得ることは少し前までは不可能に近かったが、今では GPS で測位した位置情報をアルゴシステムで回収する送信機を装着することで、1 日あたり最大 6 カ所の位置情報を研究室にしながらして得ることができる。講演者らは 2007 年から、愛知県と岐阜県下 4 カ所のコロニー・ねぐら (沿岸:美浜町「鶴の山」、弥富市「弥富野鳥園」;内陸:尾張旭市「愛知県森林公園」、輪之内町「船附鳥獣保護区」) で捕獲した 8 個体に、North Star 社製の GPS アルゴシステム送信機 (太陽電池型、30 g) をつけて追跡調査を行ってきた。その結果、沿岸のコロニーの個体は海上を、内陸のコロニーは河川や湖沼を主要な餌場として利用していること、採食のための移動距離は 15km 以内であること、非繁殖期に数カ所のねぐらの移動を行ったあとに繁殖期にはもとのコロニーに戻ってくること、その移動距離は 30-50km であること、アユの放流時期に合わせてねぐらを移動させる個体がいること、育雛期にもコロニー以外の場所にねぐらをとる個体がいることなどが明らかになった。

T12-3

T12-3

データロガーによって調べたカワウの採餌生態

佐藤克文（東大海洋研）

目的) カワウによる漁業被害を把握するためには、繁殖中のカワウがいかにして餌を捕らえているのかを明らかにする必要がある。繁殖巣を中心として数キロメートル以上の行動半径を持つと思われるカワウの採餌行動を調べるために、動物搭載型記録計（以後データロガー）を用いた野外調査を実施した。国内で初めて得られたカワウの採餌行動に関する時系列データを元に、繁殖期間中の採餌行動について記述する事ができた。

方法) 経口麻酔薬（アルファクロラロース）をオブラートに包み、ワカサギなど10cm程度の細長い魚の口腔内に入れ、繁殖巣に1匹を置いた。巣内にいた成鳥は人間のコロニー内への侵入時に一旦飛び立ち巣から離れたが、15分から30分程度で帰巣した。帰巣した際、約半数の個体が巣内にある魚を見つけて食べた。食べた個体はその後不活発になり、60分で不動化した。不動化した個体を手捕りし、体重測定を行った後に背部に装置を取り付けた。取り付けた装置は遠隔切り離し受信器・切り離しケーブル・加速度記録計からなる。装着後2日目以降に装着個体が巣にいることを約50m離れた位置から確認し、切り離し信号を送信することによりケーブルタイを切断し、巣の下に落ちた装置を回収した。

結果・考察) 愛知県内の繁殖コロニーにおいて数個体からデータを得る事が出来た。得られたデータによると、装置を取り付けた日は終日採餌旅行に出かけず、翌朝4時から巣を飛び立ち採餌旅行に出かけた。繰り返し潜水を行った後に飛翔により巣に戻ってくるまでの様子が記録されていた。深度2メートルから6メートルほどの潜水バウトと深度50センチメートルのごく浅い潜水バウトを織り交ぜて行う個体や、深度15メートルもの深い潜水を繰り返し行う個体があった。カワウは川だけでなく海も含めた幅広い場所で採餌する事が判明した。

T12-5

カワウ食害対策と個体群維持：ハザードマップと個体群モデル

箱山 洋（中央水研）

近年、カワウの水産資源に対する食害が懸念されており、食害が大きければ、漁場保護・追い払い・繁殖抑制・駆除などによって捕食圧の低減や個体数管理を行う必要があるだろう。一方で、外来魚の食害と異なり、カワウを減らしすぎではいけない。このため、食害の低減と個体数の持続性について十分に考慮したカワウ管理計画が求められている。個体群管理の観点では、広域（日本）を扱う必要がある。ここでは、(1) 全国の食害規模を把握し、(2) カワウの個体群の基礎モデルを構築することで、食害対策のカワウ個体群への影響についてのRule of Thumbを明らかにする。(1) 第一に、アユを放流している漁業協同組合などからカワウの食害があるとの声があがっているが、実際の具体的被害やその範囲がどれほどか十分には把握できていない。そこで、アユ放流量の分布を全国規模で把握し、漁業者のカワウ食害に対する認識およびカワウねぐらの分布との関係を明らかにした。またカワウがアユ放流場所（漁協周辺）に飛来する数、すなわちハザードマップを推定した。ハザードマップによって定量的に地域での食害への危険性を把握し、対策への基礎とした。 (2) 第二に、移動分散や生活史の特性を考慮したカワウの個体群モデルを構築し、シミュレーション等を行なう。広域に移動可能でいくつものコロニーがあるカワウ個体群は、メタ個体群を形成している。そこで地域個体群を単位とするメタ個体群モデルを構築した。各パッチ内には複数のコロニーがあり、繁殖率に密度効果があるとす。現在確認されているねぐら・コロニー数は全国で430である。個体はパッチ間を距離に応じて移動することができる。このモデルとそこから導かれる経験則の説明を行い、時間があれば管理方策の影響評価をシミュレーションした結果を紹介する。

T12-4

放流アユはカワウにとって重要か

藤岡正博（筑波大）

アユは人にとって特別である。食しておいしい上に釣り魚として人気が高く、内水面漁協にとってアユの遊漁料は重要な収入源である。1年性回遊魚のため、ダムや堰の建設に伴う「補償放流」も含めて大量放流が行われてきた。ここでは、放流アユがカワウの餌資源としてどういう意味があるのかを、単一の繁殖コロニー（またはねぐら）周辺という局所スケールと関東一円という広域スケールで検討する。

局所スケールで放流されたアユにカワウは誘引されるのかというと、防除活動の影響を排除できないこともあって、まだはっきりしない。栃木県鬼怒川では放流地点周辺のカワウ利用率は放流前に比べて放流後に増えなかったが、山梨県の富士川水系ではもう少し大きな漁協単位のスケールでカワウは放流河川にシフトした。防除活動の影響については、接近可能距離による評価から、銃による駆除やロケット花火による威嚇がカワウの警戒性を高めることが確認できた。しかし、防除活動を行える時間は限られているので、カワウがアユ放流に誘引されるのをどの程度抑制できているかは不明である。

広域スケールで見ると、アユの放流量や遡上量と近辺のカワウ個体数には相関がなく、アユが河川に生息する春から秋にはカワウはむしろ沿岸部に多い。ただ、この時期の河川ではアユが遡上種となっているところが多いので、ダムなどによりアユが遡上できない河川でアユ放流を中止すればカワウの繁殖個体数が減る可能性はある。

アユは内陸で繁殖するカワウにとって重要な餌であるが、それは元来アユがこの時期の河川で優占する魚種だからである。カワウの捕食圧があってもアユの現存量は春から夏にかけて増加することや、関東では繁殖期にはカワウ個体数の分布が沿岸部へシフトすることも考え合わせると、放流アユとカワウの関係はお互いにそれほど密なものではないと思われる。

T13-1

生理・生態学的研究からみる魚類の水田への適応と成果の実践的応用 ～アユモドキを事例に～

阿部司（岡山大学・院・理）

水田環境の変化は、氾濫原の代替地として水田を利用する魚類の減少を招いた。その象徴的な種が国の天然記念物にも指定されているアユモドキ *Parabotia curta* である。本種は、岡山県の数河川と琵琶湖淀川水系でごく一般的な魚だったが、現在では絶滅に瀕している。効率的に保全するため、本種の謎の多い生態を、定量的な捕獲や行動観察、バイオテレメトリーなどの野外調査と飼育環境下での行動実験で調べた。血中ホルモン濃度の動態を行動変化の指標にする試みにも取り組んでいる。これまでに、アユモドキの河川と水田地帯（本来なら氾濫原）の間での回遊や、繁殖場所への移動と産卵の環境及び内分泌要因、仔稚魚の生育環境と分散・降河などの情報が得られている。この回遊に加え、氾濫原環境の形成直後に一斉に行なうばらまき産卵や胚の迅速な形態形成と早期の孵化、仔魚の付着行動なども観察され、これらは水田を含む氾濫原環境への適応戦略と考えられる。氾濫原環境への適応戦略には、アユモドキとその他の種間で一般性および多様性がみられ興味深く、この点に保全のカギがあるだろう。アユモドキのように季節的に形成される氾濫原環境に強く依存した種ほど、今日の管理された河川や水田地帯では繁殖しにくい。具体的な課題として、産卵場の不足や堰による移動障害、農作業に伴う生息地の急激な水位低下なども明らかになった。そこで、アユモドキを核とした水田生態系の保全と活用に向けた取り組みを、地域・行政・保全団体・企業等と協力し展開している。繁殖場所の整備や増設といった対策に加え、シンポジウムや絵画展、飼育展示、水辺学習会などの啓発活動で地域の保全に対する認識も高まりつつあるが、一方で保全と農業との間には課題も多い。

T13-2

遺伝的多様性からみるホトケドジョウの生息状況と個体群保全

相木寛史（日大・院・生物資源）

ホトケドジョウは東北地方から近畿地方にかけての谷戸の細流に生息する以前は普通に見られた種であったが、近年の圃場整備や宅地開発などに伴い、本種の生息地は孤立や分断化が進行しており、遺伝的多様性の低下が懸念されている。そこで本種の遺伝的多様性の現状把握および遺伝的多様性に及ぼす影響要因を明らかにする事を目的として、生息環境要因として本種の生息地サイズや個体群サイズに着目し、両要因が本種の局所個体群における遺伝的多様性に及ぼす影響について検討を行った。調査は東京都および神奈川県を流れる鶴見川水系14地点をモデル地域として実施した。2008年もしくは2009年春季の産卵期前に標識採捕法により生息尾数推定を行い、調査で得られた計446尾についてマイクロサテライト8遺伝子座を解析した。それらの結果を基に生息地点間の遺伝的多様性を比較すると同時に、個体群サイズや生息地サイズとの関係について検討を行った。調査地点の生息地サイズは62-1447m²、各地点の推定生息尾数は28-1503尾であり、平均アレル数は3.4-12.0、平均ヘテロ接合度は0.61-0.82であった。他の生息地と河川を介して移動が可能な生息地は孤立した地点よりも高い遺伝的多様性を示し、生息地点間の水域ネットワークの重要性が示唆された。また孤立した生息地では遺伝的多様性と生息地サイズ・推定生息尾数の間に有意な相関関係が認められたことから、本種の遺伝的多様性と生息地や個体群サイズが密接に関係していることが明らかとなった。

本報告では、これまでに得られた結果を基に個体群の遺伝的多様性の維持が可能な保全について提言を行う。

T13-4

水田生態工学の成果を行政に活かす方法とは？

守山拓弥（農環センター）

近年の環境問題への関心の高まりなどを背景に、従来の農業基本法に農業の多面的機能についての要素なども盛り込まれた食料・農業・農村基本法が平成11年に成立した。これを受け、水田生態系の存立基盤となる水田や農業水路などの整備を担う農業農村整備の分野においても、その背骨とも言うべき土地改良法が改正され（平成13年）、農業農村整備事業の実施に際し「環境との調和に配慮」することが明文化された。

このような背景のなか、農業農村整備分野の学術的な母体である農業農村工学（農業土木学）の分野でも、生態学などの諸学問を学びつつ、生態系を含む環境問題への様々な基礎研究、技術開発が行われ、水田生態工学というひとつの学問領域が形づくられてきている。

この水田生態工学は、「工学」との名称が示すように実学としての側面が強く、その成果を実際の農業農村整備事業へと反映し、事業による生態系へ影響を軽減することが主な目的のひとつとなる。したがって、技術開発にもまして事業実施主体への水田生態系の重要さやその保全に関する考え方などの啓発、生態系に配慮した施設の普及などが重要な課題となる。

そこで本報告では、これらの普及啓発や技術参考のために農業農村整備の分野で作成された各種の指針類に示されている考え方や内容などを紹介し、本企画集会のテーマである「関わり」のうち、特に本報告の担当となる行政との「関わり」についての議論の一助とする。

T13-3

GISを用いた水田域魚類の現実的な“保全工学”：絶滅危惧種カワバタモロコを例として

田代優秋（徳島大・院・工）

日本人は田畑で作物が取れるのは“神様からの恵み”であり、人の力ではないとする独特の思想を持ってきた。自然は人々に恩恵と災いをもたらす存在であり、自然に感謝しバランスを保ちながら生活してきた。しかし、人々は経済的に豊かに、効率化・省力化に傾倒し、この自然との関わり方と異なる生活スタイルに変化させた結果、周辺から得られてきた様々な“神様からの恵み”を失うこととなる。

そこで、自然から得られる“神様からの恵み”を生態系サービスのバロメーターとし、日本各地で自然再生が積極的に行われている。では、この希少種のために、だれがどこで何を保全すべきか？—この間に科学のみで答えることは容易ではない。水田地帯は人々の食糧を生産する私的空間である一方で、童謡「春の小川」や「ふるさと」に詠われ、日本人なら誰もが心に浮かぶ文化的景観を形成し、希少種の生息場としても利用される公共性・公益性の高い空間である。このことがこの間を難しくしている要因であろう。この水田地帯では、それを使い、生活し、維持管理する農家、公益性を享受する地域内外の一般住民、そこを訪れる研究者、事業を実施する行政機関などが納得できる解に落とし込む合意形成技術が必要であろう。

そこで本報告では、徳島県で絶滅したと考えられていたが58年ぶりに再発見された絶滅危惧種カワバタモロコを例に、保全対象となる農業水路の総延長が20km以上に及ぶ中で「どこを」「どのようにして」保全すべきかを地図表現手法としてGISを用いて示す。生態学研究者の解、農家側からの解、水路整備事業者からの解をあわせるとどうなるのか。これは成功した事例ではなく、失敗した面もあるが、その試行錯誤が今後の保全に役立つものと考え、紹介したい。

T13-5

地域における水田利用魚類の価値を伝えるツール～ご当地田んぼの生き物図鑑作成のねらい～

金尾滋史（多賀町博 / 滋賀県大院）

地域において保全すべき生物や生態系がある場合、研究者が単にそこで研究をするだけでは、保全という目的は果たせない。専門的な知見を得てきた研究者がその価値を伝えるためには地域と関わりをもち、地域の状況を理解し、共に活動をしていくことも必要だろう。そこで研究成果を通じて地域に生息している生物の価値を伝え、保全活動を充実させていくきっかけとして「ご当地生き物図鑑」というツールに注目し、その事例を紹介したい。

滋賀県彦根市西部にある水田地帯では2001年より滋賀県立大学の学生や大学院生が水田地帯の魚類を中心とした水生生物の調査・研究を行ってきた。一方で、それら地域の生物を保全する活動の一環として、調査研究の成果を基に各地で授業、講座、活動協力を実施してきた。その過程において、地元の方からこの地域で見ることのできる生き物図鑑のようなものが欲しいという要望が多く出てきたため、2005年に地元の愛西土地改良区と共に「あいせい田んぼの生き物図鑑」を製作した。この図鑑は学生が中心となって編集やレイアウトを行ない、自然観察会など野外で使えるようにポケットサイズ（A6版）でかつ耐水紙を用いている。図鑑にはその地域に生息している生物しか掲載されていないので、地域の人にとっては市販の図鑑よりも使い勝手はよく、身近な自然・生物を知るためのツールとして機能している。さらに、この図鑑を通じて、地域で新たな保全活動が展開され、地域との関わりが深まることで研究でも新しい知見を得ることができている。

とはいえ、学生や研究者がいつまでもその地域に残って活動を行なうことはきわめて難しい。ということは、地域との関わりは、いつか切れてしまうことになる。私達がその場で研究をしなくなった場合、ただ離れるだけでよいのだろうか？今度は地域の人々が中心となって保全活動ができるような「秘伝書」として役割がこのご当地生き物図鑑には込められている。

T13-6

T13-6

研究者は「なぜ」・「どうやって」地域に入るのか？ ～「関わり」からみる保全研究・活動～

富田涼都（東大・院・農学生命）

保全活動が、地域社会から「なぜ」行うのか・「だれが」行うのかと問われる場面は少なくない。この問いの背景には、保全活動や研究者は往々にして「生物多様性の保全」のような目的を掲げて合目的に現場に入るのに対し、地域社会は必ずしもその目的を共有するわけではなく「保全」も数ある選択肢のひとつに過ぎない、という目的のズレが存在している。このズレは、しばしば人間同士の齟齬となって活動を頓挫させたりする結果をもたらす。そのため、従来この目的のズレは科学的知見の「啓蒙」で克服すべき対象として扱われることが多かった。

しかし、「関わり」という視点から水田に関わる保全研究や活動を見ると、この齟齬の問題は「水辺と人の関わり」と水辺前にした「人と人の関わり（地域社会と研究者など）」のふたつの「関わり」が課題になっていることがわかる。そのため、現場における保全を持続的に実現するためには、このふたつの「関わり」の望ましいかたちを考え、そのための方策を考えなくてはならないだろう。

本報告では、霞ヶ浦やアザメの瀬などにおける自然再生事業の社会調査による事例研究をもとに、この2つの「関わり」の問題を考えたい。そこで、水辺の環境そのものの先に、より根本的な問題として「水辺と人の関わり」があることと、望ましい「水辺と人の関わり」を実現するために多様な主体を前提とした「人と人の関わり」の構築を考えなくてはならないことを明らかにする。近年取り上げられることの多い保全への参加・協働の姿もそこから考える必要があるだろう。それは、今後の保全研究や活動が「どうやって」という技術論と同様かそれ以上に、「なぜ」／「だれが」保全を行うのか、という問題に深く向き合わざるを得ないことを示しているのではないだろうか。

T14-2

「軍拡競争の曙、そして、落日： 共進化のモデル系としてのゾウムシツバキ相互作用」

東樹宏和（産総研）

カニの頑丈なハサミと貝の厚い殻のように、敵対的な生物の間では、武器や防衛に関わる形質が「軍拡競争」を繰り返すことがある。しかし、こうした共進化のレースが何をきっかけとして始まるのか、未だにほとんど何もわかっていない。また、軍拡競争は際限なくつづくのか、それとも、何らかの形で終結を迎えるのか、実証研究による知見はほとんど何も得られていない。

この「軍拡競争の起源と結末」という課題に取り組む上で有望な共進化系を、日本に生息するツバキシギゾウムシとその寄主植物であるヤブツバキの相互作用に見いだすことができる。このゾウムシは、体長の2倍におよぶ極めて長い口吻でツバキの果実に穴をあけ、種子内に産卵する。これに対し、ツバキは果皮と呼ばれる分厚い防衛壁をもっており、果皮が厚いほどゾウムシの口吻が種子に届きにくい。興味深いことに、この両者が繰り返す軍拡競争は、その進行レベルが地域によって大きく異なっている。

この共進化系において、「軍拡競争の進行レベルが異なる」地域間で比較を行い、(1) どのような要因が軍拡競争を促進するのか？、(2) 軍拡競争は終わるのか？、(3) もし終結するのなら、ゾウムシとツバキのどちらが勝つのか？、を考察した。本発表では、ゾウムシとツバキの軍拡競争に関するナチュラル・ヒストリーを解説した上で、現在進めている上記の仮説検証について紹介したい。また、ゾウムシツバキ系をモデル系として取り組んでいる以下の課題についても触れた。

- ・軍拡競争の動態は、数kmの空間スケールで変異する（空間統計学の視点から）
- ・共進化するツバキとゾウムシのメタ個体群（集団遺伝学の視点から）
- ・軍拡競争は進化的平衡を破るのか？（大進化の視点から）

T14-1

趣旨説明

東樹宏和（産総研）

趣旨説明では、まず、共進化という現象について簡単に紹介し、自然選択を介した生物間の相互作用がどのように生態学的な現象に関わってくるのか考えたいと思います。その上で、群集生態学と進化生物学が「必然的に」統合されるべき時に来ていることを確認し、どういった研究戦略でこの融合分野のフロンティアに飛び込むべきか考える土台にしたいと思います。

T14-3

「絶対送粉共生系は種多様化を促すのか？： コミカンソウ科—ハナホソガ属共生系の起源と進化」

川北篤（京大）

生物種間の共進化は、種分化や多様化を促す最も主要なプロセスの一つである。例えば、陸上生態系における植食性昆虫の繁栄には、被子植物との共進化が大きな役割を果たしており、被子植物が適応放散を遂げた背景には、送粉者との共進化が深く関わってきたと考えられている。しかし一般に多様化をもたらす要因には、異なる環境への適応や地理的隔離などさまざまなものがあり、共進化がどのように、またどれほど系統群レベルでの多様化に寄与しているかについては、まだほとんど明らかにされていない。

イチジクとイチジクコバチ、ユッカとユッカガの間で古くから知られる絶対送粉共生系は、共進化の古典的な例であり、植物と昆虫の双方が多様化を遂げた好例である。近年、多様化を伴った絶対送粉共生系の第三の例がコミカンソウ科とハナホソガ属の間で発見された。ハナホソガ属の蛾（以下、ハナホソガ）は幼虫がコミカンソウ科植物の種子を加害する種子食者であり、花に産卵に訪れる雌は、幼虫の餌となる種子が確実に生産されるように、自ら能動的に送粉を行う。コミカンソウ科では、1200種のうちのおよそ500種が、それぞれ種特異的なハナホソガによって送粉されており、系統解析の結果から絶対送粉共生はコミカンソウ科で少なくとも5度独立に進化したことが分かった。またハナホソガと共生関係にある種群と、異なる送粉様式を持つ姉妹群との間で種数を比較したところ、いずれの比較においてもハナホソガに送粉される種群において種数が多く、絶対送粉共生がコミカンソウ科植物の多様化を促したことが示唆された。さらに、異なるハナホソガによって送粉される地理的集団をもつコミカンソウ科の種では、ハナホソガが寄主を探索する際に用いる花の匂いにも大きな地理的変異が見られ、化学シグナルをめぐる両者の共進化が、植物の種分化を引き起こす鍵となっていることが分かりつつある。

T14-4

「メタ群集における共進化と食物網構造： 多種の捕食—被食群集モデル」

* 山口和香子（東北大）、大野ゆかり（東北大）、近藤倫生（龍谷大）、河田雅圭（東北大）

食物網における多種共存を可能にしているのは、どのような食物網構造、あるいは生物の性質なのだろうか？この問題の解明は生態学における重要なテーマである。近年、捕食者—被食者間の共進化が群集構造に影響を与えること、また逆に、群集構造がそのような共進化の動態に影響を及ぼすことが示唆されている。しかし、これまでの共進化研究は1種対1種の関係に着目したものが多く、複数種間で起こる拡散共進化を扱った研究はまだ少ない。また群集生態学においては、捕食—被食相互作用のリンクのパターンや強さの変化が、群集の動態、共存種数に影響を与えることが示されている。従来の理論研究では、捕食者の餌利用形質や被食者の防御形質あるいは両者が適応的に変化することによるリンクの変化を仮定したものが多い。明確な進化プロセスを仮定したモデルでは、捕食者による相互作用の進化的変化しか扱われていない。

また局所群集間では移動分散が起こっており、局所群集への種や個体の供給、局所群集間の種構成・動態のちがいを消失させるなどの効果をもつ。また局所群集内ではしばしば局所適応が起こっているが、局所群集間の移動分散にともなう遺伝子流動は、局所群集へ適応的あるいは不適応な遺伝的変異を供給したり、メタ群集全体の遺伝的変異を減少させたりすることで、局所適応に影響を与えると考えられる。

今回は、多種間での共進化と群集構造、さらに局所適応に関するこれまでの研究をレビューする。また私たちが現在取り組んでいる、個体ベースモデルによるシミュレーションを用いた、捕食—被食相互作用の共進化、さらに局所群集間の移動分散が、局所群集の動態や共存種数、局所適応にどのような影響を与えるかについての研究も紹介したい。

T15-1

温暖化と生物多様性の共通指標は可能か

山形 与志樹（国環研）

森林減少に伴うグローバルなCO₂排出を削減するだけではなく、一度失われてしまえば回復不可能な熱帯林における生物多様性を保全するためにも、「森林減少の防止」による温暖化対策の検討が国際的な課題となっている。「森林減少の防止」は、現在の京都議定書では温暖化対策として認められていないため、途上国も参加する新たな枠組みとしてのポスト京都に関する国際合意に関連して可能性が検討されている。

森林にかかわる中長期的な温暖化対策に関する国際制度の設計に際しては、地球温暖化の緩和だけではなく、温暖化影響への適応の観点からの検討も重要である。まずは森林生態系の環境機能（緩和と適応にかかわる）を科学的に評価する手法を確立し、「森林減少の防止」の実施によって、CO₂の排出がどれだけ削減されたか（緩和対策効果）に関する透明かつ検証可能なモニタリング方法を国際的に利用可能な形で整備する必要がある。また、森林保全による生態系サービスの評価（生物多様性、水・土壌の保全など）によって、森林が果たしている、環境保全機能（適応対策効果）を評価するための方法論を整備することも重要である。

本発表では、気候変動枠組条約のポスト京都における「森林減少の防止」に関する目標設定と、生物多様性条約の新たな目標設定「ポスト2010年目標」における森林保全とのシナジーの可能性を、科学的なアセスメントの観点から議論することを目的とする。特に、国際的なモニタリングの可能性に着目して、近年のリモートセンシング技術の発展によって、森林—非森林の転換やバイオマスの面的変化を定量的に把握することが可能になりつつあることを踏まえて、地球温暖化と生物多様性が連携する目標設定とモニタリング方式に関するオプションについて議論したい。

T14-5

「競争種間の共進化と生物群集： 小笠原の陸産貝類をモデル系として」

千葉聡（東北大）

生態的形質置換は競争種間の共進化がもたらす形質進化のパターンないしプロセスとして古くから多数の理論的、実証的な研究がなされている。しかし様々なメカニズムがこれと同様の地理的パターンをつくりだすため、その実際の生物群集における役割や効果については議論が多く、また生態的形質置換の仮説が支持されるうえで必要な判断基準も提唱されている。同所的な種間の形質分化をもたらすプロセスとして、結果として非常によく似た群集構造や形質の地理的分布パターンを作り出すにもかかわらず、ある意味、生態的形質置換と対立的な関係にあるプロセスが、ニッチ選択の結果としての生態的種分化である。興味深いことに、両方のプロセスがともに検出されている野外のシステムが従来いづつか知られている。しかし群集における表現形質の分布や動態に対して、生態的形質置換と種分化が果たす役割の関係についてくわしく検討した実証的な研究は少ない。このような研究を行う上で、海洋島で多様化した固有生物は、すぐれたモデル系である。ここでは、小笠原諸島で劇的な適応放散を遂げた陸産貝類をモデル系として、競争種間の共進化と生態的種分化の関係、および群集レベルで見られる収斂現象との関係について議論したい。また、競争種間の共進化による生態的形質置換が種分化を促し、それがさらに生態的形質置換を促進する可能性について議論したい。

T15-2

バイオマス・生産力と多様性指標

中山 隆司（北大）

歴史的に文化の形成と持続を担ってきた森林は、高いバイオマス蓄積とその長い滞留時間、そして高い一次生産速度で卓越した生態系である。発達した自然林生態系では、林冠高・バイオマス・一次生産速度といった生態系指標に加え、樹木の種多様性も気候パラメータとの間に明瞭な相関を示す。地史的に互いに隔離された大陸間で、樹種組成も異なるにも関わらず、バイオームの相観が気候と対応する事は古くから知られた現象であり、現在の動的全球植生モデリングでも、生活形の機能群パラメータ化の根拠となっている。一方、攪乱や伐採後の森林再生過程では、各指標間の相関は崩れるため、たとえば炭素吸収能と生物多様性保全の評価の間にコンフリクトを生じることになる。このようなコンフリクトを解消して、多面的な森林生態系サービスの評価軸と指標を提供するためには、基礎生態学的な理解が必須である。

森林のバイオマスと生産力の高さ、そして気候条件による収斂現象は、気象環境が許す限り、光を巡る他種との競争に勝つために、幹や枝という支持部分へのコストをかけながらも、より高い位置に葉群を広げていった帰結として高木種が進化したために他ならない。こうした高さの進化は、他方で発達した森林の立体構造の下層スペースを利用する生活形の進化と共存ももたらしてきた。したがって、機構的な観点から、生態系・生物多様性指標間の相関や、時系列的なパターンの違いが説明できる。ここでは光を巡る一方向競争に注目した極めて簡略化したモデルをもちいて、森林の指標間相関の統合的な説明を提供する。そして、生態学的な理解に基づいた、巨視的な時空間軸に沿った調和的な森林の評価軸と指標化の必要性を指摘する。

T15-3

T15-3

PlotNet を用いた森林の質を図る指標の試み

清野 達之 (筑波大)

森林生態系の種構成や現存量、地上部純一次生産量などの生態系機能は地域によって異なる。また、自然または人為攪乱の影響を受けた二次林、施業履歴の異なる人工林をも考慮すると、森林生態系の構造は天然林と異なる。同時に近年の気候変動にもとない、これまでとは違ったパターンを示す可能性が予想されている。これらの違いは「生態系サービス」の「質」の違いに大きく反映する。生態系サービスのなかに、森林生態系機能の一つの特徴である炭素固定能がある。これは近年の森林減少や温暖化対策の検討の話題のなかで取り上げられる事が多い。そこで本発表では、森林の「質」としての炭素量と炭素固定能に着目した。様々な森林生態系の「質」を広域でみた場合、何が森林の「質」の指標になりうるのだろうか。ここではモンスーンアジア気候にあり、多様な植生が分布している赤道熱帯からシベリアまでの東アジア北半球の、天然林、二次林、施業林を対象に、森林の「質」を図る指標を検出する取り組みについて議論したい。今回の発表では PlotNet と呼ばれる森林調査区のデータベースを利用した。データは発表者を含む研究者の情報や既報の研究発表などの情報を集約している。この発表では、同じ地域や植生帯での、天然林、二次林、施業林間での、森林生態系の炭素量と炭素固定能の比較を行ない、植生帯や森林のタイプ間で違いが生じるメカニズムについての議論を行なう。また、これらから森林の「質」を決める要因についても議論を行なう予定である。

T16-1

定点写真撮影による長期 (1986 - 2009) の樹木フェノロジー調査

渡辺隆一 (信州大・教育)

信州大学教育学部は長野県北部、志賀高原の標高 1600m に自然教育研究施設をもっている。施設の前景は冷温帯と亜寒帯の境界部に相当し、ダケカンバの二次林とオオシラビソ・コメツガの針葉樹林からなる。施設内からこの前景を自動カメラ (広角 35mm) で 1986 年 6 月から毎日 1 コマの定点撮影をおこなった。本調査地では最高最低温度計による観測を継続しており、年平均気温は 1986 年以降ほぼ一定の割合で温暖化の傾向を示した。

前景の主要な落葉樹はダケカンバであり、そのうち樹冠が明瞭な 20 個体を選び、その開葉日 (開葉が始まり緑に見える) と黄葉日 (樹冠の約半分が黄葉) とを連日写真を見比べることで確定した。1994 年までの 9 年間を解析した結果では、開葉日と黄葉日の年変化はいずれも明瞭な傾向を示さず、温暖化の影響は認められなかった。年変化は開葉で 10 日、黄葉で 7 日と前者で大きかったが、個体差は逆に開葉が黄葉より大きかった。各事象の発現前の積算気温との関連を検討したが有意な関係は見出せなかった (志賀自然教育研究施設研究業績 33 号)。

いずれの年も平均的な開葉日、黄葉日を示した 5 個体につき 2004 年までの 19 年間で開葉日と黄葉日とを連日写真より確定し解析した。開葉日の年変化は当初は水平であったが、1998 年より急に早まる傾向をみせた。黄葉日の年変化も 1998 年より遅れる傾向をみせ、いずれも温暖化の影響によるものと考えられた (同上 43 号)。しかし、ダケカンバの植物季節への影響がなぜ 1998 年より急に顕著になったのかは不明である。なお、2004 年以降の傾向については解析中である。

T15-4

モデルによる生態系指標のマッピング

伊藤 昭彦 (国環研)

生態系指標の広域マッピング、あるいは人為管理の影響予測やリスク評価には、実測に基づく分析だけでなく生態系モデル解析が有用な手法となる。生態系モデルには、生物間相互作用に起因するダイナミクスを表す数理的なモデルから、生態系の持つ様々なプロセスや機能を定量的に評価する数値的なモデルまで様々なものがある。生態系指標のマッピングに用いられるモデルは主に後者のアプローチをとっており、エネルギーや物質の収支を、環境要因と生物要因に基づいてシミュレートしている。例えば、森林など陸域生態系の水源涵養機能は、地表面からの蒸発散と河川への流出を計算し、水収支式を解くことで評価することができる。同様に炭素貯留機能は、光合成による固定と呼吸・分解による放出を計算し、炭素収支式を解くことで評価される。このようなモデルは研究ベースの解析に用いられてきたが、地球環境問題に直面している現在、様々な分野への応用が期待されている。実際に、このようなモデルを用い、リモートセンシングと組み合わせるなどして、広域マッピングが試みられてきたが、いくつかの問題点も認識されるようになってきている。第一に、実際の環境問題 (例えば森林破壊の影響評価など) にモデルを利用する場合、特に国際交渉が絡むような段階では、非常に高い数値的信頼性が求められるが、現在のモデル推定にはなお大きな不確実性が含まれているだろう。第二に、多様な生態系指標を網羅的に評価できるモデルは開発されていないため、統合的な解析は未だ困難である。例えば CO₂ 交換を扱えるモデルは多いが、同じ温室効果ガスであるメタンや亜酸化窒素も同時に扱えるモデルは少ない。特に、生物多様性をどうモデルで表現するかは大きな問題であろう。本発表の最後には、モデルを用いた生態系サービス評価を行う上での課題と、今後の研究について論じることとする。

T16-2

衛星リモートセンシングによる展葉・紅葉フェノロジー観測

本岡 毅 (筑波大・生命環境)

近年、広域の植生フェノロジーを長期継続的に観測する手段として、衛星リモートセンシングが活用されている。その方法は、衛星センサが検知する地球表面の分光反射率の時系列変化から「何らかの変化」を抽出し、その時期を展葉や紅葉などが起きた時期とする、というものである。つまり、分光的な「何らかの変化」を実際の植生フェノロジーに対応づける作業が、まず必要となる。これまで、様々な方法が提案されているものの、地上観測による検証はほとんど行われていない。そのため、分光反射率や NDVI の時系列変化と植生フェノロジーや地表の状態 (裸地、積雪、冠水など) の対応関係は十分に明らかになっておらず、先行研究による提案手法の有効性は不明確なままとなっている。

本発表では、地上検証情報 (地上での分光反射率の連続計測やウェブカメラ定点撮影など) を利用してリモートセンシングによるフェノロジー観測手法を開発・検討し、日本の展葉・紅葉観測を試みた結果について紹介する。同時に、リモートセンシングによるフェノロジー観測の利点と欠点、今後の可能性と課題などについて報告する。

T16-3

温暖化の植物フェノロジーへの影響：マクロ生態学的アプローチ

土居秀幸 (Carl-von-Ossietzky University Oldenburg)

近年、今まで蓄積されてきた長期データを使用した研究により、地球温暖化が植物・動物のフェノロジーのタイミングに、大きな影響を与えていることが明らかとなってきた。今までの研究では、ある場所でのフェノロジーの温暖化への応答を検討している場合が多く、そのマクロ的な傾向について検討した研究例は未だに少ない。地球規模で起こる気候変動とフェノロジーの関係を明らかにするためには、大空間スケールでの生態学的現象を扱うマクロ生態学的な視点が重要である。しかし、マクロ生態学で注目されている緯度ラインや大空間スケールでの現象のばらつきをフェノロジーに関して考察した研究例は非常に限られている。

気象庁では、1953年から現在まで全国102カ所の観測所で、のべ120種以上の植物・動物種についてその開花・発芽・落葉・初見日・初鳴日などのフェノロジーを記録している。全国102カ所という広範囲で長期に観測されたフェノロジーデータを用いれば、フェノロジーの温暖化への応答をマクロ生態学の視点から考えることが可能である。

本講演では、気象庁・生物季節データセットを用いたマクロスケールにおけるフェノロジーと気候変動の関係についての研究を紹介する。特にフェノロジー応答や展葉期間・応答の緯度ラインと、気温へのフェノロジー応答の地域同調性に対する遺伝的多様性の影響について紹介する。まとめとして、今後のマクロスケールでのフェノロジー研究の意義と方向性について述べる。

参考：Doi and Takahashi (2008) *Global Ecology and Biogeography* 17:556-561, Doi et al. (2010) *Global Change Biology* 16:373-379, 土居・高橋 (2010) *日本生態学会誌* 印刷中

T17-1

上流域において樹種ごとの落葉の滞留場所の違いと底生動物の定着について

小林 草平 (土木研究所)

山地小渓流の底生動物は食物資源を落葉等の陸由来有機物に大きく依存している。落葉を底生動物が利用するまでには、落葉が河床に滞留すること、また底生動物が滞留場にたどり着くことが必要である。急峻な小渓流は流れや河床地形が不均一であり、落葉が滞留する流れや地形条件は限られている。また一方で、底生動物は流れや河床地形によって侵入し定着できる場所が大きく制約されている場合が多い。したがって、これまで落葉と底生動物の関係についての議論は主に、溪流にどれくらい落葉が滞留しそのうちどれくらいが底生動物に食物として利用されるかであったが、実際に底生動物が利用するまでのプロセスを考慮すると、落葉が滞留する環境と底生動物が侵入・定着できる環境がいかに合致しているかも落葉と底生動物の関係を捉える上で重要となりうる。演者はこれまで小渓流の異なる流れ場（瀬、淵流心、淵川縁）に形成されるリターパッチ（落葉枝の集積）を対象に、落葉と底生動物の関係について研究を行ってきた。本発表では、落葉の形態（大きさ、堅さ）によって滞留しやすいリターパッチが異なること、また底生動物（破碎食者）の種ごとに侵入・定着しやすいリターパッチが見られることなど、落葉と底生動物の関係についてこれまで明らかにしたことを紹介する。質の良い落葉の滞留しやすさと活動性の高い底生動物の侵入・定着しやすさが合致する条件があれば、その場は底生動物の成長や落葉分解のホットスポットとなる。山地小渓流においてこうしたリターパッチのホットスポットが出来る条件について、落葉の滞留と底生動物の侵入・定着の結果を踏まえて、リターパッチの形成を強く制約する河道特性と溪畔樹種の影響を考察する。

T16-4

フェノロジーの長期変動と植生の環境調節機能への影響

松本一穂 (九州大院：農)

日本やヨーロッパにおいて長期的に蓄積されてきたフェノロジーデータは、これまでの環境変動が生物圏に及ぼしてきた影響を検討する上で非常に貴重なデータセットとなっている。近年、その解析により、世界的な気温上昇によって動植物のフェノロジーが大幅に変化してきていることが数多く報告されつつある。その中でも特に落葉植物の着葉フェノロジーの動向については、光合成・蒸散を介した植物の環境調節機能にも大きく影響しうるため、将来の気候変動を左右する重要なファクターの一つとしても注目されつつある。IPCC (2007) では、気温上昇により落葉植物の生長期間（着葉期間）が長期化傾向にあり、これにより植生の炭素固定量も今後増大する可能性があるとしている。しかし、フェノロジーの変動が植物の環境調節機能に及ぼす影響については未だ不明瞭な点が多い。例えば、一般的に葉寿命が長い植物ほど光合成速度は低くなることが知られており (Chabot & Hicks, 1982; Reich, 1992)、仮にこの考えが同一種における葉寿命の長期変動にも適用できるならば、生長期間の長期化は植物の年間炭素固定量にはさほど影響しない可能性がある。さらに、生長期間の長期化は生態系呼吸量の増大につながる可能性があり、CO₂の放出成分が相対的に増大することも考えられる。そのため、本発表では主に植生のガス交換を介した環境調節機能に注目し、それに対し気候変動とフェノロジーの変化がもたらす影響について要点の整理を行い、今後の課題について議論を深めていきたいと考えている。

T17-2

落葉移動のモニタリング手法について

石平 博 (山梨大学)

落葉は河川・森林土壌の双方にとって重要な炭素源、栄養源であり、その存在量や動態が水質や生物環境に与える影響は大きい。しかしながら、森林内における落葉の移動、特に新鮮な落葉の水平方向移動の実態については、未解明な部分が多く残されている。

本研究の目的は、森林域における落葉動態（落下・飛散、林床上移動、溪流への供給および溪流を介した流出）の新たな観測手法を開発することである。特に、近年急速に進歩しているRFID (Radio Frequency Identification) 技術を用いることにより、個々の落葉の移動経路の連続的な追跡を可能にする。このように、落葉個体（個葉）の視点から落葉の動きを観察することで、落葉1枚の一生を追跡し、個々の要素の動きの詳細な調査・解析を行う点が本手法の大きな特徴である。個葉追跡を行うための技術として、本研究ではRFID (Radio Frequency Identification) を利用する。RFIDとは、ICチップを埋め込んだ小型のタグ (ICタグ) を物体に装着し、ICタグ読取装置を用いて個体を識別し、専用ソフトウェアで個体情報の管理をするシステムのことである。これまでにも、資材管理や防災・減災システムなどへのRFIDの利用が考えられてきたが、自然環境中の計測に応用された事例は魚類生態の分野を除き、非常に少ない。しかしながら、RFIDが持つ優れた個体識別・管理機能を活用することにより、自然環境における物体の動態観測技術が大きく進展するものと期待される。

講演では、観測手法の概要について説明するとともに、本観測手法を山梨県瑞穂山流域の試験プロットに適用し、I) 林床から河川溪流への供給過程、II) 溪流内の落葉流出過程について検討した結果についても紹介する。

T17-3

T17-3

中下流部における粒状有機物の流下特性と水生生物との相互作用

吉村 千洋 (東京工業大学)

自然界における有機物は生物による生成物であるが、河川水中では生物が利用する資源でもある。本発表では河川調査結果に基づき、河川中下流部における有機物の粒径別流下特性と粒状有機物の分解過程を中心に議論する。

人為影響の比較的小さい温帯河川 (イタリア、タリアメント川) を対象とした調査結果より、中流域において粒径別有機炭素の年間の流下量は溶存有機物 (DOM: $< 1 \mu\text{m}$) で 32%、微細有機物 (FPOM: $1 \mu\text{m}$ – 1mm) で 68%、粗大有機物 (CPOM: $> 1\text{mm}$) で 0.01% と推定された。流量との対応では、DOM は平均水位での輸送量が最大であったが、FPOM の約 9 割は洪水時に輸送されることが示された。ただし、有機物の組成分析より洪水時の FPOM の 8 割は土壌由来の難分解性有機物であることから、粒状有機物は洪水時には輸送体として主に機能し、流量安定時には濃度が低いが生物利用性が高まることが推測された。

後半では有機物の生分解過程に関する実験結果を主に紹介する。粒状有機物の分解過程にはさまざまな生物が関与するが、微生物とヨコエビ (*Gammarus* spp.) を用いた分解実験より、粒状有機物が微生物や底生動物に分解・破砕されるとその化学的組成が均質化することが示された。落葉に比べると FPOM の窒素含有量は増加するが、リグニン含有量は高くなり (20.5 ~ 45.6%) となり、小型化に伴い生物分解性は低下すると考えられる。一方で、粒状有機物からの DOM 生成を調べた結果、微生物分解が卓越する段階では、CPOM と FPOM の DOM 生成速度は同程度であり、河川における FPOM の存在量を考慮すると河川での有機物変換過程において FPOM は重要な役割を担っていることが示唆された。

T17-5

河口干潟における有機物の動態

佐々木 晶子 (広島大学)

河川の最下流域に成立する河口干潟では、現地藻類の生産に由来する在来性有機物が存在するだけでなく、流入河川を介して陸域に起源を持つ外来性有機物が供給される。河口干潟に貯留されたこれらの有機物は、微生物や底生動物に餌資源として利用され、最終的に無機化されることによって除去される。本発表では河口干潟における有機物動態に関する話題として、これまでに得られている以下の知見を紹介する。

(1) 微生物による有機物無機化量：微生物による年間有機物無機化量を、堆積物表面からの CO_2 放出速度とその温度依存性をもとに推定した結果、流入河川からの有機物負荷量や底生微細藻類による生産量の約 2 割に相当する値であった。また河口干潟では、微生物による有機物の分解活性が潮汐の影響を受けて変動することも示された。(2) 底生動物の摂餌・営巣行動が有機物動態に与える影響：河口干潟の代表的な堆積物食者であるスナガニ類の摂餌行動が有機物動態に与える影響を検討したところ、微生物による無機化量に相当する量の有機物を餌として堆積物から濾し取っていることが示唆された。また堆積物中深くまで巣穴を形成し、強い生物攪乱作用を持つとされるアナジャコを対象とした調査では、巣穴の有る場所では無い場所に比べて堆積物表面からの CO_2 放出速度が最大で 80% も高いことが明らかになり、河口干潟では生物による摂餌という直接的な活動だけでなく、営巣という間接的な活動も有機物動態に影響を与えていることが示された。以上のように、河口干潟は河川流域の最下流部に位置し、そこに生育する生物による利用を通して、陸域から沿岸域への有機物負荷を緩和する役割を果たしている。

T17-4

河口域における河川由来有機物の流入と底生動物による利用

坂巻 隆史 (琉球大学)

河口域では、河川を通じて輸送されてきた粒状有機物の一部が保持され、生物に様々な形で利用されていると考えられる。しかし、水理環境は河口によって異なり、洗い流しや海域由来有機物との混合等を考えると、河川由来有機物の重要度は河口間で大きく異なると思える。また、河川由来有機物の河口における餌としての利用価値を評価するにあたっては、有機物の質等様々な因子を考慮する必要がある。これまで河川由来有機物の河口における二次生産への寄与を調査した事例は多いが、その結論は決して一貫していない。このことは、河口生態系における河川由来有機物の役割が簡単に一般化できるものではないことを示唆している。

筆者は河口干潟を対象として、河川由来の粒状有機物の干潟底質における保持とベントス二次生産への寄与を、いくつかの潜在的影響因子を考慮しながら調査してきた。北米西海岸の $7.0 \sim 8000\text{km}^2$ の流域面積を有する 20 河川の河口干潟において行った調査では、干潟堆積物中への河川由来有機物の寄与度が流域面積とおおむね正の関係を示した。しかし同時に、干潟堆積物中の有機物 C/N が高いケースでは、流域面積とは関係なく河川由来有機物の寄与が高いことが示された。比較的急勾配の小河川からは森林起源で分解性の低い有機物が流れ込んだためと推察された。また、この研究の中で行った干潟堆積物中有機物とマクロベントスの炭素安定同位体比の解析では、河川由来有機物の増加とともにそれへの食物源としての依存度を高める種とそうでない種が存在していることが示された。これは、生物の食物選択性の強さによって河川からの有機物の役割が大きく変化しうることが示す。

河川から流入する有機物の河口生態系における役割を理解するにあたり、その解釈に大きな影響を及ぼしうる因子は何であろうか。それについて、筆者の研究結果を題材に話題提供したい。

T18-1

アジアにおけるヒラタクワガタの多様性：DNA および形態からのアプローチ

所論史 (茨城大院・教育)・五箇一 (環境研)・立田晴記 (琉球大・農)・山根爽一 (茨城大・教育)

天然資源の輸入大国である日本は、様々な外来生物が資材に紛れて侵入してくるとともに、意図的に外来生物を輸入するケースも多々存在する。特に、外国産クワガタムシおよびカブトムシなどの甲虫類は近年の飼育ブームの高まりによって、急速に輸入量が増えている。クワガタムシ科のヒラタクワガタ *Dorcus titanus* は、飼育方法が比較的簡単であること、値段が安価であること、インターネットの普及等により容易に購入することができるため、毎年大量の個体が輸入されている。このヒラタクワガタは、日本列島を含む東アジアから東南アジアにかけて広く分布しており、地域によって特にオス成虫の大顎形態変異が著しく、多数の地域亜種を包含する。しかし、それらの地域亜種間、あるいはより細分化された地域個体群間の遺伝的分化の程度に関しては定量的データが不足している。

本研究では、ヒラタクワガタにおける保全単位設定のための基礎情報を得ることを目的として、遺伝的および形態的多様性の定量的評価を試みた。遺伝的多様性を評価するため、mtDNA における CO1 および CO2 領域の塩基配列を解析し、得られた塩基配列情報を基に系統解析を行った。次に、形態的多様性を評価するため、各地域におけるオスの大顎を用いて楕円フリーエ解析を行い、得られた 157 の係数を基に多変量解析を行った。これらの結果から、ヒラタクワガタはアジアの地史について有意義な情報を持っていること、そして個々の地域で特徴的な大顎形状を持っていることが示された。しかし、いくつかの地域においては、複数の大顎形状を持っているにも関わらず、mtDNA においては一つのクレードを形成する地域も存在しており、mtDNA のみでは認識できない遺伝的多様性が存在していることが示された。

T18-2

日本列島とその周辺のトカゲにおける地域固有性の形成と破壊

岡本卓（環境研）・栗山武夫（東邦大・理）・疋田努（京大・院理・動物）

日本列島と伊豆諸島には、近縁な3種のトカゲ（オカダトカゲ [伊豆半島～伊豆諸島]、ニホントカゲ [西日本]、未記載種 [東日本]）が側所的に分布している。これらは、日本列島の形成時に起源する古い系統と考えられている。それぞれの種内にも地理的変異が認められ、特に伊豆諸島では著しい形態的・生態的変異が知られている。分子系統学的解析から、これらの多様化の歴史は、日本列島で約400万年、伊豆諸島内では約100万年に渡ると推定された。

このような地域ごとの固有性が、伊豆諸島において少数の外来生物により破壊されつつある。三宅島・八丈島・青ヶ島では、1950年代以降に放獣された外来種ニホンイタチの捕食圧により在来種オカダトカゲは激減した。三宅島での調査から、約10年でトカゲの密度は1/1000以下に低下し、食物網の構造も大きく変化しと考えられている (Hasegawa, 1999)。加えて、八丈島への新たな外来種としてニホントカゲの定着が新たに確認された。これまでの調査結果から、外来トカゲは九州に由来し、2003年頃までに移入され、その後増加傾向にあると考えられ、すでに島の1/4程度の地域では外来トカゲのみが分布するという状況にある。この事例では、各地域・島嶼ごとの固有性の形成には数百万年かかった一方で、わずか数十年でその一部が修復困難な打撃を受けたことになる。

T18-4

アルゼンチンアリ大航海：DNA解析による遺伝構造の解明と侵入経路の推定

井上真紀（環境研）・伊藤文紀（香川大・農）

近年の世界経済のグローバル化と自由貿易の促進によって、物資や人の国際移送に伴う外来生物の侵入・定着は増加し続けており、侵略的外来生物の問題はますます深刻化している。なかでもアルゼンチンアリは、世界中に侵入し、生態系や農業に甚大な被害を引き起こしており、IUCN世界侵略的外来種ワースト100にも掲載されている。日本では、1993年に広島県ではじめて侵入・定着が確認され、その後各地で発見されている。本種はすでに特定外来生物に指定されているが、侵入・分布拡大を阻止するために、その侵入ルートを予測し効果的な検疫体制を構築する必要がある。近年、分子遺伝学的手法によって、侵入生物の侵入ルート推定が推し進められている。一方、世界経済の貿易構造の変化が、侵入生物の随伴移送に大きく影響すると考えられるものの、社会経済的要素を考慮した侵入ルート推定の事例は少ない。本講演では、まず外来アリ類を運ぶ媒体や経路について先行研究をレビューする。また、著者によるアルゼンチンアリ侵入個体群におけるミトコンドリアDNAを用いた遺伝解析の結果を紹介する。最後に、アルゼンチンアリの分布拡大プロセスについて、世界貿易構造の変遷に関連させて著者らが収集した情報をもとに解説する。

T18-3

あなたの知らない付着性淡水二枚貝の脅威

富永篤（環境研）・伊藤健二（農環研）・木村妙子（三重大院・生物資源）

外来生物の侵入は、侵入先でハビタットの破壊、生物多様性の消失、在来種の絶滅、多大な経済的損失をもたらすとされている。近年、船舶の航行や水産物の国際取引に伴い、水域の生態系に対する外来生物の影響が大きな問題となっている。淡水域では、付着性淡水二枚貝であるカワホトトギスガイとカワヒバリガイの被害が世界的に広がっており、北米や欧州には前者が、日本、台湾、香港、南米などには後者がすでに侵入している。これらの付着性淡水二枚貝は大量発生に伴う在来生態系の激変、大量死に伴う水質悪化、利水施設での大量発生に伴う通水障害などを引き起こすことが知られている。試算によると、黒海周辺が原産のカワホトトギスガイが北米に侵入したことで北米の電力施設、利水施設の36%が本種による経済的被害を受け、侵入初期の1989年から2004年までの経済的コストは2億4600万ドルにも達するとされている。カワホトトギスガイとよく似た生態を持ち、より広い環境条件でも生息可能なカワヒバリガイについてもこのまま放置すれば、同等もしくはそれ以上の被害が生じる恐れもあり、日本国内でも早急な対策が求められている。朝鮮半島と中国が原産の本種は、1980年代後半ごろに関西や中部地方に侵入し、現在は関東地方まで分布を拡大していることが知られているが、これまでのところ本種に関する生態的、経済的な被害の実態把握はあまり行われてきておらず、また国内への侵入プロセスや分布拡大プロセスについても推測の域を出なかった。本発表では、これら付着性淡水二枚貝に関して予想されるリスクを紹介するとともに、分子遺伝学的手法によって裏付けられた本種の分布拡大プロセスを説明し、考えられる本種の防除対策について議論を行いたい。

T18-5

両生類の感染症カエルツボカビは日本から運ばれてしまった！

五箇公一・鈴木一隆（環境研）

カエルツボカビ菌とは両生類の皮膚に特異的に寄生する真菌の一種である。両生類の感染症・カエルツボカビ症の原因とされ、世界各地で近年急速に分布を拡大している。その起源は、実験動物として世界的に流通しているアフリカ原産アフリカツメガエルと考えられていた。1990年代から世界中で本菌による両生類個体群の壊滅的被害が報告される中で、アジア地域だけは、本菌の発生が確認されていなかったが、2006年12月に日本国内に輸入された南米原産のベッコウカエルからカエルツボカビが発見された。本菌の侵入によって日本の両生類が絶滅の危機に立たされた、と多くの生物学者が警鐘を鳴らし、マスコミも大きくこの話題を取り上げた。あれから3年の月日が過ぎた。結局、両生類の大絶滅という事態は一度も確認されず、カエルツボカビはまるで死語と化しつつある。冷静に見直せば、アフリカツメガエルは日本には1950年代から輸入されており、現在も大量に輸入・飼育されていること、そして1990年代から中南米やオーストラリアなど、カエルツボカビ症の被害が著しい地域からもベッコウカエルに大量の両生類が輸入されていたこと、などから、日本ではカエルツボカビ症のpandemicはとっくに起きていて然るべき、という点がもともと疑問として存在した。この3年間に我々が日本国内外の野生両生類を調査した結果、日本にはオオサンショウウオを含め様々な在来両生類にカエルツボカビ菌が存在しているが発症はせず、DNA分析の結果から日本国内のカエルツボカビ菌の多様性は他国と比べて非常に高いことが明らかとなり、さらに感染実験の結果、日本の両生類に寄生しているカエルツボカビ菌は、外国産両生類に対して病原性をもつことも示された。以上の結果から、実は、カエルツボカビ菌の起源は日本を含むアジアにあるのではないかという、新しい仮説が提唱された。

T19-1

T19-1

CarboEastAsia

Naishen Liang (National Institute for Environmental Studies)

Terrestrial ecosystems in East Asia cover large land area and represent many vegetation types including boreal forests, temperate forests, tropical forests, grassland, deserts, and crop fields extending from the Arctic to equator. Therefore, knowledge of the carbon dynamics of the terrestrial ecosystems in East Asia is essential to advance our understanding of global carbon and water budgets and prediction of the impacts of climate change. Our major objectives are to:

1. identify important mechanisms that drive carbon cycling in various terrestrial ecosystems, natural and managed;
2. quantify the distribution and strength of carbon sink/source, and their spatial and temporal variability and uncertainty;
3. examine functional type of vegetation and its spatial distribution pattern, carbon assimilation processes and its driving mechanisms, and interactive relationship between vegetation type and carbon cycle;
4. develop a new generation of carbon cycle models;
5. evaluate influences of land use and climate changes on carbon cycle of ecosystems;
6. provide scientific insights into carbon sequestration potentials of the terrestrial ecosystems, and political suggestions on reduction in carbon emissions; and
7. quantify the contribution of terrestrial ecosystems in East Asia to global carbon balance.

T19-3

Carbon balance of Japanese terrestrial ecosystems

Takashi Hirano (Chair of JapanFlux, Hokkaido University)

In the 1950' s, Dr. Inoue measured CO₂ flux above a rice paddy. This was made by the gradient method, whereas one of the first CO₂ flux measurements in the world. Dr. Mitsuta and Dr. Ohtaki made a major contribution toward the application of the eddy covariance technique. Dr. Mitsuta put sonic anemometer/thermometer (SAT) into practical use, and Dr. Ohtaki developed an open-path infrared gas analyzer for CO₂ and water vapor. Based on their technical support, Japanese companies made SATs and open-path analyzers, but unfortunately the open-path analyzer now goes out of production. In the 1990' s, long-term flux monitoring began also in Japan. Dr. Yamamoto started flux monitoring at Takayama site, a deciduous broad leaf forest, in 1993. Takayama site is the oldest tower site with the longest record in Asia, also one of the oldest sites in the world. In 1999, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI) established a local flux network with 5 forest sites in Japan. In the following year, National Institute for Environmental Studies (NIES) launched flux monitoring at Tomakomai site, a larch forest. At present about 30 flux monitoring sites are active at some types of forest, grassland, rice paddy and wetland in Japan. Using data collected at these flux sites, we will report the carbon balance of typical terrestrial ecosystems in Japan.

T19-2

AsiaFlux and Carbon balance of Korean terrestrial ecosystems

Joon Kim (Chairs of AsiaFlux and KoFlux, Yonsei University)

T19-4

Carbon balance of Chinese terrestrial ecosystems

Guirui Yu (Chair of ChinaFLUX, Chinese Academy of Sciences)

T20-1

主旨説明：水田の文化と生物の多様性

夏原由博（京都大学）

水田は我が国の低地面積の45%を占め、モンスーンアジアを特徴づける河川氾濫原や湿地の代償として生態学的に重要である。水田地帯にはタガメやダルマガエルなど多くの絶滅危惧種が息する一方で、山地の自然と異なり、自然保護区として守られることはない。生活や生産の場でもある水田地帯での生物多様性を保全するためには、農家や市民が水田の生物多様性の価値を認識して、利用しながら保全しなければならない。トキのような有名な生物がいなくとも、地域ごとに重要な生物や生態系が存在し、安全で生物多様性に配慮した農業によって生き物ブランド、魚など副産物、天敵増加といった生態系サービス（自然の恵み）が得られる。そうした生態系サービスを効果的に得られる仕組み作りが生物多様性保全の取り組みに不可欠である。農業地域での生物多様性の保全はアジアのみならずヨーロッパでも重要な課題とされ、2010年以後の生物多様性保全目標の設定とその達成の道筋を中心的なテーマのひとつとなる。特に我が国の伝統的な循環型社会である里地里山における持続的な生活を支えてきた。研究は、自然科学と社会科学両方から進めているが、今回は、水田地帯の生物多様性そのものの概観から、ランドスケープと農法が及ぼす影響を、分類群ごとに明らかにし、異なる群集構造を生み出すプロセスに迫る。

T20-3

琵琶湖周辺の農業用水路網が魚類群集の保全に果たす役割

前畑政善（琵琶湖博）・金尾滋史（多賀町博）・水野敏明（琵琶湖博）・大塚泰介（琵琶湖博）

T20-2

琵琶湖周辺のランドスケープの違いによる鳥・両生類の特徴

天野一葉・夏原由博（京都大学）

水田地帯の生物多様性を回復するための基本的情報として、滋賀県全域における土地利用と鳥類及び両性類の分布の関係を調査した。

土地利用面積率は、国土数値情報（土地利用3次メッシュ）から求めた。林縁長（水田と樹林の接線長）は、土地利用細分メッシュを用い、ArcGISの空間検索機能によって、隣り合う細分メッシュが水田と樹林の組み合わせである場合を抽出し、細分メッシュ数として求めた。調査メッシュ中心から、1kmから5kmまでのバッファを発生させ、バッファ内の土地利用面積率を求めた。

鳥類は、滋賀県の上流域・下流域・平野部を含む水田地帯22地域からランダムに1つの3次メッシュ（1km²）を選び、そのメッシュを十字に4分した各ブロックの中央を定点として、15分間の定点観察を行った。鳴き声又は目視により種を確認して、個体数及び個体までの距離を記録し、種組成や種グループごとに分布の特徴を考察した。

カエル類は、滋賀県内の環境の異なる24箇所、水田4枚の周囲を歩いて、鳴き声（夜間）または目視（昼間）によって、種を確認した。カエル類の種組成から、モリアオガエルとダルマガエルを指標とすることができた。

T20-4

滋賀県における水田水生昆虫普通種の分布状況とその成因

日鷹一雅（愛媛大・農）・向井宏（京大）・中西康介（滋賀県立大）・本林隆（農工大）・横山（大阪府大）

これまで滋賀県における淡水生物の研究は、琵琶湖とそれにつながる水系について魚介類、流水性水生昆虫などで多くの学術情報が蓄積されている。しかしながら、水田内の止水性昆虫類に関しては生息分布状況についてまとまった報告は少ない。そこで演者らは、琵琶湖一周に配置された調査定点水田（大塚らの発表）を中心に、一定の手法によって定量的な密度分布調査を実施し、最近の関係者の知見も総合化して、滋賀県の水田水生昆虫の現状について報告する。湖東、湖西、湖北に大まかな3地域に分けてみると、湖東がやや採集種数においても他地域に比べ少ない傾向を示した。水田水生昆虫のRDB種の代表種であるタガメ *Kirkaldyia deyrolli*、ゲンゴロウ *Cybister japonicus* の生息は全く記録できなかった。大型種では、甲虫類ではガムシ *Hydrophilus acuminatus*、クロゲンゴロウ *Cybister brevis*、カメムシ目ではコオイムシ *Appasus japonicus*、タイコウチ *Laccotrephes japonensis* は広く分布していた。また、甲虫目の *Hydrochara*、*Sternolophus*、*Hydaticus*、*Colymbetinae* に属する中型種、あるいは *Laccophilus*、*Noterus*、*Berosus*、*Haliplidae* などに属する小型種が県内の水田地帯に普通に分布していた。これら滋賀県内で普通に見られる水田水生昆虫は、近隣県や他の地域において広範囲に水田で近年採集できなくなっている場合がある。全国分布種で普通種とされるヒメゲンゴロウを取り上げて、殺虫剤感受性の知見と環境保全型農業行政の関連性について論じ、滋賀県における水生昆虫相の成因について言及する。

T20-5

T20-5

水生・湿生 RDB 植物を指標にした日本の水辺類型

鎌田磨人・熱田尚子・田代優秋（徳島大学）

水田やそれを取りまく用水路などは、湿地に生息・生育してきた生物の代替ハビタットとして重要な役割を果たしてきたとされる。しかし、近年はそうした水田も宅地化や、耕地改善事業によって、代替湿地としての機能が失われてきている。そのため、水田周辺の水理環境の保全や修復・再生が、課題となっている。

水田周辺の水理環境は多様であり、修復・再生を計画・実施するにあたっては、水辺環境の質を区分しながら、それぞれにあった手法を検討していく必要がある。本研究では、それを広域的視点で行うために、環境省 RDB に掲載されている湿生・水生維管束植物を指標として、日本の水辺環境を類型化した。

1) 2次メッシュ (10km x 10km) で在・不在が公開されている RDB 維管束植物 408 種のうち、淡水域の湿生・水生植物 159 種を抽出した。その中から、日本全域の 20 メッシュ以上で分布が確認されている 64 種を解析対象種とした。

2) これら種の在・不在表から Sorensen の類似係数を求めた上でクラスター分析を行い、種の出現パターンをグループ化した。グループ化された個々の種群を解析単位として、3 種群について以下のように解析を進めた。

3) 目的変数を 2 次メッシュ内の種群の在・不在に、説明変数を標高、傾斜角度、SPI、TWI、WI、年降水量、最深積雪量の 7 つの環境変数の 2 次メッシュ内平均値とし、ロジスティック回帰分析を行った。それぞれの種群で選択された環境要因から、それらの潜在的生育地帯を日本全域で作製した。

本研究では、誰もが利用可能な粗い解像度の資料を用いた解析を行った。本報告では、そのような資料であっても、日本全域等の広域に対して行った場合には、種群の出現を決定づける環境要因が推定可能であること、そして、地図化することでいわゆるエコリージョン区分が可能となることを示す。

T21-2

集団の空間構造の違いにより変化するアリー効果の現れ方

佐藤一憲（静岡大・工）

健全な生態系を持続させるためには、アリー効果を無視することはできない。それは、何らかの原因によってアリー閾値を下回るほどに個体数が減少すれば、その種は確実に絶滅してしまうからである。現実の生態系ではアリー効果の現れ方は様々であるし、その原因を特定することは困難な場合が多いが、それを模倣した仮想的な生態系について、数理モデルを使ってアリー効果の影響を調べることは、将来にわたって起こりうる可能性を示唆する上で極めて有効であろう。これまでに、アリー効果を入れた様々な数理モデルが提唱されてきた (Courchamp et al. 2008)。その一つとして、Amarasekare (1998) のモデルはアリー効果のあるメタ個体群モデルであるが、古典的な Levins (1969) の 1 種のメタ個体群モデルにアリー効果を導入したものである。したがって、空間的な構造は、概念的に暗に取り入れられてはいるだけで、明瞭な形式としては与えられていない。Sato (2009) は、このタイプのモデルを規則的な 1 次元格子空間上で取り扱った。その結果、近接相互作用をする局所個体群の間でアリー効果が働いていても、メタ個体群全体としてはアリー効果が現れないことがわかった。また、Amarasekare 型のモデルに比べてメタ個体群全体として絶滅しやすくなる。ここでは、相互作用の範囲を広げたり、2次元以上の空間にすると、どのような結果が得られるのかについて紹介する。さらに、相互作用の起こり方が不均一な場合はどうなるであろうか。集団がもつ空間構造の違いによってアリー効果の現れ方が異なることは、現実の生態系の保全をアリー効果の観点から考える場合に、局所的な観測だけから全体のダイナミクスを予想することの難しさを示唆するとともに、慎重な対応が必要であることを提起している。

T21-1

アリー効果とは何か？どのように生じるのか？

瀧本 岳（東邦大・理）

本発表では、アリー効果の具体例や、アリー効果が生じるしくみ、野生生物の保全管理におけるアリー効果の重要性を紹介して、企画集会の趣旨説明を行う。

1930 年代の W. C. Allee による先駆的研究のあと、アリー効果はそれほど注目されてこなかった。しかし 1990 年代からアリー効果に注目した研究が急増した。その背景には、野生生物の保全管理が盛んになったことがある。希少生物の保全や絶滅個体群の野生復帰、資源生物の持続的利用、外来生物の防除や駆除、生物防除用の天敵の導入といった野生生物の保全管理において、小サイズ個体群や低密度個体群の管理は共通のテーマである。そのため、小規模個体群の持続可能性を大きく左右するアリー効果への注目が増えたといえる。

対象生物の保全管理にアリー効果が重要かを判断するには、アリー効果が生じるしくみの理解が大切である。良く知られたしくみは低密度個体群での交配相手の見つけにくさである。他にも、共同で子育てや狩りをする生物、数の力で環境ストレスを緩和したり捕食者を飽和させたりする生物などでもアリー効果は生じる。また遺伝的不動や近交弱勢を通じてアリー効果は起こる。

実際の野生生物の保全管理においてアリー効果が重要となる具体例は多い。アリー効果を考慮すると、個体群存続可能性分析はより悲観的な予測をするだろうし、自然保護区的设计や資源生物の持続利用の方針も変わるかもしれない。野外個体群でアリー効果を実証するのは難しいものの、予防原則に従えばアリー効果を考慮すべき場合もあるだろう。またアリー効果の働く外来生物の管理においては、効果的な駆除や封じ込めの方法が工夫できたり、個体群動態の確率論的理解がより重要になったりする。

できるだけ広範なレビューを通じて、生態学的应用課題におけるアリー効果の重要性を指摘し、企画集会の趣旨説明としたい。

T21-3

植物におけるアリー効果と希少種保全

富松裕（東北大・生命科学）

小さく分断された植物個体群では、大きな個体群に比べて種子繁殖が制限されることが、よく知られている。多くの場合、そのメカニズムは明らかではないが、個体群サイズ（や密度）の減少による送粉効率の低下や自家不和合性遺伝子の減少など、アリー効果に起因する部分も少なくないだろう。このため、個体群サイズを減少させる生育地の分断化は、アリー効果による繁殖成功の低下、さらには残存個体群の局所絶滅を導く可能性が指摘されている。しかし、種子繁殖量の変動は、個体群動態に必ずしも大きく作用しない。多年生植物のデモグラフィーでは、繁殖（加入）量の変動に対する個体群成長率の弾力性が、成長率と正の相関関係を示す傾向がある。したがって、衰退が懸念される個体群の保全では、個体数そのもの（つまり、アリー効果）よりも生育環境に対して保全努力を払う方が効果的かもしれない。逆に、一度衰退した個体群を素早く回復させるとき、復元のために導入個体群を成長させるときには、（生育環境に加えて）加入量を増やすことに保全努力を払う必要があるだろう。本講演では、このようなアリー効果に関わる先行研究から、希少種の保全や復元に対して、どのような示唆を導くことができるのかについて考える。

T21-4

系外資源が決めるアメリカザリガニのアリー効果の強さとその管理への応用

* 西嶋翔太（東大・農）、瀧本岳（東邦大・理）、宮下直（東大・農）

近年、生態系エンジニアが外来種として導入された際に、生態系や群集の構造を著しく変化させることが数多く報告されている。物理的環境を変えることで自身の成長を促進する生態系エンジニアには、しばしば正のフィードバックによるアリー効果が働く。では、このアリー効果の強さは何によって決まっているのだろうか？ アメリカザリガニは世界各地に侵入し、高密度化することで水草や水棲動物を大きく減らす。ザリガニによる水草の切断は、水棲昆虫などの餌動物の隠れ家を喪失させ、自身の採餌効率を高める働きがあると考えられている。つまりザリガニにはアリー効果が生じる。一方で、ザリガニは系外資源であるリターの流入に支えられていることが明らかになっている。そこで本研究では数理モデルを用いて、リター流入がザリガニと餌動物の動態に与える影響を明らかにする。リター流入率の変化に伴い、ザリガニと餌動物は様々な反応を示す。特にザリガニ絶滅・餌動物高密度の平衡点と、ザリガニ高密度・餌動物低密度の平衡点がともに局所安定であるという代替安定状態 (alternative stable states) を導くことがある。このとき、リター流入率がある閾値より大きくなるとレジームシフトが生じ、ザリガニの大発生と餌動物の激減が引き起こされる。このレジームシフトは、系外資源であるリター流入がザリガニのアリー効果を強いアリー効果から弱いアリー効果に変えることで起こる。さらにこのモデルを用いて、リター流入の制御をザリガニの駆除と組み合わせることで、ザリガニを高密度から低密度の状態へ効果的に復元できることを示す。他の外来生態系エンジニアもまた系外資源に支えられているため、ここで示したレジームシフトの仕組みは一般性が高いと考えられる。系外資源の制御が生態系の復元に対して重要な貢献を果たすかもしれない。

T22-1

我が国のアグロエコロジーとアグロエコロジー研究会の歩み

額田拓也（農研機構・農工研）

農学と生態学を融合し、持続的なフードシステムのデザインの実現を目指すアグロエコロジー (Agro-ecology) は、比較的新しい学問領域であり、我が国に紹介されてからもまだ日が浅い。農学の分野においては、まず、農業生態学として栽培・飼育対象に対する土壌や気象といった環境研究領域としての Agricultural ecology が知られてきた (野口弥吉訳「農業生態学」(G.Azzi) 1958, 小倉武一訳「農業生態学」(J.Tivy) 1994 など)。Agricultural ecology は、農業生産性や生産基盤環境に対して、個体群や群集解析、物質フローなども含めた生態学的な手法で解析を加えようとするものであるが、Agro-ecology は、単なる生態学手知見の適用でなく、農業生産の持続性の維持を目指し、livelihood や economy の観点も含め、生態学的根拠に基づきながらも総合的な農業生産システムのあり方を模索しようとする体系である。そのような総合的な学問体系として Cox & Atkins(1979) や Altieri(1987), Gliessman (1997) らが提案・整備してきた Agro-ecology を 1990 年初頭頃に我が国で最初に紹介したのは、日鷹一雅 (現愛媛大) であった。その日鷹らが中心となって、自然環境保全と農業の持続性との関係性を広く議論する目的で、アグロエコロジー研究会が生態学会大会内で主催されたのは、1998 年の京都大会からである。その後、アグロエコロジー研究会は、環境保全農業、有機農法等の農法論、農業と生物多様性との関係などのさまざまなテーマを取り上げ、冷静に持続的な農業生産のあり方の議論を重ねてきた。本発表では、これまで研究会が取り上げた題材やこれまでの議論などを整理し、12 回目を迎えた研究会の歩みを振り返りたい。

T21-5

Allee effects and directions in reintroduction biology

Doug Armstrong (Massey University)

Allee effects, the suppression of vital rates at low population densities, can occur through a wide variety of mechanisms, all of which potentially apply to reintroduced populations. Reintroduced populations are initially at low densities, hence Allee effects can potentially lead to reintroduction failure despite habitat quality being sufficient to allow long-term persistence if the population survived the establishment phase. The probability of such "Allee effect failures" can be minimised by releasing large numbers of organisms, or by implementing management that reduces post-release dispersal and increases initial survival and reproduction. However, such management may be costly, and releasing large numbers of organisms may actually compromise the survival of the species. It is therefore critical to ensure that the possibility of Allee effects occurring in reintroduction projects is supported by both sound theory and direct evidence, rather than uncritical analyses of correlations that may suffer from numerous confounds. We attempt to create a decision-theoretic framework for prudent consideration of Allee effects in reintroduction strategies.

絶滅種の野生復帰のため再導入される個体群は初期サイズが小さく、アリー効果を受けやすい。そのため、いったん定着すれば長期存続できる良い生息環境でも、再導入に失敗することがある。再導入事業におけるアリー効果の可能性は、健全な理論と直接的な証拠に基づいて評価すべきである。本発表では、再導入時のアリー効果に対処するための、意思決定理論に基づくフレームワークの構築を試みる。

T22-2

農法とアグロエコロジー～モンスーンアジアを事例として～

宮浦理恵 (東京農業大学・国際食料情報学部)

農法は、農の営みとしての生産技術様式と経営様式の二側面からなる概念である。作物の栽培や家畜の肥育管理技術、作付け様式、作付け体系、有畜複合や地域輪作等、これまでの農学、農業経済学および地域研究のフィールドワークによって得られた成果を、個体、圃場、農場および地域の各レベルで整理し、アグロエコロジカルに再考察することに挑む。

これまで地域研究では、地域の言語を駆使しながら、生活、生業、文化、社会の実態を調査し、地域の独自性や共通性を解明してきた。そこで蓄積された農の営みの中には、アグロエコロジーの視点から再解析すると、地域を越えて世界の別の地域で同様に存在するものが散見される。モンスーンアジア地域に軸を置きつつ、それぞれの地域での事例をアグロエコロジカルにとらえ、地域を越えた普遍性と特異性を掌握することが、持続的農業あるいは持続的食料システムを追究していく上で、今まさに必要な課題である。

たとえば、新たなビジネスとしての商品作物栽培は導入種や改良品種を用いた体系によって展開される。モンスーンアジアで伝統的に行われてきた稲作の知恵と技術が、中南米で展開される新規開発の稲作に応用され、また、中南米の伝統的トウモロコシ栽培の技術が世界のトウモロコシ生産に適用されるようになれば、大規模バイオビジネスから小規模家族経営に至るまで、多様な農法と食料生産・消費システムが深化し、それぞれの地域に適した持続性のあり方が生み出されるであろう。アグロエコロジーの進展によって、世界の食料生産が持続的で地域の生活に活気をもたらすような体系に生まれ変わることが期待される。

T22-3

T22-3

農業生態系における物質循環～窒素とリンを中心として～

三島慎一郎（農環研）

全球単位で陸域生態系に流入する窒素 240Tg の中で、農業は 120Tg(うち化学肥料 80Tg) を占める。平均すると農地以外には平均 8.5kg/ha の窒素フラックスがあるのに対し、面積で 1/10 を占めるにすぎない耕地には 86kg/ha の窒素が集中している。自然界でリンを積極的に動かすシステムはなく、年間 12Tg が鉱石として採掘され平均 8.6kg/ha が農地に投入されているのみである。よって、農地は窒素・リンが集中するホットスポットである。日本は多くの食飼料・肥料を輸入しているが、1960 年には農地を介して循環的に窒素・リンは利用されており環境への負荷は少なかった。しかし 1986 年には生産低下と輸入拡大により循環は崩壊し環境負荷が増大したといわれる。2005 年の日本の農地での窒素収支をみると、138kg/ha の窒素(化学肥料 92kg/ha・窒素固定 23kg/ha・ふん尿堆肥 23kg/ha) が農地に投入されており窒素量で 68kg/ha の食飼料が生産され、20kg/ha が脱窒で失われていた。農地で過剰となる 50kg/ha と 18kg/ha の未利用ふん尿、堆肥化過程で失われる 104kg/ha の窒素は何らかの形で環境に影響を与えると考えられる。リンに関しては 43kg/ha・14kg/ha が化学肥料・家畜ふん尿堆肥の形で投入されており、11kg/ha の食飼料が生産されているにすぎず、多くのリンは土壌中に残存・蓄積している。リンの多投入により農地土壌中のリン賦存量は自然賦存量の倍にまで増えたが、有効利用の技術開発は古くて新しい話題のまま日本の農地は国際的な戦略資源であるリンの墓場となっている。今回はこうした窒素やリンの農地を中心とした循環と収支が、過去から現在にかけて国内外でどのように把握され、評価されてきたかに関して概観し将来展望を論じる。

T22-5

生活者教育としての有機園芸とアグロエコロジー

澤登早苗（恵泉女学園大・人間社会部）

T22-4

大学農場での地域連携とアグロエコロジーの展開

小松崎将一（茨城大・農）

持続可能な食料システムを実現していくためには、生態系システムに即した農業を営む生産者と地域の消費者がより直接的な連携をむすび、地域の環境保全に資する生態系バランスを重視した農法の展開を促し、生産者と消費者が持続的な関係構築を目指した文化へ転換することの重要性が指摘されている。わが国では持続可能な農業システムを目指して、減農薬、減化学肥料、有機栽培、あるいは自然農法など多面的な展開を見せている。それぞれの農法を提唱している人々は、たとえば化学肥料の必要性に関する議論など、是非かというような二極的な議論が多いが、アグロエコロジーの理念では、現行の農法を段階的に生態系に適合する農業システムへと転換するために、生産者と消費者が地域のコミュニティで手を携えて合意形成をすすめるためのアイデアの体系化を目指している。

本報告では、大学農場での地域連携活動についてアグロエコロジーの視点から検討し、地域あるいは地球規模での食と農の生態系システムの持続的管理とアグロエコロジーの可能性について考察する。

T22-6

AGROECOLOGY から「農山漁村の生態学」へ：在地に潜む技能を研究し持続的暮らしに活かす

日鷹一雅（愛媛大・農・農山漁村）

Agroecology は 1980 年代に欧米で生まれた学問分野である。多くの先駆的な研究者のモノグラフを紐解くと、行き過ぎた商業主義の集約的農法の反省から始まった経緯があり、よく Cox & Atkins(1979)「Agricultural Ecology」が原典だとされる。世界的には、Cornell 派、Michigan 派、UCSC 派、Ohio 派、Minnesota 派など米国派、それ以外にも海外に広がりを見せ、それぞれが地域社会現場を持ち生態学の一分野を担っている。わが国でもこの 20 数年来、先駆者の影響を受けた日本人は著者を含め、生態学だけでなく農学分野に浸透している。その多くは有機農業の研究者と重なっているが、それは Agroecology 全体からすると、一部の重なりに過ぎない。実は、Cox & Atkins は、商業的集約農法の対極として、世界の各地域に根ざしてきた生活農業の生産形態の比較分析を行い、その重要性を唱えた。生活農業 (subsistence agriculture) は、暮らし (livelihood) を基盤に置くが、それと単作的な商業農業を比較分析して食料生産のあり方を顧みようとした。例えば、有機農業でも水稲作ばかりに目を向けて、生態学的手法を用いても Agroecology だろうか？ 話題の有機栽培植物工場はどうだろうか？ 水田の生物多様性を研究するだけで、暮らしと結びつかなければどうなのであろうか？ 日本の、アジア的な Agroecology があるならば、如何なるものであるのかについて、1983 年 Agroecology に出会って以来の遍歴を顧みながら論じるが、「小さいことはいい事？」という共通テーマがベースにあったように思う。小さい農業、小さい農山漁村の中の多様性に潜む技能を学究し、持続的な暮らしに活かす方策を探求する。ただの農山漁村の生態学が、わが国風の道なのだろう。

T23-1

趣旨説明：生物群集理解の基本的枠組みと問いかけ

近藤倫生（龍谷大・理工，JST・さきがけ）

生物群集とは特定の生息地に共存する生物個体群の集合である。群集生態学は、生物群集において、どのようなパターンが、いかなる機構によって生じるのかを明らかにしようとしている。研究の対象となる生物群集のパターンは、種数、種間相互作用ネットワークの構造、あるいはそれらの時空間パターン等、多岐に渡る。

これらの研究の発展において、重要な役割をもつことになった「生物群集観」がある。それは、種間相互作用によって駆動される個体群動態の帰結として生物群集を理解する考え方である。この考え方のもとでは、生物群集の構造と個体群動態が互いに影響を及ぼし合いつつ、両者が共発展的に変化するというフィードバックが想定されている。一方で、生物群集の構造は、種間相互作用やそこから生じる間接効果を通じて、個々の生物種の個体群動態に影響を与える。他方、個体群動態によって生物種の局所的な絶滅や加入が生じ、生物群集の構成メンバーが変更すると、それは生物群集の構造変化につながる。この両者がフィードバックし、個体群と群集の動態の両者を駆動すると考えるのである。この考え方は、現代の群集生態学におけるひとつの主要なパラダイムであると言っていいだろう。実際、先に提示した群集生態学の諸問題の多くは、この理論的な枠組みのもと研究されてきた。たとえば、種数は、種間相互作用をはじめとする種間相互作用によって駆動される個体群動態によって生じる局所絶滅過程と関連づけられてきた。あるいは、種間相互作用ネットワーク研究も同様に、多種の共存を可能にするような構造の探索を中心に発展してきた。

この群集生態学におけるパラダイムは、新たな知見のもとで、どのように発展し、見直されていくのだろうか？ 群集生態学における生物群集間に関して具体的な問題提起をおこない、本企画集会の緒言とする。

T23-3

表現型可塑性が生みだす生物群集ネットワーク

大串隆之（京大・生態研）

生物群集のネットワークは、これまで食う食われる関係に基づく「食物網(food web)」によって理解されてきた。このため、非栄養関係・形質を介した間接効果・相利片利関係が生物群集の組織化に果たす役割については、ほとんどわかっていない。しかし、自然界で普遍的なこれらの関係は、生物多様性の維持と創出を担っていることが明らかになりつつある。

演者は生態系の基盤生物（生産者）である植物の「被食による形質の変化」に注目して、食物網にこれらの関係を組み込んだ「間接相互作用網（indirect interaction web）」という考え方を提唱した（Ohgushi 2005）。陸上植物の上では、被食による植物の成長や質の変化が、それを利用する多様な生物の間に相互作用の連鎖を生み出し、生物群集に多様性と複雑性をもたらしている。それは、植物の形質の変化が多くの間接相互作用・非栄養関係・相利片利関係を生み出し、新たなニッチを創出するからである。また、間接相互作用網の解析から、時間的・空間的に棲み分けている生物や系統的に異なる生物も、植物を介して、生物群集のネットワークにしっかりと組み込まれていることがわかってきた（Ohgushi 2008; Ohgushi et al. 2007）。

本講演では、間接相互作用網がもつ生態学的意義について、（1）生物多様性の維持・促進のメカニズム、（2）形質介在の間接効果の普遍性、（3）トップダウンとボトムアップ効果の統合、（4）表現型可塑性に基づく進化生物学と群集生態学・生態系生態学の統合、などの群集生態学の新たな課題に対する貢献から考えてみたい。

T23-2

進化する世界でつながる生物：赤の女王と群集生態学

東樹宏和（産総研）

生物間相互作用は、暗黙のうちに「種」を単位として群集生態学で定義されてきた。「種」の性質（形質）は不変のものとされ、可塑性や進化による変化の影響は無視されてきた。しかし、生物の性質が可塑性や進化によって、急速に変化することが広く認知されるようになってきたため、「形質不変」の前提はより包括的な前提に取って代わられるべき時が来ている。

では、構成種の性質が変化するという仮定のもとで、どのように群集を捉えるべきであろうか？ 本発表では、生物種間の進化的な関わり（共進化）の視点から、進化生物学を群集生態学に取り込む際に必要となるインフラについて考えたい。

共進化は個体群と個体群の間で起こる現象である。たとえば、ある植食者の適応度は、同所的な寄主植物個体群の形質（二次代謝産物の量など）分布に依存している。その場合、植食者の局所個体群および植物の局所個体群における表現型分布（頻度）が、相手種にとつての「環境」となる。片方の種における対立遺伝子頻度の変化は、もう一方の種に働く自然選択の方向や強さを変える。そのため、両者の個体群内における対立遺伝子頻度は刻々と変化することになる（「赤の女王仮説」）。つまり、共進化に目を向ければ、生物間相互作用とは、本質的に個体群レベルの現象なのである。

さらに、局所個体群の対立遺伝子頻度は、近隣個体群間での遺伝子流動によって影響を受ける。こうした観点から、メタ群集の動態を記述する際、各種の対立遺伝子レベルにおける移入・移出を考慮し、局所群集における進化的動態を組み込むことが望まれる。発表者が取り組んでいるヤブツバキとツバキシギゾウムシの軍拡競走を例にしながら、メタ個体群（群集）における共進化が局所個体群の生態学的な現象（生物間相互作用の様相や個体群動態）をどのように変化させるのか考えたい。

T23-4

見過ごされた消費者の役割：生物多様性－生態系機能の関係

加賀田秀樹（京大・生態研）

生物群集の構造は、それを構成する個々の種の個体群動態と生物群集の構造そのものが、生物間の相互作用の改変を介して互いに影響を及ぼし合いつつ、両者が共発展的に変化するというフィードバックの帰結として理解されるようである。これは、生物群集を理解するためには、生物群集を構成する生物を理解することが重要であると言い換えることができるだろう。では、ここであえて問いたい。生物群集の「内側」を理解することだけで生物群集を本当に理解することができるのだろうか？

改めて指摘するまでもなく、温度や降水量などの非生物的環境要因が生物群集の構造を大局に規定しているという観点は古くからあった。生物は、非生物的環境を含む生態系という枠組みのなかで、生命活動を営んでいる。それならば、生物群集を生態系という枠組みから見つめ直すことで、つまり生物群集の「外側」を理解することによって、生物群集をより理解することができるかどうか、考えてみたい。

ここで注目したいのは、生物は非生物的環境に規定される一方で、非生物的環境を改変することができるということである。すでに、このような視点はPlant-soil feedback仮説に代表されるように、植物の種構成と土壌の関係を理解するうえで重要な手がかりとなっている。それでは、決して少なくない数の群集生態学者が研究対象としている消費者群集を理解するうえでも、同じような視点が有効であろうか？

本発表では、陸上生態系の節足動物消費者を対象とした研究例を中心に、生態系という枠組みのなかでの消費者の役割、消費者群集構造と生態系機能の関係といったところから、生物群集の内側と外側を眺めていきたい。

と、こんな話をする予定である。

T23-5

T23-5

食物連鎖の長さや支配パラメーターとしての生態系サイズ

瀧本岳（東邦大・理）

食物連鎖の長さは生物群集の安定性や物質循環を左右する生態系の重要な特質の1つである。長年生態学者たちは食物連鎖長の決定機構の解明に取り組んできたが、決定的な答えは未だない。従来の仮説は一次生産性や攪乱の影響を指摘しているが、それを支持する野外例は限られる。その一方で最近では生態系サイズ（湖水体積や島面積）が重要な決定要因として指摘されている。

そこで本発表では、一次生産性や攪乱、生態系サイズが食物連鎖長を決めるしくみを探った野外研究と理論研究を紹介する。まず、カリブ海バハマ諸島の陸上生態系にて、野外の食物連鎖長への攪乱と生態系サイズの影響を調べた。この陸上食物連鎖は、植物、植物食者、中間捕食者（クモなど）、高次捕食者（トカゲ）から構成される。生態系サイズが小さい場合、攪乱の弱い島ではトカゲがクモを捕食排除するが、攪乱の強い島ではトカゲは存続できず上位捕食者はクモに代わる。しかしトカゲとクモの栄養ポジションは同程度なため、攪乱によって食物連鎖長は変化しない。また一方で生態系サイズが増加するとトカゲとクモは共存でき、トカゲの栄養ポジションが増えることで食物連鎖が長くなっていく。

また、空間構造を考慮したギルド内捕食系の数理モデルを用い、一次生産性、攪乱、生態系サイズの3つの要因が複合的に食物連鎖長を決定するメカニズムを調べた。一次生産性の傾度に沿って食物連鎖長は単峰型の反応をする。また攪乱の傾度に沿って食物連鎖長は単峰型の反応を示すことがある。このように一次生産性や攪乱は食物連鎖長を長くする場合も短くする場合もあるが、生態系サイズは一貫して食物連鎖を長くする傾向を示した。この結果は、一次生産性や攪乱が関与するエネルギー制約や群集動態の不安定性を生態系サイズが緩和することによって生じていると考えられ、野外研究の結果とも整合している。

T24-2

日本産昆虫類のDNAバーコーディング：寄生蜂への応用を中心に

*三浦一芸（近中四農研・広島大）、前藤 薫（神戸大）

地球上の既知の生物の総種数は約175万種である。このうち、昆虫類は約95万種と種数の大半を占めて多様性が高く、様々なグループをよく調べてみると、形態的に顕著な差異が認められる種、似ている種、かなり似ている種、非常によく似ていて区別が難しい種などがあって、形態的多様性が高いことがうかがえる。最近では生物多様性関連の研究や環境保全型農業の推進などで昆虫を同定する作業が増えてきた。種名は正しく知ることがまず必要で、かつ重要なことである。例えば、保全生物学の研究で絶滅危惧種の個体群動態に影響を与える天敵の同定は重要となってくる。また、種名が分からないと害虫の防除法や天敵の利用法が特定できない。しかし、昆虫の分類、特に寄生蜂を専門とする分類学者集団は急速に高齢化しており、先細りにあると言わざるを得ない。この傾向は世界的なものであり、形態形質だけに依存する現在の分類システムは早晚、機能不全に陥る恐れが大きい。では、迅速で正確な識別を誰が行うのだろうか？近年の分子生物学の発展により、DNA解析は比較的容易にできるようになった。この技術は「サルでもできる」と言われるぐらい簡単になりつつある。また、最近では、外注しても比較的安価かつ短時間でデータを得ることができる。これらの技術を利用して生物多様性研究に関わる昆虫研究者や応用昆虫学で広範な昆虫を同定する準専門分類学者（バラタクソノミスト）の同定支援ツールとしてDNAバーコーディングシステムが注目されてきた。本講演では、寄生蜂を中心に最近の日本の昆虫学へのDNAバーコーディングの利用について例を挙げてわかりやすく紹介したい。

T24-1

DNAバーコーディングをめぐる世界の情勢

*伊藤元己、神保宇嗣（東大院・総合文化）

本講演では、この企画集会のイントロとして、DNAバーコーディングに関する最近の情勢について、昨年11月にメキシコで開催されたDNAバーコーディングの国際会合での話題を中心に紹介したい。

会合からみえてきた情勢として、プロジェクトの更なる拡大、情報蓄積の加速、解析システムの充実、新しい技術の応用、そして研究・業務への応用があげられる。プロジェクトに関しては、包括的な同定支援システム構築プロジェクト International Barcode of Life (iBOL)が2010年に正式発足する。多くの国々が参加を表明し、中国、ヨーロッパでは大規模なプロジェクトが立ち上げられたが、日本は未参加のままである。分類群やテーマごとのプロジェクトも増加しており、国・地域の別プロジェクトと補完しつつ情報蓄積が進んでいる。懸案だった植物の標準バーコード領域も本会合で *matK* および *rbcl* の組み合わせに決定し、今後植物の情報の蓄積も進んでいくだろう。実際の同定支援情報システムの整備も進み、本技術の情報システムである BOLD では、様々な領域の塩基配列情報を蓄積するデータベース、同定支援システムおよび解析ツールの提供をはじめている。技術に関しては、次世代、次々世代シーケンサとの組み合わせに注目が集まっている。

このように、国際的には飛躍的な速度でDNAバーコード情報の蓄積が進んでおり、チョウやガの仲間の一部などでは、業務に利用可能な精度の情報が集まりつつある。今後は、生態学的研究においても、サンプルの同定結果の担保、生物モニタリングの同定プロトコル、遺伝的多様性の新たな指標など様々な形での利用が進み、その重要性は増していくと思われる。一方で、国としての取り組みが行われていない日本の現状は憂慮すべきであり、情報基盤整備の重要性をさらにアピールしていくことが必要である。

T24-3

日本産鳥類のDNAバーコーディングによって示される近縁種間・亜種間の多様な遺伝

*西海 功、込谷さやか、岩見恭子（国立科学博物館）齋藤武馬、小林さやか、浅井芝樹（山階鳥研）

鳥類のDNAバーコーディングは2005年9月にABBI (All Birds Barcoding Initiative) が設立され、他の動物と同様COI領域の648bpをターゲットにすることや証拠標本を剥製で残すことなどが合意され、2010年までに世界の全鳥類約1万種をバーコード化することが目標となった。2009年末現在、約30%にあたる2934種が登録されており、旧北区地域においては1567種のうち915種（58%）が登録されている。日本では国立科学博物館と山階鳥類研究所が中心となって証拠標本の整備とDNA分析、登録をおこなっている。

鳥類では北米での研究が先行しており、種を分ける目安として2%が提案されている (Hebert et al. 2004)。しかし、日本とその周辺の鳥類では15種もの陸鳥類（リュウキュウコノハズク、ヒバリ、サンショウクイ、アカヒゲ、トラツグミ、キビタキ、メボソムシクイ、エゾムシクイ、イイジマムシクイ、ヤマガラ、ゴジュウカラ、メジロ、アオジ、カワラヒワ、カケス）で2%以上（2.1-7.7%）の亜種間の差異があり、逆にシロハラ上種やシマセンニュウ上種では別種とされている姉妹種間で2%以下（0.15-2.0%）の差異しかないことがわかってきている。

鳥類のバーコーディングの結果は鳥類の種分類の再検討を迫るものであるが、また実用上も様々な応用が期待されており、航空機への衝突事故調査、鳥類を宿主として蚊が媒介するウイルスの感染経路の研究、肉食性哺乳類・鳥類の食性の研究などについても紹介したい。

T24-4

日本産樹木 DNA バーコーディングの現状—収集と解析—

吉丸博志（森林総研）

植物における DNA バーコーディングでは、動物における COI のような高い多型性を示す適切な DNA 領域がないため、どの領域をターゲットにするかについて国際的な議論が何年も続いていたが、2009 年後半に至りようやく、葉緑体 DNA 上の 2 つの領域 (*rbcL* と *matK*) を国際基準としてのフレームワークにすることで合意に達した。このコアとなる 2 領域に加えて、さらに詳細に識別する必要のある場合には、いくつかの領域 (*trnH-psbA* など) が推奨されている。植物のうちでも、草本植物は非常に多くの種数があるため、特定の分類群にしぼった収集と解析が始められる動きはあるが、まずは草本よりも、種数が少なく個体サイズの大きい木本植物に的を絞って収集と解析を進める動きのほうが活発である。

著者らのグループでは、日本産樹木 (1,000 数百種とも言われる) を対象とする DNA バーコーディングを目的として、試料の収集と解析を進めている。過去に収集したものを含めて、国内 20 数カ所、約 3,500 個体、約 750 種・亜種・変種の試料を収集し、さく葉標本として保存し、DNA 抽出を行っている。上記の領域のうち、まず *rbcL* と *trnH-psbA* について塩基配列の解析を行っている。本講演では、これらの収集および解析の進捗状況について、概要を紹介する。

T25-1

気候モデルで用いられる植生モデルの概要、トレンド、問題点

佐藤永（名古屋大・環境学）

気候変化が生じて、その新しい気候に適応した植物生態系が生じるまでには数百年から数千年スケールにおける時間遅れがあると考えられている。なぜならば、植生が変化するまでには、新しい気候環境に適応した植物が侵入し、それが既存植生と競争を行いながら、徐々に優占度を高めていくといった、一連の過程が必要だからである。動的全球植生モデル (DGVM) では、このタイムラグの長さを決める植物個体群動態過程 (定着・光や水を巡る競争・死亡・攪乱) を扱うための、個体群動態モジュールが結合されている。近年の DGVM では、木々の個体間相互作用も陽に扱われており、より詳細な生態学的知見をモデルに反映させる試みが進められている。しかしながら現状においては未だ、種子拡散速度や、気候変動に対しての本木の死亡率変化など、植生変動を予測する上で極めて重要と思われる要素が、無視されていたり、ごく簡単な仮定がおかれている。本講演では、気候モデルで用いられている植生モデルの諸状況を俯瞰し、その中で信頼性をもっとも損なっていると考えられる要素を取り上げる。そして、そのような状況が生じた理由を考察し、その改善のために何が必要であるのか、研究の方向性に関して提案を行いたい。

T24-5

日本産シダの DNA バーコーディング：配偶体フロラ解析への応用

*海老原淳（科博・植物） 櫻井裕布美、山岡麻美、水上直子（日本女子大・理）

シダ植物の生活環は、我々が普通に目にする大型の胞子体 (2n) と数 mm の配偶体 (n) との世代交代によって構成されている。胞子体・配偶体双方が独立生活を行う点が他の陸上植物とは異なるが、実際の研究は大半が胞子体を用いて行われたものであり、とりわけ野生配偶体の実態については情報が皆無であった。野生配偶体の研究における最大の障害は、単純な形態に起因する同定の困難さ (特徴的なものであってもせいぜい属レベル) であったが、DNA バーコーディング技術は野生配偶体の同定を可能にした。

発表者らは日本産のシダ植物種数の約 95%にあたる 680 種の DNA コレクション (証拠標本を伴ったもの) を構築しており、それらのほぼ全てにおいて葉緑体 *rbcL* 遺伝子 (約 1200bp) の塩基配列を決定している。野外で採集した未同定の配偶体において同遺伝子の一部 (約 600bp) の配列を決定することで、特定の属 (主に無配生種を含む属) の配偶体を除いてほぼ種レベルまで同定された。一方で無配生種のように一分類群 (とされているもの) が単一の起源を持たない場合は、たとえ複数の遺伝子領域の情報を用いたとしても、確実な同定は困難であることが明確になった。

シダ植物では生活環の特性上、同一種の胞子体・配偶体間で分布が一致しない可能性が指摘されている。日本産種では、胞子体の分布については既に網羅的な情報が存在するため、配偶体の分布の把握によって、両者の比較が可能となる。ただし、特定種の配偶体分布を解析することは現実的でないため、地点毎の「配偶体フロラ」の調査データを蓄積させる必要がある。予備的な「配偶体フロラ」調査の結果は、特に非心臓型配偶体を形成する種において、胞子体を伴わずに独立して配偶体が生育する例が多いことを示唆している。

T25-2

地球システム統合モデルにおける植生モデル、短期予測

伊藤昭彦（国立環境研究所）

気候変動予測における「短期 (または近未来)」とは、概ね現在から 2030 年あたりまでを指す。そこではいわゆる地球温暖化によるグローバルな温度上昇幅こそ小さいが、ローカルには人為起源エアロゾルなどの放出によって大気組成や気象プロセスに大きな変化が生じる恐れがある。そのため、短期予測では格子間隔 50km 程度の高分解能な気候モデルが用いられ、理想的には台風・集中豪雨・熱波のような局地性の高い極端な大気現象も再現することを目指している。短期予測の時間スケールでは、陸域生態系では分布移動のようなドラスティックな変化は起こらず、CO₂ 収支の変化に伴う炭素循環フィードバックの効果も小さいと考えられる。反面、急速に進む森林伐採に伴う地表状態の変化や、気象変動に対する植生応答による葉面積指数 (LAI) の変化は、陸面における熱・水交換を変化させて大気へのフィードバック効果をもたらす可能性が高い。そのため、短期予測を行う気候モデル (地球システムモデル) とリンクされた陸域生態系モデルは、植生分布は現在のままと仮定して、土地利用変化や LAI 変化の影響をシミュレートする。そこで再現された変化は、気候モデルの一部に含まれる陸面物理過程スキームに反映され、アルベド (反射率) や群落コンダクタンス (ガス伝導度) の変化を介して大気に影響を与える。従って、ここで用いられる陸域生態系モデルの大きな課題の一つが LAI 予報であり、平均的な葉量だけでなく落葉樹林や草原では葉フェノロジーの季節的タイミングを適切に再現する必要がある。近年では、広域的なシミュレーション結果を検証するため、衛星観測による LAI との比較が行われている。本発表では、植生分布に大幅な変化が生じない短期予報に対応した陸域生態系モデル (VISIT) の例を中心に、モデル研究の現状と LAI 予報などの課題について紹介する。

T25-3

T25-3

地球システム統合モデルにおける植生モデル、長期予測 羽島知洋（海洋研究開発機構）

陸域生態系（主に植生）は、気候が変化しその生育環境が変わることにより、光合成速度や呼吸速度、群落構造や植生分布等が変化する。陸域生態系は一方的に気候変化の影響を受けるだけではなく、樹高や葉面積、蒸発散速度が関係する生物物理過程を通して、局所的な気候場に影響を与える。同時に、光合成速度や呼吸速度、土壌呼吸といった生物地球化学（炭素循環）過程の変化は、大気中のCO₂濃度を変化させることにより、より広域な気候へと影響を及ぼす。このように、陸域生態系と気候の間には相互作用が存在しており、今後起こりうるであろう気候変動を正確に見積もるためには、この相互作用を考慮することが非常に重要となる。

全球の気候を再現・予測するためには、大気大循環や海洋大循環を記述した気候モデルを用いるのが一般的である。しかし数百年スケールの予測を行う場合、上に説明したように気候と陸域（と海洋）の炭素循環過程の間の相互作用は無視し得ない。そこで、IPCC第4次報告書以降、気候モデルと炭素循環モデルを結合した、気候-炭素循環モデルの開発が行われ、様々な感度実験や将来の気候予測に用いられてきている。本発表では、陸域生態系モデル（動的植生モデル SEIB-DGVM）と気候モデルがどのように結合されているのかの概要を示すとともに、このような気候-炭素循環の相互作用が考慮されたモデルによる実験結果、気候-炭素循環結合モデルの抱えている問題点等を報告する。

T25-5

予測モデルで利用される、土地利用シナリオ、土地利用 変化排出推定プロトコルについて

加藤悦史（海洋研究開発機構）

社会・経済的要因に起因する過去から現在にわたる土地利用および土地利用変化は、温室効果ガスやエアロゾルの排出、アルベドや蒸発散等の地表面の物理環境特性の改変を起し、気候変動へ寄与している。特に、全球レベルでの陸域生態系と大気間の炭素収支バランスを明らかにするためには、森林伐採による排出や耕作放棄による再成長を通じた吸収を考慮した、人為的な土地利用変化による炭素フラックスを正確に推定することが必要である。

IPCC AR5 における地球システム統合モデルでは、これらの人為的な土地利用変化を陸域生態系モデルおよび陸面モデルに組み込み、大気へのフィードバックを含んだ気候変動予測を行う。これらの実験において、過去土地利用および将来土地利用シナリオを空間詳細なデータとして用意し、土地利用変化の影響を考慮した気候変動解析を行い、今後の新しい気候変動シナリオ作成を進めていくことになっている。本講演では、これまでの全球土地利用変化研究の概要と問題点について触れたのち、IPCC AR5 の実験で用いられる土地利用データとシナリオ、および、これら土地利用データの地球システム統合モデルでの取扱いについて説明する。

T25-4

陸域生態系モデルの今後の発展の方向性と応用の可能性 伊勢武史（海洋研究開発機構）

近年進歩の著しい陸域生態系モデルの世界的なトレンドを概観し、これからの発展の方向性を考える。もっとも基礎的な陸域生態系モデルは、いわゆる Big leaf モデルである。地表面の均質性を仮定し、環境条件に応じて単位面積あたりの光合成量・生産量・バイオマスなどを推定する、まるで地表を一枚の大きな葉が覆っているかのような仮定に基づいたモデルである。このモデルは基本的な物質循環（炭素や水など）と環境変化への応答を再現することができるが、不均質性やタイムラグの表現に弱い。たとえば、環境変化によって起こる種の遷移の過渡的な変化を再現するには、SEIB-DGCM などの個体ベースモデルが有利である。ところが、個体ベースモデルはその複雑さゆえに全球をカバーしきれないというスケールの問題が生じる。そこで、いま脚光を浴びているのは、個体をサイズ・年齢ごとに階層化し個体群の挙動を統計的に表現する近似モデルである。空間スケールの問題を解消し飛躍的な高速化が実現するため、全球レベルでのシミュレーション研究ではこの手法を用いるのが、次世代の主流になりつつある。

では、このような陸域生態系モデルを利用して、具体的にどのような研究ができるだろうか。第一に挙げられるのは、本シンポジウムで登場したような、大気・海洋大循環モデルや大気化学モデルと結合された地球システムモデルのコンポーネントのひとつとして気候変動との相互作用を分析することである。このような研究は気候変動に関する研究の中核をなすものであるが、地球システムモデルは非常に複雑で計算力の要求も高い。そこで、簡略気候モデルを利用することでコンピュータ関連のハードルが大幅に下がり、生態学者が気候モデルを用いた研究を行う環境が現実整いつつある。ここでは、現在開発中の簡略気候モデルを用いた古気候実験のデザインと期待される結果について紹介する。

T25-6

作物モデルによる気候変動下の農業影響評価と問題点

飯泉仁之直（農業環境技術研究所）

近年、気候変動予測において気候-植生相互作用を予測モデルに組み込むことが必要だと認識されている。予測モデルに組み込まれている動的植生モデルは自然植生が主要な対象であり、農耕地には必ずしも注力してこなかった。しかしながら、氷結しない陸地の約40%は現在、農耕地として使用されており、栽培管理を介した農耕地での温室効果ガスの動態や、自然植生から農耕地への改変を気候変動予測に考慮する必要性が高まっている。こうした問題を扱うには、全球の栽培管理情報をどうやって得るか、多種多様な作物をモデル内でどう扱うか、将来の農耕地分布と品種・栽培技術発展をどう考えるかなどの問題がある。本報告では、農業生産性への気候変動影響を評価するモデル（作物モデル）の例を紹介し、気候-植生結合モデルと作物モデルの結合によって可能になること、結合に際しての課題などを議論したい。

T26-1

絶滅危惧種法施行 30 年、アメリカはどのように科学を保全に取り込んできたのか

今木洋大 (NOAA)

1973 年の米国絶滅危惧種法 (ESA) 施行以来、30 年以上を経過した今、様々な方面からこの法律の評価が行われてきた。この法律は保全生物学における 2 大パラダイムである小規模個体群パラダイムと個体群減少パラダイム (Caughley 1994) のうち前者を扱っており、生物多様性保全に関する実効性に疑問を投げかける意見もあるが、世界的に見て絶滅危惧種の保護をここまで強力にそして包括的に行おうとする試みは稀である。この法律は、連邦政府機関間の調整、個人および行政機関による捕獲行為 (take) の禁止、利害関係人による種指定手続きの申し立てなど、種の保護にとって効果的な様々な方法を持つが、もう一つの特徴として、現在の最善の科学的情報 (best available science) に基づき様々な判断を行うことを義務付けていることが挙げられる。またそのために、実際に法律を運営する米国野生生物部 (USFWS) と米国海洋大気庁 (NOAA) では独自に多数の科学者を雇用して独自の研究を行うと同時に ESA の各種業務に当たらせている。

この法律と科学の接点は 4 つに集約される。1) 種指定の検討、2) 重要生息地の抽出、3) 回復計画の作成、4) 連邦政府機関に対するコンサルティング。本発表ではこのうち、多数の科学者が関係し、常に最善の科学的データだけが判断に使われるよう配慮されている 1 を取り上げ、ESA 下における保全と科学の関係、特に保護対象設定の科学の歴史的变化とそれに対する ESA の対応を吟味し、野生生物を実際に保全する際、何を保全の対象とするか、また対象の保全をどのような仕組みで行っているか概観する。加えて、指定種の保護が 2 および 3 を通しどのように進められているか具体的な例を挙げ、米国における絶滅危惧種保護と科学の関係を紹介する。

T26-3

保全生物学的研究成果と法律：法律はどこまで科学を必要としているのか

畠山武道 (上智大・地球環境)

環境法は、後発の学問領域として、医学、化学、工学などの知見を取り入れ、法理論や法制度を発展させてきたが、環境法と生物学、生態学、獣医学などの関係は、緊密なものとはいえなかった。しかし、生物多様性条約の締結、生物多様性国家戦略の 3 度にわたる作成、近年の生物多様性基本法の制定などを契機に、保全生物学的知見を法制度や行政の運営に反映させようとする動きが高まっている。しかしながら、生物学と法学との間には、(1) 概念の厳密さ、学問的方法論の違い、(2) エコシステム・サービスの扱いの違い、(3) 管理の境界 (boundary) の違い、(4) 一元的意思決定と多元的意思決定の対抗、(5) アダプティヴ (順応的) な管理への対応などをめぐり、容易に越境することのできない多数の障壁がある。

では、この障壁をどのように乗り越えるべきか。保全生物学者が少なく、生態学的知見の提供も十分でない現状では、法学と生物学の対話が急速に進むとは考えにくい。そこで環境法は、保全生物学の手法やエコシステム・マネジメントの手法を早急に法制度に接合させるよりは、より長期的な視点から、(1) 生物多様性保全義務の明示、(2) 規制的手法と他の協的手法の組み合わせ、(3) エコシステム・サービスの評価と法制度への組み入れ、(4) 多数の省庁、自治体、専門家、利害関係者が参加する協議システムの構築、(5) 不確実性に対応した予防原則の導入可能性の検討、(6) アダプティヴな管理に対応した新たな行政活動の統制と透明な手続の導入、などの課題の検討に取り組むべきである。

T26-2

保全遺伝学と保護管理ユニットの設定

小泉逸郎 (北大・創成)

野生生物の保護管理には適切な地域分けが必要となる。科学的な保護管理ユニットの作成は昔から行われていたが、現実には市町村単位でユニットが区切られるなど対象生物の生態と関係ない線引きがなされている。本講演では、地域個体群の検出と保護管理ユニット作成についての科学的側面を概観する。

野生生物と人間との軋轢が問題になってきた当初は、対象生物の分布図から個体群ユニットを描いていた。例えば、森林に生息するクマやサルでは、まとまった森林地帯をひとつの個体群と捉え、生息地が分断される河川や平原などで線引きがなされてきた。分子生物学の恩恵を受けた現在では、生物の遺伝情報に基づいてより詳細な個体群ユニットが決定されるようになった。一方、まだ多くはないが、個体数変動の同調性や生活史特性の類似性から個体群ユニットを作ることもできる。

では、何をもちって“地域個体群”とするのだろうか。種の境界線を引くのが難しいのと同様、個体群も連続的なものであるため『個体群とは何か』についての一般的な回答はない。むしろ、課せられた問題に対して、研究者が適切な個体群あるいは管理ユニットを定義する必要がある。例えば、その生物が辿ってきた歴史、あるいは遺伝的変異を保全するのであれば mtDNA マーカーによる進化的に重要な単位 (ESU: Evolutionary Significant Unit) の設定が適している。一方、地域個体群が絶滅しないよう他個体群との移動分散を保つレベルで保全するには、マイクロサテライト DNA を用いて集団間の遺伝的分化 (FST) に基づき個体群管理単位 (MU: Management Unit) を決めるのがよい。個体数変動の同調性による指標も有効であろう。また、現在の生態的種分化を考慮するなら表現型をつかさどる遺伝子座を直接調べる必要がある。有効な管理ユニットの設定には明確な保全目標とそれに合った科学的手法が必要である。

T26-4

学術研究と保護管理の実際：絶滅危惧種イトウの保護管理単位に基づく保全を例に

江戸謙顕 (文化庁・記念物課)

国内における生物を保護するための法令は、種を単位として保護の対象とするものが多い。しかし、種を構成する各個体群の状況は異なることが普通であり、全ての個体群を一律に保護対象とすることは必ずしも妥当ではない。例えば、河川性魚類では水系により個体群サイズが異なるが、種を単位として一律に保護のための捕獲規制等をかけると、数が多く安定した個体群も資源としての利用が制限される。

河川性サケ科魚類イトウ *Hucho perryi* は絶滅危惧種として各種レッドリストに記載され、関係機関により法令に基づく希少種指定や捕獲規制等の検討が近年行われている。一方、イトウは遊魚の対象として人気が高く、一律の捕獲規制等には反対する動きも根強い。種レベル以下の保護管理単位で保護が図られれば、こうした問題は解決できるかもしれない。

演者らは、イトウの保護管理単位を設定するため、各個体群のサイズ及び遺伝的構造について調査した。個体群サイズについては、イトウの産卵床から繁殖個体数を推定した (Edo et al. 2000)。国内分布域を網羅する 22 個体群の繁殖河川を調査した結果、繁殖個体数は全体で約 7000 個体と推定されたが、水系別にみると、繁殖個体数は 10 以下から 1000 以上のものまで大きくばらついた。遺伝的構造については、mtDNA (19 個体群 240 個体) 及びマイクロサテライト DNA (14 個体群 350 個体) の解析を行った。その結果、ほぼ全ての個体群間で有意な遺伝的差異が検出され、近隣水系間 (河口間 10km 以下) や水系内支流間における遺伝的分化も認められた。

以上より、イトウは個体群 (水系又は支流) を保護管理単位として、個別に保全策を実施すべきであると考えられた。本講演では、各保護管理単位で順応的管理を実施し保護と利用の両立を図る、弾力的な保全制度の必要性についても論じたい。

T27-1

T27-1

近畿地方における過去 1 万年間の火と植生史

* 高原 光 (京都府大・生命環境), 井上 淳 (大阪市大・理)

日本列島は、地球上の同緯度の温帯域の中でも、飛び抜けて多雨な地域であるため、北米、オーストラリアの内陸部などと比べると、現在における火事の頻度も規模も大きくない。しかし、近年の古生態学的な研究によって、日本列島でも過去約 1 万年間には火事が多発していたことが明らかになってきた。井上ほか (2001, 2005) は、堆積物の微粒炭分析によって、1 万年前から 7000 年前にかけて琵琶湖集水域において、火事が頻発していたことを示した。丹波山地の八丁平 (佐々木, 2006)、蛇ヶ池 (高原ほか, 未発表)、京都盆地の深泥池 (小椋, 2002; 佐々木・高原, 未発表) においても同様の傾向が認められた。この時期は落葉広葉樹の拡大期であるが、カシワ (林ほか, 未発表) やクリの増加も認められる。また、後氷期中頃にも微粒炭の増加期が認められるが、それらは、共通した時期ではなく、地点によって異なっている。例えば、奈良県曽爾高原においては、約 6000 年前に微粒炭が増加し、その後クリの増加が認められた (井上ほか, 未発表)。後氷期後期になると、琵琶湖東岸の低地帯では、約 3000 年前から微粒炭量が増加し、森林に覆われていない立地にイネ科花粉が増加し、約 2500 年前からは稲作が始まった。約 1000 年前になると、地点によって詳細な年代は異なるが、近畿地方の各地で、微粒炭の増加と共に植生は大きく変化し、マツや陽樹の落葉広葉樹が増加し二次林化する。この植生の変化と共に、多くの地点で、栽培植物であるソバ属の花粉が出現することから、焼畑によって森林が破壊されソバ栽培が行われていたと考えられる。以上のような近年明らかになってきた火と植生の歴史について、近畿地方を中心に紹介し、本企画集会后半に話題提供される森林や草原の火に対する生態学的な研究成果との議論につなげたい。

T27-3

火が作り出す環境と植物群落

津田 智 (岐阜大・流域圏センター)

植生 (生態系) に火が入ると、そこにさまざまな影響が現れることが古くから指摘されてきた。たとえば、燃焼やそれにとまなう高温の発生により生物が焼死するとか、リターが焼失して裸地ができるとか、炭が降って地表面が黒くなるとか、灰が降るなどの直接的な現象が知られている。そのほかにも、燃焼時の熱が埋土種子の発芽を促進したり、裸地の出現や黒化による地温上昇が種子を発芽しやすくしたり、栄養塩の増加が植物の生長を促したりと、生態系に間接的に働く現象も知られている。

この集会は、過去の火事が現在の植生成立にも影響を与えてきたとの予想のもとに、古生態学的な視点と植生科学的な視点の両方から火事について議論しようと企画されたものである。そこで火生態学の立場から、日本における山火事や野焼き (草原火入れ) がもたらす環境変化と、その後の植生成立への影響について話題提供する。

野焼きでは地上部 (気温) が数百度になっても地表以下ではほとんど温度が上昇しない。一方、焼畑では地下 10cm 程度までは生物を死亡させるのに十分な温度になる。野焼き後の草原で地温を測定すると、地表面の黒化と直射日光の照射による温度上昇は燃焼時の温度上昇よりも大きく、埋土種子の発芽を促進する可能性は高い。温度環境の変化にとまなう種子発芽個体の密度が高くなれば、山火事跡地や野焼き地の植生構造が変化することにつながる可能性がある。燃焼時に生産された炭は分解し難いため土壌中に長期間保存される。火事ではまとまった量の炭が生産されても野焼きで生産される量は少ない。しかしながら、野焼きはたいていくり返しておこなわれるため、土壌中に蓄積され続けてきた炭の全体量は少なくないと推定される。

T27-2

阿蘇・くじゅう地域における火と草原の歴史

* 河野樹一郎 (産総研), 佐々木尚子 (地球研)

九州の中央部に位置する阿蘇・くじゅう地域では、国内でも最大規模を誇る半自然草原が景観を特徴づけている。これまで、両地域に成立する草原植生の履歴や成立要因については、文字資料に基づいて推測できる歴史時代以降を除き、十分に解明されていなかったが、近年の古生態学的な研究成果の蓄積により、両地域における先史時代の火と植生の歴史が次第に明らかになってきた。

阿蘇地域においては、外輪山上の露頭試料を用いた植物珪酸体分析や微粒炭分析が行われており、1 万年以上前から火事が頻発し、その頃からすでに草原植生が成立していたことが明らかにされている。火と植生の関係に注目すると、7300 年前のアカホヤ火山灰の降灰以降、火事の履歴を示す微粒炭量が増加するとともに、草原植生の組成はササ属やススキ等が混生する状態から、ネザサを含むメダケ属が優勢な植生へと変化している。当地域では少なくとも 1 万年以上前から継続的に発生していた火事が植生遷移の進行を阻み、草原植生の維持に関わっていたと考えられるが、草原植生の組成が変化した要因としては、気候変化や人間活動による攪乱頻度の変化が影響したことも想定し得る。

くじゅう地域では、九重火山群北麓のボーリング調査で得られた堆積物試料を用いて、花粉分析や植物珪酸体分析、微粒炭分析が行われ、当地域でも約 7 千年前にはすでに草原植生が成立しており、火事も度々おこっていたことが示されている。ここでは火事に伴って植生の組成が大きく変化した履歴は捉えられていないが、微粒炭は草原植生が成立していたと考えられる間、ほぼ連続的に検出されていることから、草原植生の維持に火事が関わっていた可能性が高い。

こうした最近の古生態学研究の成果を踏まえながら、阿蘇・くじゅう地域における約 1 万～数千年間の環境変化について紹介し、火と植生との関係について議論したい。

T27-4

火とブナ科樹木の生態

佐野淳之 (鳥取大・FSC 森林)

ブナ科の樹木は、北半球の温帯を中心に多くの樹種が分布し、極相林の構成要素ともなっている。しかし、北アメリカ北東部、ロシア沿海地方、中国東北部、日本の中国地方などでは、山火事や火入れの跡地でブナ科コナラ属の樹種が二次林を形成していることが多い。ここでは、岡山県真庭市の蒜山地域で古くから行われている火入れ地および火入れ跡地の二次林での調査結果を元に、火に対応したブナ科樹木の性質について紹介する。

二次林がとくに歴史の古い中国地方で多いのは、里山では薪炭のための伐採、奥山ではたたら製鉄や木地師による伐採、古くから火入れが盛んだったことによる。蒜山地域における火入れは 1000 年以上前から行われていたと推定され、かつては田畑の肥料や家畜の餌、茅葺き屋根の材料として、ススキを中心とする草原を維持することが目的であった。しかし化学肥料や耕耘機の普及、化石燃料への転換などによって草原の必要性が減少したため、放置されて遷移が進行し徐々に森林化してきた。

毎年火入れを受けている場所では樹木が成長できず、見かけ上草原となっている場所が多い。樹木も火入れ後に萌芽によってシュートを伸ばしてくるが、毎年地上部は焼かれるため、地下部だけ肥大してくる。主な出現樹種は、コナラ、カシワ、ミズナラ、クスギ、クリなどであり、ほとんどがブナ科コナラ属の樹木である。火入れ跡地では、初めはクリやカシワが多いが、遷移が進むにつれて成長の速いコナラが優占してくる。火入れ後に優占してくる樹種の特長としては、火に焼かれても地下部が生き残り翌年の春にすぐに萌芽してくる能力、近くに種子を提供する母樹があること、萌芽や種子が成長する環境条件 (動物散布を含む) が整っていることなどが考えられる。

T27-5

火と二次的な植生景観

大住克博（森林総研関西）

概して湿潤な気候下にある日本列島においても、火は最終氷期以降の植生史の中で、大きな影響力を持ち続けてきた。火の入りやすさ（火入れのしやすさ）は、気候や地形に大きく依存している。このことが、現在の日本列島における二次的な植生景観に形成に果たしてきた役割を、事例を通して紹介したい。

降水は火の入りやすさに影響し、積雪は延焼をはばむ。日本列島では、4月から5月にかけての梅雨入り前の小乾燥期に、年間の山火事の大半が集中する。この時期に残雪が残る地方では、山火は拡大し難いであろう。草地的な環境に依存して個体群を維持してきたシラカンバは、東北地方日本海側の多雪地帯で分布を欠く現象が認められる。このことは、春に火入れしにくいこの地方の山地では、草地利用が発達しなかったことに起因するものと考えられる。一方で消雪が早く、梅雨入り前に乾きやすい信州や太平洋側の山地では、草地は広い面積で維持されてきたが、そこではシラカンバも広く分布している。

火の延焼を阻む残雪の消失時期は、同じ地域でも地形により異なる。そのために景観スケールでは、火の入りやすさは、地形に応じたパターンを持つ。雪が遅くまで残る北向きの溪谷部では延焼しにくく、消雪が早い南斜面や尾根上では延焼しやすい。北上山地では、このことが火入れにより形成され維持されてきた草地の分布パターンを規定しているものと思われ、草地は南向き斜面や尾根上に偏って発達し、一方で北向きの溪谷部には老齢な天然林が残存する。

火は植物にとって最も激しく、また規模も大きな攪乱である。気候や地形に依存した火の入りやすさのパターンは、そこに生育する植物種にとって、攪乱様式の違いのパターンでもある。そのような攪乱様式の違いが、その場に生育する個体群を選択するという過程をとおして、火は、現在の二次的な植生景観の形成に、重要な役割を果たしてきたのであろう。

T28-2

第四紀の気候変動がツキノワグマの遺伝構造に与えた影響

* 大西尚樹（森林総研・東北）、鶴野レイナ（慶大・先端生命）、石橋靖幸（森林総研・北海道）、玉手英利（山形大・理）、大井徹（森林総研）

ツキノワグマ (*Ursus thibetanus*) は東アジアの広い地域に生息しており、日本では本州と四国で個体群が維持されている。第四紀の気候変動がツキノワグマの遺伝構造に与えた影響を明らかにするために、国内のサンプルおよび大陸のデータを用いて系統地理学的解析を行った。中国地方を除く本州各地および四国から収集した筋肉片、血液、体毛、糞など計 589 サンプルを用いた。中国地方および近畿地方では先行研究から 108 個体分のデータを引用した。

ミトコンドリア DNA control 領域約 700bp の塩基配列を決定した結果、57 ハプロタイプが検出された。ベイズ推定による系統解析の結果、これらは 3 つの大きなクラスターに分けられた。各クラスターに属するハプロタイプの分布域は琵琶湖～東北（東クラスター）、琵琶湖～中国地方（西クラスター）、紀伊半島および四国（南クラスター）と明瞭に分かれた。東日本クラスターの 41 ハプロタイプのうち、39 ハプロタイプは局所的に分布していた。北日本の個体群では、中部地域に比べ遺伝的多様性が低かった。西日本と南日本クラスターのハプロタイプは各個体群に特異的に観察された。遺伝的多様性は東日本に比べ高くなかった。

最終氷期間中に北部地域では個体群が小さくなり、遺伝的浮動により多様性が減少し、一方、中部地域南部では比較的大きな個体群が維持され、現在に至っていると推測された。西日本と南日本では気候変動による影響は小さく、地域的な構造化が進んだものの、近年の孤立化の影響により遺伝的多様性が減少したと考えられる。

T28-1

コイ科の淡水魚カマツカにおける大きく分化した系統とその二次的接触

* 富永浩史（京大・理）、中島 淳（九州大・工）、渡辺勝敏（京大・理）

淡水魚は基本的に淡水域を通じた移動しかできないため、分布域形成には地形変動や気候変動に伴う水系の接続分断などの地史的イベントが強く影響する。なかでも広域分布種は、その分布域拡大の長い歴史を反映した深い個体群分化を示すことが多い。カマツカ (*Pseudogobio esocinus*) は、日本産純淡水魚の中で最も広い分布域を持つ種のひとつであり、本州、四国、九州の全域に分布する。私たちは、カマツカの遺伝的集団構造と分布域形成史を明らかにするために、分布域全域にわたる網羅的な系統地理学解析を行った。解析にはミトコンドリア DNA シトクロム *b* 領域を用い、大陸部の集団と同属近縁種のデータも比較のため加えた。その結果、日本のカマツカには大きく分化した 3 系統 (Group 1～3) が含まれていることが明らかとなった。本州中部の中央高地をおおよその境に、西日本には Group 1 と Group 2 が、東日本には Group 3 が分布する。Group 2 と Group 3 は前期鮮新世以降の中央高地の隆起によって分岐した姉妹群と考えられ、他の系統と同属近縁種と大きく分化した単系統群である。Group 1 は朝鮮半島の集団や中国東北部産の *P. vaillanti* と最も近縁であるが、3 つの山地の隆起年代を較正点にした分岐年代の推定結果から、鮮新世以降、日本と朝鮮半島付近の集団間には交流がなかった可能性が高い。しかし、Group 1 は分布域が西日本に限られることから、中央高地の隆起後に分布を拡大したと推定される。したがって、日本のカマツカの分布域は、Group 2 と Group 3 を含む系統および Group 1 という、2 つの異なる系統の異なる時期の分布拡大とその二次的接触によって形成されたと考えられる。

T28-3

温帯林構成樹種ツリバナでみられる遺伝的分化のパターンとその歴史的成立過程

岩崎貴也（首都大・牧野標本館）

日本列島の温帯林（落葉広葉樹林）は現在、北海道南部から九州までの広い範囲に分布している。これまでの研究で私は、葉緑体 DNA の多型を用い、ウワミズザクラ、ホオノキ、アカシデなど複数の温帯林構成樹種における種内の遺伝的分化のパターンを明らかにしてきた。東日本における「日本海側-太平洋側の遺伝的分化」は多くの種で共通してみられたパターンの一つである。これは日本海側と太平洋側に分かれて存在していたレフュージアから分布拡大した集団が氷期後に二次的に接触することによって形成されたと考えられる。最終氷期を経て形成された遺伝構造が、二次的接触の後もそのまま維持されるのか、それとも自由に混じって解消されていくのかという問題は、日本列島における歴史的な分布変遷の影響の大きさを理解する上で重要である。そこで、日本列島の温帯林で広く普通にみられるツリバナ（ニシキギ科）について、葉緑体 DNA 非コード領域と核 SSR マーカーを用い、東日本における詳細な遺伝的分化のパターンを調べた。その結果、両方のマーカーで、東日本全体では現在でも非常に強い遺伝的分化が維持されていることが分かった。境界線付近に着目してみると、東北地方ではある程度広い範囲で自由に交雑している様子がみられたのに対し、中部山岳地帯では二地域間の遺伝的分化はかなり強く維持されていた。特に、最深積雪などの特定の気候条件が劇的に変化している集団間では山脈が無くとも個体の移動が強く制限されていた。また、両者の交雑集団は必ず太平洋側地域でみられ、日本海側から太平洋側への片方向の移入が示唆された。このことから、日本海側・太平洋側それぞれに生育しているツリバナ集団は、これまでの氷期-間氷期の分布変遷の過程において、異なる気候条件に適応して強い生態的分化を遂げており、それが現在の両地域間での遺伝子交流を妨げている可能性が示唆された。

T28-4

T28-4

複数の塩基配列データに基づくマイマイカブリの系統地理

*長太伸章（京都大・理）、曾田貞滋（京都大・理）

日本列島の複雑な地史は山地や河川などの様々な地理的障壁を生み出し、多くの生物における地域間分化や異所的種分化に貢献している。日本に生息する昆虫においても、多くの種で地史に影響されたと考えられる地域分化が見られるが、特に飛翔できない地表性の甲虫ではその影響が顕著であり、地域分化や種分化が非常に多く見られる。マイマイカブリ *Damaster blaptoides* は日本固有の大型の地表性甲虫で、幼虫期にカタツムリを専食する。本種は北海道から屋久島まで広く分布するが、採餌戦略と関連した頭部形態の分化をはじめ、形態に様々な地域分化が見られる。そこで本種の形態分化の歴史的過程とそれに影響した地形・地史の影響を評価するため、分子系統地理解析を行った。

これまで昆虫を対象に行われてきた系統地理研究の大部分ではオルガネラ DNA であるミトコンドリア DNA が使われてきた。しかし、分子系統地理解析においてもミトコンドリア DNA などの 1 連鎖群のみの解析では正確性に様々な問題があるとの報告が近年なされており、分子系統地理解析においてもより正確な解析のためには独立した複数の連鎖群の遺伝子を解析するべきとの指摘がある。そこで本研究ではミトコンドリア DNA に加え複数の核 DNA について塩基配列を決定し、解析に用いた。本発表では複数の遺伝子の塩基配列データに基づいたマイマイカブリの分子系統地理解析の結果を紹介すると共に、ミトコンドリア DNA と核遺伝子の解析結果の比較などから分子系統地理解析における核遺伝子の塩基配列データの有効性についても議論する。

T29-1

アマモ場の景観変動を引き起こすローカルプロセスの解明

*山北剛久（千葉大・理）、仲岡雅裕（北大・FSC）

アマモ場は、沿岸において高い生態系機能をもつ場所であるが、世界的な減少が懸念されている。近年、リモートセンシング (RS)・GIS の技術的進展により、アマモ場の広域、長期的変動パターンの追跡が可能になった。しかし、その変動機構は十分に解明されていない。そこで、本研究では、東京湾富津干潟のアマモ場を対象に、RS により取得した空間データのタイプに対応した 2 種類の野外調査を行い、アマモの空間変化のプロセスを明らかにすることを試みた。

第 1 に、アマモ場の植生のパッチ動態の変動機構に関連して、季節風起因する方向性のある攪乱の効果を検証した。RS で抽出したアマモの各植生パッチ（ベクトル形式の空間データ）の形状の時間的変化と、野外における各パッチの成長量および攪乱に伴う堆積物量の変化の計測結果を比較することにより、アマモのパッチにおける底質の堆積作用は方位によって大きく異なり、方向性を持った物理的攪乱の影響を受けることが検証された。

第 2 に、RS で判別した植生分布の空間動態（ラスター形式の空間データ）について、画像からでは判別できない種と水深の変異が与える効果について、空中写真画像解析と同じメッシュサイズで現地調査を行うことにより検証を試みた。その結果、海草各種の空間動態および種の置換には水深および植生の空間構造が影響し、アマモ場の深い場所では小型種から大型種への遷移が進行する一方で、小型種が浅い場所で維持されやすいことが明らかになった。

以上のように、RS と現地調査の統合的解析により、従来空中写真や衛星画像だけで確認されていた植生変動パターンとプロセスとの関係を明らかにすることができる。一方で、短期間の野外調査では追跡できない各種プロセスの時空間的変異の重要性も指摘され、一般的な予測に結びつけるためには課題もあることも明らかとなった。

T28-5

日本産樹木の系統地理学再考

津田吉晃（ウブサラ大・進化生物学センター）

昨今の分子生物学的手法および解析技術の発展、大型遺体や花粉化石情報の収集および分布モデルに基づいた過去の植生復元手法の発展などにより、樹木の系統地理学への理解は急速に深まりつつある。これまで樹木の系統地理学の研究は、最終氷期最盛期 (LGM; 約 25000-15000 年前) における南方レフュージアへの分布縮小と、その後の分布再拡大により多く議論され、学問分野は発展してきた。一方、最近の知見はこれまでの“南方レフュージアのパラダイム (southern refugia paradigm; Maliouchenko et al. 2007)” に囚われずに、LGM 期における北方地域での生残 (Bhagwat and Willis 2008) やさらに古生態学手法では検出されていないレフュージア (cryptic refugia; e.g. Provan and Bennett 2008) も考慮しながら、より長い時間軸で樹木の系統地理学的構造の形成過程を考えることも重要であることを示している (Tsuda and Ide 2010)。このように現在、樹木の系統地理学はパラダイム・シフトのときを迎えているといえる。そこで本発表では、発表者が研究してきたカバノキ属ウダイカンバ (*Betula maximowicziana*) の遺伝構造データも紹介しながら、既報の日本産樹木の系統地理学的構造を概観するとともに、その形成要因について再考したい。

T29-2

近縁オサムシ 2 種による モザイク交雑帯仮説の検証

*大澤剛士（神戸大・院）、高見泰興（神戸大）、丑丸敦史（神戸大）

近縁種が二次的に分布を接すると、側所的分布を保ちつつ、その境界域で交雑帯を生じることがある。交雑帯を維持するメカニズムは、(1) 雑種個体の移動分散能力と、雑種形成に対する負の淘汰のバランス (tension zone model) と、(2) 環境の空間的異質性とそれに対する環境選好性・適合性の違い (mosaic hybrid zone model) が考えられる。それぞれのメカニズムは互いに排他的ではなく、交雑帯では双方が同時に作用することもありうるが、両者を定量的に評価した研究は少ない。

広域を対象としたニッチモデルの構築は、生物の環境選好性を定量評価しうる点で mosaic hybrid zone model の検証に役立つと期待される。そこで本研究は、近畿地方において交雑帯を形成する近縁オサムシ 2 種についてそれぞれニッチモデルを構築し、その環境要求性の違いを検討することで、mosaic hybrid zone model の検証を試みる。検討に用いるマヤサオサムシとイワフキオサムシの交雑帯は、微視的 (small grain) には tension zone model に適合することが明らかになっている。一方、両種の交雑帯は巨視的 (large grain) にモザイク状になるが、その決定要因は明らかになっていない。

発表を通して、進化生態学における景観生態学のアプローチの有効性について議論したい。

T29-3

安定同位体から生物の環境選択を考える：景観構造に着目して

* 赤坂卓美（北大院・農）、赤坂宗光（国環研）、高津文人（国環研）、中村太士（北大院・農）

人為景観における野生生物個体群の適切な維持管理は、生物多様性保全を考える上で重要な課題である。この課題に対し、景観生態学の視点からは、対象生物の生態的特性に応じた景観要素の空間配置やスケール依存性を考慮した土地利用計画案を検討することで貢献ができる。しかし、これまでは景観スケールでは生物の分布情報と景観要素の配置や組成の関連を調べることに留まり、実際にどの景観要素でどの程度採餌をしているかなどの情報は現地調査スケールでの検討に頼ることが多かった。

対象とする動物の体の一部（例えば毛、糞）の安定同位体を分析することで、実際に対象動物に同化した餌が何かだけでなく、その餌の供給源（森林や水域など）も特定することができ、結果として、餌の由来の多様性を求めることが可能になる。例えば食虫性の動物の場合、対象動物が多様な景観要素から発生する昆虫を獲得することが可能な景観配置を明らかに出来れば、対象種は、特定の景観要素からの餌資源の供給が一時的に途絶えたとしても、他の景観要素からの餌資源の供給により補填可能となり、結果的に個体群の維持に貢献するかもしれない。

発表者は、北海道十勝地方に存在する農地景観において、食虫性コウモリ類2種（*Myotis gracilis*, *M. frater*）を対象に、コウモリが摂取した餌資源において、森林、農地、そして河川由来それぞれが占める割合を安定同位体分析により推定した。これを用いて餌資源の発生由来の多様度を算出し、各個体の行動圏に含まれる景観要素の形状や多様性などの景観構造との関係を検討した。結果、両種の餌の多様性は、行動圏内に含まれる景観要素の多様性に対して異なる傾向を示した。本発表では、コウモリ類の餌資源を考慮した保全計画の指針を、景観生態学のアプローチに安定同位体分析を併せて議論していく。

T29-5

世の中に生かすランドスケープの視点

* 伊勢 紀, 増澤 直 (株式会社地域環境計画)

景観生態学に代表される、広域的な土地被覆の状況や配置と生物の生息・生育（分布）状況との対応に関する研究は、土地利用変更などの人間活動の影響評価への適用が期待される。また、近年よく目にするようになった、環境の価値を「生態系」、「景観」、「生物多様性」などの側面から捉えようとする試みにおいても、ランドスケープの視点が必要とされ、社会的なニーズが存在する。これまで、広域的な現象は定量化が困難なことや、現地調査を行う場合の時間・金銭的なコストが高く、普遍的な結果が得られるほど研究が進んでいなかったが、近年のGISデータ及び解析ツールの普及に伴い徐々にその数を増やす傾向がある。とはいえ、未だ実務レベルで適用可能な成果は限られており、今後さらにこの分野の研究が発展することが求められている。

本稿では、著者が日ごろの自然環境調査の業務において活用するランドスケープの視点を紹介する。具体的には植生・地形などを考慮した「環境類型区分図」、土地被覆を用いた「景観区分図」の考え方、近傍統計を用いた「緑地の連続性評価図」それぞれの作成方法、実務への適用事例を示し、研究レベル・実務レベルで共有できる課題や、それぞれの今後の展開について述べる。

T29-4

ため池の水生植物の消失と市街化・護岸率の関係：形質に注目して

* 赤坂宗光（国環研）、樋口伸介（神戸大院・理）、三橋弘宗（兵庫県博）

都市化に代表される過度の人為的な環境変化は、生物多様性の減少の大きな駆動因である。生物やその多様性の空間分布が、土地利用を含む景観構造や生育地自体の改変にどのように応答するかを理解することは、景観生態学の主要な課題であるとともに、生物の保全に貢献する。これまでは、主に個々の種や分類群を単位とした多様度といった分類学上の単位をベースとしたアプローチが多く採用されていたのに対し、近年、対象とする生物の形質に基づいた形質ベースのアプローチが盛んになっている。このアプローチにより、環境変化が生物の分布や多様性に影響を与えるメカニズムの深い理解が可能になり、また結果の一般化が比較的容易であるなどの利点がある。景観構造の改変に対する生物の応答を形質ベースで調べるには、対象とする生物を予めその形質に基づき、複数の機能群に区分し、機能群ごとに、景観構造との関係を検討するという方法が主に採用されてきた。しかし1) 機能群の区分の妥当性が検証しにくい、2) 対象生物の組成が変化した場合に得られた結果が再現できるかが不明確である、3) 機能群内の種は全て同質と扱うことになるため、群内の構成種の形質の違いを反映できない、など課題も多い。

本講演では、1992-97年と2006-09年の2時期に調査した兵庫県東播磨地方のため池の水生植物を対象とし、周辺の都市化という景観構造の改変と、堤体の護岸化という生育地自体の改変が、生育型、寿命、雌雄同株か否か、無性繁殖の有無といった形質のうち、どのような形質を介し水生植物を消失させるかを、統計モデルを用いて直接評価する。さらに得られた結果を元に、景観構造の変化に対する対象生物の応答と形質を関連づけるアプローチの発展性について議論する。

T30-1

微生物解析へのニーズ：趣旨説明

鏡味麻衣子（東邦大学理学部）・広瀬大（日本大学薬学部）

微生物は生命誕生の起源であり、生態系において分解、寄生、相利共生などユニークな役割を担っている。また、生態系の物質循環を駆動する役割と、植物や動物との相互作用を通じて、生態系の構造や機能、また生態系における生物多様性の創出・維持に深く関わっている。微生物生態学では、それら微生物の群集組成や遺伝的構造、機能を理解しようと、様々な技術を開発・応用し、発展してきた。

近年、生態学研究のなかに分子生物学的手法が浸透し、微生物を考慮に入れて物質循環や生物間相互作用を解析するケースが増えてきている。また、進化や競争など生態学の一般理論を構築する際のモデル生物としても微生物は活用されている。このように微生物の解析事例が増加している一方、生態学者が微生物の持つ特性を踏まえ分子生物学的手法の適用可能性と限界を十分に理解しているとは言えない。

本企画では、微生物生態学者からクローニングやDGGEなど一般的な手法からStable Isotope Probing(安定同位体プロービング)法や網羅的遺伝子発現解析など最新の方法まで、様々な解析方法について情報提供していただく。同時に、培養や観察など、分子生物学的手法と併用して用いられるべき古典的手法の重要性についても言及していただく。それら解析方法の長所と短所を解説し、手法の限界に基づいて応用・適用可能性を展望することを目的とする。

T30-2

T30-2

微生物生態学における分子生物学的手法の有効性と限界

小島久弥 (北海道大学低温科学研究所)

微生物とはそのサイズによって定義された生物群であり、系統的には極めて広範囲に及ぶ生物を含んでいる。機能的にも著しく多様であるこれらの生物に共通する特徴は、その定義である「小さい」ことのみと言えるが、この特性こそが研究を進める上での大きな妨げであり、微生物生態学の発展が手法の発達に大きく依存してきた根本的な原因である。微生物、特に形態による分類同定が実質的に不可能な原核生物の生態学研究において、生体分子の持つ情報を基に対象生物を検出・識別する手法は極めて重要な位置を占める。本講演では、分子生物学的手法と呼ばれるこうした手法が微生物生態学においてどのように利用されているのかについて概観する。分子生物学的手法の対象となり得る物質には様々なものが考えられるが、微生物生態学では核酸を対象とする場合が圧倒的に多いのが現状である。これには、相補的な塩基対を形成するという核酸の性質を利用した各種の手法の発達が大きく関わっている。多種多様な微生物を含む試料が研究の対象となる場合、試料から全 DNA を抽出し、これを基に試料中の対象微生物を網羅的に検出するという解析が出発点となることが多い。群集構造解析と呼ばれるこうした解析は極めて一般的なものとなっており、また方法に制限される側面の強い微生物生態学においては、かなり大きなウェイトを占めている。このような解析手法についての有効性と限界について、培養や現場活性の測定といった手法との関連性と併せて議論する。

T30-4

RNA から探る生命現象：網羅的遺伝子解析

石井伸昌・府馬正一 (放射線医学総合研究所)

放射線医学総合研究所 (放医研) ではヒト以外の生物や生態系に対する放射線影響研究を行っている。本講演では、生態系に対する放射線影響評価の足がかりとして行った環境真核微生物の網羅的遺伝子発現解析について述べる。

生態系は様々な生物種が集まり、互いに関係し合いながら構築されている複雑なシステムである。そのため、生態系に対する影響評価を行う場合、個体や個体群を対象とした研究に加え、生態系全体の反応を見渡すことも重要である。生物は放射線等の刺激に対し遺伝子発現のレベルで反応するため、まず微生物群集を対象に網羅的な遺伝子発現解析を行った。遺伝子発現解析には様々な手法があるが、本研究では放医研の安倍らによって開発された High Coverage Expression Profiling (HiCEP) 法を用いた。この方法はマイクロアレイ法のように予め配列情報が必要としないため、環境生物を対象とした網羅的遺伝子発現解析に有効である。

研究対象として水田の微生物に着目した。水田マイクロゾムにガンマ線を照射した後、RNA を抽出し、遺伝子発現解析を行った。その結果、照射サンプルにおいて 14,169 の遺伝子発現ピークが得られた。このうち発現レベルが上がった遺伝子は 250 あり、これにはユビキノール - チトクローム c レダクターゼ等が含まれていた。一方、発現レベルが下がった遺伝子は 85 あり、ロイシン脱水素酵素やジピコリナート合成酵素などが含まれていた。この様に、HiCEP 法は得られたピークから遺伝子を特定することも可能であり、影響評価研究に限らず、自然環境の様な複雑な系全体の遺伝子発現を観察するための有効な手法の一つと考えられる。

T30-3

微生物食物連鎖の分子生物学的解析：メタン酸化を例として

村瀬潤 (名古屋大学大学院生命農学研究所)

近年の分子生物学的手法の導入によって、環境微生物の新しい姿が示されつつある。同時に、これまで十分な知見が得られていない課題に改めて挑む機会が巡ってきたともいえる。本発表では、水田土壌におけるメタン酸化をめぐる微生物群集の構造と機能について、特に原生動物の捕食作用に注目した研究成果を報告する。1) RNA-SIP 法を用いたモデル実験でメタンを利用する微生物群の解析を行ったところ、メタン酸化菌の他、繊毛虫、鞭毛虫、アメーバなどの原生動物がメタンを利用していることが明らかとなり、メタンが起点となって駆動する微生物食物網の存在が示唆された。メタン濃度は原生動物相の構成に影響を与えた。2) 培養法によって土壌原生動物によるメタン酸化菌の捕食性を試験したところ、Type II よりも Type I のメタン酸化菌が捕食されやすいこと、同じ属であってもメタン酸化菌の間で被捕食性に差があることが示唆された。また、原生動物種の違いによるメタン酸化菌への捕食スペクトルの差も認められた。3) ¹³C ラベルしたメタン酸化菌を用いた PLFA-SIP 法による解析により、メタン酸化菌のバイオマスは土壌に添加して 24 時間以内に原生動物に取り込まれることが示された。また、メタン酸化菌の種類によって取り込みの程度が異なることが確かめられた。4) メタン酸化菌群集に及ぼす原生動物の捕食の影響を、殺菌土壌への再接種実験により検討した。*pmoA* 遺伝子を対象としたマイクロアレイ解析により、原生動物を接種した土壌では Type II のメタン酸化菌群が独占的に検出されたが、原生動物を接種しない土壌では、Type I のメタン酸化菌の優占度が著しく高まることが明らかとなった。RNA-SIP 法による解析により、接種した原生動物がメタン酸化菌を捕食しており、その依存度は個体レベルで異なることが示唆された。

T31-1

近親交配回避とメスの多回交尾：配偶相手の血縁に応じたアズキゾウムシの交尾行動

原野智広 (九大院・理・生態科学)

自分と配偶相手の血縁関係は、生物個体の適応度に影響を及ぼす。最もよく知られているものは、近親交配から生まれた子の適応度が低下する現象、つまり近交弱勢による負の影響であろう。このようなことから、血縁に基づいて配偶相手を選ぶことが生物にとって適応的であると考えられる。しかし、交尾前に相手の血縁を認識できないことは多いであろう。それに対して、交尾を行うと、交尾器が結合し、精子および精液中の物質をメスが受け取ることで、これらをキューにして配偶相手の血縁を認識できるかもしれない。その場合、メスは交尾を行った後に、血縁に応じて子の父親となるオスを選ぶようにふるまうと考えられる。そのようなメスによる交配後の配偶者選択は、複数のオスとの交尾を伴う。

多くの動物では、メスは 1 回の交尾によって卵の受精に必要な精子を得られると考えられるので、メスがなぜ多回交尾を行うのかは疑問である。近親交配がメスの適応度上不利であるならば、近親交配の回避を可能にする交配後の配偶者選択が進化する可能性がある。そのため、メスの多回交尾は近親交配を回避する手段として進化するという仮説が提唱されている。しかし、この仮説を実験的に検証した例は少ない。アズキゾウムシでは、多くの動物と同様にメスの多回交尾が観察されるものの、メスの多回交尾の適応的意義は不明である。本講演では、アズキゾウムシにおいて、メスの多回交尾が近親交配を回避するように機能しているかどうかを検証した結果を紹介する。

T31-2

生殖システムからみた性配分問題：単為生殖の存在が性配分戦略に与える影響

川津一隆（京大院・農・昆虫生態）

E S S な性配分戦略を解析するための理論として挙げられるのが均等投資の原理であり、その骨子は、1) 父母の遺伝子には均等に子に伝わるためオス・メスの繁殖成功は等しくなる→2) 息子・娘の繁殖成功は性比の関数となるため性配分戦略には頻度依存選択が働く、という二段階の論理に要約できる。これらの論理には一見矛盾がないように思われるが、近親交配を行う場合には遺伝的寄与の性的対称性が破られる可能性があり状況が異なってくる。そして、そのような中でも極端な例として挙げられるのが、メスが単為生殖（オスの遺伝子を用いない繁殖）を行う生物であろう。

集団中で単為生殖が行われる場合、遺伝的寄与はメスの方が高くなるため1) からはメス偏向の性比が予測される。一方で、単為生殖は産まれる子の性により3種類（産雄性、両性、産雌性）に分類され、それらの間で集団の性比に与える影響は変化するため2) が与える予測は異なる。そこで、私は単為生殖の存在を組み込んだE S S モデルを作成し、単為生殖型が異なる場合の性配分の解析を行った。その結果、産雄性で強いメス偏向性比、両性で中程度のメス偏向性比、産雌性では1:1性比がE S S 性配分となることが分かった。

本講演では以上の結果に基づき、単為生殖の存在および、単為生殖型の違いが有性生殖における性配分戦略に与える影響を明らかにし、均等投資の原理における二段階の論理がどのような関係にあるかを考察する。ここで、産雄性単為生殖は半数倍数性を持つ膜翅目昆虫など、産雌性についてはナナフシやシロアリなど幅広い昆虫類で観察され、また、両生単為生殖については自殖を行う植物が挙げられるだろう。そのため、産雌性単為生殖を行う種が系統内に散在する下等シロアリ類を用いて私が行った種間比較の結果を中心に、異なる単為生殖型が実際の生物のとする性配分戦略にどのような影響を与えているのかについても言及する。

T31-4

自殖の進化と絶滅リスク～有害突然変異が運命を左右する？～

中山新一郎（東大・院・理）

自殖集団は他殖集団に比べて有害な突然変異を蓄積しやすく、それによる高い絶滅リスクをもつことがこれまでの研究で理論的に予測されている。しかし、より現実的な状況を考慮するとこの予測が成り立たない場合がある。

本講演では、これまで考慮されてこなかった2つの要因が有害突然変異の蓄積および自殖集団の絶滅リスクに及ぼす影響について、理論的に得られた結果を報告する。

i) 有害突然変異率は自殖の進化が可能であるかどうかに影響することに注目した。自殖集団と他殖集団のシミュレーションをそれぞれの繁殖様式が安定となるような有害突然変異率の下で行い、自殖集団のほうが有害突然変異を蓄積しにくい場合があることを示した。

ii) ほとんどの自殖集団に見られる低頻度の他殖に注目してシミュレーションを行った。数パーセント程度の他殖が有害突然変異の蓄積を大きく抑えることが示された。

T31-3

オオバナノエンレイソウにおける繁殖様式の集団分化—自家和合・不和合・雄性不稔

久保田涉誠（北大・院・環境科学）

被子植物の繁殖様式は極めて多様に分化している。その中で、種子繁殖に限定すると“自殖”と“他殖”に大別され、多くの進化学的研究はこの2つの繁殖様式の意義や進化の方向性を中心に議論されてきた。従来の研究では繁殖様式が異なる近縁種間の比較解析からのアプローチが主として行われてきたが、本研究は種内に繁殖様式の分化が認められるオオバナノエンレイソウに注目し、多様な繁殖様式の進化的背景を明らかにすることを目的とした。ここではこれまで行ってきた一連の研究を「自殖の適応的意義」、「雄性不稔個体の発見」、「自家和合性から不和合性への進化」の順に紹介し、本種における自殖と他殖を巡る進化について議論する。

オオバナノエンレイソウは両性花を顕花する多回繁殖型多年生草本であり、種内に他殖のみ行う自家不和合性(SI)集団と、他殖に加え自殖も行う自家和合性(SC)集団が存在する。まず始めに、本種に見られるSC集団とSI集団の分化が、幅広い植物群で支持されている自殖の有利性により説明できるかを交配実験と遺伝解析実験によって検証した。その結果、自殖に有利性は認められず、SC集団ではむしろ他殖が進化的に有利になることが示された。この結果に続き、野外観察から他殖が進化的に有利と予想されたSC集団において雄性不稔個体が数多く発見された。そこで次の研究段階として、これら雄性不稔個体が他殖に特化した雌であり、雌の出現頻度がSC集団の繁殖様式に多大な影響を与えることを交配実験と遺伝解析実験から証明した。最後に、本種における繁殖様式の進化的方向性を明らかにするために、SC・SI集団間の分子系統解析を行った。その結果、SI集団はむしろ派生型である可能性が示唆され、SIからSCへと進化したと考える多くの先行研究とは異なる傾向が示された。一連の研究から、本種では多くの集団が自殖を維持する一方、他殖を取り入れる進化傾向が存在することが示された。

T31-5

シロイヌナズナ属における自家不和合性崩壊の突然変異のパターンとその適応的意義

土松隆志（東大・広域システム）

自家不和合性は、被子植物においてももっとも一般的な近親交配回避の生理的・遺伝的なメカニズムのひとつである。自家不和合性を持つことは、質の低い自家受粉（自殖）由来の種子を生産するのを防ぎ、質の高い他家受粉（他殖）由来の種子を生産することができる点で有利であると考えられる。しかしながら実際には、自家不和合性が崩壊し自家和合性になることで、自家受粉（自殖）を行う性質が何度も繰り返し平行進化してきたことが多くの分類群において知られている。自殖は近交弱勢を伴うにも関わらずなぜ進化するのか、どのような有利性があるのか、これがダーウィン以来多くの植物進化学者を悩ませてきた問題である。

今まで、自家和合性の適応的意義はいくつか提案されてきた。一つ目は、自分のゲノムを花粉と胚珠両方から伝えることができるというゲノムの伝達効率の有利性、二つ目は、交配相手や花粉媒介者がいない状況であっても（花粉制限）、一個体で子孫を残すことができるという繁殖保証の有利性である。もし何らかのきっかけで近交弱勢の値が小さくなることがあれば、これらの要因によって自家和合性・自殖性が進化する可能性があると考えられている。しかしながら、実際に過去にどのような淘汰圧のもとで自家和合性が起源したのかを現在の植物集団の生態学的調査だけから探ることは難しいとされてきた。

我々は、アブラナ科シロイヌナズナ属において自家和合性の進化に関わった遺伝子群の分子集団遺伝学的なパターンを調べることによって、実際に過去にどのような環境下で自家不和合性が崩壊し、自殖が起源してきたのかを探ろうとしている。シミュレーション解析の結果、花粉制限などの環境条件に依存して自家和合性進化に関わる突然変異に特徴的な集団遺伝学的パターンが見られることがわかった。シミュレーションと集団ゲノム学的実証研究の両面から、考えうる自家和合性の適応進化のシナリオを議論したい。

