

2014年度「若手研究者のための夏季観測プログラム in 木曽川」に参加して

鎌内宏光（金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設・特任助教）

1. 実習／ワークショップの記録

私は、今回の「若手研究者のための夏季観測プログラム in 木曽川」（以下、実習）には、受講生として参加した（ようである：詳細は後述）。この実習は、京都大学理学部で開講している実習と、生態研センターの共同利用・共同研究拠点事業による国際ワークショップを併せており、DIWPA、JaLTER、京都大学理学部の共催として行われた。具体的には、河川生態学の講義と実習、および固定試験地での実習によって得られたデータを JaLTER のデータベースを通じて国際的に公開するし、若手研究者の育成を目指している。私の参加動機および目的は、1) 日本で唯一の河川生態学のオープンコースに参加すること、2) 現在および将来の業務に生かせる経験と知見を得ること、の2点であった。

私は、受講生としては不適切であったかもしれない。というのも、第一に私は不惑に達してしまい「若手」というには疑問符がつく。さらには河川生態学で学位を取得し、その後は別な分野に手を広げつつも、依然として河川生態学を専門の一つとしているからである。また、現在は野外研究教育施設で特任助教として実習を企画・実施する立場でもある。従って実習中の多くのセッションでは、むしろ TA として補助役に回った。

実習には、教員3名、TA2名、受講生5名（私を含む）、特別ゲスト1名の計11名が参加した。キャリア構成は、研究職8名（修士修了2名を含む）、院生1名、学部生2名であった。使用言語は、日本語＋英語が9名（日常会話レベルの日本語1名を含む）、英語のみが2名であったので、ほぼ全体が英語であった。学部生2名については英語での理解・表現が難しい場合には教員・TA等が補助した。

実習は、前半の日程で長期モニタリングを兼ねた黒川と赤塩沢での水生無脊椎動物群集組成、付着藻類量測定、物理化学環境計測、流量観測を行い、後半は各自の自由研究を行った。また、合間に講義として河川生態学の概要や、TAとゲストの研究内容紹介があった。自由研究の合間には、地元漁協への報告項目として奥田さんと鎌内で魚類の生息状況を潜水目視調査した。

2. 自由研究「木曽地方における水生不完全菌類に関する二、三の知見」

奥田さんから、私も受講生して自由研究を命じられたので、過去の自由研究で扱われたことが無く、かつ、私が研究材料としている水生不完全菌類を対象とした。

研究の背景と目的

河川上流部では（本実習でも赤塩沢がそうだったように）川幅が狭いため河川の上空が河畔林の樹冠に

被われ、河床の受光量は低い。従って河川内の一次生産が低い一方で、河畔林からは相対的に多量の落葉が供給され、河畔林から供給される落枝や倒木が落葉の流下を妨げ河床に滞留させることも加わって、落葉が河川内の食物網と物質循環にとって主要な炭素及び栄養塩の起源となっている (Allan 1995)。落葉が食物網に取り込まれる過程では、これまでの研究から微生物、なかでも真菌類が重要な役割を果たしていることが知られている。例えば Kaushik and Hynes (1971) は、落葉食性水生無脊椎動物が滅菌状態で培養された落葉をほとんど摂食しないことを示し、Hieber and Gessner (2002) はリターバック実験での各生物群の生物量と生産速度から真菌、なかでも水生不完全菌類が落葉の分解速度を大きく左右していることを示した。水生不完全菌類は、温帯域から亜熱帯の好氣的淡水環境に出現する真菌類である。有性世代を持たず、無性孢子 (分生子) によって生殖していると考えられている。十分に成熟した菌体からは容易に分生子を生産・放出し、分生子の大きさは種によって異なるが最大で数百 μm に達し、また特徴的な形態から分生子の同定が可能である。日本では京都や菅平などで河川性水生不完全菌類のフロラが調べられている (Ando 1992、土倉ら 1998) が、木曾地方ではフロラは不明のようである。また、土倉ら (1998) は水環境によって種組成が変わる水生不完全菌類の環境教育教材としての可能性を指摘している。そこで本研究では、1) 河川から採取した落葉から実際に分生子を産生させ、施設と資材に限られる当実習でも水生不完全菌類が自由研究の対象となりうることを示し、2) 分解基質である落葉の種や分解環境による水生不完全菌類の種組成の違いを見いだすことを目的とした。

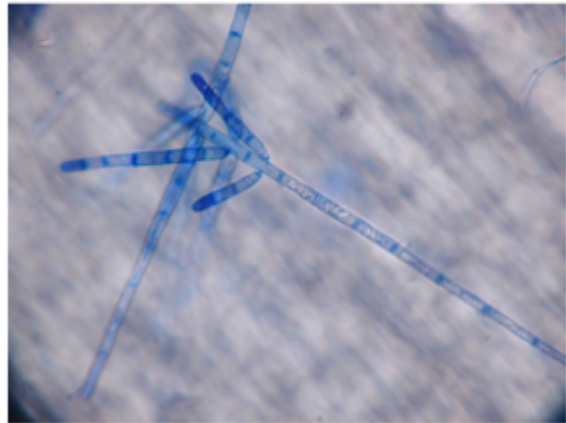


図1. 水生不完全菌類の分生子の例. メチレンブルーにて染色. 鎌内撮影

材料と方法

2カ所の溪流から落葉を採取し、分生子産生試験に供した。チクゴ沢 (図2、A) は京都大学木曾生物学研究所裏手を流れる小溪流、赤塩沢 (図2、B) は黒川の支流の小溪流である。いずれも樹冠は鬱閉している。

野外試料の採取は2014年8月13日に行った。河畔林において、1) 河川内 (以下、BW)、2) 河畔の水際線付近の陸上 (以下、AW)、3) 水際線から3m以上離れた場所 (以下、FW)、の3つの生息環境ごとに落葉を採取した。落葉を1枚ずつ取り上げ、手で直接触れた



図2. 試料採取場所. A: 筑後沢、B: 赤塩沢.

部分をハサミで切り落としてジップロックに収容した。河川内の状態に近い条件で保存するため少量のイオン交換水を滴下し、空気を出る限り含まないようにジップロックの封をした。各生息環境から3~9試料を採取し、直ちにクーラーボックスで冷蔵して実験室に持ち帰った。実験室では1試料からハサミ(毎試料ごとにエタノールで滅菌した)で数gの小片を切り取り、水面下に没するようにイオン交換水で満たした蓋付き容器に収容した。室温で18時間培養後、解剖顕微鏡下で柄付き針を使って分生子を単離し、プレパラートを作成した。生物顕微鏡で検鏡して分生子の形態をスケッチし、種の判別と分生子の計数を行った。(予定では、分生子産生に用いた落葉片を乾燥して分生子生産速度を計算する予定であった。)

結果と考察

チクゴ沢では14試料、赤塩沢では16試料を採取した。多くの試料から分生子が得られたが、解剖顕微鏡の倍率が低く、分生子かどうか不明な試料もあったため、これらも含めて全部で25枚のプレパラートを作成した。しかしプレパラートの検鏡中に生物顕微鏡の光源ランプが切れてしまい、予備も無かったことから検鏡が終わったプレパラートは2試料に留まった。

明瞭に分生子が産生されなかった5試料(チクゴ沢1試料、赤塩沢4試料)のうち4試料はFWから採取したものであった。産生されなかった試料の割合は、2河川をプールすると、FWで66%、AWで6.7%、BEで0%であった。FWも含めてプレパラートの検鏡が終わっていないのでこのデータが確定的な値ではないが、水生不完全菌類は主に河川内及び水際付近に生息しており、水際から離れた場所には全く生息しないか極めて

少ないと思われる。Ando (1992) は陸上でも水生不完全菌類が見いだされるがその範囲は水際付近であることを報告しており、本研究の結果とも合致する。

検鏡が終わった試料では、

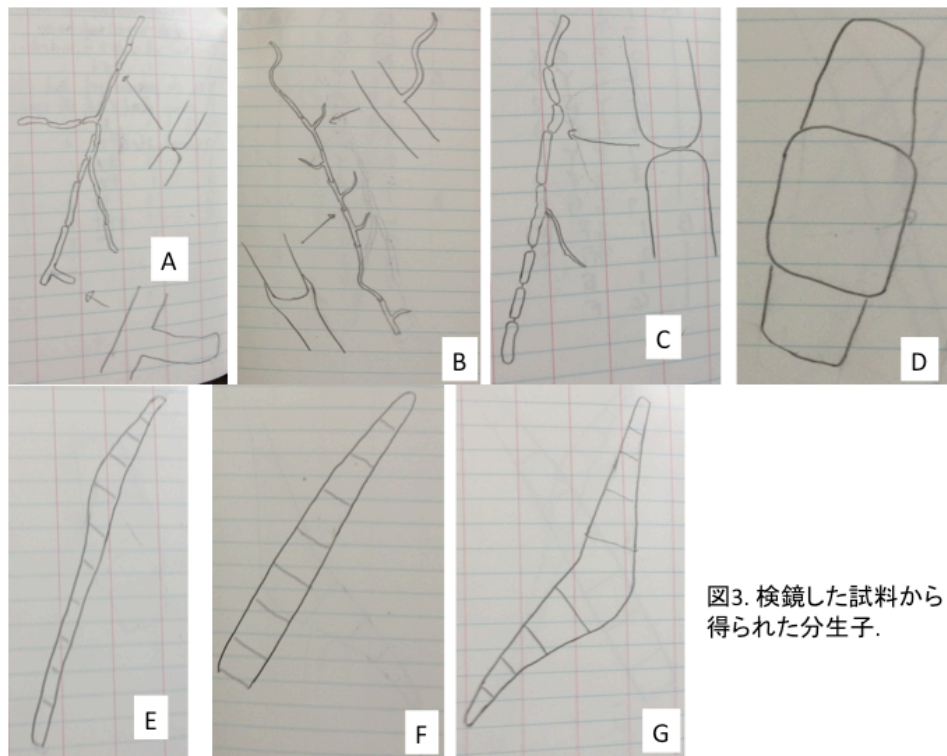


図3. 検鏡した試料から得られた分生子.

7つのタイプの分生子が見られた(図3)。同定に必要な資料がなかったので分類群は不明であるが、相互に明瞭に異なる形態をしており7種が出現したとみなせる。ただし検鏡した試料数が少なく試料の属性による比較は困難であった。

結論

機材のトラブルにより、残念ながら当初予定していた項目を全て実行出来なかった。しかし、水生不完全菌類の分生子の単離と分生子の詳細な観察には成功したことから、当実習の限られた機材と施設であっても水生不完全菌類を自由研究の対象として扱うことが可能であることを示した。

引用文献:

Allan, D. J. (1995) Stream Ecology. Capman & Hall (London).

Ando, K. (1992) A study of terrestrial aquatic hyphomycetes. Trans. Mycol. Soc. Japan:33, 415-425.

Hieber, M. and Gessner, M. O. (2002) Contribution of stream detritivores, fungi, and bacteria to leaf breakdown based on biomass estimates. Ecology:83, 1026-1038.

Kaushik, H. K. and Hynes, H. B. N. (1971) The fate of the dead leaves that fall into streams. Archiv für Hydrobiologie:68, 465-515.

土倉亮一, 上川等志 (1998) 水生不完全菌の調査と環境教育. 京都教育大学環境教育研究年報:6, 83-97.

3. 実習/ワークショップから得られたフィードバックと示唆

冒頭にも触れたように、本実習は日本では唯一の、河川生態学のオープンコースである。私にとってこの実習は学部4年生であった当時から何時か参加してみたいと思っていた実習であった。「若手」ではないかもしれない私の参加を歓迎してくださった奥田さん始めスタッフの皆さんには大変感謝している。と同時に、過去の自由研究事例を見ると大学院生の参加はほとんどなかったようであるが、極めて残念なことである。私見では、その原因は1) 日本では大学院生が高度な内容の実習に参加して技術を磨き経験を積み知己を広げるといった文化に乏しい、2) 広義の河川生態学を研究している大学院生に情報が行き届いていない、3) 本実習の内容が大学院生のニーズを満たしていない、といった可能性があると思われる。

大学院生になると実習に参加しないのは何故だろうか。このような大学院生にとっての実習機会はヨーロッパでは多く設けられているようである。私は、2005年にポルトガルの Universidade do Minho で開かれた「Combining morphological and molecular approaches for studying the diversity and phylogenetic relationships of freshwater fungi」というポストドク向けの公開実習に参加したことがある。この実習では、主催研究室以外にもヨーロッパ3カ国から講師を招き、実習生も主催研究室所属学生・院生の他に国内外から数名(研究職、院生等)が参加していた。この実習では5日間にわたって講義・実験・

グループでの自由研究と発表が合計 38 時間行われた。水生不完全菌類について、野外からの採集、単離と株の保存、分生子による形態的同定、DGGE 法による群集組成解析、Real-time PCR 法による生物量の推定、データベースを活用したプライマーの設計など、非常に幅広い研究手法を学ぶ、おそらく世界で唯一の機会である。こうした大学院生以上向けの実習は、例えばヨーロッパの LTER ネットワーク (ALTER-Net) では毎年行われていて数十名の参加者があるようである (例えば <http://www.alter-net.info/about-alter-net/what-we-do/training-summer-school/summer-school/2012/summer-school-2012>)。このような文化と機会が日本でも広まることが期待される。

本実習に限った課題ではないが、情報の拡散手段は十分に検討されていないと思われる。インターネットの無い時代にはポスター等の印刷物が主体であり、研究者同士の知己でのファックスにより速報がもたらされていた。しかし現代では多様なインターネット・サービスを活用すれば、本実習の潜在的受講生により多くリーチ出来る可能性があるのではないだろうか。例えば臨海実験所や演習林など多くの野外教育研究施設のなかには web site の他に facebook を運用している施設もあるが、これらの施設が提供している実習の主な対象である学部学生は facebook を使っていないというデータがある (例えば <http://www.rbbtoday.com/article/2012/10/02/95228.html>)。また、多くの研究者は所属学会や研究分野ごとの ML から情報を受け取っていると思われるが、大学院生がそうした情報に触れる機会が十分かどうかは検証データが無いと思われる。本実習の対象となる京大の理系学部生、国内で河川生態学に関連した研究・教育プログラムに所属する大学院生・PD、海外に所属する同じセクター、これら 3 つのカテゴリ別に検討が必要のように思われる。

本実習では河川生態系の標準的な現場調査手法として、付着藻類と大型無脊椎動物の生物量測定、大型無脊椎動物の群集組成解析、および物理化学環境と流量の観測を行った。これは学部生レベルの実習内容としては妥当と思われるが、河川生態学および関連分野を研究している大学院生やポストドクにとってはやや不足のように思われる。例えば、標識再捕法による個体数推定、付着藻類群集による光合成速度と一次生産量の測定、群集呼吸の測定と溶存酸素量の日周性の理解、従属栄養性微生物群集の組成と呼吸・栄養塩再生等の機能解析、食物網解析などが全て学べるなら、私が院生なら万難を排して参加したであろうし、もし河川生態学を研究する学生を指導していたなら受講を強く薦めるであろう。もちろんこれら全ての項目をカバーするには、長い日程、高度な設備と漁業権など高い自由度を備えた施設、多様な講師陣が必要であり、本実習のフレームを大きく越えている。しかし日本、あるいは東アジア域で 2 年に 1 回程度、このようなオープンコースがあれば、この莫大な生物多様性を擁し、モンスーンという特徴的な気候条件の下に熱帯から亜寒帯までの様々なバイオームでの河川生態系の理解の進展に間違いなく貢献出来るであろう。例えば MIT で行われている講座「How to Make (Almost) Anything」は、1 4 週 x 2 コマでレーザーカッター、電子回路の設計・組立・プログラミング、3 次元スキャン・プリント、センサー、切削、鋳造、出力デバイス、ネットワークと通信など、もの作りに必要な理論と技術を (ほぼ) 全て学ぶという内容で、最後にこれらを統合した個別の自由課題では非常に意欲的な作品が生み出されるようである。(詳細は日本

語による受講生の報告 <http://fab.sfc.keio.ac.jp/howto2010/>を参照)。もちろん本実習と直接比較することは出来ないが、このコースの目的は、タイトルにあるように（ほぼ）全てのもの作りの手法を獲得することで、様々な工学的手法を統合したアイデアを実現出来る人材を育成することである。日本にも、あるいは河川生態学にも、何のために個々の実習をやっているか、ある実習でどのセグメントの受講者をどのレベルまで引き上げるか、という大きな設計図があってよいのではないだろうか。日本では本実習が唯一の河川生態学のオープンコースであるが、こうした大きな設計図をもとに本実習の発展版が将来的には必要であると思う。現在の日本では各研究者、あるいは研究室ごとに得意な手法があり、それを発展させるような戦略が多いと思うが、インターネットと技術と飛行機の発達によって世界が近くなった現代では、生態系を統合的に理解することが可能になりつつあり、そうした研究アイデアを実現させるためには、例えば河川生態学の手法の標準的な教科書となっている *Methods in Stream Ecology* (Hauer and Lamberti, 2007) を（ほぼ）全てカバーするようなコースも必要であると思う。いつか挑んでみたい課題である。

個人的には、まず学内の実習と国際的なワークショップを同時並行に行えることが分かったことが収穫であった。課題は、やはり海外からの参加者の旅費であろう。しかし現在は国内に多くの学生が留学しているので、こうした学生も潜在的な対象者である。広報を工夫してこうした留学生にもリーチ出来れば、旅費が無くとも国際実習は可能である。また、本実習では付着藻類の測定において齟齬があったが、これはフィールドワークの前に目的や手法を十分に説明しないと受講者が混乱して測定法を誤ることの典型的な例であった。私が所属したグループでは、私に経験があったことからこうした混乱は避けられたが、今後実習を運営する立場として事前説明の必要性を再認識した。実習で得られたデータを長期観測データとすることは、個人的には以前から必要とってきた課題なので、運用方法が大変参考になった。特に大型無脊椎動物標本は、正確なラベルと適切な保存・管理方法さえとられれば後日再度同定することにより同定精度を確保出来ることから、長期観測に向いていると思われる。

最後に、本実習で過去の実習での自由研究の課題名を英訳し、どのフォルダーに収録されているかの目録を陀安さんと作成したことを記録しておく。これは、各自の自由研究の課題設定の際に参考として過去の実習での自由研究の発表資料を見ることが出来るが、ファイルの見出し及び 2010 年以前の内容が全て日本語であり、日本語が読めない受講生の「参考に出来ない」との要望に応えたものである。それから、本実習に限らないのだが、洗濯ネットを準備しておくとも男女や複数人が共同で洗濯出来るので、時間と手間と電気代と洗剤による環境負荷を減らすことが出来てオトクですので、是非。