



京都大学 生態学研究センター

Center for Ecological Research
Kyoto University

京都大学生態学研究センター
〒520-2113 滋賀県大津市上田上平野町字大塚509-3
センター長 清水 勇

Center for Ecological Research, Kyoto University
Kamitanakami Hiranochō, Otsu, Shiga, 520-2113, Japan
Home page : <http://www.ecology.kyoto-u.ac.jp>

— 目 次 —

共同利用委員会からのお知らせ	
共同利用事業公募要項.....1	2004・2005年度協力研究員追加リスト.....10
DIWPA海外ワークショップ開催のお知らせ.....2	センター員の異動.....10
シンポジウム開催のお知らせ.....3	センター員の研究紹介
公募実習の報告	川端善一郎.....11
「河川生態系の環境構造と生物群集に関する基礎実習」...4	加賀田秀樹.....13
「野外生態系における陸生大型ミミズ類の	加藤元海.....14
野外調査法および標本作成・同定法」.....6	編集後記.....16
「琵琶湖丸ごと陸水生態学実習」.....7	
「安定同位体実習」.....9	

共同利用委員会からのお知らせ

2005年度（平成17年度）京都大学生態学研究センター 共同利用事業公募要項

京都大学生態学研究センターでは、2005年度の共同利用事業の一部として以下の内容のものを公募します。

1. 公募事項

- (1) 研究会：生態学およびその関連分野での重要な研究課題について、研究結果のまとめ・現状分析・将来の研究計画の作成などを行い、当センターの共同研究の推進に役立つ研究会の企画を募集します。
- (2) 集中講義&セミナーおよび野外実習：学部学生・大学院生を受講対象とし、全国に公開されるもので、生態学およびその関連分野において重要だが教育の場が限られる課題についての企画を募集します。

2. 開催期日

2005年5月1日から2006年2月28日までの期間に開かれるものとします。

3. 採択件数

研究会および集中講義&セミナー・野外実習、合わせて5件程度の採択を予定しています。

4. 応募資格

大学その他の研究機関に所属する研究者、またはこれと同等の研究能力を有すると認められる方とします。なお、企画には本センターの教員の参加があることが条件となります。

5. 申請方法

研究会、集中講義&セミナーおよび野外実習のそれぞれについて、下記の必要事項を記載した企画書を作成し、郵送、ファックスまたは、e-mailにて直接当センターに提出してください。

必要記載事項：

- (1) 申込者氏名・所属先および職・所属先住所・電話・ファックス・e-mail

- (2) 研究会、集中講義 & セミナー、野外実習の別
- (3) 課題名
- (4) 開催予定日時
- (5) 開催予定場所
- (6) 開催目的および内容の概略（400字程度）
- (7) 参加予定者の一覧（氏名・所属）

なお、申請が採択された場合、所属機関（部局）の長を通して、正式の研究会等申請書を改めて提出していただきます。

6. 申込期限：2005年4月8日（金）必着。

7. 企画書送付先

〒520-2113 大津市上田上平野町字大塚509-3
 京都大学生態学研究センター 共同利用係
 TEL：(077) 549-8200（代表）
 FAX：(077) 549-8201
 e-mail：kumi@ecology.kyoto-u.ac.jp
 郵送の場合は、封筒の表に「共同利用事業企画書在中」と朱書きして下さい。

8. 選考

当センターにおいて2005年4月中旬に行います。

9. 所要経費

研究会の出席者、集中講義 & セミナーの講師の旅費、場合によってはその他必要経費の全部または一部を、当センターにおいて支出します。1件について20万円以内を予定しています。

10. 報告書および論文の提出

- (1) 共同利用事業終了後、1ヶ月以内に報告書を当センターに提出して下さい。なお、提出された報告書は、その全部または一部を当センターのニュースおよび業績目録に掲載します。
- (2) 共同利用事業によって得られた成果を論文等により発表する場合には、京都大学生態学研究センター共同利用事業の援助を受けた旨を論文等に記していただくをお願いします。また、別刷り1部を当センター共同利用係宛に提出してください。

この公募内容につきまして、不明な点がございましたら、当センター共同利用係に御照会下さい。

DIWPA 海外ワークショップ開催のお知らせ

DIWPA 海外ワークショップ： 熱帯林における生物多様性保護と炭素貯留の両立を目指して

**Workshop on:
Synergy between Carbon Management and
Biodiversity Conservation in Tropical Rain
Forests
24-26 November, 2004**

Organized by FRC (Forest Research Centre, Forestry Department, Sabah, Malaysia) and DIWPA (DIVERSITAS in Western Pacific and Asia)

Funded by Asia Pacific Network

This workshop is organized to disseminate the concept of synergy between carbon management and biodiversity conservation in production forests. The Kyoto Protocol incorporates the vital role of forests and wetlands in its mechanisms to reduce green house gases, favoring fast growing plantations. The Convention on Biological Diversity (CBD) emphasizes the conservation and sustainable use of forest and wetlands that harbor biological diversity.

Guidelines need to be developed without sacrificing these mutually exclusive requirements.

Forestry Department, Sabah, Malaysia, introduced a reduced impact logging (RIL) scheme in the Deramakot Forest Reserve for commercial timber production. A large tract of the forest has been managed by the reduced impact logging, under which the damage of timber extraction has been minimized. On the other hand, the surrounding areas had been logged using a conventional logging method. The Forestry Research Centre, Sabah, and Japanese researchers affiliated with DIWPA are currently conducting ecological impact assessments, and the study of carbon stock and biodiversity in these contrasting logging areas.

After attending a one-day session to hear preliminary results, local and overseas participants will visit the field study site. There, what standard methods, and how they are applied will be demonstrated. Participants will discuss how the reconciliation among carbon sequestration, biodiversity conservation and timber production can be achieved.

Schedule (Venue)	Advisor	Sam Mannan (Director of Forestry, Sabah)
24 Nov. (Sabah Hotel)	Chairperson	Ying-Fah Lee (FRC)
09:00-	Co-Chairperson	Tohru Nakashizuka (DIWPA)
Session 1 Effects of different cut-over limits in RIL logging	Secretary	Jupiri Titin (FRC)
14:00-		Kanehiro Kitayama (DIWPA)
Session 2 Estimates of carbon and biodiversity in tropical rain forests	Members	Annuar Mohamed (FRC)
		Arthur Chung (FRC)
		Eyen Khoo (FRC)
25 Nov. (Deramakot Forest Reserve)	Contact address	
Excursion to Deramakot Forest Reserve		
Night discussion	For local participants	
26 Nov. (Deramakot Forest Reserve)		Julius Kodoh, Mr., Forest Research Centre, Forestry Department, 90715 Sandakan, Sabah, Malaysia
Excursion day 2		Tel: +60-89-536770; Fax: +60-89-531068
Afternoon back to Sandakan town		E-mail: julius.kodoh@sabah.gov.my
27 Nov. (Forest Research Centre Conference Room, Sepilok, Sandakan)	For overseas participants	
Writing-up session (Closed)		Tomoko Nishino, Ms., Secretarial Assistant, DIWPA Office, Center for Ecological Research, Kyoto University, Kamitanakami Hirano-cho, Otsu, 520-2113 Japan
Organizing Committee		Tel & Fax +81-77-549-8238
		E-mail tnishino@ecology.kyoto-u.ac.jp

●●●●●●●●●● シンポジウム開催のお知らせ ●●●●●●●●●●

**A symposium in
The 52th Annual Meeting of the Ecological
Society of Japan in Osaka
March 30, 2005**

Relationships between biodiversity and ecosystem functioning across different scales
(Organizer: Norio Yamamura)

Relationships between biodiversity and ecosystem functioning have been extensively studied, but the spatial and temporal scales vary among individual studies. In this symposium, 4 researchers present biodiversity studies on different scales by different approaches, from molecular biology to ecosystem. We discuss directions of the research across different scales and different methods.

Time table (150 min. in the morning of March 30, 2005)

1. The aim of the symposium
Norio Yamamura (5 min.)

2. Presentation of topics
(Chairpersons: Takayuki Ohgushi and Takashi Kohyama)

- (1) Junji Takabayashi (30 min.)
Complex chemical information networks in tri-trophic communities
- (2) Charles Godfray (30 min.)
Invertebrate community structure and indirect effects
- (3) Michel Loreau (30 min.)
Food webs and the relationship between biodiversity and ecosystem functioning
- (4) Kanehiro Kitayama (30 min.)
Ecosystem maintenance and beta diversity of tree species in tropical rain forests

3. General discussion (25 min.)
(Chairperson: Toshi Nagata)

Commentators:

- (1) Masakazu Shimada (5 min.)
- (2) Shigeo Yachi (5 min.)

 公募実習の報告

「河川生態系の環境構造と生物群集に関する基礎実習」

川端善一郎・遊磨正秀（京大大学生態学研究センター）

日 時：2004年7月31日（土）～8月7日（土）
 開催地：京都大学理学部木曾生物学研究所（木曾福島町）
 参加者：田口絵里子（明治大・農・農学4年）、長谷恵美子（京大・農・資源生物3年）、福本早苗、道籬友理、宮沢典子（以上、近畿大・農・国際資源管理3年）、幸田良介、角佳憲（以上、京大・理・生物系3年）、田代真司（京大・理・化学系4年）
 講 師：川端善一郎、遊磨正秀（以上、京大・生態学研究センター）、野崎健太郎（椋山女学園大・人間関係学科）、神松幸弘（総合地球環境学研究所）、丸山敦（龍谷大・理工・環境ソリューション工学科）

7泊8日で行った本実習は、天気恵まれ、順調に実習が展開できた。なお実習は、初日に付着藻類や水生昆虫などについての一般実習コースをすませ、実習2日目よりテーマ実習コースに入り、最終日の実習成果発表会をもって無事終了した。本年の実習ではテーマとして日陰を追う人が多かった。いままであまり取り上げていなかったテーマであり、各人の視点で調べ、それぞれにユニークな成果が発表され、自然をみとくときの多様な視点の重要性を改めて認識させられた。

本実習参加者の実習テーマと内容は下記のとおり。

田口絵里子『河川敷の蝶類の行動』

黒川の橋付近の川原5mほどの礫帯に蝶類が集まっていることが多く、そこでの蝶類の飛来・離脱時刻、種組成、川原上での行動、ならびに集合場所の環境条件特性について調査した。種別にみると、同種が集まる傾向があり、1匹当りの滞在時間は、キチョウで2時間17分だった。午後より午前の方が個体数は多かったが、滞在時間に大きな差はなかった。川原に集まっているキチョウは、一部は吸水しているものの、大半はどの器官も動かさず、じっとしているだけだった。スミナガシはたえず翅を動かし、吸水していた。集まる場所は日によって偏りがあり、かつ変化していたが、集合場所が集中している場所の条件は、石の陰や全体が陰になりやすい場所だった。集合場所の条件を探るために、水、酒、牛乳や酢などを置いて誘引効果を調べたが、設置条件や濃度、あるいは観察者の影響のためか、蝶類がそれらに誘引されることはなかった。実際、水際で藻が腐った状態になって湿っているところよりも、石の上の方が蝶類はよく

利用していた。蝶類各種の行動様式全体の中での川原利用を位置づける必要があった。

角佳憲『アブラハヤの食性と味～アリの味覚～』

雑食性のアブラハヤにおいて、食性の偏りがあるのか、偏りがあるとすれば肉の味にどのような違いが出るのかを検討した。サンプリングは釣りにより、消化管内容物を藻類、水生昆虫、陸生昆虫、その他に分けて分析した。消化管内容物は、藻類も水生昆虫も0～100%までさまざま、陸生昆虫は少なかった。雑食性だが、個体によって食の好み（藻類、水生昆虫の割合）が異なっていた。魚体の味の評価は、食性のわかっている魚体を餌にしたトラップを地面に仕掛け、主にアリの数で評価した。その結果、藻類が多いとアリの総数が減る傾向がみられ、肉食のアブラハヤの方がアリに好まれ、食性により肉質に違いがあると考えられた。ただし、消化管内容物分析はその日の摂食分だけのデータであり、食性の日周変化や長期の食性の好みは不明のままであったことから、飼育等で食性の好みの持続性を調べる必要があった。

幸田良介『河畔林と川のかかわりあい』

水生昆虫の枯葉に対する選好性を調査した。緑の葉は化学防御があり、茶色の葉は養分が少ないのでともに食物としては不適であり、黄色の枯葉がちょうど良いという仮説をたてた。プラスチック筒に川岸の各種植物の葉、あるいは異なる枯れ具合の葉（クルミ）を入れ、翌日回収して水生昆虫相を調べた。平瀬に設置した例では、植物種や枯れ具合による違いはなかった。これは流下してくる水生昆虫の偶然性により、葉の状態とは関係なかったためと考えられた。淵ではクルミの枯れ具合の比較のみを行ったが、緑と茶の葉の間で差は認められなかった。ただし筒実験では葉を筒中央部に置いたため虫からは葉を見つげにくかったのかもしれない。そこで、粗目の籠に葉と水生昆虫を朝に入れておき、午後回収して水生昆虫を比較する実験を行った。水生昆虫としてコカクツツトビケラを用い、植物は、クルミ、ヤナギ、クズを用いた。また、パット上でも選択実験をしたところ、ともにクルミ、ヤナギ、そして緑と茶の葉に集まり、黄色の葉は選択されなかった。これは、緑の葉を巣材として使い、餌として茶の餌を使う傾向があること、クルミやヤナギは太目で柔らかく食べやすいためと考えられた。

宮沢典子『川の流速と藻の分布～流速と石の部位～』

予備調査として流速90cm/secと7cm/secにある礫を比べたところ、流速が早いと藻類が少なく、珪藻はどこでもいるが、藍藻は流速の遅いところに多かった。これらの詳細を検証するため、流速の異なる場所の礫の前面、上面、後面から5×5cmの藻を採集し、藍藻は群体を、珪藻は細胞数をカウントした。流速は礫前面と上面ではあまり変わらず、後面は遅かった。藍藻は流速の遅い場所の石に多く、それは藍藻の体制が弱く、流速の速いところに適応していないためと考えられた。珪藻は流速に対してあまり差がなく、これは珪藻は珪素の殻に包まれていて流速にかかわらずどこでも存在できるからと考えられた。礫前面・上面・後面の藻類量を比較すると、中程度の流速では上面に多かった。これは前面や後面では光があたりにくいこと、必要な栄養素は上流からのものをトラップするので後面ではそれが得られないこと、ならびに光の関係で上面に多いためと考えられた。藻類が繁殖しやすい条件を調べるため、川原の十分に乾いている石をさまざまな環境の水中に放置し、礫上生物の追跡調査を行ったが、流速と場所条件によりばらつきが大きかった。

道旗友理『光環境における付着藻類の違い』

藻類の生産や現存量には光条件が大きく関わると考えられるので、橋の下と木陰において日向と日陰の日周移動を、橋上からの日陰のスケッチなどにより調べた。照度は、日向と日陰では127Kluxの差があったが、橋下でも一日中陰になっている場所はなかった。日向と橋下では12～14時の照度が高く、木陰は低いままで一定だった。曇ると照度は一気に下がった。3個の礫上5×5cmの平均クロロフィル量は、予想に反し、橋下、日向、木陰の順になった。藻類の細胞数や重量も測るべきだったかもしれないが、細胞当りのクロロフィル量は一定と考えると、木陰よりは日向の方が藻類が多いことになる。日向に藻類が多くない理由は、光-光合成特性により光合成が飽和しているか、強光阻害のためと考えられた。なお藻類組成は、どこでも珪藻が種も数も多く、緑藻は少なく、藍藻は橋下と木陰に多かった。しかし総じて光環境は藻類の種や量に正比例的に影響するものではなかった。

田代真司『電気伝導度と藻の分布、およびその変化に対する適応』

予備調査から河川水の電気伝導度と藻類量に關係が認められたのでそれを検証した。黒川の橋上左岸では電気伝導度が極端に高く、同右岸では低く、堰上の淵では少し高い。そこで、流速7cm/sec程度、水深3～5cm/secの場所で、電気伝導度が62μg/sec(A)、80μg/sec(B)、38

μg/sec(C)の3地点を選び、各地点の石2つずつから5×5cmの藻類を採取した。A地点には珪藻が多く、Bには藍藻が多く、C地点には珪藻・藍藻が同量存在していた。次にB地点から石をとり、各地点に2個ずつ配置してその後の経過をみたところ、珪藻と藍藻の比はA、Bで8対2、Cでは1対1となり、電気伝導度が変わると1日ですぐに種組成が変わるほど、少なくとも藍藻は環境に敏感だった。1日でこれほど変わるのであれば、もう少し時間を区切った調査をすべきだった。また、移植の時刻も考慮すべきだった。なお、C地点ではカワゲラがたくさんおり、その影響を除去するために石を網などで包んでおくべきだった。ちなみに、黒川の橋上左岸の高い電気伝導度の原因を探したが、田や水路の電気伝導度は大変低いため、おそらく地下水由来の現象と考えられた。

長谷恵美子『個々の場における乾燥ストレスに対する河川生態系の回復程度の研究』

日本の河川は急流で洪水も多いが、低水時には乾燥が河川生物へのストレスとなる。この乾燥ストレスが大きいと生物群集の回復も遅いと考えた。そこで、同じ大きさの石を瀬、淵、川原から取り上げ、0時間、1時間、4時間、1日川原にて干した石を川に戻し、1日後にクロロフィル量と水生昆虫相を調べた。水生昆虫はカゲロウ、カワゲラ、トビケラ、その他に分別して計数し、多様性指数を算出した。藻類は、わずかな乾燥ストレスで激減した。水生昆虫は瀬よりも淵の方が攪乱の影響をより強く受け、その後の個体数回復も淵で大きかった。種群ごとにみると、匍匐型のカゲロウは乾燥ストレスにかかわらず、瀬、淵ともすぐに回復し、石に付着する生活様式をもつブユは早く回復したが、長期間乾燥していた石にはつかなかった。1時間当りの平均回復量は、1時間の乾燥ストレスでかなり下がるが、以後あまり変化がなく、また少しでも乾燥すると生物相の回復が遅れ、以後の乾燥時間にはあまり関係なかった。なお、クロロフィル量と水生昆虫多様性指数の間にはある程度の相関が見られたが、多様度の変化が藻類に依存するものか、水生昆虫そのものの変化かを明らかにすることはできなかった。



黒川・栃本付近での河川実習
水深や流速について横断測量をしている。
2004年8月1日

福本早苗『森林の効果～森林の有無による水温と養分の違い～』

両岸が樹木に覆われた場所と、そうでない場所の照度、水温の違いを調べた。樹木に覆われた場所では日陰のため水温が下がるが、樹木から落葉や落下昆虫などの有機物が多いと予想した。水温についてはロガーを設置した。上流のA、Bの川岸は樹木に覆われており、その下流のC、D地点は樹木を欠き、さらに下流のE地点には樹木があり、F地点は少しオープンな環境であった。照度はA、Bで低く、C、Dは高く、Eは低く、Fは少し高かった。水温はAからBにかけて下がり、BからCおよびCからDは上昇、DからEは下降または上昇、EからFは上昇し、川岸樹木の存在が水温に大きく影響していた。もしE地点において川岸の樹木を伐採した場合、1.5度の水温上昇が予想され、その影響からF地点は3度の水温上昇が予想された。このように川岸の樹木は水温上昇を防ぐのに重要な役割を果たしていると考えられた。なお、樹木のある地点の藻類クロロフィル量は樹木のないところの半分ほどだったが、それが水温の影響か、光条件か、あるいはその他の条件によるものかはわからなかった。



実験室での作業風景 2004年8月2日



手にもやってきたスミナガシ
2004年8月3日

「野外生態系における陸生大型ミミズ類の野外調査法 および標本作成・同定法」

伊藤雅道（横浜国立大学・大学院環境情報研究院）

大型ミミズ類はエコシステムエンジニアとして分解系を左右するきわめて大きな駆動力を有し、生態系解析には欠かすことのできない重要な要素である。わが国では分類研究の遅れが影響して種同定が困難とされ、生態研究は多くは行なわれなかったが、最近では分類研究がある程度進展し、正確な同定に基づいた生態研究も可能になってきた。

しかし、外部形態のみでは種同定が困難なこと、種分類形質の変異の大きさなど生態研究を実施する上での種同定にも困難な障害があり、生態研究者であっても分類の知識と技術の習得は欠かせない。本実習は大型ミミズ類を対象とした生態学または分類学的研究を実施しようとしている学部あるいは大学院の学生を対象として、1) ミミズ類の基本的な分類体系を学び、2) 東京近郊の森林において野外採集法、生態調査法を体験し、3) 実験室において固定・解剖・同定法の基礎を習得することを目的に行なわれた。

期間は本年 8月 5日(木)～7日(土)。会場は東京の近郊西東京市にある東京大学大学院農学生命科学科附属科学の森研究センター田無試験地、本実習はすでに7回目を数える（うち今回を含め4回は京大生態研センターの援助により行なわれている）が、場所が東京に近いことも

あってか今回はこれまででもっとも参加者が多く、17名の正式参加者と11名のオブザーバを得て実施された。参加者の所属大学は千葉大、信州大、東京農工大、横浜国大、茨城大、関西大、山形大、京大、愛媛大、東大、熊本大などであった。なお、講師は9名（後述）であった。

3日間の会期のうち、第1日目は大型ミミズ類の研究入門、系統分類、生活史などについての講義、第2日目は生態機能、オンライン検索、相互作用などについての講義、第3日目はミミズ野外採集と室内での固定、解剖等についての講義・実習でいずれも当初の予定通りに実施された。第3日目の会場である田無試験地の敷地内の雑木林や植林地でミミズ類の野外採集をおこない、都市近郊に生息する代表種の見分け方や形態の特徴について実地で指導を行なうことができた。

主な講義・実習のタイトルと講師、内容は次の通り。

8月5日（木）

講義1「ミミズ学への招待」

（渡辺弘之 京大名誉教授）

ミミズ研究談話会、日本土壌動物学会の両会長を兼ね

る講師より、黎明期の日本のミミズ研究の概略、苦労話、これからのミミズ研究の展開などについて概説した。

講義 2 「水生ミミズ類の多様性」

(大高明史 弘前大・教育)

日本産水生ミミズ類の多様性、系統分類、生活史、生態機能、分布などについての基本的な情報を概説した。

講義 3 「環形動物の分類と系統」

(伊藤雅道 横浜国大・環境情報)

ミミズ類の属する環形動物についての概説。陸生ミミズ類の系統分類上の位置、大型ミミズ類の各科の形態、分布の特徴など基礎的で動物学的内容を紹介した。

8月6日(金)

講義 4 「ミミズ類の生活史と生態系機能」

(金子信博 横浜国大・環境情報)

エコシステムエンジニアとして土壌生態系に大きな影響を与えるミミズ類の生活型や生活史の特徴、生態機能の概説と最新の研究法を紹介した。

講義 5 「Founding an Online Nomenclator of Clitellata : Oligochaeta」

(R. BLAKEMORE 横浜国大・環境情報)

アジア地域および日本における大型ミミズ類の生物多様性情報の現状とデータベース化、検索システム等について概説した。

講義 6 「ミミズの天敵、食虫類と寄生虫」

(横畑泰志 富山大・教育)

ミミズ類の天敵の概略、最も重要な天敵である食虫類の捕食行動、ミミズ類の寄生虫などについて概説した。

講義 7 「ミミズと土壌微生物」

(豊田剛己 東京農工大・生物システム)

ミミズの土壌微生物への影響、ミミズ固有の微生物の特徴、ミミズの有効利用などについて概説した。

8月7日(土)

実習 1 「ミミズ類の野外採集法」

(石塚小太郎 成蹊高校 / 前原忠 / 伊藤雅道 / 金子信博)

会場である田無試験地の敷地内の雑木林や植林地でミミズ類の野外採集をおこない、当地の自然環境の特徴、野外における陸生大型ミミズ類の採集法、調査法などの実習をおこなった。

実習 2 「ミミズ類の固定法」

(石塚小太郎 / 伊藤雅道)

実習 1 において実際に野外で採集した個体を使って、室内での陸生大型ミミズ類の固定について実習した。

実習 3 「日本産陸生ミミズ類の固定、解剖、同定のテクニック」

(石塚小太郎 / 伊藤雅道)

あらかじめ用意されたミミズ類の固定標本を用いて解剖、形態観察、種同定などの実習をおこなった。

なお、第2日目終了後には懇親会が開催され、参加者同士の交流や情報交換が活発に行なわれたほか、会場には期間中4題のミミズに関する研究紹介のポスターが掲示され、参加者や講師らの間で活発な議論がなされた。

また、終了後翌日の8月8日(日)にはミミズ研究談話会の総会と記念講演会が開催され、当実習の講師でもあった石塚小太郎氏による「ミミズの正体を求めて」、プロの写真家皆越ようせい氏によるスライドショー「ミミズのふしぎ」の2講演がおこなわれ、実習の参加者の学生のうち引き続いて本講演を聴講する者も見られた。

「琵琶湖丸ごと陸水生態学実習 / 2004 DIWPA Field Biology Course in Lake Biwa 2004年8月12日～18日」

永田 俊 (京都大学生態学研究センター)

センター公募実習、DIWPA フィールド生物学コース、および、京都大学理学部湖沼学実習の合同で、表記の実習が開催されました。今年度は、21世紀COEの支援をうけてインドネシアから本実習のために来日した2名の若手研究者のほか、京大から2名、学外から3名(北大、東工大、近畿大)の合計7名の受講生を迎えました。この実習は、大型湖沼の沖合および沿岸帯における生態系の構造と機能について、フィールドでの実際の体験を通して知り、感じ、さらには味わうことで、世界でも有数の古代湖であり、生物多様性の宝庫である琵琶湖とい

う貴重な環境を「丸ごと」学ぶことを目的としました。また、新しい試みとして、琵琶湖での実習に引き続き、安定同位体実習を実施しました。二つの実習を連続して受講することで、サンプル採集から安定同位体解析までの一連のプロセスをすべて習得でき、「実感」のこもったデータが得られたと思います。安定同位体実習については別に報告しますが(担当、陀安)、ここでは、琵琶湖でのフィールド実習を中心に内容を紹介します。

8月12日

センター講義室に集合し、自己紹介ののち、実習概要の説明を行った。そのあと、琵琶湖生態系概論（永田）、琵琶湖の生物多様性（遊磨）に関する講義を行い、フィールドでの観測や採集の背景を学んだ。

8月13日～15日

2泊3日の日程で、琵琶湖にうかがふ沖島の民宿に滞在し、沖帯および沿岸帯での調査やサンプル採集を行った。また、琵琶湖調査船「はず」で琵琶湖の最北部（竹生島周辺）から最南部までの様々な環境を見て回り、同湖がかかえる環境問題について理解を深めた。沖帯では、SeaBird社製の多項目水質プロファイラーを用いた各種環境変数の測定や、採水、プランクトン採集、ベントス採集を行った。

沖島では、投網の使い方を習得後、消化管内容物および安定同位体解析用の魚類を採集した。採集されたのはアユ、ヨシノボリ、ヌマチチブ、オオクチバスなどである。同時に、スノーケリングによる魚類の生態観察も行った。また、民宿の大部屋で、山村教授の特別講義「Mathematical model of aquatic ecosystems」を受講した。

沖島滞在の楽しみのひとつは、湖魚三味の食事である。フナ寿司やビワマスの刺身をはじめとして、ゴリ、テナガエビ、セタシジミといった琵琶湖生態系の恵沢を享受しながら、理論生態学の意義とはなにか、といったテーマで会話がはずんだ。



8月16日～18日

センターにおいて、琵琶湖で採集したサンプルの解析やデータの整理を行った。内容は、クロロフィル濃度の測定、細菌計数（蛍光顕微鏡法）、動植物プランクトンの観察、ベントスの同定、魚類の消化管内容物解析であった。最終日には、受講者がひとりずつ成果の発表を行い、実習は無事終了した。

<おわりに>

今年は、国際実習として開催したので、講義や発表はすべて英語で行いました。日本人受講生はいきなり英語で自己紹介をさせられて少しあせっていたようですが、最終日の発表会ではそれぞれ堂々と英語のプレゼンをしていました。最後に、実習開催にあたって、多くの大学院生の協力を得たことを記して感謝いたします。

スタッフ

永田 俊（全般、バクテリア）
 遊磨 正秀（全般、魚）
 陀安一郎（安定同位体）
 成田哲也（ベントス、プランクトン）
 由水千景（環境）
 小坂橋忠俊（船長、採水、環境計測）
 宮野貴弘（採水、環境計測）
 山村則男（特別参加、理論）

ティーチングアシスタント

西村洋子（プランクトン）
 Kim Chulgoo（クロロフィル）
 小林由紀（クロロフィル）
 茂手木千晶（バクテリア）
 横川太一（バクテリア）
 山中裕樹（魚）
 小野田幸生（魚）



「安定同位体実習 / 2004 DIWPA Field Biology Course
in Lake Biwa - Part II 2004年8月19日～23日」

陀安一郎（京都大学生態学研究センター）

生態学研究センターの公募実習、DIWPAフィールド生物学コース、および京都大学理学部の安定同位体実習の合同で、表記の実習が開催されました。今年度は、21世紀COEの支援をうけてインドネシアから本実習のために来日した2名の若手研究者のほか、京大から1名、学外から5名（北大1名、福井県立大2名、近畿大2名）の合計8名の受講生を迎えました。本実習では、近年生態学の中で広く用いられるようになりつつある、安定同位体比を用いた研究を自ら体験してもらうことを目的としました。さらに、今年度は特に「琵琶湖丸ごと陸水生態学実習」と協力することで、水域食物網研究を、実際のサンプリングから分析まで体験してもらうコースも設定しました。両実習を通して受講した参加者は3名でしたが、現場を体験した受講生と一緒に参加することで、サンプル処理やデータ解析に実感が生まれたことと思います。もう一方のテーマとして採用した、カワウによる水域から陸域への物質輸送のテーマも、琵琶湖で実際に観察した事象であり、実感のともなったものであったと思います。（以降敬称略）

8月19日

午後、生態学研究センター講義室に集合しました。「琵琶湖丸ごと陸水生態学実習」に参加していない人にとっては、英語での進行にとまどっていた面はありましたが、各自英語で自己紹介をしました。続いて、安定同位体生態学の基礎の講義（陀安）を行いました。その後、「琵琶湖丸ごと実習」に参加した受講生3名に、フィールド紹介と「琵琶湖の食物網研究」班（A班）として扱うサンプルの説明を行ってもらいました。続いて、「カワウによる物質輸送」班（B班）が扱うサンプルの説明を行いました（亀田：琵琶湖博物館）。その後質量分析室に移動し、分析のデモンストレーションを行いました。

8月20日～22日

受講生はテーマ別に2班に分かれ、サンプルの粉碎、脂質除去のためのクロロホルム・メタノール抽出、標準試薬とサンプルの分析、得られたデータの補正という一通りの過程を学びました。午後の時間を使い、メタン食物連鎖・キノコの安定同位体比と物質循環に関する講義（高津）、鳥類生態学における安定同位体比の利用法・水域生態系から陸域生態系への物質輸送に関する講義（亀田）を行いました。

8月23日

整理されたデータを検討し、グループディスカッションでプレゼンテーションを作成しました。グラフ作りからデータ解析、パワーポイントの作成まで、短時間では

ありましたが、受講生間で英語での白熱した議論が展開しました。途中、A班とB班のデータを照らし合わせて意見交換を行ったことは、水域生態系から陸域生態系まで、両者の関係を理解することの一助になったことと思います。午後から、「琵琶湖丸ごと実習」の講師でもあった永田、遊磨、そして魚類の専門家として丸山（龍谷大学）も迎え、両班の発表を行いました。英語での発表ということで少しとまどっている面もありましたが、最終的にはパワーポイントを用いた発表をこなし、会場からの質問にもしっかり答えていました。

<全体を通じて>

機械のトラブルもあり、バタバタとした進行でしたが、最終的には予定していた分析をほぼ終了し、受講生間で議論できる場となったことで当初の目的は達成されたものと思います。スタッフの皆さん、特につきっきりで受講生の分析指導にあたっていただいた、亀田、高津、由水、堀の皆さんに感謝します。

スタッフ

陀安一郎、亀田佳代子、高津文人、由水千景、堀 千里、永田 俊、遊磨正秀、丸山 敦

実習生の感想（抜粋）

本でしか学ばなかった事を実体験できて、とても面白かったです。本では、何となくの感じしか頭に入らなかったのに、しっかりと本物を見て頭に刻んだという感触を得ました。通常なら、簡単に手に触れない機器に触れる事ができた事、いろいろな人達の話が聞けた事が面白かったです。（岨康輝/北大）

*

実際に出了データをもとにして、食物網構造を解析するところが大変面白かった。アユの食性の変動などが、同位体比や内容物分析からも見られた点が良かった。普段、海の生態系の同位体しか勉強していなかったので、陸水や森、草原などの生態系などいろいろなフィールドの話が聞けたので、安定同位体の研究の深さを感じました。（加藤孝幸/福井県立大）

*

今までサンプルの処理から測定まで一通りの事を大学でもやって来ましたが、今までの手順の確認や新しく気づかされる事もあり、有意義に過ごせたと思います。自分が今まで扱った事のない分野だったので、同位体の応用

という意味で勉強になりました。また、外国の方とつたない英語でしたが、議論できた事もいい経験になりました。(水野洋輔 / 福井県立大)

*

生態系や植物の病気に関する事に興味があるので参加を決めましたが、驚きの連続でした。MASSの仕組みは面白く、磁気が飛んできた分子を曲げると重さの順に道筋が変わるというのもごく自然なようにできるんだなあと、子供のような気持ちになりました。講義が英語で行われた事もとても良かったです。これから、せっかくここで学んだことをいかせる研究ができるよう、模索していこうと思います。先生方はとてもお人柄のいい人ばかりで、気軽に声をかけてくださり、質問もしやすかったので、なんだか実習が終わるのが残念です。(高山真淑 / 近畿大)

*

将来、森林生態系に関する研究を行いたいと思っており、生態調査の方法として同位体を調べるということにとっても興味深く思い参加したわけですが、予想以上に素晴らしい経験となりました。ここに来て思ったことは、英語力ももちろんそうですが、疑問に思ったこと、伝えたいことを進んで表現していく力、あらゆる事に疑問を持ち解決していく力をつける事が、必要だという事です。こ

れは、どんな研究をしていく上でもとても大切な事でしょう。本当にご指導、ありがとうございました。(木村優岐 / 近畿大)

*

生物学実習としては、異色の実習だった。最初は何もわからず、その上病気も重なり、いろいろ考えることも多かったが、最終的にはある程度理解できた。メンバーもなかなか多様で、考え方によっては実に楽しめた。教えてくれた方々の対応も、懇切丁寧だったので非常にありがたかった。(斉藤聡之 / 京大)

*

For me, I feel very interesting about stable isotope course because this is the first time for me to know about stable isotopes. (Yurenfri / Indonesia)

*

Stable isotope ratio is a good knowledge for me and it was also my first experience. I hope I can develop stable isotope research in my institution. Thank you for your hospitality, information and everything. (Ariant Budi Santoso / Indonesia)

==== 2004年度・2005年度京大生態学研究センター協力研究員 (Guest Scientist) 追加リスト ====

氏名	所属	研究課題
KIMPHAT Nophea 成田哲也	兵庫県立大学大学院応用情報科学研究科	陸域生態系学 淡水生物の生態学的研究
松井一彰	東北学院大学工学部環境土木工学科	水域微生物生態系における遺伝子伝搬に関わる研究

センター員の異動

- ・2004年度外国人研究員(客員教授)の McNeil J. Nichol 氏(西オントリオ大学)は、2004年9月1日から2004年11月30日までの予定で滞在中です。
- ・2004年度外国人研究員(客員研究員)の Arndt Telschow 氏は、2005年3月31日まで任期を延長されました。

「水域における遺伝子水平伝播」

川端善一郎（教授）

1. 生物多様性の創出維持機構としての遺伝子の水平伝播

人間や生物の生存にとって水域生態系が必要不可欠であるということが社会的により広く深く認識されるにつれ、人間活動を含めた生物と環境との相互作用の理解にもとづく水域生態系の保全に関する研究がきわめて重要になってきている。さらに、京都大学生態学研究センターは生物多様性の創出維持機構や生態系の構造を解明し、生物多様性と生態系の保全理論を構築する事を研究目的に掲げている。このような状況のもと、われわれは、主に形質転換による遺伝子の水平伝播が生物多様性の創出維持に果たす役割を解明するための基礎研究を行っている。なぜならば、水域生態系において溶存態DNAとして存在する細胞外遺伝子は、遺伝子の水平伝播によって通常交配の無い生物間の遺伝子のやりとりを可能にし、遺伝的多様性の創出、生物の環境適応、進化のプロセスに大きく関与してきた可能性が考えられるからである。

2. 自然環境中の遺伝子伝播に関する科学的知見の現状

水環境中に溶存態のDNAが存在することが1972年に報告されて以来、溶存態DNAはリンなどの栄養塩源として研究が進められてきたが、遺伝子資源として研究を行った例はほとんどない。

多くの細菌細胞においてプラスミドやトランスポゾンを紹介した遺伝形質の伝播が起こることはよく知られているが、これらは試験管内の実験系で単離培養株において確認された現象である。近年、DNAの塩基配列の相同性の比較から、異種間での遺伝子伝播の可能性が示唆されてきているが、遺伝形質の伝播が自然環境中の異種の微生物細胞間でどのような経路および機構によって起こるのか、については科学的に殆ど解明されていない。

3. アクアトロンを用いた実証研究

われわれは、1) 生物群集内での特定DNA断片の動態、発現を追跡できる方法を確立すること、2) 溶存態DNAを自己遺伝子として取り込む自然形質転換と、トランスポゾンによる組換え的伝達が異種細菌間で起きるかどうかを明らかにし、生物群集内で遺伝子の伝播が起きることを実証すること、3) 遺伝子の水平伝播・発現に関わる環境因子を特定することを目的に、研究に取り組んできた。しかしこの様な問題に対して、直接自然生態系を対象として解析することは、様々な要因が複雑

に関わっていることから非常に困難である。そこで、京都大学生態学研究センターに設置されている世界でも有数の実験生態系であるアクアトロンを用いて、研究目的を達成しようと試みた。とくに、アクアトロン（図1）における生物群集の相互作用の解明を主に川端が、分子生物学的先端技術を用いた定量を主に那須（阪大・薬）が、遺伝子工学の手法を用いた供与菌等の作成を主に遠藤（東北学院大・工）が担当し、相互に協力しあいながら解析手法を検討した。

4. 得られている結果 - アオコ環境下におけるマーカー遺伝子の伝播

過去3年間現在までに得られている結果の概略は以下の通りである。

- 1) アクアトロンの運転条件の設定および生物群集の動態を明らかにした。
- 2) マーカー遺伝子の構築と受容菌の培養条件を明らかにした。
- 3) アクアトロンに人為的に形成させたアオコ環境下でマーカー遺伝子の生残、伝播を明らかにした（Ueki, et al., 2004）。
- 4) トランスポゾンによる地球規模での遺伝子伝播の可能性を示した。
- 5) マーカー遺伝子の生残、伝播に関わる環境因子を明らかにした（Matsui, et al., 2003）。
- 6) 自己溶菌およびファージ感染によって生産される溶存態DNAが自然環境中における遺細菌間の遺伝子水平伝播に対する寄与が大きいとが考えられた。
- 7) 自然試料由来のトランスポゾンがプラスミドを紹介することによって細胞内転移を起こすことが判明した。

具体的な研究結果は、研究分担者2名、研究協力者10名の業績も含め、原著論文32編、国内学会発表42編、国際学会10編、著書6編として発表した（川端、平成16年）。

5. 新しい生態学領域の展開-DNAから生態系レベルにおける相互作用

現在も、遺伝子の水平伝播が果たす遺伝子の多様化の機構と水域生態系の動態の関連を明らかにしていくことを目指して、科学研究費基盤研究A(1)、平成16年～18年、「アクアトロンを用いた水域生態系における異なる

遺伝子伝播経路の解析」(代表：川端善一郎、分担者：那須正夫(阪大・院・薬)、遠藤銀朗(東北学院大・工))および旭硝子財団、平成15年～17年、「野外水域生態系における遺伝子動態の解明」(代表者：川端善一郎、研究協力者5名)によって研究を継続している。具体的には、自然水域のモデルとしてのアクアトロンにおいて、異なる遺伝子伝播経路(細胞外DNAを取り込む自然形質転換、性線毛を介した遺伝子移動の接合、ファージによる遺伝子導入である形質導入)における遺伝子伝播頻度とこれに係わる環境要因を明らかにするために、自然群集内で遺伝子伝播頻度を明らかにするためのマーカー遺伝子の検出法を検討中である。

ここ数年来のわれわれの研究によって、自然水域で、死んだ細胞から流出した裸のDNAが水に溶け、生きた異種の細胞の中に入り込み、新しい機能を与えるという可能性がかなり実証されつつある。細胞が死んでも、遺伝情報は伝播し生き続けるのである。この遺伝子の環境動態に関する一連の研究は、将来のいくつかの重要な研究の展開につながる萌芽的研究でもある。第一に、進化の機構に新しい視点をもたらし、第二に、遺伝子伝播が生態系の構造と機能に係わっているという全く新しい視点をもたらし、第三に、水域における遺伝子伝播の頻度を指標にした異なる生態系の連環構造と、生態系連環の機能を明らかにする研究(Kawabata, et al., 2004)の創成ができる可能性が有る。

一方、遺伝子の水平伝播に関する基礎研究は人間と生物との相互作用の観点からもきわめて重要な研究であると考えている。例えば、組み換え生物の遺伝子の伝播から派生する生態系影響や、抗生物質耐性細菌の蔓延や、病原性細菌の出現などは、環境中において遺伝子が伝播した結果と考えられるからである。自然環境中における遺伝子の挙動の解明は、社会的にもきわめて重要な課題になってきている。

このように現在行っている研究は、DNAから生態系レベルの相互作用を扱い、物質循環のみではなく情報のダイナミクスまでを包含した物質・情報共役系としての生態系の構造と機能に関する基礎研究である。この研究は、生物多様性の創出維持機構や生態系保全の基礎理論としても、人間活動の生態系影響を評価する上でも、

これから増々重要性を増す不可欠な研究であると考えている。

以上、ごく簡単に紹介したこれらの研究によって、まずは遺伝子の水平伝播によってもたらされる細菌の遺伝子の多様性からみた水域生態系の機能の評価を試み、新しい生態学領域の確立を目指したい。

参考文献

川端善一郎(平成16年3月)「アクアトロンを用いた水域生態系における遺伝子の伝播と発現機構の解析」、平成13年度～15年度科学研究費補助金(基盤研究(A)(1))研究成果報告書、pp. 185.

Kawabata, Z., Matsui, K. and Ueki, M. (2004) Possible interactions among aquatic ecosystems by gene transfer. Proceedings of the First EAFS International Congress, p.104-105.

Matsui, K. Ishii, N, and Kawabata, Z. (2003) Release of extracellular transformable plasmid DNA from *Escherichia coli* cocultivated with algae. Applied and Environmental Microbiology 69: 2399-2404.

Ueki, M., Matsui, K., Choi, K. and Kawabata, Z. (2004) The enhancement of conjugal plasmid pBHR1 transfer between bacteria in the presence of extracellular metabolic products produced by *Microcystis aeruginosa*. FEMS Microbiology Ecology (in press)

追記

われわれは、「水域における遺伝子水平伝播」で紹介した研究以外に、1)アオコを死滅させるウイルス様生物の多様性と動態(2001-)および2)外来魚の定着に果たす腸内細菌群集の役割(2002-)に関する研究も行っている。これらの研究の現状は別の機会に紹介したい。



図1. 生物群集における遺伝子の水平伝播を解析するために用いられたアクアトロン

「植物の変化性と動物の恒常性：食物連鎖における生態化学量論」

加賀田秀樹（COE 研究員）

2003年の春に生態学研究センターに赴任して以来、センターニュースにはあれこれと駄文を載せていただいているが、今回は自分の研究紹介をということなので、センターでの受入教官である大串隆之教授の研究グループが進めている「ヤナギを利用する生物間に構築される相互作用ネットワーク構造の解明」の一環として、現在、僕が取り組んでいる研究課題とその成果について、簡単に研究背景を交えながら説明したい。

前号のセンターニュース（No. 85）で大串教授が指摘されたように、陸域生態系における植物と動物の相互作用研究では、植物形質の「変化性」は今や重要な視点の1つとして位置づけられている。植物の形質の変化には、植物の成長や季節の進行にともなう変化や、栄養塩ストレスなどに応答した生理的な変化、植食者による食害などによって誘導される変化などが含まれ、それによって変化する形質も様々である。このような形質の変化が、植物を直接利用する植食者の成長や個体数の増減に影響を与えることは、多くの研究により明らかにされている。さらに、それにともなって植食者の何らかの形質が変化することにより、その植食者を餌としている捕食者にも間接的に影響を与えるだろうことも予測できる。下位の栄養段階の生物の影響が、より上位の栄養段階の生物に食物連鎖を通じて順次伝搬していくことをボトムアップ栄養段階カスケード（bottom-up trophic cascade）というが、僕が現在取り組んでいるのが植物の形質の変化を起点とするこのカスケード効果の検出である。

もう少し教科書的なお話しに、おつきあい願いたい。先ほど、変化する植物の形質は様々であると述べたが、そのなかで多くの植食者にとってその変化が普遍的に重要であると思われるものに、餌としての栄養価の変化、さらに限定すると窒素含量の変化があげられる。単位重量あたりで比較すると、植物体に含まれる窒素含量は植食者の体の窒素含量よりはるかに少ない。そのため、植物の窒素含量は植食者の成長を制限する重要な要因の1つであることが、古くからよく知られていた。最近になって、植物と植食者の関係ほどではないが、植食者と捕食者の間にも、窒素含量にギャップがあることが様々な昆虫を対象とした研究から明らかにされ、捕食者の成長も餌となる植食者の窒素含量に制限されている可能性が示唆された。さて、ここで「変化性」というキーワードを思い出していただきたい。植物は、植食者の成長を左右する窒素の含有量を容易に変化させる。それでは、餌とした植物の窒素含量の影響を受けて、植食者の窒素含量は、捕食者の成長を左右するほど変化するのであろうか？一般にカスケード効果は、それぞれの栄養段階の生物の個体数の変化によって検証されるが、ここではそれに加えて、窒素含量の変化などといった形質の変化にも

注目して、カスケード効果の正体に迫っていきたい。ちなみに、生物体を構成する元素の構成比などその量的関係と生物間の相互作用を結びつけて研究する考え方を生態化学量論（ecological stoichiometry）という。これから紹介する研究は、カスケード効果を生態化学量論からのアプローチで解き明かそうとした試みである。

研究の舞台となったのは、琵琶湖に流入する河川の1つである野洲川の河川敷にひろがるヤナギ林である。ここでは、ヤナギを食べるヤナギルリハムシ（以下ハムシ）そしてこのハムシを捕食するカメノコテントウ（以下テントウムシ）という3栄養段階の食物連鎖が成立している。このヤナギ林の一部は、2003年の早春、琵琶湖工事事務所の監修のもと治水事業の一環として伐採されてしまった。切り株になってしまったヤナギ林はなんととも痛々しい光景であったが、ヤナギの芽吹きが始まるとそれは一変する。ヤナギは萌芽再生能力に長けた樹種であることが知られているが、伐採されたヤナギは、切り株から数十本の萌芽枝を速やかに伸張させ、1ヶ月もすると僕の身長を超えるくらいに育ってしまった。この萌芽再生したヤナギと伐採を免れたヤナギをそれぞれ始点とするヤナギーハムシーテントウムシの食物連鎖を比較することにより、伐採によるヤナギの形質の変化に始まるカスケード効果を検証した。

まず、個体数の変化を調べてみると、ハムシ、テントウムシの両方とも、伐採を免れたヤナギに比べて伐採されたヤナギで密度が増加していた。これは伐採によって生じた萌芽枝にハムシが集中的に分布し、その結果、豊富な餌量に反応してテントウムシが集まってきたということだろう。次に、実験室において伐採木・非伐採木それぞれの葉で育てたハムシの発育の良さ、さらにそれぞれの葉で育てたハムシを餌として育てたテントウムシの発育の良さを比べてみた。その結果、伐採木の葉で育てたハムシに発育日数の短縮と体サイズの増加がみられた。さらに、伐採木由来のハムシを食べて育ったテントウムシにおいても、同様の影響がみられた。飼育は、餌不足のないように過剰に餌をあたえておこなったため、ハムシ、テントウムシの両方でみられた発育の改善は餌の量的な制限が原因ではない。

そこで、餌の栄養的な側面に目をむけるわけだが、以降、餌の栄養価の指標として炭素と窒素の含有量の比（C/N比）を使用する。一般に、この値が小さいほど窒素を多く含むことになり、動物にとっては良質の餌ということになる。まず、ハムシの餌であるヤナギから見ると、伐採木の葉のC/N比は非伐採木のそれよりも低く、伐採木の葉はハムシにとって良質な資源であったことが裏付けられた。これにより、伐採木の葉を食べて育ったハムシの発育の良さもうなづける。次に、テントウ

ムシの餌であるハムシのC/N比を比べたところ、伐採木の葉を食べようが非伐採木の葉を食べようが、そのC/N比はほとんど変わらないことがわかった。つまり、ハムシのC/N比は餌としたヤナギの葉のC/N比の影響をほとんど受けないのである。じつは、植食性昆虫のC/N比が餌植物のC/N比の変化にほとんど影響されないということは、1970～80年代に発展した栄養生態学(nutritional ecology)という分野において既に知られていた。植食者のC/N比がほぼ一定なのは、動物がもつ「恒常性」によるものであるが、当時は成長効率など植食者の生理的な側面に焦点が当てられていたため、このことが陸域生態系の食物連鎖においてどのような役割をはたしているのかは、現在でもあまり知られていない。話が逸れてしまったが、C/N比の分析から、伐採によりヤナギの葉の質は向上し、ハムシの成長を改善させたが、ハムシの質、少なくとも窒素含量は変化しないことがわかった。それでは、なぜ伐採木由来のハムシを食べて育ったテントウムシの成長まで改善されたのだろうか？考えられる仮説として、餌のサイズに依存したテントウムシの摂食効率

の上昇があげられる。実験では、餌となるハムシは不足なく与えているのだが、そのサイズまでは揃えることができなかった。伐採木由来のハムシは非伐採木由来のハムシよりも1匹1匹が大きいのは実験結果から明らかで、このことがテントウムシの成長を改善した可能性がある。他にもいくつかの仮説が考えられるが、おいおい検証していきたいと思っている。

以上、植物の形質の変化による植食者と捕食者の個体数の増加と成長の改善という2つの側面からカスケード効果をとらえることができた。しかし、C/N比の比較からもわかるように、植物-植食者の関係と植食者-捕食者の関係では効果を伝搬するメカニズムが異なっていることがわかりただけかと思う。今回は特にC/N比に焦点をあてたため、食物連鎖における植物の「変化性」に対して動物の「恒常性」という視点がうまれた。植物の影響を捕食者に伝える仲介者として、変化しない植食者の変化する形質が、ボトムアップのカスケード効果を理解する鍵になりそうである。

「湖と川とそのまわりの環境をつなげる研究、自分とそのまわりの人たちの研究、そして均衡のとれた統一的生態系保全管理と自己管理」

加藤元海(日本学術振興会特別研究員)

1. はじめに

私は生態学研究センターには、修士2年間、博士3年間、特別研究員1年間、その後1年間の総合地球環境学研究所での特別研究員をばさんで、さらに2年間の特別研究員と合計8年間お世話になってきました。このうち約2年間、米国ウィスコンシン大学で研究を行う機会もありました。生態研に入った頃は、自分よりはるかに年上で教官と同じくらいの年ではないかと思われるくらいの博士号を取ろうとしている人たちもたくさん在籍しており、今はかなり違った雰囲気でした。ここでは、自分の研究の簡単な紹介とともに、私が体験してきた範囲での生態研の雰囲気や、ウィスコンシンで体験してきたことをつづろうと思います。

2. これまでの研究

私は京都大学理学部にて生物学や物理学を学び、卒業時には物理学教室において理論物理学を専攻しました。その際に、実際研究対象としている事柄が直接見づらい現代の物理学より、もっと直接自然現象とかがわりながら主に数理的研究をしたいと思い、大学院では生態学研究センターに来ました。修士課程では、現在の生物多様性を創りだした適応放散の一因と考えられる異種生物間の寄生から相利共生関係への進化を研究しました。博士

課程では、捕食者-被食者系の数理モデルを研究しました。特に、水域における動物プランクトン-植物プランクトンの系において、富栄養化がその系のダイナミクス(個体群動態、種遷移、安定性など)に与える影響を中心に理論的研究を行いました。

理論的研究のみならず、主に理論的予測の検証とより現場に近い数理モデルを造ることを目指して、野外での研究にも取り組んでいます。主なところとしては、琵琶湖、ロシア・バイカル湖、長野県木曽福島町にある木曽川水系です。琵琶湖とバイカル湖においては、富栄養化がプランクトン群集に与える影響について、生態学研究センターのプロジェクトに参加して現地調査を行いました。私が分担した内容に関しては、富栄養化が植物プランクトン密度やその栄養状態(炭素、窒素、リンの元素比)に与える影響や、鉛直方向の水の流れが植物プランクトン群集の一次生産に与える影響などを研究しました。木曽川においては、水生昆虫、特にカワゲラを中心に研究を行ってきました。河川での研究をはじめたきっかけは、このカワゲラは川から採取してバケツに入れてしばらくおいておくと腕立て伏せを行うことに興味をもったことです。この腕立て伏せ行動は、酸素条件と密接に関連していることがわかりました。現在では対象生物をカワゲラから、他の水生昆虫や藻類まで広げて、河川の食物網構造の季節的变化を研究しています。

3. 今取り組んでいること

最近、純粋な生態学よりもむしろ、それを考慮した生態系保全につながる研究に興味をもっています。湖沼においては、水質が澄んだ状態からあるとき突然、濁った状態へ変化が起ることがあります。これは「レジーム・シフト」と呼ばれ、濁った状態へは前兆がなく不連続的に起こるだけでなく、富栄養化後には水質を回復させるのが非常に困難、もしくは場合によっては不可能であるために、湖沼生態系を管理する上で大きな問題となります。この不連続的な富栄養化の際には生物種構成に関しても、澄んだ状態では緑藻や珪藻などさまざまな植物プランクトンが共存していますが、濁った状態ではアオコなど単一種の優占にとって代わり、多様性が失われる場合が多くみられます。この現象には、湖沼沿岸帯植物が大きな役割を果たしていると考えられています。沿岸帯植物が繁茂している状態では、根を張ることにより湖底が安定化され、栄養塩（リン）の湖底からの回帰が抑えられ、また、動物プランクトンの棲み場所でもあるため植物プランクトンが増殖しにくい環境がそろっており、水の澄んだ状態が維持されます。一方、沿岸帯植物がない状態では、湖底からのリン回帰が起り、また、動物プランクトンも少ないために、植物プランクトンが増殖しやすく、濁った状態が維持されます。しかし、葦や水草などの植物はまさに文字通り沿岸帯にしか存在しないために、その効果は湖の大きさ（広さ、深さ）や形によると考えられます。私は、数理モデルを用いてこれら湖沼形態と不連続的な富栄養化の起こる可能性との関係を予測する研究を行いました。このような湖沼の形態という視点は、州の中だけでも15,000もの湖があるウィスコンシンで研究生活をしたおかげです。ウィスコンシンの陸水学研究センターは、日本の大津臨湖実験所のように米国の陸水学発祥の地であり、生態学では有名なトロフィック・カスケードを提唱する研究が行われた湖沼群がそこにはあります。その調査地では、大小さまざまな湖沼があり、実際にとなりの湖までよゆうで歩いて行くことができるほど密集しています。また、調査に使う船も琵琶湖の「はす」のような立派なものではなく、2～3人乗りの手漕ぎボートが岸に置いてあったり、それを調査用に使っている米国を象徴する巨大なRV車の後ろにけん引して湖へ行くという手軽さで、まさに一つの湖が実験室にある一つのシャーレのような感覚です。

河川においては、上でも書いたとおり、カワゲラの腕立て伏せ行動から川の保全管理を考えようとしています。カワゲラは低酸素条件下で腕立て伏せを行うわけですが、川における酸素条件は、溶存酸素濃度とともに流速が重要な要因となります。冬は水温が低いために多くの酸素が水の中に溶けているのですが、夏は水温が高いために溶存酸素濃度が低くなります。したがって夏には、酸素の交換率ともみなすことのできる流速が遅いところでは、十分な酸素が供給されないという状況が起こりま

す。溶存酸素は季節的に変化し、流速は河川内で空間的に変化するために、酸素条件は時間的・空間的に変化します。そこで、夏と冬では同一河川内でカワゲラの分布が変わるのではないかという予測を立て、実際に木曾で調査したところ、冬には流れの早い流心にも遅い岸辺にもいたるところにカワゲラが存在したのですが、夏には流速の速いところに好んでいることがわかりました。このことから、川の水の汚れによる溶存酸素の低下に加え、ダムや河床・河岸工事により流れが緩められることにより、酸素供給量の高い水生昆虫の住処が奪われる可能性があります。またこれらの河川改変の結果、流れが一樣化され、自然の川には存在した流れの空間的多様性が奪われ、その流れの多様性を利用して共存していた生物種の多様性も奪われることにもつながりかねません。

さらに将来的には、多くの湖沼も河川もお互いつながり合っており相互作用しているため、一方の生態系の保全だけでは不十分で、湖沼も河川も合わせた流域の保全が必要になってくると思います。この流域生態系に加え、それを取り囲む森などの陸域生態系とも絡めて、流域という複合生態系の保全管理に取り組んでいきたいと思っています。この研究には幸い、生態研において知り合った研究者はさまざまな分野において著しい活躍をしており、近い世代を中心に取り組んでいきたいと考えています。

4. さいごに

はじめ生態学研究センターに入ったときに、理論でやっていくなれば必ず抜けて数学ができるか、もっと実際の生物や自然界の現象を知らなくては生き残れないと脅されました。また先輩からは、よく研究の話を聞かされたりさせられたあげく、さんざんけちをつけられたものでした。私は学部時代、主に物理を専攻していたこともあり、もっと生物というものを知るために、あらゆることへよく先輩の調査についていきました。調査中に教えてもらった生き物のことは、食べておいしい植物といった少なくとも自分にとって実用性のあるもの以外はほとんど忘れてしまいましたが、それでも今思えばかなり勉強になり、しかもその調査のほとんどは、夜は適度に（時にはむっちゃ）疲れた体にその土地のおいしい食べ物と酒で癒すといった至福のときがありました。実際に私が調査に行ったところも、パイクル湖のように普通では行けないところや、木曾のように水と空気がきれいでしかも食べ物と酒がうまいところばかりです。最近生物多様性や生態系の保全が注目されていますが、実際にそれほど生態系を守る必要はあるのでしょうか？そしてなぜ守るのでしょうか？上に挙げた調査地は、研究よりも遊びを中心に選んでいるのではないかと思うかもしれませんが、調査地でおいしいものめぐりあえたときは幸せになります。そして、そのおいしかったものは、その土地でしかもその季節にしか味わえないものかもしれま

せん。そのようなものがその土地に、その季節にあることが、生物多様性の重要なところであるように思います。その食べ物がなくなるといった直接的に影響すること以外にも、その土地の生態系が乱されることによって、間接的にその食べ物が取れなくなることも起こりえます。土地によって、季節によってこのようなさまざまな魅力的なものを知れば知るほど、それらを将来堪能できなくなる悲しさを想像すれば、生物多様性の重要性を実感することにつながるのではないかと思います。

生態研がまだ大津と京都分室に分かれていた頃は、午後はお茶の時間といってコーヒーを飲みながら院生や教官としゃべり、ひどいときには午後まるまるつぶれたり、夕方以降は誰がどこからともなくビールやお酒を持ってきて飲み会が始まりひどいときには朝まで続いたこともありました。このようにほぼ毎日、午後または夜に「だべって」いて、いっけん時間の無駄のように思えました。しかし、いろいろな人と顔を合わせるがほとんど人と話すことがない日も珍しくない今の状態を思うと、逆にその「だべり」からいろいろ研究情報の交換や調査を手伝ってくれる人探し、助言、共同研究のきっかけ作りなど、知らぬ間に刺激を受けていたのかもしれませんが、この「だべり」から自分の調査地以外にも他の生態系を知る機会ができ、しかもそこへ連れて行ってくれる人はその生態系から享受する恩恵（おいしい食べ物など）を熟知しているので、一石二鳥以上の体験だったといえます。このような環境の中で、はじめ生態研に入ったときには生物を全く知らないやつであった自分が、今では「モデル屋やったん？」と時には驚かれるほど野外での仕事が好きになりました。そして、今でもどちらかというと理論屋ながら野外研究者よりも自然や生態系の重要性を実感している自信があります。

さいごに米国生活で学んだことについて少し書こうと思います。人は楽しかったことからよりも、苦労したこ

とから多くを学びます。私の場合、最も苦労したことは言葉よりも、食べ物でした。そういう意味では、語学はあまり上達しなかったのかもしれませんが、自分の体は、八割以上が魚のたんぱく質からできているといえるくらい子供の頃から肉よりも魚ばかり食べてきました。そして、行った先が海からはるかに離れた大陸のど真ん中にあるウィスコンシン州。そこは酪農が有名な州で、どの店に行ってもチーズや牛肉ばかり。手軽に食事を済ませようと思えば、ハンバーガーやサンドイッチばかりで、野菜を取ろうとしたら生野菜ばかり。湖からとれる魚はあることはあるのですが、そのほとんどがフィッシュ・アンド・チップスとしても知られているように油で揚げたものばかり。あの多様な人種が集まっているところにもかかわらず、食べ物の多様性の乏しさにはびっくりしたと同時に、日本食の多様さとそのありがたさを痛感しました。日本に戻ってきてからは以前にも増して、魚や野菜の煮物を選択的に食べています。人によっては米国の食習慣に完全になじむ人もいますが、私の場合まったくなじまず、しまいには体調を崩すことになりました。米国生活の後半は、ひたすら自炊して日本にいたときのような食生活に戻す努力をしましたが、いまだに体調は完全に戻ってはいません。体の調子がよくないと、ふしぎなことに頭も思うように働かないということも体験的にわかりました。つまり、頭と体のどちらかは調子が良くもう一方は悪いということではなく、調子が良いときは両方が良く、悪いときにはどちらもだめというわけです。このような体験から、おもしろい研究をするためには頭と体の調子が良く、そのためには十分な栄養と休息を取らねばならないと感じ、自分の研究のみに没頭するといったように偏らず、さまざまなことに統一的に均衡のとれた自己管理をしていく必要があると思い始めています。

編集後記



・今年の秋は台風、地震と大きな災害が立て続けに日本を襲いました。皆様の中にも、それらの影響を直接・間接に受けられた方がおられることと思います。そうした方々には心よりお見舞い申し上げます。自然の力の前には我々人間の営みも無力のようにも思えますが、他方、その一側面をになう生態系や生物多様性は非常に脆弱な一面を持っています。今回の災害は、我々と環境との関係を改めて考えさせるできごとでした。 (山内 淳)

京都大学

生態学研究センターニュースの問い合わせ先

京大大学生態学研究センターニュース編集係

〒520-2113 滋賀県大津市上田上平野町字大塚509-3

Tel : (077) 549-8200

Fax : (077) 549-8201

e-mail : cernews@ecology.kyoto-u.ac.jp