

植生情報 第19号

2015年5月

Vegetation Science News No.19

May 2015

特集：「環境教育の現場から」

川西基博：特集「環境教育の現場から」趣旨説明

中西 正：高校の生物教育の場合

八木正徳：一植生学徒が見た高校生物教育の現場

島田直明：高校生向けSSH事業での環境教育の事例

田中徳久：ルーペで観る非日常の世界と参加者のモチベーション

蛭間 啓：知的好奇心とともに—市民調査の現場から—

古野佑果・蒲原道真・比嘉基紀・石川慎吾：

四万十川における自然再生事業「アユの瀬づくり」と菜の花祭りから環境教育を考える

奥田重俊：植生学に基礎を置く植物観察

学術情報

松村俊和：Rを使ったシミュレーション（前編）

亀井裕幸：21世紀の子どもたちに伝えたいこと—保全植生学からのメッセージ—

亀井裕幸：植生での種の共存とすみわけを植生生態学の視点で読み解く



植生学会

The Society of Vegetation Science

目 次

学会長就任のご挨拶	1
植生学会第 20 回大会開催地からのお知らせ	
植生学会第 20 回大会のご案内	3
植生学会第 20 回大会のご案内 申込み票	7
植生学会第 20 回大会のご案内 研究発表賞応募要項	8
特集：「環境教育の現場から」	
川西基博：特集「環境教育の現場から」趣旨説明	10
中西 正：高校の生物教育の場合	14
八木正徳：一植生学徒が見た高校生物教育の現場	17
島田直明：高校生向け SSH 事業での環境教育の事例	22
田中徳久：ルーペで観る非日常の世界と参加者のモチベーション	26
蛭間 啓：知的好奇心とともに—市民調査の現場から—	30
古野佑果・蒲原道真・比嘉基紀・石川慎吾： 四万十川における自然再生事業「アユの瀬づくり」と菜の花祭りから環境教育を考える	34
奥田重俊：植生学に基礎を置く植物観察	38
学術情報	
松村俊和：R を使ったシミュレーション（前編）	42
亀井裕幸：21 世紀の子どもたちに伝えたいこと—保全植生学からのメッセージ—	59
亀井裕幸：植生での種の共存とすみわけを植生生態学の視点で読み解く	83
エクスカージョン報告	
設楽拓人・佐藤佑樹：第 19 回植生学会大会エクスカージョン報告	111
国際学会に行こう！ 国際植生学会レポート	
鐵慎太郎：第 57 回国際植生学会（IAVS2014）—エクスカージョンとシンポジウムについて—	116
植生トレーニングスクール（第 1 回，2 回）報告	122
各委員会から	
企画委員会活動報告	126
平成 26 年度植生学会学会賞受賞記事（表彰委員会）	128
受賞コメント	131
平成 27 年度植生学会学会賞，奨励賞，功労賞ならびに特別賞の推薦のお願い（学会事務局）	135
出版物紹介	136
植生情報 編集担当からのお知らせ	137

植 生 情 報

「植生情報」は植生学会の情報誌です。学会員の交流，情報交換の場を提供するために年一回刊行が予定されています。植生学会の会員には無料で配布されます。購入希望の方は，植生学会の会員として登録されますようお願いいたします。学会入会に関しましては，巻末の「植生学会入会申込書」をご利用ください。

また，この情報誌は会員の皆様からの投稿を歓迎いたします。提言，話題紹介など原稿がありましたら，編集担当までお送り下さいますようお願いいたします。投稿の方法などにつきましては，137 ページの「植生情報編集担当からのお知らせ」をご覧ください。また，新刊や学会，企画展などの予定がありましたら情報をお寄せください。さらに，編集担当へのご意見・ご要望がございましたら遠慮なくお申し付けください。

本誌内容の著作権は植生学会に帰属します。ただし，著者による複写・複製は自由とさせていただきます。

学会長就任のご挨拶

植生学会の将来に向けて

石川慎吾

植生学会が発足してはや 20 年が経過しようとしています。植生学会もいわば成人式を迎えることになるわけです。ここに至るまで、会長を務められた奥富清先生、菊池多賀夫先生、福嶋司先生のリーダーシップのもと、多くの学会員の皆さまのご協力によって植生学会が着実に成長・発展してきましたことはまことに喜ばしいことだと思います。三人の先生方は植生学会創設にあたって中心的な役割を果たされた方々であり、その後の学会の発展を支えた、いわば植生学会の生みの親、育ての親といってもよいでしょう。植生学会の会長を拝命して 1 年が過ぎようとしています。学会創設時には若手で、傍観者の立場であった私たちの世代が学会をリードする立場になったわけで、今更ながら身の引き締まる思いです。遅ればせながら、植生学会の活動に関して私が考えていることを述べさせていただきます。

植生学会の会則には、植生に関わる基礎的、応用的研究の進歩と会員相互の交流を図ることを目的とするとあります。その中心にあるのが学会誌です。学会誌の充実が植生学の進歩に直結することは言うまでもありませんが、一方で学会員にとって、学会誌は自分自身の研究成果を発表する機会を提供してくれる貴重な存在です。言い換えれば、学会員は自らの研究成果を学会誌に発表する権利を有しているわけです。現実問題として、博士の学位授与の前提条件として、学術会議に登録された学会誌に少なくとも 1 報以上 (3 報以上という大学院もある) の掲載論文があることが要求されます。このような現実に直面している若手学会員も多いので、いたずらにハードルを上げて学会員の権利を侵害することがあってはいけませんが、かといって学会誌のレベルを落とすこともできません。それを両立させるために、編集委員の方々の並々ならぬ労力のうえに刊行されているのが植生学会誌だと思います。親切で丁寧な査読を行うことによって論文のブラッシュアップをはかり、その結果、若手研究者が育っていく、そのような編集方針が貫かれて

いる植生学会誌は今後も学会員のため大きな拠り所となっていくことでしょう。近年、植生学の扱う内容は多様化していますが、いまでもデータ量が多く、大きな組成表を伴う研究が多いのも植生学の現状です。植生学会誌はそのような論文を受け入れてくれる数少ない学会誌として貴重です。植生学会誌をさらに進化・発展させるためにも、多くの学会員の皆さまの積極的な投稿をお願いしたいと思います。

会員相互の交流を図るために全国大会を一年に一回開催していますが、すでにほぼ一巡し、2 回目の開催をしていただいたところも増えてきました。植生学会の全国大会は研究発表を行って情報の発信と共有を図るだけでなく、普段は目にするのでできない植生や植物の生育状況を、地元の専門家に案内してもらえらるエクスカージョンが大きな魅力です。しかし、会員数の少ない県での開催は難しいのが現実です。そのハードルを打破するために、新たに大会企画委員会を立ち上げました。開催地をお願いするのは、大会当日の会場運営とエクスカージョンの実施に関わるものだけに、その他の煩雑な作業、例えば、受付、発表プログラムの作成、大会用ホームページの作成、講演要旨集の編集・発行、大会参加費の徴収などはすべて大会実行委員会が行うこととなります。これによって、まだ訪れていない場所での全国大会の開催をお願いできる可能性が高まりました。

学会の将来を担うのは若い世代であることは言うまでもありません。幸いなことに、植生学会には中堅から若手の優秀な会員がたくさんいます。そのような若い会員から新しいアイデアをどんどん出していただき、若い会員たちが積極的に活躍できるような雰囲気のある学会にしていきたいと思っています。大会企画委員会の創設も若手会員の発案です。案を出すだけでなく積極的に関わろうとする姿勢は頼もしい限りです。そのほか、植生学の新しい内容を取り入れた教科書の作成、植生調査にかかわる技術者が指針とできる「植生調査技術マニュアル」

の作成, 植生トレーニングスクールの開催などを推進するための体制作りを発案者とともに考えていきたいと思
います。

懸念事項もあります。群集の概念の難しさと実態の分
かりにくさゆえに, 若手の群集離れが進んでいること
で。若手だけではありません。環境省の植生図作成作業
においても, 群集は実態が分かりにくいからなるべく使
用しないようにしようという委員も少なからずいます。
環境省の植生図作成作業では, 基本的に植物社会学的体
系が用いられていますが, 凡例として用いられている群
集の示す属性が専門外の人に分かりにくいことが難点で
す。それが将来的に植生図の利用を進めていくときの障

害になります。したがって, それぞれの凡例が持ってい
る属性を分かりやすく整理しておく必要があるでしょ
う。それをできるのは植物社会学的な群落体系の研究に
関わってこられた植生学会の会員です。整理の道筋だけ
でも早急につけることができないかと願っています。

最後に一つ宣伝をさせていただきます。今年の全国大会
は高知で開催します。エクスカージョンは石鎚山で行い
ます。紅葉の美しい時期です。昨年の佐渡でのエクスカ
ージョンに倣い, 1泊2日ですので(日帰りコースもあり
ます), 酒を酌み交わしながらの植生談義に花を咲かせ
ましょう。たくさんの会員の皆様のお越しを心よりお待ち
しております。

植生学会第 20 回大会のご案内
<http://shokusei.jp/congress/2015/congress.html>

植生学会第 20 回高知大会は、2015 年 10 月に高知大学朝倉キャンパスで開催いたします。皆様のお越しを心よりお待ちしております。

大会受付担当 (大会申し込み票の送付先)

〒 658-0001 兵庫県神戸市東灘区森北町 6-2-23
甲南女子大学人間科学部生活環境学科 (松村俊和)
TEL & FAX : 078-413-3147 E-Mail : shokuseigakkai@gmail.com

講演要旨受付担当 (講演要旨の送付先)

〒 656-1726 淡路市野島常盤 954-2
兵庫県立淡路景観園芸学校 (澤田佳宏)
TEL : 0799-82-3131 E-Mail : shokuseigakkai@gmail.com

大会実行委員会 (大会全般に関する問い合わせ)

〒 780-8520 高知県高知市曙町 2-5-1
高知大学理学部
植生学会第 20 回大会実行委員会 (比嘉基紀)
TEL & FAX : 088-844-8310 E-Mail : mhiga@kochi-u.ac.jp

日程

2015 年 10 月 10 日 (土) 各種委員会 (13:00 ~ 19:00)
11 日 (日) 一般講演 (口頭, ポスター), 総会, 学会賞等の授与式, 懇親会
12 日 (月) ~ 13 日 (火) 現地研究会 四国山系石鎚山, 面河溪谷ほか

会場

高知大学朝倉キャンパス
〒 780-8520 高知市曙町 2-5-1
URL: <http://www.kochi-u.ac.jp/>



会場までのアクセス

高知龍馬空港から：空港連絡バスで「はりまや橋」(約 35 分) または「JR 高知駅」(約 40 分) で下車し、とさでん交通 (路面電車) または JR 土讃線へお乗り換えください。※ 空港連絡バスをご利用の際は、とさでん交通または高知駅前観光のホームページをご覧ください。

JR 高知駅から：JR 土讃線下り方面「朝倉駅」下車徒歩 3 分

はりまや橋から：とさでん交通 (路面電車) 伊野方面「朝倉 (高知大学前)」(約 30 分) 下車すぐ

参加・一般講演の申込み

1. 大会参加および一般講演の申込みは、原則として大会ホームページに掲載する入力フォーム（本誌に綴込んだものと同じ内容）を使い送信してください。A 票が「大会参加申込み票」、B 票が「一般講演・研究発表賞申込み票」です。
2. インターネットをお使いでない方は、本誌に綴込みの A 票、B 票にご記入のうえ、大会受付担当宛に Fax (078-413-3147) で送信、または郵送してください。
3. 大会参加者は、大会参加申込み票 (A 票) に必要事項を記入して送信してください。当日参加も受け付けますが、できるだけ事前の申込みをお願いいたします。
4. 一般講演を希望する方（ただし演者のみ）は、A 票に加えて、B 票「一般講演・研究発表賞申込み票」に必要事項を記入し、大会受付担当宛に送信してください。
5. 大会に不参加で、講演要旨集のみ受け取りたい方は、A 票に必要事項を記入し、送信してください。
6. 大会参加、一般講演ともに申込締切は 7 月 31 日（金）です（必着）。なお、後述いたしますが、講演要旨の締め切りは 8 月 31 日（月）です。ご注意ください。

諸経費と支払い方法

1. 諸経費は以下の通りです。
 - 1) 大会参加費： 一般 3,000 円、学生 2,000 円
※一般講演を行わない（大会参加のみの）学部学生は無料とする
 - 2) 懇親会費： 一般 5,000 円、学生 3,000 円
 - 3) 現地研究会参加費：1泊2日コース 一般 11,000 円、学生 8,000 円
当日コース 一般 3,500 円、学生 2,500 円
 - 4) 講演要旨集のみ： 1,500 円（大会不参加の方のみ）
2. 諸経費は綴込みの振替票（払込取扱票）を使い、7 月 31 日（金）までに次の口座に振り込んでください。振込手数料は各自ご負担ください。領収書は大会当日発行いたします。
なお、振替票は御 1 人様ずつご利用ください。
口座記号番号：00150-0-450547（口座番号は右詰め）
加入者名：植生学会大会企画委員会
※学会に未入会の方は、まず入会手続きを行い、その後大会実行委員会あてご連絡下さい。
振込みは、郵便局備え付けの払込取扱票を使い、ご自分の参加様態に応じて、合計金額を上記口座まで払い込んで頂きます。その際、通信欄に振り込んだ金額の内訳を必ず記載してください。
3. 納入された諸経費は原則としてお返しできません。ご了承ください。

一般講演

本大会の講演形式は口頭発表またはポスター発表です。発表は演者 1 人につき 1 題とし、演者は植生学会会員に限ります。会員でない方は事前に入会手続きをお願いします。

1. 口頭発表
 - 1) 発表時間は講演 15 分、質疑応答 5 分の合計 20 分を予定しています。申込み数によっては、これより短くなることもあります。
 - 2) 発表はパソコンによるプレゼンテーションとします。パソコンは会場に設置したもの（OS：Windows 7 ま

たは 8) を使用します。持ち込みのパソコンは使用できません。

3) プレゼンテーションファイルのデータ形式については、PowerPoint2003 または 2007 形式、もしくは Windows 版の pdf としてください。Mac 版のソフトウェアで作成する場合は、Windows 7 または 8 で正常に表示・操作できるか事前に十分確認してください。

4) ファイル名はプログラムに掲載されている講演番号と演者氏名 (例: A01 植生太郎) としてください。

5) プレゼンテーションファイルは USB メモリに保存して持参し、プログラムで指定する時間内に会場で、使用するパソコンにコピーしてください。なお USB メモリは必ず最新のウイルスチェックを行った上でご持参ください。

2. ポスター発表

1) ポスターは A0 版 (横 84cm, 縦 119cm) 以内のサイズで作成してください。

2) ポスターは 11 日の 10:00 までに掲示し、16:00 までに撤去してください。ポスター発表のコアタイムはプログラムでお知らせします。

3) ポスター掲示用の画鋏またはテープは会場に準備します。

3. 研究発表賞への応募

若手研究者を対象とした研究発表賞 (口頭発表賞およびポスター発表賞) を設けます。応募を希望する方は、本誌 6 ページの応募要項をご覧ください。講演申込時に B 票にてご応募ください。

なお、研究発表賞受賞者の発表および表彰は学会賞等の授与式後に行います。

講演要旨

口頭発表、ポスター発表ともに、以下の要領に従って講演要旨を作成してください (下図参照)。

1. 用紙は A4 縦置きで、上 2 cm, 下 3 cm, 左右各 2.5cm の余白をとって下さい。

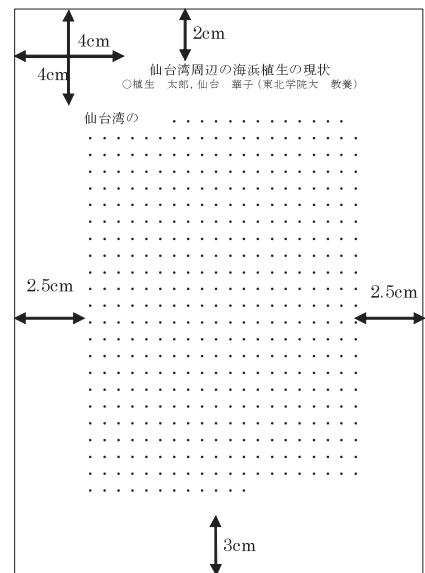
2. 第 1 行目にタイトルを、2 行目および 3 行目に発表者の氏名 (所属) を書いてください。連名の場合は演者の氏名の左側に○印をつけてください。

3. 用紙の左上には講演番号が入ります。タイトルおよび発表者名は左端から各 4 cm のところから、本文は上端から 4 cm のところから、それぞれ書き始めてください。

4. 図表を挿入することも可能ですが、写真は避けてください。

5. 原稿はそのまま印刷しますので、誤字・脱字のないように十分ご確認ください。

6. 原稿は Word (2003 または 2007) の文書ファイルとします。参加申込後に E-mail に添付して講演要旨受付担当宛 (shokuseigakkai@gmail.com) に送付してください。郵送の場合は、原稿を折り曲げないで送付してください。締切は 8 月 31 日 (月) (必着) です。



懇親会

10 月 11 日 (日) 夕刻から、高知大学朝倉キャンパス生協食堂で開催します。原則として事前に参加申込をお願いします。当日参加も受け付けますが、人数が限定され、学生割引はありません。

現地研究会

現地研究会は、四国山系石鎚山周辺を 1 泊 2 日または日帰りで訪れる 2 コースといたしました。現地までの交通手段および宿泊の都合上、参加人数の上限を 1 泊 2 日コースは 50 名、日帰りコースは 20 名（ともに先着順）といたします。1 泊 2 日コースの 1 日目（12 日）は、11 時ごろに石鎚山の土小屋登山口を出発し、登山道周辺の植生（ササ群落、ウラジロモミ林、シコクシラベ）を観察しながら山頂を目指します。当日は、国民宿舎石鎚（Tel. 0897-53-0005）に宿泊いたします。13 日（火）は、面河溪谷でモミ・ツガ林やヒノキ・コウヤマキ林を観察します。解散は、高知龍馬空港に 17 時ごろ、JR 高知駅に 18 時ごろの予定です。日帰りコースでは、11 時ごろから 15 時まで石鎚山登山道周辺の植生を観察していただきます。解散は、JR 高知駅に 18 時ごろの予定です。具体的な日程等については、改めて大会ホームページ・プログラムでお知らせいたします。行程の概況については高知大学植物生態学研究室のホームページをご覧ください。 <http://www.cc.kochi-u.ac.jp/~mhiga/lecture.html>

食事

11 日は生協食堂が営業予定です。大学の周辺にコンビニがありますが、あらかじめ宿泊施設周辺で購入していただくことをお勧めいたします。

宿泊

宿泊は各自で手配してください。高知駅・はりまや橋周辺に多くのホテルがございます。
なお、大会期間は秋の観光シーズンに当たりますので、お早目の手配をお勧めします。

その他

大会に関する情報は随時大会ホームページに掲載いたします。プログラムは 9 月上旬に全会員に郵送する予定です。多数の会員の皆様のご参加をお待ちしています。

大会会長 ： 石川 慎吾
実行委員長 ： 比嘉 基紀
実行委員 ： 三宅 尚
 加藤 元海
サポートチーム： 太田 謙
 上條 隆志
 澤田 佳宏
 津田 智
 前迫 ゆり
 松村 俊和

植生学会第 20 回大会申込み票 (大会ホームページからの申込みにご協力ください)

A 票 大会参加申込み票

氏名 (ふりがな)	()																												
所 属																													
連絡先住所 (プログラム送付先)	〒 TEL : FAX : E-Mail :																												
一般講演 (演者のみ記入)	発表あり	発表なし																											
懇親会	参加	不参加																											
現地研究会 (該当箇所に○)	参加 ① 1泊2日コース ② 当日コース	不参加																											
送金内容 (該当金額に○)	<table border="0"> <tr> <td></td> <td>一般</td> <td>学生</td> </tr> <tr> <td>大会参加費</td> <td>3,000 円</td> <td>2,000 円</td> </tr> <tr> <td colspan="3">※一般講演を行わない (大会参加のみの) 学部学生は無料とする</td> </tr> <tr> <td>懇親会費</td> <td>5,000 円</td> <td>3,000 円</td> </tr> <tr> <td>現地研究会参加費</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1泊2日コース</td> <td>11,000 円</td> <td>8,000 円</td> </tr> <tr> <td>当日コース</td> <td>3,500 円</td> <td>2,500 円</td> </tr> <tr> <td>講演要旨集のみ</td> <td>1,500 円</td> <td>(不参加の方のみ購入可)</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td colspan="2">円</td> </tr> </table>			一般	学生	大会参加費	3,000 円	2,000 円	※一般講演を行わない (大会参加のみの) 学部学生は無料とする			懇親会費	5,000 円	3,000 円	現地研究会参加費			1泊2日コース	11,000 円	8,000 円	当日コース	3,500 円	2,500 円	講演要旨集のみ	1,500 円	(不参加の方のみ購入可)	合計	円	
	一般	学生																											
大会参加費	3,000 円	2,000 円																											
※一般講演を行わない (大会参加のみの) 学部学生は無料とする																													
懇親会費	5,000 円	3,000 円																											
現地研究会参加費																													
1泊2日コース	11,000 円	8,000 円																											
当日コース	3,500 円	2,500 円																											
講演要旨集のみ	1,500 円	(不参加の方のみ購入可)																											
合計	円																												
送金日	2015 年	月 日																											

B 票 一般講演・研究発表賞申込み票

連名の場合は、演者のみがこの申込み票に記入して、送付してください。

演 題		
氏名 (所属) (連名の場合は演者に○)		
発表方法	口頭	ポスター
研究発表賞への応募	応募する	応募しない
演者の連絡先	〒 TEL : FAX : E-Mail :	
発表内容の簡単な説明 (プログラム編集時に参考にさせていただきます)		

植生学会第 20 回大会 研究発表賞応募要項

植生学会は、若手研究者による優れた研究を奨励するために学会表彰制度の一環として、毎年の大会における優秀な発表に対して「研究発表賞」を授与しています。この賞への応募要項は以下のとおりです。皆様からの多数の応募をお待ちしております。

1. 賞の種類

- 口頭発表賞：最も優秀な口頭発表に対して贈られます。
- ポスター発表賞：最も優秀なポスター発表に対して贈られます。

2. 審査対象

- ・申し込み時点において、学生およびポスドクであること。
 - ・過去の植生学会年次学術大会で研究発表賞を受賞していないこと。
(ただし、共同研究者にはこれらの制限を設けません。)
- ※応募資格の有無については、大会受付担当までお問い合わせください。

3. 審査方法と審査項目

(1) 審査方法

大会参加者の中から植生学会表彰委員会が選任した審査員により、賞ごとに以下の項目について審査を行います。

(2) 審査項目

審査項目は口頭発表賞もポスター発表賞も同じです。審査は、「表現技術」「説明技術」「研究の質」という 3 つの観点から行われます。

「表現技術」では、文字や図表の見やすさ、情報の量、アピール性などについて審査されます。

「説明技術」では、説明の早さや声量、説明時間、質問への対応などについて審査されます。

「研究の質」では、新規性や独創性、データの質や量、解析方法、議論や結論の妥当性などについて審査されます。

(3) 事前審査

大会当日の短時間で審査を行うことは必ずしも簡単なことではありませんので、大会前に審査員による「講演要旨」の事前審査が行われます。事前審査では「研究の質」に加えて「要旨の作成技術」が審査されます。

4. 審査結果の発表

学会賞等の授与式後発表し、植生学会長から受賞者に表彰状が授与されます。また、受賞者の氏名を植生学会誌第 32 巻 2 号および植生情報第 20 号に掲載します。

5. 応募方法

一般講演の申込みの際、一般講演・研究発表賞申込み票 (B 票) の「研究発表賞への応募」欄で「応募する」を選択してください。

6. 審査への協力をお願い

研究発表賞の審査には審査員が必要になります。大会実行委員会が大会参加者の中から適当な方を選出しますので、依頼が打診された方はなるべくご協力くださいますようお願いいたします。

審査員 1 名につき 5 発表程度を審査していただくことになります。また、審査員をお引き受けいただいた方には、前もって担当分の講演要旨をお送りいたしますので、事前審査のご協力もお願いします。

特集「環境教育の現場から」趣旨説明

川西基博

鹿児島大学教育学系

はじめに

今回の特集は、「環境教育の現場から」と題して、自然観察会や調査会といった環境教育の実践例を報告していただいた。これまで、植生情報誌では植生に関する学術的な情報や誌上討論、植生学のこれからのについての意見、東日本大震災における海岸植生の被害状況調査の報告、植生学クロニクルなど様々な特集が組まれてきた。研究活動に焦点を当てたものが主であったが、今回は植生学者の教育活動に注目した特集である。

植生情報編集担当として久保満佐子氏と特集の内容を検討してきたなかで、当初は「自然教育の現場から」というタイトルを考えていた。「自然を知るための教育」ということを念頭においていたからである。私自身は違和感なく、本特集の内容にマッチすると思っていたのだが、現在では自然教育という語が用いられることは少ないようである。そこで、一般的な「環境教育」という用語に変更させていただいた。

この「自然教育」と「環境教育」の用語に関して、まずは触れておきたい。沼田(1982)は、生態学をベースとした環境教育の理論を紹介するなかで、「自然教育は自然のさまざまな姿、自然と人間のかかわりに暑い眼差しを注ぐものであり、理科の中だけを考えれば環境教育のベースになる」とし、環境教育の視点を、自然誌教育、自然保護教育、環境保全教育、環境科学教育にわけて考察している。御代川・関(2009)が「自然についての知識を伝達する自然教育から、野外での自然との接触や生態観察を重視する自然保護教育への転換が主張された」と述べているように、自然教育はその目的の変化と細分化に伴って自然保護教育、さらには環境教育という用語の中に含まれるに至ったということであろう。

自然教育は自然観察による教育と言い換えることもで

きそうである。自然観察は「主に野外において、自然の観察を通じて、自然から学ぶことをねらいとした活動の総称」と定義されており(吉田 2013)、自然教育の理念はこの用語に置き換わったようにも思われる。

日本における環境教育は、1960年代から始まった公害教育と自然保護教育がルーツとされる(阿部 2008)。このころに顕著であった環境汚染と自然破壊の問題が背景にあり、特に汚染によって生じた四大公害病は世界的に注目された。このため日本での環境教育は公害教育が先行した形で行われたという(沼田 1987)。このような経緯から、環境教育ではゴミやエネルギーの問題、水質、CO₂増加など物理化学的な環境問題を扱っているイメージをもつ人が少なくないかもしれない。一方、自然保護教育に関しては、1960年代に活発化した自然保護運動に関係しており、自然保護団体が行った自然観察会を通じて、主に社会教育の分野で展開された(阿部 2008)。

1972年の「バオグラード憲章」では、環境教育の目的は「環境とそれに関連する問題に気づき、そのことに関心をもち、そして現在の問題の解決や新しい問題の予防のために個人や集団で働くための知識、技能、態度、動機そして参加の意欲をもつ人々の世界的な数を増やすことである」とされた。また、2005年に「持続可能な開発のための教育(ESD: Education for Sustainable Development)」が提案され、環境教育は人も含めた持続的な活動の保証という目的に発展した。持続可能な社会の実現のためには、環境、経済、社会における問題を解決する必要がある、ESDではそれらを統合的かつ総合的にみていく(阿部 2012)。このような教育を進めるために、事象ごとの明快な目標の設定、効果的な学習プログラムの構築、および分野間の連携が望まれている(阿部ほか 2013)。

なお、日本生態学会では、初等中等教育における生態学教育の重要性に着目して、1969年に「生態学教育専門委員会」が設置され、学習指導要領の内容に対する検討や要望書の提出、その他の様々な活動が行われてきた(詳しくは横井ほか 2000 を参照していただきたい)。

このように、環境教育の扱う範囲は大変広がっているが、その中で、植物と植生を題材とした自然観察による教育活動は、環境教育の土台に位置づけられるものといえる。植物と植生の観察を通して多くの人々とともに自然について学び、保全を行うことは、植生学者が果たすべき役割の一つであると思われる。

環境教育の実践と反省

植生学者はフィールドワークが中心なので、生態学者のなかでも特に環境教育に関する講師を依頼されることが多いのではないだろうか。私も観察会や調査会を行った経験があるが、実践と反省の繰り返しである。例えば、中学高校生を対象にした観察会(熊谷市荒川の河畔林で開催)で、成長錐を使った年輪観察や空中写真を見ながらの河畔林の解説などを行った際に、観察内容はおおむね好評だったものの、参加者の体力と健康面への配慮が足りなかったことがあった。この時は主催者であった国立女性会館の方々にアドバイスとサポートをいただいたおかげで事なきを得たが、熱中症などの対策は忘れてはならないことであった(写真1)。

また、現在私は鹿児島大学教育学部の理科教育講座に



写真 1. 荒川河川敷での観察会の様子。熱中症対策に日傘をさしている。

所属しており、野外実習で学生に対して植生の説明をすることがある。一部、環境教育的な内容を含む実習である。この実習で、生態学的内容を頑張って話し、自分としては非常に満足したが、後日学生に感想を聞くと「先生が楽しそうだった」というコメントが帰ってくるだけ、ということがあった。つまらなかったと言われなかったのがせめてもの救いだったが、観察した植物や植生の知見を学生にほとんど伝えることができていなかった。これは、明らかに受講生に対する配慮が足りなかったことが原因であり、自己満足になっていたことに反省した。

鹿児島県立博物館の学校教育を視野に入れた活動にかかわらせていただいた際には、目的の明確化という点で大変勉強になった。ここでは、教育委員会に所属する学芸主事が、小中学校、高校の児童生徒のみならず教員も対象とした環境教育プログラムを行っている。たとえば、学校や関係機関と連携した島嶼での自然観察会(鈴木 2011)や、フィールドワーカー養成講座(<https://www.pref.kagoshima.jp/bc05/hakubutsukan/katudou/2014aug/fieldworker.html>)などである(写真2)。これらは、理科の授業や総合的な学習の時間で、児童・生徒にとって身近な自然をいかに活用するかをテーマとした広い分野の研修である。参加者である学校教員にとっては、研修内容を学校での実践につなげやすく、貴重な研修であると思われる。



写真 2. 鹿児島県立博物館のフィールドワーカー養成講座。2014年度は寺田仁志氏の指導の下、鹿児島本土に成立するメヒルギ群落で研修を行った。

以上のような経験から、環境教育を効果的に行うためには、受講者の性質にあった目標の設定と、観察・説明の方法が不可欠であることを痛感した。

環境教育を実践するにあたって

効率よく自然について学んでもらうためには、興味を持ってもらうことが一番であるが、それを講義や会話のみで達成することはたいへん難しい。米田 (2003) は「自然観察学習の体験は、五感を通して驚き・感動・疑問などが想起され、児童・生徒一人ひとりに学習意欲を起こさせる」としており、野外で自然に触れることが動機づけの面でも大変重要であるといえる。これは植生に限らず、自然科学全般の学習に共通することであろう。生き物、土地、気象などの自然の動きを、身をもって感じるものが、自然を理解するための早道である。

しかし、野外で自然に触れさえすれば、自然が理解できるわけではない。観察会の内容と進め方が大事である。そこで、いざ観察会で講師を務めることが決まれば、どのような方法で自然観察を行うと、どのような結果や反応が得られるか、ということを考え、役に立ちそうな情報を探すことになる。環境教育の実践例を紹介した書籍、文献 (文部省 1991; 山極 1993; 文部省 1995; 国立教育政策研究所教育課程研究センター 2014 など) や、日本生態学会で開催されている環境教育をテーマとした研究集会「アウェイの生態学」(中田 2012) などは大変勉強になる。ただ、植生に特化した観察のコツや注意点など細かく具体的な情報を得るのは簡単ではない。情報交換をする場としては植生学会の大会が考えられるが、学会ではどうしても研究に関する話をしたくなるので、観察会や環境教育についての話題は少ないように思う (学生の指導についての話題はよくあるかもしれない)。現状では、植生学に関連した環境教育活動の情報を入手できる場は限られているといえる。

植生学会員のなかには、様々な現場で環境教育活動を実践されている方が多くおられる。その手法、経験、見解などは学術情報と並んでたいへん価値のある情報であり、何らかの形で残していくべきではないかと感じていた。そこで、環境教育活動を植生情報誌に紹介していただき、他の植生学会員の教育活動のさらなる発展につな

げたい、というのが本特集の趣旨である。

環境教育の現場

大学の実習などで行う観察は学生に教えることを想定したものであるが、同じ植生や植物を観察したとしても、一般の方や子どもの参加する観察会などでは反応が異なることが予想される。説明のコツが変わってくるだろう。環境教育の現場として様々な場面が想定され、受講者、参加者の性質に応じた方法をとる必要があると考えられる。

環境教育の現場は、大別すれば学校教育の中にあるものと、それ以外の生涯教育として行われるものに分けることができる。本特集では、現場の異なる以下の 7 名の方々にご執筆いただいた。

中西 正氏、八木正徳氏、島田直明氏には、高校での環境教育についてご紹介いただいた。学校における環境教育的学習は、総合的な学習の時間を利用して行われる場合、理科などの教科として授業の中で行われる場合があり、発達段階に応じた初等、中等教育の学習指導要領に基づいて、組織的・計画的に行われる性格がある (降旗 2012)。その中で高校生に対する環境教育では、比較的専門的な内容を含めることが可能になると考えられる。現在の高校生物の内容では、生態学分野が「生物基礎」に含められるなど比較的充実化したことや、先進的な理数教育や大学との共同研究を推進するスーパーサイエンスハイスクール (Super Science High Schools: SSH, <https://ssh.jst.go.jp/>) 事業が進められていることもあり、生態学、植生学の専門的な内容を含む観察会や、調査なども学習に盛り込むことができるかもしれない。総合的な学習の時間では、教科の学習内容にとらわれない自由度の高い学習が可能になると考えられる。また、SSHでの活動や部活動など授業時間外に行われる場合もあるだろう。このような場面での活動事例やご見解を紹介していただいた。

田中徳久氏、蛭間啓氏には、博物館での活動についてご紹介いただいた。学校外での環境教育活動には、主催者、学習者の興味関心に応じて様々な位置づけがある。指導者は、博物館、動物園、植物園、大学、公的研究機関、民間企業、NPO などに所属する研究者、学芸員などの他、地域の自然に詳しい地域住民などが考えられる

(降旗 2012). その中でも博物館は、地域の住民が自然を学習する際に、特に大きな役割を果たしている機関である。両氏には、観察会や調査会でのテクニックや、地域住民とのかかわりなどについてご紹介いただいた。

石川慎吾氏には、地域の自然環境保全と利用にかかわる事例を紹介していただいた。環境教育のベースの一つに自然保護教育があることはすでに述べたが、人々の「身近な自然」については、保護することが最善の方法ではなく、人間とのかかわりを抜きに考えることができない。保全、管理、利用をどのようにしていくかは、その地域の自然の状態や社会的状況によって様々な考え方、方向性があり、大変複雑な状況をなす場合がある。こういった状況における、環境教育の役割についてご見解をいただいた。

最後に、奥田重俊氏には、様々な人々を対象として長く続けられてきた植物観察会についてご執筆いただいた。自然観察や自然体験においては、研究者、地域の有識者などが学校教育での指導者として迎えられることもあり(降旗 2012)、若手研究者や地域住民に対する環境教育は指導者育成の観点からも重要である。植物、植生を題材とした観察会における指導者としての心得と人と人のつながりなど、奥田先生の豊富なご経験をご紹介いただいた。

以上の 7 名の方々の環境教育活動は、対象者、方法ともに多岐にわたる。しかし、その目的は、植物や植生に対する関心を誘い環境保全に対する姿勢を培うこと、専門知識・手法を教授すること、行動の手助けをすることなど、大局的には共通している。植生学に基づいた環境教育を行うにあたっての目標や枠組み、またはそれを達成するための道筋について、イメージしていただけることと思う。本特集を機に、植生学にもとづいた環境教育の情報が共有され、議論する機会ができれば幸いである。

引用文献

阿部 治 2008. 世界と日本の環境教育の歩み。「日本型環境教育の知恵」(日本環境教育フォーラム編), 10-28. 小学館, 東京.

阿部 治 2012. 持続可能な開発のための教育 (ESD) とはなにか。「持続可能な開発のための教育. ESD

入門」(佐藤真久・阿部治編), 9-23. 筑波書房, 東京.

阿部 治・諏訪哲郎・川嶋 直 2013. 環境教育. 「環境教育辞典」(日本環境教育学会編), 64-66. 教育出版, 東京.

降旗信一 2012. 環境教育の目的と方法①—環境保全意識向上につながる自然観察・自然体験—. 「環境教育」(日本環境教育学会編), 107-118. 教育出版, 東京.

国立教育政策研究所教育課程研究センター (編) 2014. 環境教育指導資料 (幼稚園・小学校編). 東洋館出版社, 東京.

御代川貴久夫・関啓子 2009. 環境教育を学ぶ人のために. 世界思想社, 京都.

文部省 1991. 環境教育指導資料 (中学・高校編). 大蔵省印刷局, 東京.

文部省 1995. 環境教育指導資料 (事例編). 大蔵省印刷局, 東京.

中田兼介 2012. 「アウエイ」の生態学: 趣旨説明 (特集「アウエイ」の生態学). 日本生態学会誌 **62**: 49-50.

沼田 真 1982. 環境教育論. 東海大学出版会,

沼田 真 (監) 1987. 環境教育のすすめ. 東海大学出版会, 東京.

鈴木敏之 2011. 学校, 関係機関と連携したフィールドワーク活動の成果と課題—博物館講座「身近な世界遺産 屋久島の自然から学ぼう」の実践を通して—. 鹿児島県立博物館研究報告, **30**: 77-84.

山極 隆編 1993. 環境教育実践事例集. 第一法規出版, 東京.

横井洋太・木村和喜夫・嶋田正和・林 浩二・広瀬祐司・矢島道子・米田 健・渡辺 守 2000. 日本生態学会生態学教育専門委員会第一期報告書. 日本生態学会誌, **50**: 195-209.

米田 健 2003. 自然観察学習. 「生態学事典」(巖佐庸・松本忠夫・菊澤喜八郎・日本生態学会編), 208. 共立出版, 東京

吉田正人 2013. 自然観察. 「環境教育辞典」(日本環境教育学会編), 141. 教育出版, 東京.

特集 「環境教育の現場から」

高校の生物教育の場合

中西 正

愛知県環境審議会専門調査員

1. 現在の高校『生物』

高校理科の指導要領が平成 24 年度から改訂され、理科生物の名称が「生物Ⅰ」「生物Ⅱ」から「生物基礎」「生物」に変更された。それに伴い、各学校ではカリキュラムも変更された。改訂される前の 22 年度と後の 26 年度

表 1 コース別生徒数。A は文系，B は理系を示す。B の括弧内の数値は生物選択者数を示す。

年度	課程	学年		
		1 年	2 年	3 年
22 年度	普通	240	A-125	A1-32
			B-114	B123(25)
	生活文化	80	79	79
26 年度	普通	240	A-121	A1-32
			B-119	A2-86
	生活文化	80	80	80

の『生物』の様子を、愛知県の県立高校を例に見てみる。

この高校は 1 学年の定員が普通科 240 人、生活文化科 80 人で、普通科の生徒はほぼ 100% 進学する。2 年生以降は進路に応じてコースが設定される。その様子を表 1 に示した。22 年度の問題点は理系の選択者のうち生物選択（3 年生）は 25 人で、残りの生徒は高校で生物の授業を受けないことだ。26 年度でも生物選択者（3 年生）が 33 人で、この生徒以外は生物を受けていない。しかし、カリキュラムの変化点にある現在の 2 年生だけは 1 年生の時に全員が「生物基礎」として生物の授業を受けており、高校生として生物に触れない生徒はいないことになる。

表 2 は各学年、各コースで生物の授業をどれだけ受けているかをまとめたカリキュラム表である。これを元に、生徒が受けた生物の授業時数がどれだけあるかを 22 年度と 26 年度の 3 年生で求めてみた。単位数 × 生物を受講した生徒数で、22 年度では 1,180 時間・人であるのに対し 26 年度では 924 時間・人と大きな差が見られた。これを普通科に限ると 22 年度では 940 時間だったのが 26 年度では 684 時間になり、減少が著し

表 2 カリキュラム表。表中の値は単位数（週あたりの授業時数）を示し、他の科目との選択となる単位は括弧で示した。A は文系，B は理系，* は生活文化科の科目を示す。

年 度	科 目	標準単位	1 年	2 年		3 年			類型別合計		
				A	B	A1	A2	B	A1	A2	B
22 年度	生物Ⅰ	3		(4)	(3)	(2)	(3)		(6)	(7)	(3)
	生物Ⅱ	3						(4)			(4)
	生物Ⅰ*	3	3								3
26 年度	生物基礎	2		3	(2)		1		3	4	(2)
	生物	4			(1)			(4)			(5)
	生物基礎*	2			2						2

表 3 教科書の内容. 数研出版による. *は生活文化科の科目を示す.

年 度	科 目	教科書の 総頁数	「植生」 関連頁数 (%)	「生態」 関連頁数 (%)
22 年度	生物 I	279	0 (0)	0 (0)
	生物 II	320	30 (9)	54 (17)
	新編生物 I *	176	0 (0)	0 (0)
26 年度	生物基礎	224	44 (20)	92 (42)
	生物	424	10 (2)	53 (13)
	生物基礎*	176	32 (18)	60 (34)

かった.

次に使用教科書(数研出版社版)の内容に触れる. 表 3 には教科書全体の頁数と「植生」分野および「生態」分野が占める頁数を示した. 植生分野の内容は, 22 年度では「生物 II」だけに出てきたものである. 従って, 高校 3 年間で植生分野を学んだ生徒は, 理系の生物選択者のみで, 1 学年 320 人中 25 人だけであった. しかし, 26 年度の「生物基礎」には 20% の植生関連分野が含まれている. 植生関連の時間がどれだけあるかについて, 単位数×教科書中の植生分野が含まれる割合×生物を受講した生徒数で算出して求めてみた. その結果, 22 年度は 9 時間・人であるのに対し, 26 年度では 185.2 時間・人だった. 現在は, 高校生が生物を学ぶ時間は減少しているが, 植生分野に限ってみれば増加しているといえる. 以前の指導要領の時代から比べるとその分量は 20 倍以上である. とすると, 「植生」を教育するにあたっては, 現代は最も恵まれた時代といえるのではないだろうか.

2. 生徒の問題点とそれに対する試み

高校で「生物」の授業をしていて, 生徒の生き物を知らないことには驚く程である. これは子供の頃自然に触れる機会がなかったことがそうさせたとも言える. 私が住む豊橋のような地方都市では周辺に自然は存在するから, 自然は身近にある. 従って自然に触れる機会があったにも関わらず, 自然の中で遊ぶということはなかった

のではないかと考えられる. その思いはこの数年というより, 教員になった頃からずっと感じている.

生き物を知らなければ「生物」の授業は成り立たないと思っている. 子供の頃に体験しておかなくてはならないことを追体験させることは難しいと思いつつ, 生物を身近にするための試みを行ってきた(中西 1998). 初任の学校では学校周辺の自然を解説したパンフレットをつくり, 不特定多数の生徒に向けて発行した. 図入りの B5 番サイズのを昇降口に吊るしておいたところ結構多くの人を読んでくれた(岡崎高校自然観察会 1981; 中西 1986).

ある時には年間を通じて, 授業の中で意識して生物名(この時は特に植物名)を出した. この授業を受けた生徒に対し, 植物名を思い出して書き出させ, その種類数を年度のはじめと終わりで比較した. その結果は年度の終わりで明らかに数が増加していた(中西 1987; 中西未発表). また, 生徒の通学圏が狭く, その多くが自転車通学の学校では生徒の目でヒガンバナの分布の調査を行った. これによって赤い花がヒガンバナと意識されたと思う(中西 1988). 生徒が渥美半島一円から通っている学校では, 地域の生物分布調査(この時は動物)を行った. これは親へのアンケートとし, いつごろから見られるようになったかというような時間的な変化も捉えようとした(中西 1992). 親との会話と地域の生物およびその変化が認識されたことと思う.

本年は授業時に教室に標本を持って行き, その説明から授業をはじめている. 授業と直接関係がないものでも, 実物に触れ, 生き物を知ってもらいたいためだ. 実物といえば現地に連れ出すのが一番と考えている. 特に植生と関連させた実物教育では自然を見せることが必要であろう. これまでも, 学年末の試験終了後など一息ついた時などに学校付近にある自然の中に生徒を連れ出すことがあった. 本年はそれよりずっと早い時期である 9 月に行った. 学校近くに運動公園があり, その中に私が水草観察のフィールドにしているため池がある. ここでは水草と外来植物を見た. また, この池に接して神社があり, シイ林になっている. この中に入ることによって森の構造を見て, 照葉樹林の雰囲気に入ることができた. 公園木として植えられている木にも説明すべき種類は

あった。もう 1 度行けば、生徒はその内容を受け止めてくれると考えられる。

授業から離れて部活動としての「生物部」にも触れておく。生物部は絶滅危惧種もしくは絶滅種である。生き残ったものでも他の部と合体して「科学部」に変身し、その活動は調査研究ではなく科学ショーで生き延びている。また、SSH (Super Science High School) のような特別の組織では特別予算があり、大学教員の指導を受ける活動があるが、その多くは実験室的な内容になっている。従って、授業以外でもフィールドに出て、生物に親しみながら調査するということがごく少なくなっている。

学校の中で生徒の目を自然に向けさせるためには、学校の行事を利用することも可能である。遠足や修学旅行などがうまく使えればよい。しかし、それを発言する教員が必要である。

3. 科目の問題点と植生学会の関与は？

「生物基礎」の教科書は 3 編に分かれ、その 1 編が「生物の多様性と生態系」でこれが「植生の多様性と分布」と「生態系とその保全」の 2 つの章に分かれ、この前者が植生関連分野になっている。

その中は 1. 様々な植生, 2. 植生と遷移, 3. 気候とバイオームに分かれる。

その内容は、まさしく種名と地理的な感覚が必要な領域である。この地理的な知識は生物名と同様に生徒に欠けたものであり、実際、教科書は用語と植物名の羅列になる。教科書には 7 頁分の植物写真集が載せられている。しかし、知らない植物を小さな写真を見て分かるものではない。理科の教科書としては後退したかのようである。

現状の中で、高校生物に対して植生学会が関与できる

ところとしては教材作成が考えられる。NHK の番組「自然百景」のような自然愛好家が喜ぶようなものでなく、自然とは距離を置いている生徒をわくわくさせるような植生関連の面白い教材はできないであろうか。植生学会での話や発表を聞いているとそれは可能だと思われる。また、高校生物の教員の研修への企画参加も考えられる。現在の植生分野を知識だけでなく、内容に踏み込んできちんと教えられる人は少ないと思われるので、援助が必要である。また、教科書づくりという点では、植生分野でのまとめ方を考えることによって羅列的な内容から脱皮できるかもしれない。この文をまとめているとき、教科書に載せる「植生学」のためには、その内容に革新的なものがほしいと感じた。

謝辞

本文を書くにあたって資料提供して頂いた船戸純子氏にお礼申し上げます。

参考文献

- 岡崎高校自然観察会 (編) 1981. 竜美ヶ丘の自然. 岡崎高校自然観察会.
- 中西 正 1986. 竜泉寺植物誌. 岡崎東高校校誌 龍泉, 3 : 27-48.
- 中西 正 1987. 高校生の植物名関心度と授業の効果. 岡崎東高校校誌. 龍泉, 4 : 53-64.
- 中西 正 1988. ヒガンバナの分布と生態. 岡崎東高校校誌 龍泉, 5 : 60-89.
- 中西 正 1992. 渥美半島の生物—動物—分布. 愛知の自然観察, 33-40. 愛知県自然観察指導員連絡協議会.
- 中西 正 1998. 生物を身近にする試み. 日本生物教育会第 53 回大会 (富山) 資料.

特集「環境教育の現場から」

一植生学徒が見た高校生物教育の現場

八木正徳

東京農工大学大学院農学府

私事から始めて大変僭越ですが、私が Braun-Blanquet 全推定法による植生調査（植物社会学的植生調査）と出逢ったのは平成元年の夏で、それから約四半世紀が経過します。植生学会新潟大会の懇親会で、植生情報編集担当である鹿児島大学の川西基博先生から「環境教育の現場から」の特集を組むに当たって、教員経験者である私に執筆のお話をいただきました。長年研究成果も出せない自分がこの大役を引き受けてよいものかと悩みました。しかし、長年お世話になっている植生学会に教員経験者だから指摘できることもあると考え、植生学を学んできた自分が経験した生物教員の視点から筆を進めることにします。

1. 教員になる直前にいただいたことば

私は初めて教壇に立つ約 2 週間前に、東京都立大学（現 首都大学東京）で開かれていた第 43 回日本生態学会大会で、自分が修士課程で研究していた「多摩地域の丘陵地におけるアズマネザサの分布拡大」というテーマで口頭発表を行いました。発表の翌朝、京王線の車中で奥富清先生と乗り合わせました。奥富先生は私が所属する研究室の先代教授という雲の上の存在で、研究評価は厳しいとのことを代々の研究室の先輩方からお聞きしていました。その奥富先生から車中で軽いお褒めのおことばをいただいた時、その意図を理解していなかった私は一人舞い上がっていました。しかし、この後に続いた「君の研究は、スケールを替えたらどこまで通用する研究なのかを認識しておきなさい。」ということばが、舞い上がっていた心に深く突き刺さりました。このことばは、その後、環境教育を考え、実践する上で、常に議論・検討すべき大事な土俵を与えてくれました。奥富先生からいただいた「スケールの認識の必要性」は、一植生学徒として頼りない私に教員生活のスタートに際してい

ただいた、最高の饒のことばでした。

2. 今、高校の生物教育では

環境教育を語る上で、現在の高校生物教育で生態分野・植生学に関わる内容がどのくらい取り扱われているのかについて、まず概説します。文部科学省が定める現行の学習指導要領（平成 21 年 10 月発表）に基づく高等学校生物の 2 科目「生物基礎」、「生物」において、植生に関する学習内容は生物基礎の主要三章中の一章「生物の多様性と生態系」に関わる内容で、「植生と遷移」、「気候とバイオーム」が該当します。このような内容を聞くと、従来の高校教育と同等に高校生は生態学分野で植生に関する内容を学んでいると思いたくなります。しかし、高校生物の分野では、近年目覚ましい発展を遂げている分子生物学、遺伝子工学などを包含する生命科学の研究成果をベースとした学習内容が、現在の教科書にも導入されています。今回の高校生物の学習指導要領改訂のモデルとして利用され、アメリカの大学 1 年・2 年生が学習する N.A.Campbell の BIOLOGY「キャンベル生物学」では生態分野は最終章・第 8 章に記載されて本文 1354 ページの約 12% を占めていますが、植生を捉える概念としてはクレメンツの有機体論とグリーソンの個別論とを比較しながら植生の連続体説について解説している内容が 2 ページ弱で紹介されているのみです。この本が重要な参考モデルとなって、現行の日本の高校生物の教科書が作られています。もちろん、それぞれの教科書の著者・編集者は、日本の高校生物教育を念頭に置いて、それぞれの理想に合う教科書を編纂しています。その上で、全国の生物教員がこの教科書を用いて、教科書の背景にある日本の生物や自然、植生にも触れながら、高校生に理解させることができているだろうか？

かつての高校生物の教科書では、植物群落、植物群集、

標徴種、識別種と代表的な植物群集名などが高校生物教育用語として記載されていました。しかし、これらの情報は現在の教科書から削除され、傍用の副教材で説明されていることが多くなりました。この事実を裏付けるように、現行の学習指導要領を審議する立場にあった人物が示した試行案の中で、植物群集に関する記述について植生学が学問上で定義する概念からかけ離れた内容を「生態学の常識」として紹介され、当時の植生学会運営委員会から抗議をしていただいたことがありました。高校生物教員やその学習内容を審議する学識経験者ですら、今までの教育課程で教えられてきた植生概念やこれに関する学術用語を正確に理解できていないのではという点でも厳しい現状があります。植生に関する情報が生物の教科書から消えていく事実は、それを理解できなくなっている教育現場のレベルの低下の反映でないことを信じたいです。

3. 高校における自然教育・生物部の復興

高校における自然教育の特筆すべき活動は、生物部の研究活動だと思います。おそらく植生学会員の中にも、高校時代に生物部に所属して野外採集や調査研究のフィールドワーク、生物の飼育・観察、部室でのマニアックな生物談義に明け暮れて、高校生物部からこの道に進まれた方も少なからずいると思います。各高校で生物部での有無、高校生の興味・好奇心を受け止めて指導される生物部の顧問の存在にも左右されますが、この生物部の活動の在り方も環境教育の現状を考える礎になるのではないかと私は考えています。

1960 年代以降の高校生物部では、顧問の先生や生徒たちの独学で得た知見に基づいてそれぞれの地域で植物社会学的植生調査が行われ、その成果が各部の部報や地域の生物研究会誌に発表されていました。調査の精度、植物種同定の精度の問題はありますが、高校生たちが自分たちのフィールドである森林や草原の植生を自分たちの眼で観察・調査して、評価する研究活動をしていたことは紛れもない事実です。その植生を調査する意義や自分たちが実践して入手したオリジナルデータを扱う価値を、顧問の先生と生徒たちは共有していました。そして、それらの植生資料は 40 年から 50 年が経過した現在で

は、各地域スケールで過去の植生を物語る貴重な記録になっています。

21 世紀を迎えた現在、高校の部活動は生徒の自主性よりも顧問の先生の指導力に左右される側面も強くあります。私も高校在職時に生物部顧問を務めていましたが、生物飼育が好きな生徒たちを野外へ誘い、データを取るところまで生徒のモチベーションを高めながら、研究成果を出すところまでには至らなかった苦い経験があります。一方、日本生態学会の会場では高校生によるポスター発表が行われるなど、現在の高校生物部の部員がいろいろな活動を通じて生物と触れ合っており、生物を直に学んでいる事例もあります。こうした彼らの興味関心の方向は、1960 年代・70 年代の生物部員たちと基本的に変わらないと思います。高校生たちの目前に、多様な生きものが生育する森林、草原といった魅力的な自然環境がある。その価値、豊かさをどのように表現すればよいのか？ 21 世紀の生物部員にも、適切な助言とさまざまな視点からの自然観察の経験が備われば、植生を調査し、その成果を表現することは習得できると思います。授業で学ぶ機会は失われても、自然環境を評価する方法として植物を観察し、植物群落の構成種の組み合わせに規則性を見出して、その植物群落の特性を評価する体験から植生を学んでもらうことができるならば、何よりも替えがたい環境教育になると私は考えます。環境教育の最前線に、21 世紀の生物部員たちによる自主的な活動が復興することを期待しています。

4. 街中の生物学者たちの冒険

私が所属する東京農工大学植生管理学研究室の先輩で、常に私の先を歩まれている高校生物教員の方がいます。この N 先輩が千葉県の教員になった時にその動機を訊かれて、「自分は街中の生物学者になりたいのです」と述べていたというお話を聞いたことがありました。生物教員は学校、授業のプロフェッショナルのみならず、地域の生物のプロフェッショナルであることも大事なのだということを私はこのことばから教わり、生物教員の座右の銘として心の中に刻んできました。現役のフィールドワーカーとして野外での自然観察、生物研究を重ねながら、その成果を高校生に教えることができる先生は、

生物教員ならば誰しも憧れるものです。しかし、学校現場は諸事が多忙に多忙を重ね、野外へ出る余裕すらないという現実があります。それでも学校の理科・生物の先生はその知見から、最も身近な「街中の生物学者」という地域の自然の専門家になることができます。この街中の生物学者たちが、学校教育はもとより、地域の自然環境を調査・研究する最前線での冒険に挑戦していたと実感する体験がありました。

私は、現在神奈川県鎌倉市に在住しています。この街の小さな古書店で郷土史誌関係の書棚を何気なく見ていた時に、一冊の本と出逢いました。「中学校理科学習鎌倉の自然 鎌倉市教育委員会刊」と銘のある、昭和 58 年発行で価格の提示されていないこの本は、鎌倉市内の中学生に無償配布された理科の副教材だったものと推察されました。何気なくページをめくってみて、その指が止まらなくなりました。この本は、身近にある鎌倉の自然を注意深く観察し、守り育てていくために鎌倉の植物・動物・動植物の生態・地質について総合的にまとめた内容で、鎌倉市内の中学校の先生方が自主的に行っていた自然研究会の活動を約 3 年かけて作成したそうです。構成は、「気候」、「鎌倉の生物」、「鎌倉の生物が環境に適応しているようす」、「鎌倉の地形・地質」の 4 章からなり、教科書よりも分量が多い印象です。この書中で特筆すべき内容は、「鎌倉の生物が環境に適応しているようす」です。この章は全 72 ページからなり、その多くは鎌倉市内の植生・植物群落の記載となっています。それも、中学生にもわかりやすく「露頭の植物」、「海岸の植物」、「鎌倉の自然林」、「人間の影響下の植物（コナラ林、オオシマザクラ林、人工林、マント群落、水田・畑とその放棄地、空き地の植物）」等で各植物群落を表現し、群落構成種とその環境条件などを平易なことばで解説して、最後に植物群落の概念と植物群落の遷移、鎌倉市全体を 8 分割にして図示した植生図も掲載していました。

この本を読み進めて、私が最も衝撃を受けたものは「植物群落の遷移」でした。わずか 4 ページの内容ですが、この章では前述した鎌倉市内でみられる植物群落の特徴を紹介し、それを遷移進行のプロセスにも関連付けて説明しています。そして、最後の 1 ページには鎌倉市内

で見られる植物群落を組み合わせた植物群落の遷移系列のフローチャートを、遷移にかかる時間を当てはめながら完成させています。この本が刊行された時代に中学生であった私自身、当時の理科の授業で植物群落の遷移を習った記憶はありません。当時も、現在でも植物群落の遷移は高等学校の学習で取扱い、Tezuka (1961) による伊豆大島の事例、Tagawa (1964) による桜島の事例、Kamijyo et al (2002) による三宅島の事例などが用いられて、授業が行われています。私は以前から、それぞれの地域の植生は上記の火山島とは異なるのに、何故、植物群落の遷移は火山島の一次遷移の事例だけで終わるのか？その発展事例として、今、授業を受けているその地域で植物群落はどのように遷移していくのかを検証して、地域の自然環境を教えることはできないのか？という疑問を持っていました。私はその疑問への答え・東京における植物群落の遷移図の作成を長年試行錯誤してみましたが、植物群落の情報が足りない、遷移の概念を整理しなければできない、内容が高度で生徒に理解できるような工夫が足りない、と完成に至らないまま躊躇していました。しかし、この本には自分が希求していた、鎌倉市という地域スケールにこだわって、その地域で学ぶ中学生にも理解できるような工夫を凝らして、鎌倉市内の植物群落の遷移図を完成させた事例が明示されている。

誰がこの冒険に挑戦したのだろうか？？はちきれんばかりの好奇心に任せて奥付のページを開いたところ、7 人の中学校の先生・教育委員会の主事のお名前が列記されていました。そして、その上に「監修者・横浜国立大学教育学部教授 遠山三樹夫」のお名前を発見しました。7 人の街中の生物学者たちの大胆な冒険の成果は、遠山先生のご指導という力強い後ろ盾があって、約 30 年後に自分と巡り逢うことができました。今の高校教育では教科書以上の冒険がなかなかできない生物教員に、もっと地域に根差した環境教育に挑戦してみなさいと、温かい眼差しの遠山先生が遠くから励ましてくださったのではないだろうか。時を超えて、遠山三樹夫先生の御志を一冊の古書の中で見せていただいた。晩秋の古書店の片隅で深い感動を覚えました。

5. 学芸の人・教員は、今

私が駆け出しの生物教員だった頃、生物に興味のある生徒有志を千葉県立中央博物館へ連れ出し、大野啓一博士と一緒に生態園を歩いて解説していただきながら博物館の仕事場、標本庫などのバックヤードまで見せていただくという貴重な実習をしていたことがありました。このときに、大野博士が高校生に学芸員の仕事を説明される際に、「学芸員は、研究を続けて学びながら、自らが学んだことを博物館に来た方にわかりやすく解説をする芸を磨くことも両立しなければならない」という趣旨のお話をされて、「先生もそうですよね」と私にただされることがありました。「教員は学芸員：学んで芸する人」、私は正鵠を射たことばだと思いました。

教えることは先生の芸ですが、教えるためには学び続けなければならない。高校の様々な教科・科目の中で生物ほどカリキュラム内容が激変した科目はなく、生命科学が発展を続ける中で生物教員は自分たちが高校生だった頃には判明していなかったさまざまな生物現象を授業進行とリアルタイムで学び、生徒に教えることを求められています。生命科学の先端を行く米国式の学習内容が高校の生物教育に取り込まれていく中で、生態分野でも日本の生態学研究者が日本国内で解明してきた諸事象の記載を削りながら、世界基準の高等生物教育に内容をそろえています。一方で、高等学校学指導要領では生物基礎の履修によって、「生物と生物現象に関する基本的な概念や原理・法則を理解させ、生物学的な探求の方法を身に付けさせるようにするとともに、生物や生物現象と日常生活や社会とのかかわりを考えることができるようにすることが大切である」と掲げています。さらに、生物の多様性と生態系の章では「生物の多様性と生態系について観察、実験などを通して探求し、生態系の成り立ちを理解させ、その保全の重要性について認識させる」ことを目標としています。これが私の杞憂であればよいのですが、上記の目標を掲げながら、日本の自然・身近な生物から学ぶ視点や日常生活に通じる生物観を自ら探求し、折に触れて教示している生物教員は最早、稀有な存在のように思われます。探求を重ね、議論を重ね、検証を重ねて、自分の見解に再現性の負荷をかけても耐え

られる学びをすることが学芸する者の「学」であるはずですが、私が苦悩した「東京での植物群落の遷移系列」を現役の生物教員の方と一緒に学び、その積み重ねから議論、検証することは残念ながらできませんでした。

私が知っている東京都でのケースを事例に考えた場合、今の高校生物教員でさまざまなスケールを設定・認識しながら日本の自然を教えることはできているだろうか？

学校内の自然、地域の自然、東京 23 区内の自然、多摩の自然、伊豆諸島の自然、小笠原の自然、太平洋側の自然、日本海側の自然、日本列島の自然、東アジアの自然……

教科書や指導書では触れられていない日本の自然環境や生物を教えるために、常に学びの姿勢をもって研鑽し、学んだ知見や考え出した仮説を自らの教え方で生徒にわかりやすく「芸」する努力こそが、今の日本の高校の生物教員に必要とされていると私は考えます。しかし、学校の自然の例を一つとっても、校内に植栽されている樹木について、名前、葉の季節性、開花・結実のプロセスといった特徴・特性を、生徒に自らの学芸をもって説明できる生物教員は、現在では少数派かもしれません。生物教員とはいえ、生物学全般の中で生態分野に関する得手不得手はあります。しかし、わからないことをわかるようになる学びを実践できなければ、知らないことを学ぼうとしている生徒と教室で、実験室でどのように対峙できるのか？もし、自然環境や生きものから学んでいる先生が、植生について自分が理解してきたプロセスやそれを体得したノウハウについて授業を通じて生き生きと教示してくれるならば、生徒にとっては魅力的な環境教育を受ける機会になります。

6. 「街中の植生マイスター」に期待すること

今、高校教育の現場では、地域の人材活用を積極的に取り入れている地域が多く見られます。東京都でも、部活動の外部指導員、総合的な学習の時間の特別講師など、地域の市民が教育活動に関わる機会が増えています。生物教員が自ら地域の自然から学ぶことがなかったとしても、今後、誰かから学ぶ機会は残されています。そして、植生学を学んで社会で活躍されている植生学会会員の方々は、大学、博物館、研究機関の研究職の方々以外にも、

さまざまな職種、立場で日々、植生や自然環境を観察して、そこから多くの知見をもっぱら学んでいると思います。植生を構成している植物群落の特性を観察から見抜き、構成種を同定して、種間の共生、競争関係、種の特性と環境との関係を現場で判断できることは、まさに地域の自然環境に精通した職人技だと私は考えています。

N 先輩が生物教員を「街中の生物学者」と認識したように、私は皆さんが地域の植生や自然環境の専門家である「街中の植生マイスター」だと認識しています。今後、学校教育、環境教育に関連して学校の先生と関わられる機会がありましたら、ぜひ先生と一緒に植生や自然を観察して、観察する視点を伝え、その生態学的な知見を共有してください。その結果、高校の生物教員は植生マイスターから持ち合わせていない地域の自然を学ぶ機会を与えていただき、その経験から学校の教育現場で地域の自然を教える学芸のヒントが芽生えてくるであろうことを期待してやみません。

参考文献

- Campbell, N.A. BIOLOGY 7th Edition 「キャンベル生物学」(小林興監訳 2007) 丸善, 東京.
- 鎌倉市教育研究所編 1983. 中学校理科学習 鎌倉の自然 (遠山三樹夫 江藤哲人監修).
- Kamijyo, T. et al. 2002. Primary succession of the warm-temperate broad-leaved forest on a volcanic island, Miyake-jima, Island, Japan. *Folia Geobotanica*, 37, 71-91.
- Tagawa, H 1964. A study of the volcanic vegetation in Sakurajima southwest Japan. : I. dynamics of vegetation. *Mem Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. E. (Biol.)*, 3 165-228.
- Tezuka, Y 1961. Development of vegetation in relation to soil formation in the volcanic island of Oshima, Izu, Japan. *Jap. Journ. Bot.* 17, 371-402.

高校生向け SSH 事業での環境教育の事例

島田直明

岩手県立大学総合政策学部

教育の背景と目的

ここで紹介する環境教育の事例は、SSH（スーパーサイエンスハイスクール）事業（科学技術振興機構 <https://ssh.jst.go.jp/>）の一環で行った高校生向け実習・授業である。

SSH とは、文部科学省が行っている未来を担う科学技術系人材を育てることを狙いとして、理数系教育の充実をはかる取り組みである。科学技術、理科・数学教育を重点的に行う高校を指定し、理科・数学に重点を置いたカリキュラムの開発、大学や研究機関等との効果的な連携方策についての研究開発を行っている。

今回紹介する事例はある岩手県立高校の SSH 事業の中で、科学への興味関心をもってもらうことを目的に行っている大学研修であり、希望する 1・2 年生向けのものとして実施された。この研修は同高校からの依頼に基づき、岩手県内の大学が幾つかのメニューを提示し、興味を持ったテーマに高校 1・2 年生の希望者が参加するという形式を取っている。ここで紹介するのは、そのメニューの一つである「野生の花咲く林を設計する」と題した研修である。この研修の目的は、①身近な自然である二次林の植物に親しんでもらう、②科学的な考え方や生態学に触れ、より関心を持ってもらう、の二点とした。

高校からの依頼で、今回の大学研修は一日間で完結できるようなものを求められていた。そこで、午前中に簡単な説明を室内で行った後、フィールド（大学から徒歩 10 分程度の二次林）に移動し、野外での実習を行い、午後は室内で得られた結果の取りまとめを行うという段取りで行った。

対象者

今回の大学研修の参加者は、自然環境に関心はあるが、

自分たちで自然に触れるような自然観察などの活動は行っていないような高校生が対象であった。SSH を担当する教員の方によれば、高校では野外で生物に触れるような授業や機会がほとんどないことから、生態学のメニューを要望されたとのことであった。2011 年度は 9 名、2014 年は 13 名の参加であった。いずれの年度も 9 月に研修が開催された。

調査地

岩手県滝沢市大崎にある北斜面の二次林を調査対象地とした。コナラやオニグルミが高木層を形成し、林床にはクマイザサが密生していた場所である。この林分は、以前から大学の実習に用いている場所であり、以下のような調査区を設置している。

調査区は 20m × 30m の管理区と、10m × 30m の管理を行わない対照区を隣接して設定した。この方形区内に 5m × 5m の小方形区を設け、管理区は 24 区、対照区は 11 区（調査地に隣接する道路の関係で 1 区少ない）である。管理区では、2009 年から林床のササの刈り払いやツル切りを行っており、カタクリをはじめとする林床植生の個体数が管理前から比較すると増加している傾向がある二次林である。

なお、研修対象の高校生には、以前からこのような管理を行ったことは説明せず、調査の結果から現地の様子などを読み取ってもらうことにした。

研修の方法

1. 研修の目的

二次林の林床に生育しているカタクリ・エビネ・サイハイランなどの生育個体数をより多くするためには、どのような環境状態を整えると良いだろうか？ 現地調査を踏まえて考える、と設定した。

2. 研修前ワークショップ

現地に行く前に教室において、今回の研修の趣旨などの説明する時間を 30 分ほど用意した。

事前に「植物の生育する条件には、どんなものがあるか?」という課題を与えていたので、それに答えてもらった。回答は、大気、土壌、水、光、栄養分が挙げられた。それぞれの条件が植物にとってどのような役割を果たすのかについても考えてもらった。例えば大気は、光合成と呼吸を行う際に利用されるといったことを整理した。

その後、今回対象となる林床植物を説明した。これら林床植物が現在減少する傾向があり、種によっては絶滅危惧種となっているものもあると紹介した。今回調査を行う森林では、これらの植物が比較的良好に見られるが、①どのような環境条件のところによく生育している傾向があるのか、②これらの個体数を増加させていくためにどうしていくと良いか、という 2 点について考えてみようというテーマを提示した。まず①のテーマについて、林床に生育する植物の好適な環境はどんなところか、予想し回答してもらった。これは、調査対象種の個体数を調査する際に、事前課題で上がった「植物の生育条件」のうち、どの条件が重要になってくるかということイメージしたり、考えたりするきっかけとするためである。高校生からは、光環境や土壌水分が関係しているのではないかという意見があった。

3. 調査方法

1) 林床植物個体数調査

今回対象とした植物はエビネ、サイハイラン、シロバナエンレイソウ、フタリシズカ、ヒトリシズカ、キバナイカリソウの 6 種である。フタリシズカとヒトリシズカは高校生にとって区別が難しいと考えたので、あわせてフタリシズカ類として扱い、計 5 種について個体数調査を行った。個体数は 5m × 5m の小方形区ごとに数えた。なお、対象種の選定にあたっては、林床植物の中では比較的大きいこと、葉の形などが特徴的であることなど、植物に馴染みがない高校生でも検索しやすいものにするように心がけた。

現地では班ごとに担当植物を決め、その植物を集中して探してもらうことにした。エビネとサイハイランを 1

組とし、その他を 1 種ずつ割り当て、計 4 班で作業にあたった(写真 1)。調査時には対象種の特徴を写真とコメントで示した簡易自作図鑑を渡した。また、班に一人ずつ大学生のティーチング・アシスタント (TA) を配置し、指導をしてもらうことで、誤同定をなくすように努めた。TA は以前同様の実習を履修している学生に担当してもらったため、調査地や植物、作業内容について細かな指示をしなくても進められた。

調査しているときに高校生の中には、クマイザサが密生しているところでは対象植物が見当たらないことに気づいている生徒もいたようだ。

2) 林床生育環境調査

今回の調査では比較的簡易な手法で測定できる林床環境の調査を行った。取り上げたのは光環境(光量子密度)、土壌水分、土壌硬度、クマイザサの植被率の 4 項目である。光量子密度は光量子計 QMSS (Apogee 社製) を、土壌水分は土壌水分測定器 HydroSense (Campbell Scientific 社製) を、土壌硬度は山中式土壌硬度計 No.351 (藤原製作所社製) を、それぞれ用いた測定である。測定は 5m 小方形区内において樹木の根元を外してランダムに 3 か所行い、その平均値をもって方形区の代表値とした。クマイザサの植被率は、5m 小方形区ごとに 10% 刻み(例外として植被率 5%)で記録した。調査時には、個体数調査を行った班ごとに、1 つの調査項目を担当してもらった。

班ごとに、どの項目を調べてみたいかということを探ねたところ、光環境を調査したいというところが多かつ



写真 1 林床植物個体数調査の様子

た. これは, 今回の対象とする植物の個体数に関して
いるのが光環境ではないかと考えたためのようである.

4. 取りまとめ

調査後大学の教室に戻り, 調査した植物個体数と環境
調査の間に関連性を見るために, 散布図を作成した. 環
境要因を測定した班ごとに, 自分たちが測定した環境要
因と, それぞれの植物個体数, ラン類 (エビネ・サイハ
イラン) の総個体数, 林床植物の総個体数について散布
図を作成した. 散布図は模造紙に記載し, その結果を他
の班の前で発表してもらった.

その結果, クマイザサの植被率とキバナイカリソウ・
ラン類・林床植物総個体数では緩やかな負の相関があっ
た (図 1a). クマイザサの植被率の小さいところには,
植物の個体数の多い傾向が確認された. しかし, 高校生
が関係しているのではないかと考えた光環境と個体数の
間には, 明瞭な関係は認められなかった (図 1b). 高校
生からはちょっと意外だったという感想が得られた.

この結果から, 林床植物の個体数を増やしていくため
には, どのようにしたら良いかなどについて考えても
らった. 高校生からは, クマイザサの量を減少させるこ
とが有効ではないかという答えが返ってきた.

ここで, 種明かしとして, クマイザサが少ないところ
は, 以前からクマイザサの刈り払いを行っている場所であ
ることを知らせた. 今回の対象植物だけでなく, カタ
クリも同様にクマイザサが少ない刈り払いを行ったとこ

ろで多く出現する傾向があったことも紹介した. クマイ
ザサの植被率が減少すると林床植物個体数が増加する傾
向があること理由としては, 刈り払いによる光環境の
改善がもっとも大きい要因であると考えられる. しかし,
光環境と林床植物個体数の間で明瞭な関係が認められな
かった. これは, 林冠ギャップや周辺の道路からの光の
差し込み具合などによってクマイザサ以外の要因による
光環境の相違がでていること, 刈り払い後に対象とした
林床植物が拡大するまでに十分な時間が経過していない
ためなどの理由が考えられると解説を加えた. 林冠
ギャップや周辺の道路については, 生徒に質問して, 周
辺の状況を思い出させながら, 話を進めた. 二次林にク
マイザサが繁茂し, 林床植物が減少している要因として,
近年の里山の利用や管理の激減といった人の生活様式
の変化があることを説明した.

始めに想像した光環境と植物個体数の関係のように,
こちらが思っていたような結果が出ないことも自然環境
の調査をしていると多く, その理由を考えたり, 調査を
加えたりしながら, さらに考察していくということが,
自然を調査する醍醐味・面白さだということを強調して
研修を終えた.

5. 研修にあたっての注意点

野外での調査となるので安全確保について一番気を
遣った. 林内にはツタウルシも生育していることもあり,
長靴を貸して着用してもらった. また, 大学の実習で同

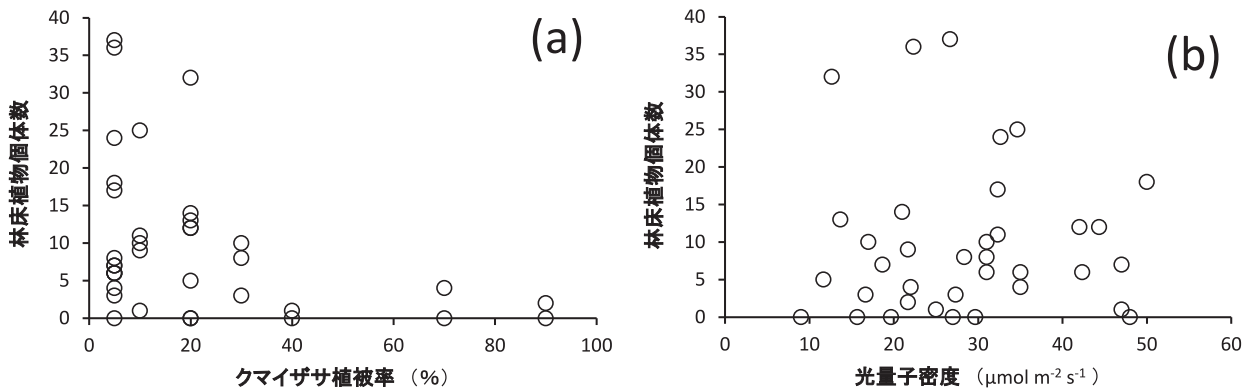


図 1 林床植物個体数と環境条件の関係の一例 (a)クマイザサ植被率, (b)光量子密度. クマイザサ植被率
は緩やかな負の相関が確認できるが, 光量子密度では関連性は確認できない. データは 2011 年の SSH
で得られたものを用いた.

様の調査を行った学生を TA として班ごとに配置し、植物個体数調査や環境調査のサポートをすると共に安全に調査できるように目を配ってもらった。

参加者からの反応

2014 年度の研修後に高校側で取ったアンケートによれば、参加者のうち 80% 以上が今回の研修に参加して良かったと回答し、満足度は高かった。参加者の感想としては、普段の授業では行われないような野外での調査が新鮮で貴重な経験あったことや、調査を行いグラフにまとめ考察するという科学的な方法を学べたこと、自然

は自分たちの社会と深い関係性を持っていること（二次林の管理のことを指していると思われる）を知ることができたなどが挙げられた。

今回の SSH での事例は、高校の授業では教員に専門的な知識がないため行えない野外での生態系に係わる調査を体験できる場として有用であったようだ。高校生のような若年層に生態学を親しんでもらう機会が多くないことを考えると、このような機会を捉えて、生態学・自然環境・生き物について知ってもらうことは、重要なことではないかと考えている。

特集「環境教育の現場から」

ルーペで観る非日常の世界と参加者のモチベーション

田中徳久

神奈川県立生命の星・地球博物館

1. はじめに

神奈川県立生命の星・地球博物館は、横浜にあった神奈川県立博物館が自然史系博物館として再編整備され、1995 年 3 月に箱根の麓に位置する小田原の地に開館し、2015 年 3 月で開館 20 周年を迎えた博物館である。自然科学を専門とする 21 人（定員）の学芸員が勤務し、資料の収集・保管、調査・研究、教育（展示・学習支援）の 3 つの博物館機能を果たすべく精力的に活動している。ここでは、教育機能の一つの柱である学習支援事業について紹介する。なお、この「学習支援事業」であるが、博物館によりさまざまな名称があり多岐に渡る内容を含むが、この報告では特集のテーマである「環境教育の現場」が示すように、いわゆる観察会や講座などを扱った。

2. 事業の背景と目的

生命の星・地球博物館では、21 人の学芸員が、それぞれの専門分野に関する学習支援事業を個人あるいはグループで展開している。生命の星・地球博物館の使命は、「…前略…資料を基にした調査・研究活動を原動力として、生涯学習や学校教育の支援ならび社会的貢献を行うことにより、人々の心に地球の自然に対する愛着と感動を呼び起こすことを使命とする。」とされ、学習支援事業は、「人々」に直接、接する重要な場面である。学習支援事業の内容は、学芸員の専門分野の数以上に多岐に渡り、対象もさまざまである。小中学生（以下子供と表記）を対象にした入門（中にはマニアックな子供も存在するが）から、地域の自然調査を担うセミプロを対象にした専門的なものまで幅広い。大きく見れば社会教育の一環であるが、教職員の研修者や学校への出前事業を展開している学芸員もいる。

3. 植物分野の事業

21 人の学芸員のうち植物（菌類を除く）が専門の学芸員は 3 人おり、2 人が分類学、1 人が生態学の担当である。1995 年 3 月の開館以来この構成は変わらないが、分類学担当の学芸員は 1 人が入れ替わっている。開館当初は、帰化植物も含め維管束植物全般に造詣が深く、特にカヤツリグサ科（スゲ属）に詳しい勝山輝男、イネ科（イチゴツナギ属）が専門の木場英久（現桜美林大学教授）、そして生態担当の筆者の 3 人がメンバーであった。勝山や木場は、その専門の知識を生かしたカヤツリグサ科やイネ科に特化した専門的な講座を一般の方対象に主催し、生態担当の私は、「特にどの分類群を」ということに限らない、入門的な植物観察会を子供とその保護者を対象に主催してきた。3 人で同じような内容の事業を展開するよりも、異なる参加者相を対象としたさまざまな内容の事業を提供する、と考えての分担である。

4. 観察会の進め方

カヤツリグサ科やイネ科の講座は野外での観察会も実施してきたが、その植物の特質から、詳細な観察を要するため実体顕微鏡などが必要であるため、押し葉標本あるいは野外で採集してきた生品を室内で観察する実習が主となっている（写真 1）。私が担当する観察会は、野外でのある意味、出たところ勝負（と言っても自分がよく知るフィールドで実施している）のもので、目につく植物、聞かれる植物について説明しながら歩く、というのが基本的なスタイルである。近年は春と秋の 2 回、季節を変え、同じ場所で実施している。季節の変化による植物の変化を感じて貰うことを意図してのものである。

まず、集合、受付の後、全体的な注意事項など説明し、ルーペを貸出し、使い方の練習をする。ここで言うルーペはいわゆる虫眼鏡ではなく、× 10 程度の操出式の

ので、それなりの解像度を持ったものがよい。基本的には、博物館である程度の数を用意し、参加者に貸し出している(写真 2; 今より少し予算があった時期に整備したもので、高額でもあり、番号で管理して貸し出している)。近くに観察する適当な材料がなければ、自分の指紋を観る。後述のように、ルーペの存在がこの観察会では非常に重要な役割を果たすので、一人ひとり漏れがないようにじっくり練習する(写真 3)。

その後はルーペで花の構造を観察し、においをかぎ、種を吹き飛ばし、ルーペで茎葉の毛を観察しながらコースを進み、昼食となる。

昼食が終了すると少しまとまった話をし、午後の部を始めるが、ここからが微妙であり、飽きてしまう子供が



写真 3 ルーペの使い方の練習の様子

出てくることも多い。となると、子供担当と保護者担当の学芸員が分かれ、観察会を進める。子供担当の学芸員は午前中同様、植物の説明もするが、状況によっては「植物遊び」などを取り入れ、子供たちのモチベーションを維持するよう努力する。春～初夏であれば、カラスムギで燕を作ったり、草笛を吹いたりする(情けないことに筆者は音が出せない)。秋であれば、「くつつき虫」などが有用である。子供より保護者の方が夢中になることもある。逆に、この「くつつき」をルーペで観察することで、驚愕の「くつつき」のしくみを目の当たりにし、観察会の雰囲気を持ち直すこともある(その意味では午後までネタをとっておく余裕もあるといいのだが…)



写真 1 カヤツリグサ科の講座風景

5. ささいな非日常の体験

植物の学習支援事業の場合、積極的な子供の参加者は少ない。植物好きの保護者に無理やり連れて来られる場合さえある。一見植物のようでもある「菌類」の講座には意外に多くの子供が集まるようで(かなり菌類に詳しいマニアックな子供が多いとも聞く)、不思議に思う。昆虫や海岸の生き物の講座に子供の希望者が多いのは納得できるし、諦め(?)もつくが、他ではいかがであろうか?

しかし、このような状況であっても、観察会の終わるころには少しは興味を持って貰えるようになる事が多い。その最大の武器は「ルーペ」であると思っている。博物館で貸し出しているルーペは「よく観える」のであ



写真 2 博物館で貸し出し用に用意しているルーペ

る。使い方を間違えなければ、かなり細かい花の構造や毛や棘の状態が詳細に観察できる。普段観ることのない非日常の世界を垣間見る体験が、大きな要因であろう。また、ルーペを使つての観察では極力、子供たちの観た内容を自分の言葉で表現して貰うように気をつけている。ノミノフスマの花弁は 10 枚に見えるが、実は根本でつながっている。これに気づいた一人の子供は「ウサギの耳みたいなのが 5 枚 (個) ある」と発言した。このフレーズは別の機会にも使わせて貰っている最近のヒット作である。

ルーペの使い方をもうひとつ。観察会で植物の名前を聞かれたとき、まずは「ルーペを取り出して尋ねられた植物をじっくり観察する」(迅速に対応できるようにルーペはヒモをつけ首から下げている)。「植物の細部をしっかりと観察して、きちんと答えを出そう」という慎重な態度、とも取れるが…。実は多くの場合、ルーペで観ている振りをしつつ、植物の名前を思い出そうとルーペを使つて時間稼ぎをしていることも多いのである。

6. 参加者のモチベーション

子供とその保護者を対象にした植物観察会は、前述のように、子供の積極的な参加が少ないことから、定員割れすることも多いため、逆にリピータとなる子供も出てきている (応募者が多くと抽選となり、複数回にわたり参加することが難しくなる。不幸中の幸いとでも言うべきか)。リピータの子供たちに接する際に気を付けたいのは、「参加者や話した内容を覚えている」という点である。リピータとなる子供たちは当然、講師役の学芸員のことを覚えていて、前回の観察会である程度仲良くなっていると親しげに話し掛けてくれる。忘れていても、しっかり覚えているフリをして会話を進める高度なテクニックも重要である (嘘をつかずに素直に謝る真摯な対応も必要であるが)。春に覚えた植物について、秋の観察会で尋ねられることもある。しかし、子供は植物の名前を憶えておらず、「この辺りで見たお椀みたいな花」などと尋ねられる。「うーん、何だっけ」では、せっかく覚えていた子供たちに申し訳ない (「お椀みたいな花」=ネコノメソウであった)。この辺りも、植物に興味を持ち、高いモチベーションを維持して観察会に参加して

貰うために重要な点であろう。

なお、モチベーションについては、以下のようなこともある。子供ではないが、植物生態学 (あるいは植生学) に興味を持つ参加者も現われ、座学での講座を開催した。意外に好評であり、実際に調査する事業の開催を求められたこともあるが、実現していない。「研究」ではないので「調査」の動機づけが弱いように思う。「観察会」はあくまでも観察することが目的で、ある程度の満足感が得られるが、「調査」は少し異なるように思っている。その意味では生態学的な調査ではないが、市民を巻き込んだ植物相調査を実施し、植物誌という成果を挙げた神奈川県植物誌調査会による『神奈川県植物誌 1988』や『神奈川県植物誌 2001』のための活動は、先見的なものだったのかもしれない。現在では、調査会の会員が、博物館の専門的な講座の中心メンバーにもなっているという面もある。

7. 博物館活動の二極化

植物の観察会の場合、子供の参加者が少ないので、一般を対象にすれば定員割れすることもないが、「理科離れ」などと言われて久しい現在、植物好きの子供を育てたいという気持ちもある。

このような状況の中で、今後、事業は二極化していかざるを得ないように思う。これは子供向けの入門講座と一般向けの専門講座という意味でもあるし、一般向けの講座の参加者についても、初心者と植物誌調査会の会員のようなセミプロに分かれるという意味でもある。全体的に裾野を広げて行く活動と専門的に突出させていく活動と捉えると、展示を観覧に来る入館者と資料整理に携わるボランティアという博物館利用者の区分や、大規模館と小規模館の活動など、博物館のさまざまな活動にも言えるかもしれない。

8. おわりに

近年、博物館に勤める生態学を専門とする学芸員も増え、日本生態学会誌の「博物館と生態学」の特集に示されているように、博物館コミュニティーの中でも「生態学者」が認知されつつあるが、やはり博物館は、標本に根差した分類学が中心的な位置を占めていると思う (生

態学を専門とする者の僻みであろうか)。そんな中で、分類学が専門の同僚とさまざま講座を運営するのは、参加者以上に勉強になることが多い。ここでは紹介しなかったが、異分野が専門（地学や動物など）の学芸員との事業などはその最たるもので、この辺りに博物館の目指す環境教育のひとつの方向があるかもしれない。

なお、木場の後、生命の星・地球博物館には、アオスゲ類の分類学的研究をしつつ海岸域の生物多様性など、

幅広い分野に興味を持つ大西 亘が加わった。大西は、これまでになかった一般の初心者向け講座「図鑑の使い方」を展開し、また、新たなりピータを獲得しつつあることを付記しておきたい。

話題があちこちに飛び文章もまとまりのないもので、企画者の意図した内容の報告となったか甚だ自信はないが、何かの参考になれば幸いである。

知的好奇心とともに—市民調査の現場から—

蛭間 啓

長野県環境保全研究所 (2015.4.1 より尾瀬保護財団)

はじめに

私は植生情報第 14 号において、同 13 号特集記事「植生学はどこへ向かう？」への感想・意見を述べさせていただいた。その際、教育普及の視点から、川西基博氏(現情報誌編集担当)のお言葉を引用しながら、「植生学をいかに普及していくのか」を今後の課題としてピックアップした。ふりかえればそのような経緯と、川西氏からのお声かけもあり、本稿が少しでもみなさまのご参考になればと思う次第である。

環境教育の現場にも様々な対象がある。私からは植生学が普及されていない地域の、一般の大人を対象とした事例について紹介させていただく。一般の方に、植生学的な視点について伝えたいと思っはいても、まずはその前段階が必要になる。ある程度植物の種名などの知識・興味を得ている方でなければ、話を切り出すことすらできない。植生学のなかで、環境教育の話題がこれまであまり表に出てこなかったのも、このような自己抑制的な意味での“敷居の高さ”のようなものが存在するためではないだろうか。結果として、こちらは植生学を学んだ者とはいえ、一般人からしてみれば、“植物に詳しいひと”という認識から先にはなかなか進まない。もちろん、高いプレゼンテーション能力やカリスマ性、経験・権威を持った植生学者ならば、そうではないかもしれない。

私の少ない能力と経験の範囲で考えるならば、長いおつきあいの末に、自分の話(植生学)について耳を傾け、興味をもってくれる人を一人でも得ることが、植生学の普及に際してまず重要な条件になる。そして、その耳を傾け、興味をもってくれるような人は、たいがい行動力があり、団体の代表あるいは幹部であることが多い。つまり同時に“仲介者”を得ることになる。

私は長野県で活動を始めてから 10 年になるが、その

後半から仲介者を得ることができ、2つの市民団体の活動に講師として関わらせていただいている。ここではこの2つの事例について紹介する。

放置雑木林の利用再開と植生モニタリング

長野県上伊那郡飯島町で活動する野口の森里山づくりの会 (<http://nog.midorinooka.net/>) では、30年放置された雑木林の利用を、2010年の冬から再開した。その際こちらの代表の石井美久氏から、他団体の自然観察会などで知り合いになっていたご縁で、雑木林の利用に関してアドバイスを求められた。私からは、八木(2005)を参考に実験的な方形区を設けてモニタリングを行いつつ、順応的な利用を進めることを提案した。この提案は受け入れられ、約0.35haの雑木林のなかに、10m×10mの無管理区、間伐+落ち葉かき区、間伐区をそれぞれ2区画ずつ設置してモニタリングを開始した(図1)。

方形区でのモニタリングは、私を講師として伐採前か



□ 1, 3無管理区 □ 4, 6間伐区 □ 2, 5間伐・落葉かき区

方形区配置図 (イラストの方形区の形が種々だが、全て10m四方である)

図1 石井氏作成



写真 1 野口の森でのモニタリング調査の様子



写真 2 大鹿村での植物調査の様子

ら続く植物社会学的植生調査、全天写真の撮影、伐採前の毎木調査を行っている(写真1)。メンバーの多くは年齢 40-50 代である。植物社会学的植生調査は、2014 年までの毎年 2 回、5-6 月と 9 月に行っている。調査には毎回 5-6 名の参加者がある。調査開始から 5 年になり、参加者は調査法にすっかりなじんで来ている。種のリストアップもほとんどお任せできるレベルになっている。ただ、亜高木層、低木層の優占度判定にはまだ参加者とまどいがあり、調査効率と統一性優先のため私が判定している。調査結果は年度末にまとめて、メンバーに配布している。この活動は、植生調査法の理解のみでなく、雑木林の利用とその後の植生の変化について、参加メンバーとともに全体を見渡しながら理解し、考えることができる。

植生調査以外に、周囲の植物相調査や、観察会もおりまぜている。また当時私は自宅への薪ストーブの導入を予定していたため、チェーンソーを購入し、間伐作業にも参加した。このように、調査だけではなく活動全体を通して参加することにより、メンバーからの仲間意識ももってもらえているのではないかと思う。

地域の植物相調査

長野県下伊那郡大鹿村で活動する大鹿の 100 年先を育む会 (<http://www.umanojou.com/oosikamura/oosika100/oosika100.html>) は、大鹿村の環境・文化・経済について学び、村の将来像を考える取り組みを行っている。この会の活動の一環として、2012 年から大鹿村の植物調

査が行われおり、私は講師として協力している(写真2)。植物調査のメンバーは年齢 30-50 代である。植物調査の企画者でこの会のリーダーの一人、前島久美氏とはこちらも他団体の自然観察会などで知り合い、その後前島氏企画の観察会などに講師として呼んでいただいていた。

この調査は、村内のできるだけ多くのルートを歩き、維管束植物種の分布記録をとっていくというものである。この 3 年間に 20 回ほど調査に入った。参加者数は 5-10 名である。これまでにリストアップした種は約 700 種。調査内容は植生調査というよりは、植物相調査だが、できるだけ植生の話題も紹介するようにしている。

大鹿村は南アルプスの高峰赤石岳(3,020m)に抱かれる地域で、地形・地質も複雑多様である。植物も高山のほかに石灰岩地が存在するため、地域限定の希少種が多く魅力の多い調査となっている。植物社会学的植生調査法もできるだけ紹介したいところだが、一ヶ所にとどまる時間をとらねばならないため、ルートをかせぎたい本調査では 1 度しかできていない。

大鹿村での植物講座

私は様々なルートを調査、種のリストアップをする中で、目につく植物の来歴や生態、植生について自分が歩きながら感じ取れているものを多くのメンバーと共同で共有すべきだろうと思うようになった。前島氏と話しながら、冬の間に寺子屋的な、植物地理学や、植生学的見方からの座学を企画したいということ打ち明けた。前

島氏は快く賛同してくれただけでなく、早速村の教育委員会にかけあい座学開講の予算もとりにつけてくださった。3 年間のこの会の活動が村に評価されていたことが大きな力になったものだが、これまで大鹿村に通った反響がひとつ形になったのではないかとも思う。

ちょうどこの 2014-2015 年の冬に、5 回シリーズの植物講座を開講していただいている（会場は大鹿村中央構造線博物館）。初回は日本や大鹿村の植物地理の話題（堀田 1974 などを引用しながら）、2 回目は雰囲気似た植物を見分けるための視点について標本を用いながら、3 回目は植物の生活戦略の話題（Grime 2001 などを引用しながら）について説明した。そしてこの本稿を仕上げていくつい先日には、4 回目としてついに「植物の社会」と題した植生学に関する話題を紹介した（写真 3）。これまで 4 回は、南アルプスジオ・エコパークの関係の方の参加もあり、いずれも参加 25 名ほどの盛況となった。

植生学に関する話題の中身は、植生についての概説、植物群落の認識、植物社会学的植生調査、群落の分類、群集、植生図、地域植物誌と地域植生誌、群落形成のプロセス、動態、について説明した（講座は 1 回 2 時間）。

群落の認識、分類、群集の部分は質問を受けながらとくにゆっくりと、何度もキーとなる話に立ちかえりながら説明を行った。大鹿村の森林植生を題材に、群網名、群目名、群団名、群集名を紹介した。また地域の生物多



写真 3 植物講座の様子 南アルプス（中央構造線エリア）ジオパーク協議会提供

様性の評価における植物社会学的植生調査に基づく資料の重要性について、 β 多様性評価の面から説明した（講座では β 多様性という言葉は用いていない）。

この講座は宮脇（1985）、Ikeda & Okutomi（1990）、宮脇・奥田（1994）、福島（2005）、星野（1998）、池田（2012）などを引用して行った。

今回の講座をきっかけに、来年度も大鹿村で野外活動や講座をやらせていただけることになっている。今回の講座の内容をより浸透させることができるように、次年度は野外実習も取り入れていこうと思っている。

オオシカ谷の植生調査をふりかえって 前島久美 (大鹿の 100 年先を育む会)

「自然資源を残してゆく上では、その土地で暮らす人たちがどんなものがあるのか認識しないと資源としての価値も生きてこない」2011 年 9 月、大鹿村の植物の特徴を知ろうと蛭間啓氏を招いて開催した「オオシカ谷の植物講座」で彼が語ったこの一説が印象に残っている。

自然豊かな大鹿村で暮らす私たちにとって里から望む赤石山地の風景は日常のありふれた風景のひとつだ。季節折々の山の食材、川の食材、これらもまた当たり前のようにその頂から時がくると手元に届く。

2010 年大規模公共事業のリニア計画が具体化した。

村の環境が一変するかもしれない。そんな不安から今まで「当たり前」にあった風景たちが輝きはじめ、その価値を探る地元探訪は始まった。取り組みの一環で 2012 年度より蛭間氏に継続的な植物調査を依頼し 2014 年度で 3 年目を終えた。調査期間中、蛭間氏は大鹿村の植物について数値や学術的視点から評価してくださり、様々な気づきの機会を与えてくださった。

結局のところ、数値や外部からの評価がなければ住んでいる場所の価値など当たり前すぎてわからないのかもしれない。実際に調査に同行させていただいた中で、季節の恵みをもたらしてくれる自然資源といった要素のほかに、知識としての情報資源、遺

伝子資源が存在することが実感をもって理解できたのは大きな収穫の一つだったと認識している。

「植物」という一つの視点から想像したり、分かたったりすることは意外にも多かった。私たちはオオシカ谷の植物を巡る中で、村の歴史や、土地と人間との関わり方、植物同士の関係性、地質、更には地球の営みについてまで旅をした。クラクラするような地球の時間軸のなかで、彼らが教えてくれたのは同じ大地の上で暮らす人間の立ち位置だった。

赤石山地は手つかずの自然が残る場所だ。その懐に暮らす私たちは自覚と敬意をもってその価値を伝えていかなければならない。

ここ 10 年活動してのつづやき

一般のかたに植生学についてじっくり伝えるには、反復が必要である。市民団体の定例的な活動に繰り返し関わる立場が得られれば、それが可能となる。しかし市民調査、市民活動との関わりは、長期間にわたる人間の集まりとのやりとりになるので、やはり人間関係のトラブルなどには気をつけなければならない。特に、相手団体に自分が溶け込んだ、頼られている、という手応えができた後にこそ気をつけねばならない。今回紹介していない某団体において、私はいきがかり上会の運営にも関わらざるをえなくなっていた。数年間活動をともにして、会員からの信頼も得ており、私自身会の活性化に貢献できているという自負もあったことから、会の体質のようなものを変革していこうという動きをとった。しかしそのことが会の主体からの思わぬ反発を招いてしまった。運営にまで関わることになった場合には、その会の性質をよく観察し、油断せずに会の主体との距離をとっておくことがよいと思う。

とはいえ、やはり市民と関わる活動にもやりがいがあるし、楽しいものだと思う。

おわりに

“市民による……”，“地域の……”，といった言葉が今

ほど多用される時期がこれまでにあったらどうか。現在世界の経済成長は頭打ちとなり、残された資源・環境の中でいかに人類が持続的に存立してゆくか、といったことが模索され始めている（鷲谷 2003）。また自然環境の観点のみならず、国の活力の厚みを維持するために、衰退しつつある地域の活性化が急務となっている。このような行政が苦手とするパラダイムの転換や俊敏性が求められる目標において、市民の自発的な活動の重要性が増し、より推進力のある NPO・NGO が生まれてきた。そういった市民活動の中で、生物多様性の保全というキーワードが目立つようになってきている。植生学もこの分野の中で新たな展開場所を得ることができるとし、必要とされている。

引用文献

- Grime, J.P. 2001. Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties (2nd ed.). John Wiley & Sons, LTD, New York.
- 星野義延 1998. 日本のミズナラ林の植物社会学的研究. 東京農工大学農学部学術報告, **32**: 1-99.
- 堀田 満 1974. 植物の分布と分化. 植物の進化生物学Ⅲ. 三省堂, 東京.
- 福嶋 司 2005. 植生管理学. 朝倉書店, 東京.
- Ikeda, H. & Okutomi, K. 1990. Effects of human trampling and multispecies competition on early-phase development of a tread community. *Ecological Research*, **5**: 41-54.
- 池田浩明 2013. 追想録：それは環境決定論だ！. 植生情報, **17**: 20-26.
- 宮脇 昭 1985. 日本植生誌 中部. 至文堂, 東京.
- 宮脇 昭・奥田重俊 1994. 改訂版日本植生便覧. 至文堂, 東京.
- 八木正徳 2005. 雑木林の管理. 「植生管理学」(福嶋司編著), 69-72. 朝倉書店, 東京.
- 鷲谷いづみ・草刈英紀編著 2003. 自然再生事業—生物多様性の回復をめざして—. 築地書館, 東京.

特集「環境教育の現場から」

四万十川における自然再生事業「アユの瀬づくり」と菜の花祭りから
環境教育を考える

古野佑果・蒲原道真・比嘉基紀・石川慎吾

高知大学理学部

1. はじめに

高知県四万十川の入田地区では、1970年代半ばから河床にヤナギ類が定着しはじめ、広い面積にわたって河畔林が形成された(石川 2004)。それとともに、流路が狭まり深掘れが進んでアユの産卵場であった瀬の面積が急速に減少した。アユの漁獲量が激減したことで産卵場の復活を求める声が大きくなり、浅瀬や広い礫河原の再生を目指した自然再生事業「アユの瀬づくり」が2007年に始まった。事業の目的を達成するための具体的作業として、ヤナギ類やエノキの高木が間伐され、一部の竹林が伐採されるとともに、ヤナギ低木林の伐採・抜根とその場所の砂州の切り下げが行われた。その結果、年による変動はあるもののアユの産卵場面積が増加して目標に対する一定の効果がみられた(国土交通省四国地方整備局 2010)。それと同時に、春になると明るくなったヤナギ林やエノキ林の林床一面に外来種のセイヨウアブラナを主とする菜の花群落が発現するようになった(写真1)。淡い緑色に芽吹いたヤナギ林の林床一面に



写真1 ヤナギ林の林床に咲く菜の花と湿生植物群落

広がった菜の花は、日本の春を代表する景色のようであって、実はいままでどこにも見られなかった景観を作り出しており、訪れる者を引きつける魅力がある。この景観に目を付けた四万十市観光協会の主催で、2008年から「四万十川花絵巻」の一つ「菜の花の巻」と称する祭りが毎年開催されている(写真2)。その評判が知れたるとともに、菜の花が咲く時期には、多くの観光客が訪れるようになった。しかし、セイヨウアブラナなどの外来種の繁茂は、河川に固有な在来植物の生育へ悪影響を及ぼす可能性もある。また、1年草のセイヨウアブラナは、個体群維持にある程度の表土の攪乱を必要としていると思われるので、河床植生の遷移によって生育立地が消失していく可能性も高い。観光目的として菜の花が広がる景観を今後も長期にわたって維持するためには、刈取り、耕作、播種といった人為的増殖管理が必要となるであろう。菜の花が外来種で本来の河川生態系の構成種ではないこと、この地域の河床には多くの希少種



写真2 菜の花祭りのメイン会場前に広がるセイヨウアブラナ群落



写真 3 菜の花群落を調査する学生

(特に湿生の絶滅危惧種)が自生していること(建設環境研究所 2004)を踏まえ、菜の花群落の存在や人為的増殖管理の導入に関しては慎重に対応する必要がある。

上記の問題を検討するにあたって、私たちは、自然再生事業地における河川の在来植物、特に希少種に対する菜の花の影響を調査した(写真 3)。それに加え、菜の花群落がもたらす生態系サービス、すなわちリクリエーション効果とそれに伴う地域の活性化に資する効果などを、アンケート調査や聞き取り調査によって把握した。これらの結果を踏まえ、四万十川の自然再生事業に伴う河川生態系の保全と菜の花の活用をどのように考えていくべきかを検討した。ここで報告する事例は、自然再生事業の本来の設定目標とは異なる事態が起きたこと、すなわち菜の花群落の出現とそれによって地域社会が活性化していることを受け、それをどのように評価し、河川生態系の復元や生物多様性の保全との整合性を取っていけばよいのかを考えたい。さらに、この地域の住民やこの場所を訪れる人たちに対して、生物多様性保全の立場からどのような働きかけが可能なのかを考察する。

2. 調査方法

1) アンケート調査

菜の花祭り参加者が四万十川のヤナギの林床に広がる菜の花をどう感じているのかを知るため、菜の花祭り開催中の 2013 年 3 月 10 日にアンケート調査を実施した。無作為に選んだ菜の花祭り参加者 74 名に、アンケート

用紙を渡してその場で回答してもらった。これ以外に、自然再生協議会関係者 29 名には、ヤナギ林と菜の花群落の今後の管理方針に関する質問項目を設定したアンケート調査を行った。

2) 聞き取り調査

菜の花祭りの実行委員会のメンバーを中心に、アンケート調査に加えて、四万十川に出現した菜の花群落と菜の花祭りが地域住民に与えた影響等に関して、聞き取り調査を実施した。

3) 植生調査

セイヨウアブラナと河川植物の分布状況を把握するため、5本の帯状調査区を設置し、合計 46 個の 2×2 m の方形区において 2013 年には春季、秋季、初冬の 3 回、2014 年には秋季、初冬の 2 回の植生調査を実施した。セイヨウアブラナについては個体数も記録した。各コードラートの環境データとして、土壌粒径の階級区分、土壌硬度、旧流路跡からの比高、林冠の空隙率を測定した。

3. 調査結果の概要

アンケート調査を実施した菜の花祭り参加者の年齢構成は、10代から60代以上まで幅広かった。居住地は四万十市がもっとも多く、半数を上回っていた。一方、市外からも多くの人が訪れており、他県からの来場者は 14%であった。一つのグループの人数は 2~4 名が約 80%を占めており、家族や夫婦で訪れた人が多かった。菜の花祭りへの参加回数では、初めての人の割合が高かったものの、複数回の人も多く、地元でなくても 5 回以上訪れている人が 15%にのぼった。菜の花祭りの感想や魅力については、菜の花そのものやそれを含む景観を挙げた人が多かった。7 割以上の参加者が菜の花は在来植物だと思っており、菜の花のイメージおよび菜の花が四万十川に広がっている感想として、「春の訪れ」や「綺麗」など回答のすべてが肯定的な意見であった。年齢の違いにかかわらず多くの参加者がこの場所に広がる菜の花にやすらぎと魅力を感じていた。

聞き取り調査の結果、菜の花祭りを運営している入田地区の住民が、祭りをきっかけにして四万十川の河川環

境に関心を持つようになったことが明らかになった。実際に地域住民が行っている活動として、1年に2回の刈取り作業がある。幅約100m、長さ約1kmにおよぶ河畔林の林床植生の刈取り作業は、約半分を国土交通省が行っているが、残りの約半分は地元住民がボランティアで行っている。洪水時にはヤナギ林の樹冠に達するほどの水位になることも多く、水が引いた後には多くのゴミが枝や幹に絡みついた状態になる。それらのゴミを集めて燃やす作業も行っている。菜の花祭りを続けるという共通の目標が、刈取りやゴミ集めのような作業を通して更にこの地域住民の連帯を促進させたといえる。自然再生協議会関係者に対して行ったアンケートでは、菜の花群落を「必要である」と回答した人は82%であった。河川管理については、半数以上が「林床の刈取りのみの実施をするのが良い」を選択した。耕作や播種をするのは良くないと考える人が多かったが、その理由として自然に広がった菜の花群落に価値があるとする意見が多かった。一方、「耕作や播種を行ってもよい」とした人の理由としては、メイン会場に近い林床の菜の花群落が急速に衰退したことを挙げ、菜の花祭りを今後も継続していくためには菜の花群落をきちんと維持できるような耕作や播種が必要だとする意見が多かった。自然再生協議会関係者は、数年間にわたる菜の花群落の変化を知った上で、菜の花群落を自然の変化に委ねるべきだとする考えと、菜の花群落を積極的に維持するべきだとする考えに二極化していた。

植生調査の結果、セイヨウアブラナは幅広い環境条件下に出現する傾向を示したが、比較的乾燥していて日当たりの良い場所により多くの個体が生育していた。セイヨウアブラナ群落の成立している河川敷には、湿生の絶滅危惧種であるヌカボタデ、タコノアシ、ミズユキノシタ、マツカサススキなどが生育していた。これらの湿生絶滅危惧種は凹地の乾燥しにくい場所に生育していて、セイヨウアブラナとは生育適地が異なっていたことから、菜の花がこれらの湿生絶滅危惧種に対して直接的な悪影響は及ぼさないと考えられた。しかし、湿生絶滅危惧種の生育地は毎年移動することが多く、2014年にはセイヨウアブラナと混生する割合が増えており、継続してモニタリングをする必要性が示唆された。

4. 自然再生事業と菜の花祭りを環境教育にどのように生かせばよいか

四万十川自然再生協議会の会則第2条では、会の目的を「本会は四万十川の豊かな自然と環境を守るため、流域住民が主体となり、意見・提案・活動を行い、地域の活性化を図ることを目的とする」と定めている。この目的に照らし合わせれば、本事業地では多くの地域住民が菜の花祭りを運営するだけでなく、刈取りや清掃などの河川管理に携わるなどしており、地域活性化という目標はある程度達成されているといえる(写真4, 5)。しかし、それが四万十川の豊かな自然と環境を守ることに



写真4 入田地区に人たちが地元の産品や菜の花弁当などを販売



写真5 菜の花祭りを描いた小学生の絵画展示

寄与しているかについては不明であり、今後、継続的にモニタリングを行って検証する必要がある。また、河川管理の目的を外来種である菜の花群落の維持に置いてしまうと、四万十川において守るべき自然性の高い河川環境はどのようなものであり、それを再生し、維持していくためには何をなすべきかという議論が希薄になってしまう恐れがある。また、菜の花祭りだけがクローズアップされている現状では、地域住民や観光客に、自然再生や生物多様性の保全といった観点からみて、自然に対する関わり方を間違った形で伝えてしまう危険性がある。しかしまた一方で、リクリエーションも重要な生態系サービスの一つであり、地域住民が享受すべき文化的サービスである。著者の一人である古野は、高知大学に入学した後に出場した四万十川のマラソン大会で、疲労困憊してゴールを目指していたときに、河畔林に咲く菜の花群落に心を癒され完走することができた。その時の記憶が鮮明に残っており、このテーマで卒業研究を行うことを決めたという経緯がある(写真3)。当初は菜の花祭りに慎重な姿勢で臨んでいた地元の学識者も、菜の花祭りが地域活性化に果たしている予想以上に大きな波及効果を目の当たりにして、最近では祭りの継続を支持する発言が増えてきた。高齢化と人口減少にあえいでいる地方にとっては、河畔林に広がった菜の花群落は、まさに“洪水の贈り物”である。

ここで私たちが考えるべきことは、四万十川の豊かな自然と環境を守る活動と地域の活性化につながる活動との整合性をはかるために、どのような活動を行えばよいかということである。実は、菜の花祭りが始まった当初から、“マイヅルテンナンショウの会(高知県希少野生動物保護条例で指定されているマイヅルテンナンショウの保全活動を行っている団体)”によって、四万十川の河床に生育する植物を知るための啓発活動が行われている。そこでは、パネル展示と生きた植物標本の展示だけでなくとどまらず、食用にできる野草を使った料理の試食会を行って、在来植物に関心を持ってもらう活動を展開している(写真6)。この活動は、身近で簡単に食用にできる植物を“防災植物”と称して、商標登録を行うと



写真6 四万十川自然観察会のテント—春の野草の試食会を開催

ころまで発展してきている。南海大地震の時などに役立ててもらおうという意図があり、住民の関心を菜の花以外の植物へも引きつける効果を高めている。今後はこのような優れた取り組みをバックアップする体制づくりと、さらに多くの環境学習メニューの開発が必要になるだろう。そのためには、菜の花祭りのときだけでなく、季節の違いに応じた野外教育を地域の小学校、中学校の子供たちや市民を対象に行うことを検討し、自然本来のあり方について考えてもらう機会を増やす必要がある。変化の激しい河川環境と、そこに広がる菜の花を含めた河川の植生が変化する様子を観察することで、自然の変化を感じ、自然の姿を学び、豊かな自然とは何かを考えるきっかけとなるような環境教育が望まれる。

引用文献

- 石川慎吾(2004) 四万十川下流域の河辺植生. 海洋と生物, **26**: 516-521.
- 国土交通省四国地方整備局(2010) 渡川総合水系環境整備事業 事業再評価. 第4回四国地方整備局事業評価監視委員会資料, 高知.
- 建設環境研究所(2004) 平成14年度四万十川河川水辺の国勢調査(植物)業務委託報告書.

植生学に基礎を置く植物観察

奥田重俊

横浜国立大学名誉教授

1. はじめに

ある学生が大学の学部において植物実習の授業に参加したとする。大学院に進み研究テーマが決まって植物のかなり細かい種類についても知ることになる。曲がりなりにも人前で研究成果を発表したり、論文が書けるようになる。しかし自分の研究テーマからはずれるとほとんど対応できない。卒業してその先社会に放り出されたとき、どうするか。学習できる場を探し参加することをしなければ、誰も教えてくれない。

一般社会では自然環境に興味を示すいろいろな人と出会う。専門的な知識を持つ人、自尊心が高い人、先入観にとらわれている人など様々である。特に年長者の場合、見識が先走って実践が伴わない人が多い。生態系や生物多様性について説明するにしても、足元の雑草の名前すらわからないようでは説得力に欠けるといえるものである。

ボランティアの社会活動では、例えば稲作、外来種駆除、下刈り、ピオトープ作り、絶滅危惧種の保護、植林事業などに参加していながら、本当は何が大事なのか、自然から学ぶべきことが多いはずなのに、いわれるがままに行動をする人が多い。また、講習会等に参加しても、実践を伴わなければ一時的な自己満足となる。

2. 教える側の問題点

教える側とは、私のように退職した研究者をケースとして述べる。大学を退官し、研究を続けるにしても頼りにした学生はいないので、足腰が弱った体でフィールドワークをすることもできない。すなわち余暇を楽しめば良いではないかと思われるが、これまで大学で世間離れの仕事で楽をしたのだから、社会に倍返しをしなければならない立場にあるのだ。定年後の生き方はそのまま本人の本性をあらわしてしまう。

研究者はこれまで自分の興味の赴くまま行動するが、

それ以外のテーマや場所にはほとんど素人同然とっていい。また指導方法や内容も、学生から一般社会人になるとがらりと異なる。そのような環境の変化に対応するためには、これまで訪れなかった場所に積極的に出向いて見識を広め、扱うことのなかった隣接分野などについても学ぶ必要があり、社会からも期待されていることを忘れてはならない。外国に行かなくても調べる場所は身近に数多く存在している。

3. 何を教えるか

植生学はフィールドの学問であるから、その研究者は自然を理解させることのできる最良の指導者である。指導における基本的な態度としては、己の植生学の知識や業績を生態学の一分野としてどのように位置づけるかを明確にすることである。

地域の植物相と群落組成の調査は植生学の基本的な二本柱と私は考えている。人間を含む多様な環境の下で、様々な生きもので構成される多様な植物相を対象に、まずは日本に固有植物の多いことを認識させる(加藤・海老原 2011; 邑田・米倉 2012)。さらに、科や属など分類群の共通的な特性を探ることである。地域の植物相の調査については奥山(1991)が参考になる。植物相を調べることは分類学者の行う分野と考えがちであるが、実際には在野のアマチュア研究者の努力に負うところも多い。

野外における個生態的な観察項目としては、生活史、生育立地、生活型、生育形、繁殖型、花生物学などが考えられる。

群落レベルの視点としては、群落の組成、構造的な特性、潜在立地、群落配分などを観察する(奥田 2001)。さらに群落の動態、すなわち植物の集団がどのように成立し、発達し、崩壊するかを、実物に接しながら具体的に教えることである。植物的自然を「みどり」と呼んだ場合に

はさらに広い概念となる (塚本 2007)。したがって相観的には、身近な雑草群落から発達した森林までのすべての植生や土地利用の状態を視野に入れなければならない。指導者にはこれまでにない幅広い知的感覚が要求される。

われわれの植生学会からはこれまで多くの研究者が輩出されてきた。研究者の業績もさることながら、その研究者がこれまでどのような考えの基にどのような行動によって自然を相手取っていたかを知ることの方が興味のあることである。植物社会学は中部ヨーロッパで発展したが、その重鎮であったドイツのチュクセン教授には、宮脇昭、大場達之など私も含め多くの日本人研究者が門を叩いた。チュクセン教授はしばしば野外観察を通じて自然の仕組みの根本を説いたものであるが、そのときの記述 (宮脇 1997, 出水沢 2002, 和田 2002) によれば、著者らにはチュクセン教授の教えによる共通の自然観がにじみ出ている。日本ではしかるべき地位にある研究者が、老教授の前では己がさながら子供同然の感じを抱いている。チュクセン教授仕込みの自然観は常に私の根底にあるのである。

4. 効果的な観察会とは

1) 一般的な植物観察会の形態

植物観察会とは主に植物を野外において学ぶ集会の一つである。一般的には自然系博物館や自治体で見識のある指導者のもとに開催されることが多い (杉山・近田 1982, 矢野 1987)。指導者の有する様々な情報が参加者に伝わるのが期待されるが、初めての観察会であったり、参加者が初参加だったりすると、参加者は初めての指導者のもと、互いに見知らぬ集団の後ろについていく。特に人数が多いとなかなか直接教わることもできないし、本当に観察会が機能するかは難しい。観察会に類似したものに、誰それ先生と何処何処を訪れるツアーなどがある。

指導する範囲や内容を、さらに環境教育一般に拡大するとすると観察の対象範囲が広がる。意図する指導内容は、自然のしくみなどを理解させるためにあらゆる自然現象を対象とすることになり、しかも教科書的な内容、例えば食物連鎖とか、生態系などの概念を単に表面的に

話をすることになり、折角現場にしながら具体性に欠ける恐れが生じる。

2) グループ化とレベルの統一

現在私の主宰する観察会はすべて私的なグループであり、年齢層や知識のレベルの異なるいくつかを扱っている。伸び盛りの若手主体の観察会 (フロラ研究会) では植物相の基礎からしっかり身につけるよう配慮し、これまで 150 回行った実績がある。活動範囲は関東周辺であるが、最近は次第に遠方まで及んでいる。時には地域限定のフロラ調査に参加させて、対象地のメッシュ内のすべての植物の種類を記録するトレーニングを積む事もある。若手女性の会 (やまぶきの会) やボランティア志向の高齢者 (東京みどり塾) では、緑化事業や緑地の管理などの具体的な目的を持ち、栽培植物を含めて基礎から学び、出現する植物の大部分を記録しながら次第に学問的なレベルアップを図っている。

一般の高齢者対象の観察会 (やまゆりの会) では植物の種類にはこだわらず、印象に残る種類を楽しみ、簡単な記録を残す。あとは同好会や親睦会のようなもので、健康に配慮しながら無理なく行っている。

以上の事例により、不特定の参加者における観察会を、参加者の指向やレベルなどをグループ化することで実施計画や作業分担などに対応できる組織化が進み、さらに、専門的な調査なども可能なチーム作りにまで進めることができる。

3) フィールドの選定

フィールドは身近にあれば大いに利用したい。自治体の指定する保護地域、都市公園、温室なども大いに利用すべきである。自然は四季おりおりに変化するため、季節を変えるなどして随時復習ができる。出現植物が固定される場合には、場所を隣接地などに変えると参加者にとって無理なく視野を広げることができる。

観察対象はまず鎮守の森、次いで種数の多い雑木林から入るのが定番である。伐採地、二次草原、耕作地雑草群落、路傍雑草群落などは、発達した森林植生と比較しながら観察を行うべきである。各植生の主要な構成種に注意を向けさせ、同時に生態的な生育立地を知ることが

重要である。河川敷などは群落が洪水に伴う複雑な立地配分への対応が見られるので短時間の観察に適している。さらには林縁のつる植物などのように、生育形が類似する植物を比較できるように配慮すると良い。

4) 記録を残す

植物相を主とした観察会において、目視ではあっても出現した植物を記録することはもっとも基本的な作業である。これらは普通各自のメモとして残るが、そのままでは散逸してしまうので後々の資料として生かすためにも保存が望まれる。記録の内容は紀行文と植物リストであり、ルート図、様々な写真である。ときには植生調査資料も得ることがある。PC の利用が常識になった現在、データの記録、整理、編集、伝達などが容易になり、一時保存ができる。グループ内で作業を分担し、一箇所に集積してまとめれば将来公表することも可能になる。

5. 植物観察の心得 10 か条

植物観察において植物を正しく認識し、効果的な覚え方について、初歩者を対象とし、作成した例があるのでここに全文を紹介する（奥田植物塾、おばさんの植物観察より）。

1) 巨樹も雑草もすべて平等

木を見て森を見ず、は分類学中心の考えを戒める言葉に当てはまり、その反対の森だけを見てその下の草を見ないのは一部の生態学者や林学者の悪い癖である。植物はすべて、種としては平等であるから、その形態などに惑わされないことが肝心である。

2) 最初の出会いを大切に

第一印象ということばがある。一度見たら忘れない、その記憶力を植物観察に応用してみたい。最初に出会った植物を場所と連動させると、種とその種の生育環境を同時に認識することができる。本や図鑑の記載に頼るだけでは、本当の知識は得られない。

3) 個人指導は効果てきめん

植物を覚えるために、個人でコツコツと努力を重ねる

ことは立派なことである。しかし、時として覚え違いすることも稀ではない。指導者はそれなりに深い専門知識と広い視野を持ち、適切な助言を与えてくれる。特に個人指導はその効果が絶大である。

4) 若者は高山に、年寄りには平地をうろうろ

還暦をすぎ、定年で仕事から解放され、やっと暇ができてからの高い山への登りはきつい。その点、乗り物での北へ南への水平移動は金次第で何とかなる。それもままならない人は、いたずらに時を過ごした若年の失敗を後悔するしかない。

5) 穴場は田んぼ、ため池、埋立地

植物観察はまず里山の雑木林が定番である。種類の多い林には季節の変化もあって、十分に楽しめる。しかし、出会う植物は決まり切ってしまう。そのときはため池や湿地を覗き、田んぼのあぜ道を歩こう。埋め立て地は帰化植物を発見する格好の場所である。

6) 自分の所有地を勝手に決め、しばしば訪れる

植物を知る上で重要なことは、分類群すべてに満遍なく見知することである。分類の困難なシダ類、スゲ類、イネ科などは避けては通れない。その場合、地域を限定して目録を作成すれば苦手な分野も否応なしに調べることになり、またその成果も業績の一部になる。

7) ついでに覚える似たもの同士

似たもの同士は、一方がそこに存在していなくても同時に記憶するくせをつけたい。ある種を覚えたら、類似種を図鑑で探り、いつかは出会うための準備をすることである。形態的には微妙な違いであっても、生育環境が対照的である場合などははなはだ興味深い。

8) 野生種と栽培種。相互のきずなを知る

野菜、果物、花卉など、栽培植物はわれわれの身の回りに溢れている。これらの種類の分類学的な位置や原産地の生態などを調べれば、植物の知識が一段と幅広くなる。自然観察だからといって、野生植物しか眼中にない狭い根性はかなぐり捨てることだ。

9) 分布情報で省力化

カンアオイやアザミなど、一つの属に大勢の種が含まれる場合は、なかなか覚えられるものではない。幸いこの例では、分布が一地方に限られているものが少なくない。したがって、リストから地域外種を消去することによって対象地限定の生育種を絞り込むことができる。

10) 意外に無関心—学名の知識

学名は分類学者の扱う特別な言語と信じて、ほとんど近寄らない人が意外に多い。現在、英語が蔓延してラテン語を学ぶ環境にはないが、わずかな文法の知識で学名の持つ奥の深さを味わうことができる。これらの知識をいかに自分の仕事に組み入れるか、いま本気に考える必要がある。

6. 植物社会学の室内講座や実習について

室内における講義・講習・実験などは誰でも経験のあることであるが、以下、私が行った実績をもとに述べる。

「国立科学博物館附属自然教育園（東京都港区）」は貴重な自然が保存されている場所であり、長期にわたって生態学講座を行った実績がある。関東周辺の学会員には世話になった人も多いと思われる。私は植物群落の分け方や植生図の書き方などを指導、実施した。基本的な理論は室内で指導し、野外実習ではフィールドとして主に園内の森林のほか、近傍の多摩川の河原などで行った。植物社会学的な調査の講習において、調査法から群落分類までの実習を行うには最低 3 日は必要である。「東京都神代植物多様性センター」では、昨年夏、雑草群落を対象として同様の実習を行ったが、この時は PC を駆使して 1 日で、雑草群落の調査、雑草の鑑定、表操作、群落表から群落相互の質的な違いを読み取れることなどを学んだ。種組成から立地の診断を行うためには、発達した森林よりも、むしろ単純な草本群落の方が把握しやすい。

「国際生態学センター（横浜）」では生態学の普及に関し様々なプログラムが組まれている。全国から泊まりが

けで参加する合宿のような講座や専門家養成のための実技指導なども行われており、私も講師として幾度となく参画した。その一環として、JICA が行っている学習プログラムがあり、その中で発展途上国の外国人を対象に指導を行ったことがある。この場合の野外調査は、植物名をすべて学名で行うことになるので、その方面の知識も必要となる（田中 2007）。

そのほか、かつて、東京から新潟県など遠方に出かけたこともある。中央で活躍している研究者は地方の研究者や研究団体への指導や意見交換も忘れてはならない。

本稿はいくつかの課題や問題点を念頭に、実践にもとづいて記述しているため、引用文献等についてはごく僅かに止めた。本題に関する論考については別の機会に譲りたい。

引用文献

- 出水沢藍子 2002. 胴乱をかついで 大野照好の歩いた道. 高城書房.
- 奥田重俊 2001. 地域植生誌と植生図. 奥田重俊先生退官記念会.
- 奥山春季 1991. 奥山春季植物採集記録抄. 奥山春季植物採集記録抄刊行会.
- 加藤雅啓・海老原淳編 2011. 日本の固有植物. 東海大学出版会.
- 杉山恵一・近田文弘 1982. 自然観察の基礎. 静岡県生活環境部自然保護課.
- 田中 學 2007. 植物の学名を読み解く. 朝日新聞出版.
- 塚本正司 2007. 私たちは本当に自然が好きか. 鹿島出版会.
- 宮脇 昭 1997. 緑環境と植生学. NTT 出版.
- 邑田 仁・米倉浩司 2012. 日本維管束植物目録. 北隆館.
- 矢野 亮 1987. 自然観察会と自然研究路「環境教育のすすめ」(沼田眞監修), 47-73. 東海大学出版会.
- 和田 清 2002. 緑の山河望郷. ほおずき書籍.

R を使ったシミュレーション (前編)

松村俊和

甲南女子大学人間科学部

はじめに

時間が経つのは早いもので、松村 (2009) を書いてから 6 年が経つ。植生学会や生態学会で名刺を渡すと、「あの R の松村さんですか」と言われることがある。嬉しいやら恥ずかしいやらである。「あの」と言われるほどの貢献はしていないのだが、そのたびに言外のプレッシャーを感じていた。続編を書かなくてはというプレッシャーだ。タイトルに「入門編」と書いたことは失敗だった。入門編があって、他が無いのはなんとも不細工である。幸いにして比嘉 (2010) が続編 (だと認識している) としてあるものの、その後の続編はない。続編として必要な内容には、データの変換 (作図の準備)、作図の方法 (グラフィクス)、シミュレーションの 3 つがあると考えている。

データの変換では、解析結果で得たデータ形式を作図関数に上手く渡すように形式を整えることが必要である。その際には、`merge()`、`unique()`、`cbind()`、`rbind()`、`as.data.frame()`、`as.data.frame.table()`、`rownames()`、`colnames()` などの関数が役に立つ。R は Perl や Ruby などのプログラミング言語よりも気が利いているので、オブジェクト内のデータ 1 つ 1 つを処理しなくても、一気に処理してくれる。慣れると R でのプログラミングは楽だ。ただし、気が利きすぎる (想定外の処理をする) ことがある点は注意が必要だ。データ変換に関する書籍では Spector (2008)、Matloff (2011)、Teetor (2011) などが参考になる。

作図では、`plot()` といった高水準作図関数だけで図の全体を書くのではなく、`points()` や `axis()` などの低水準作図関数を組み合わせて、少しずつ書くことと、パラメータや引数で作図を制御するのがコツだ。作図に関する書籍では Murrell (2006) が参考になる。ウェブ上にも多

くの情報がある (例えば、国立環境研究所の竹中明夫さん作成のサイト (http://takenaka-akio.org/doc/r_auto/index.html) など)。

このように、続編として書くべき 3 つのうち 2 つは既に良書が出版されている、あるいは情報を容易に入手できる。

R でのシミュレーションに関する日本語の書籍では熊谷・舟尾 (2008) がある。その内容は株価の時系列データのシミュレーションが主体である。植生学や生態学でも単一個体群の動態であれば、株価のシミュレーションを参考にできる。しかし、群集生態学のような複数の種を対象にしたシミュレーションでは、Soetaert & Herman (2008) といった英語の書籍はあるものの、日本語の書籍は見当たらない。

そこで本稿では、R を使用したシミュレーションの基礎および実際のプログラミングを例示する。想定する読者は、R をある程度使っていて基本的なコマンドを知っている植生学の研究をする人であり、自分の研究でシミュレーションをしようと思ってもらえれば幸いである。

なお、この原稿を執筆するにあたり、神戸大学大学院人間発達環境学研究科の内田圭氏から有意義なご意見を頂きました。高知大学理学部の比嘉基紀氏には、R のコードを確認して頂きました。担当編集委員である鹿児島大学教育学部の川西基博氏には、発表する機会を頂くとともに建設的なご意見を頂きました。以上の方々に厚くお礼申し上げます。

全体の構成

本稿を執筆していたら、予想以上に長くなってしまった。1 回で載せるのは分量の問題があるため、前編と後編の 2 つに分割した。全体の構成は以下のとおりである。後編は次号の植生情報に掲載予定である。

前編 (本号) では、植生学にかぎらずシミュレーション全般をまず解説する。簡単な例として、シミュレーションのうちモンテカルロ法による解析を取り上げる。モンテカルロ法では誕生日のパラドクスとその植生学への応用を考えるとともに、種組成の解析として入れ子構造の解析を説明する。さらに、時間軸を考慮したシミュレーションとして推移行列による個体群動態を取り上げる。後編 (次号) では、時間軸と空間軸の両方を考慮するモデルとして Hubbell の中立理論による群集動態を取り上げる。まとめとして、最後にシミュレーションのプログラミングを行うにあたってのコツを説明する。

それぞれの説明で R のコードを掲載している。コードはウェブからも入手可能である。 <https://dl.dropboxusercontent.com/u/518828/code.r>

植生学とシミュレーション

自然の法則は川の流れのようなものである。流れは非常に複雑で沢山の要素が絡み合っている。川の流れの中を見るには、川岸からアプローチするしかなく、いきなり川に飛び込むのは無謀である。川の一方の岸からのアプローチを現場からの積み重ねだとすると、もう一方は理論からのアプローチである。植生学会ではこれまで現場からのデータ、つまり記載的な研究が多かったように思われる。植生学では、扱う種数が非常に多く、理論的な手法での研究には向かないことがその理由の 1 つであろう。

池田 (2013) は、固有の「種特性」を持つ「種」を過度に尊重することに植物社会学の理論研究が発達しない原因があるとし、生活史特性など形質の組み合わせで抽象的な「種」を定義してそれをもとにした論理モデルの可能性を示唆している。大野 (2014) は、今までの植物社会学の成果を踏まえるとともに、他分野との連携による新たな方向性の模索と構想力の重要性について述べている。どのような手法で植生学のプレイクスルーが可能なかは分からないが、現場での徹底的な観察にもとづく構想力とこれまで得られた多くの知見を統合することが必要であろう。

過去の知見はあまりに多すぎて、それを一度に頭の中で扱うことはできない。そこで、具体的な種をそのまま

扱うにしても、抽象化するにしてもコンピュータによる解析が必要だ。コンピュータの能力が低かったときは、多くの種を大きな時間的・空間的な規模で扱うことはできなかった。コンピュータの発展に伴って、これが可能になりつつある。抽象化をして、シミュレーションすることも可能だ。他人のデータを利用して論文を書くことは、人の禪で相撲を取ることに敬遠されるだろう。他人のデータを集めるだけでそこに新たな視点がなければ、確かにそのとおりだ。しかし、新たな視点があれば、それは立派な研究であるとも考えられる。

論理的にかつ簡単に解くことができる問題であれば、シミュレーションをする必要はない。モデルを方程式化して解くのが正確で速い。一方、現実の世界は複雑すぎて数式だけでは解けない問題が多く、植生学はこれに当てはまる。しかし、川岸の一方からアプローチするよりも、両岸からアプローチするほうが、より自然の法則を理解できる可能性が高まる。今まさしくその時期になりつつあると思われる。今後は、植生学でもシミュレーションによる研究はさらに重要になってくるだろう。

シミュレーションの準備

乱数の発生

生物の生死、移動の方向性、繁殖の成否などは偶然に左右されることが多い。偶然をモデルに組み込むには、乱数を用いる。R では各種の確率分布に基づいた乱数を発生させることができる。正規分布であれば関数 `rnorm()` を、一様分布であれば関数 `runif()` を使用する (図 1)。二項分布であれば関数 `rbinom()` を使用する。

```
rnorm(n=100, mean=0, sd=1)
# n : 発生させる乱数の数
# mean と sd : 母集団の平均と標準偏差
# (既定値を明示的に表示)
# 結果は省略
# (以下でも、重要な結果以外は適宜省略する)
hist(rnorm(n=100, mean=0, sd=1))
# 上記と同様の乱数をヒストグラムとして表示
hist(runif(n=100, min=0, max=1))
# 関数 runif() は一様分布の乱数を発生させる
```

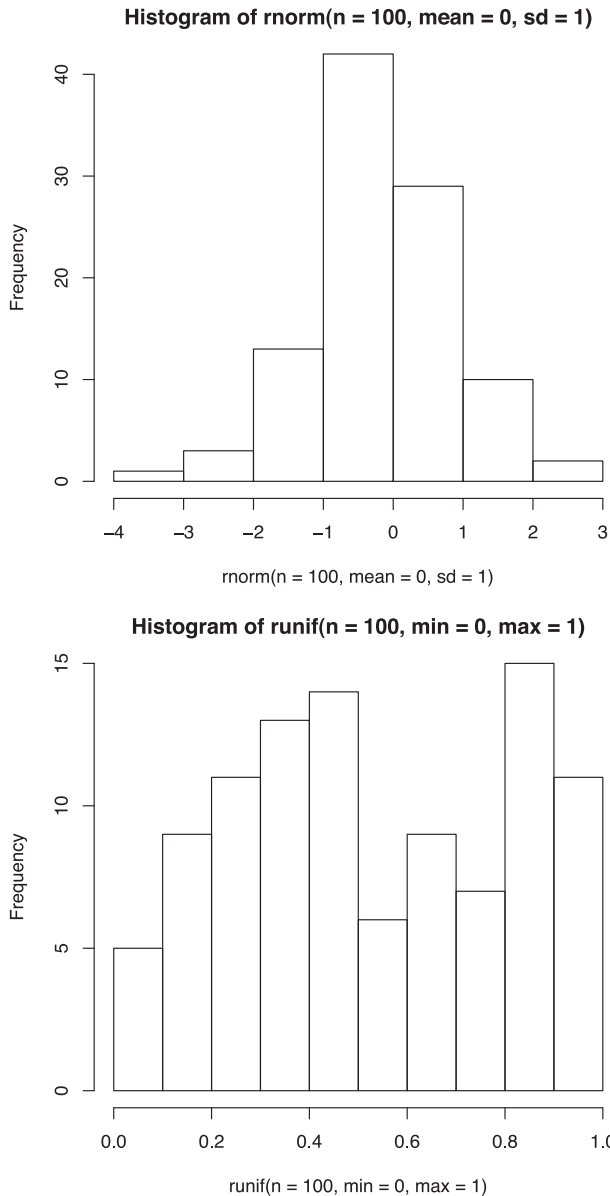


図 1. 正規分布と一様分布の乱数のヒストグラム.

```
rbinom(n=10, size=1, prob=0.5)
# 結果の例: [1] 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0
```

乱数を使うことで、無作為な標本採取ができる。例えば、a から j までの 10 種の植物が 1 個体ずつ生育し、そこから無作為に 1 個体取り出すとする。一様分布の乱数を発生させる関数 `runif()` を使用して、以下のようにプログラム可能である。

```
community <- letters[1:10]
```

```
# a から j までの文字を植物の種 (各 1 個体) とする
rnd <- ceiling(runif(n=1, min=0, max=1)*10)
# 1 から 10 までの乱数
community[rnd]
# 結果の例: [1] "a"
これを汎用性のある関数にすれば、a から j まででなくとも任意の母集団から無作為に採取することができる。

rnd.sample <- function(x, n=10){
  # x: 母集団, n: 採取する標本数
  rnd <- ceiling(runif(n=n, min=0, max=1) *
    length(x))
  return(x[rnd])
}
rnd.sample(letters[1:20], 10)
# a-t から 10 個を採取する
# 結果の例: [1] "p" "i" "l" "s" "m" "k" "a" "l" "e" "f"
```

無作為抽出の関数

自作で関数を作ることもできるが、R では標準で無作為抽出の関数 `sample()` が用意されている。 `sample()` の引数には `x`, `size`, `replace`, `prob` がある。母集団 `x` (整数の場合は、`1:x` と解釈される) から、`size` 個の標本を採取する。 `replace` は論理値で、復元抽出 (TRUE か T で同じものを採取する) か非復元抽出 (FALSE か F で同じものを採取しない) を指定する。 `prob` は選び出す確率 (比率) で、指定しなければ全てが等確率として扱われる。具体的には整数で 1 から 20 の母集団をもとに 20 個の標本を採取して復元抽出をする場合は、次のコードのとおりである。 `plot()` で作図するとどのように標本採取されたかだいたい分かる (図 2)。このように、確率を自由に決定できる点が関数 `sample()` の特徴である。

```
sample(x=20, size=20, replace=FALSE)
plot(sample(x=1:10, size=100, replace=T,
  prob=10:1), main="")
```

コードのいろいろ

1 つの内容を実現するためのコードは 1 つではない。関数 `sample()` を使った標本抽出を上では取り上げたが、

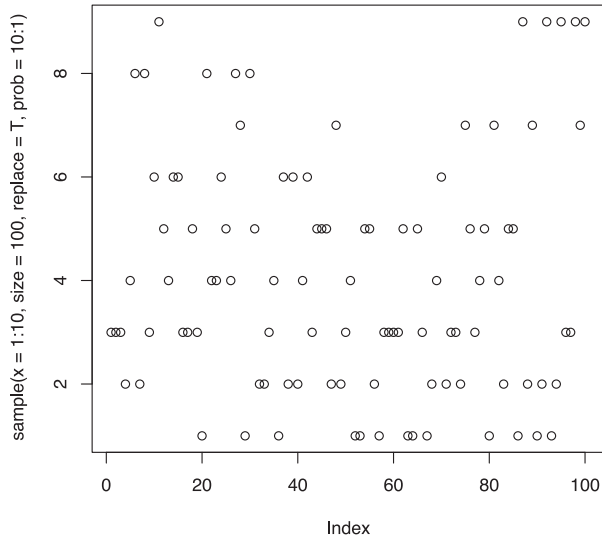


図 2. sample() で標本採取した結果の図示.

runif() で乱数を発生させて、標本抽出することも可能である。ただし、R 自体に関数が用意されていたり、求めるものがライブラリにあれば、それを使うのが便利である。まずはそれらを探して、無ければ自分で関数を作ればよいだろう。

また、R では繰り返しは for() を使ったループで実行することもできるし、mapply() を使うこともできる。うまく mapply() を使えば、動作が速くなるしコードも短くできる。ただし、mapply() を使うとやや複雑で、慣れないと理解しにくいコードになるため、後から意味を理解するのに時間がかかるかもしれない。どのようなプログラムにするかは、後からの視認性を考えておく必要がある。

シミュレーションを使った研究

シミュレーションを行うにはモデルを考える必要がある。モデルは現実を単純化して表現したものである。予算、倫理、規模などの問題で現実には実行できないことや、実行困難なものを現実とは違った形で表現する。現実と違った形とは、サイズを小さくしたり、素材を変えたりということも含む。コンピュータを用いることが多いが、必ずしもコンピュータで実行するとは限らない。

植生学や生態学のモデルには時間軸を考慮するものではないものがある。時間軸を考慮しないシミュレーシ

ョンの 1 つとしてモンテカルロ法がある。これはシミュレーションというよりは、仮説検定の一部として使用されることが多い。モンテカルロ法は、乱数を用いて行う手法全般のことで、多数回の試行によって近似的な解を得る。植生学や生態学の分野では、既知の確率分布に基づく検定の代用として使用される。つまり、確率分布がよく分からない場合や確率分布を求めることが困難な場合に、仮想的に発生させた標本と現実のデータとを比較して、現実のデータが起こる確率を推定する。

時間軸を考慮したモデルには個体群や群集の動態をみるものがある。これらには、推移行列によるシミュレーションのように初期値と結果が一对一の対応をしている場合と、乱数を用いるために初期値と結果が一对一には対応しない場合がある。乱数を用いる場合はモンテカルロ法によって多数の試行を行うことで、近似的な解を得る方法や現実のデータと無作為な標本とを比較する方法などがある。

シミュレーションによる研究は、概念的モデルの構築段階、数学的モデルの構築段階、シミュレーション実行とモデル検証の段階という 3 つの段階に分けることができる (Soetaert & Herman 2008)。以下では、この 3 つに分けてシミュレーションを用いた研究方法の概要を述べる。

なお、階層ベイズモデルと MCMC (マルコフ連鎖モンテカルロ) 法による解析する方法は、本稿で扱わない。これらは久保 (2012) を参照して欲しい。これは植物を例として解説されているので、植生学の研究者には非常に分かりやすい書籍である。

概念的モデルの構築

シミュレーションを行うには、まず言葉で表現する概念的モデルをつくる。概念的モデルでは現場で得た知識から、主要な要素を選び出す。現実の全ての要素や流れをモデル化することは出来ない。また、する必要はない。

概念的モデルでは単純化することが大切である。単純化しなければ、現実と何ら違わず、大量の変数について調査や文献から値を明らかにしなければならない。そのようなことは現実的には無理である。

概念的モデルの要素として状態変数および流れを設定

する。状態変数は個体の状態や個体数など、現実の調査で直接的に測定可能である。流れは個体の状態変化や個体数の変化など、調査結果を解析して得られる。ある種の個体群動態であれば、その種の年齢構成を単純化して表現したものが状態変数であり、種子、芽生え、幼個体、開花個体などの個体数である。種子から芽生えへの成長や開花個体の枯死などの変化が流れであり、成長率や枯死率の状態間の推移率などがある。

概念的モデルでは、空間規模と時間規模を想定する。個体群動態であれば、外部からの移入を考えるかどうかで、どこまでの空間規模の流れを考えるかが異なる。時間規模であれば、月単位か年単位かで推移率の考え方が異なる。規模は解析の目的に従って決定する。

数学的モデルの構築

概念的モデルができれば、次は数学的モデルを作る。状態変数と流れの数値を決定する。数値は現実の調査データや文献から得る。少数の変数であれば未知の値として保留し、モデル検証において推定する。

流れは、状態変数の関数として表現可能である。例えば、種子から芽生えへの成長であれば、時間あたりの成長率が分かれば、種子数の関数として表現できる。

シミュレーション実行とモデル検証

数学的モデルができれば、そこに数値を代入する。それをもとにモデルがどの程度、現実世界をうまく表現しているかを検証する。使用するデータは現実の調査で得られたものの場合もあれば、全く架空の場合もある。

未知の値として保留していた変数があれば、様々な値を代入することで変数の値を推定可能である。つまり、シミュレーションを実行したときに、現実の振る舞いに最も近い値を探すことで、変数の値を推定する。ただし、あくまで作成したモデルによればという仮定に基づくことを忘れてはならない。

現実のデータに合わない部分はモデルを修正する。シミュレーションの中でどの部分が現実にあわないのかを細かく検証すると、モデルの中の修正が必要な部分がかかる。

モデルに現実のデータを入力したときに、ある程度適

切な結果が出力されていれば、さらに細かな仮定を持ち込むなどモデルを少しずつ詳細にできる。逆に特定の要素を省いてもシミュレーションがうまく振る舞うかを検証することで、どの部分がより本質的な要素を知ることができる。

誕生日のパラドクス

シミュレーションによる分析

簡単なシミュレーションを考える。確率的に解くことができる問題として誕生日のパラドクスがある。「何人が集まれば、同じ誕生日の組み合わせが 1 組以上出てくる確率が 50% を超えるか？」というものである。確率は次の計算式で解くことができる。

$$p(n) = 1 - 365! / 365^n (365 - n)!$$

ただし、 n は集まった人数である。 $n = 23$ で $p = 0.507$ になり、0.5 を越える。このように確率を計算することで解くことができる。ただし、筆者のパソコンで R を用いて計算したところ階乗の計算でエラーが出た。誕生日のパラドクスはモンテカルロ法によるシミュレーションをすることで、近似値を得ることができる。集まった人数を入力すると、集まった人数分の誕生日を無作為に発生させて、その中に重複があるのかを判定させることを考える。

```
check.dup <- function(size) {
  # 引数で x を指定し、sample() に渡すことも可能
  birth <- sample(size=size, x=1:365, replace=T)
  birth <- table(birth) # 誕生日ごとの頻度分布
  max(birth) > 1
  # 1 を超えた誕生日があるか?
  # (有: TRUE, 無: FALSE)
}
check.dup(23)
# TRUE なら同じ誕生日有り, FALSE なら無し
```

引数の $size$ に集まった人数を与えて、同じ誕生日があるかをシミュレーションする。check.dup(size=23) を 10 回計算させた。その結果は「TRUE, FALSE, TRUE, FALSE, FALSE, TRUE, TRUE, TRUE,

FALSE, FALSE」であり、10 回のうち同じ誕生日を含む組み合わせが 5 回であった。

繰り返し回数を増やすことによって精度があがる (大数の法則)。そこで、繰り返しを関数に組み込む。

```
check.dup2 <- function(size, steps=1000) {
  # steps は繰り返し回数
  n.dup <- 0 # 結果の変数を設定
  for(Si in 1:steps) {
    # 1 から steps まで繰り返し (Si は特に使わない)
    birth <- sample(size=size, x=1:365, replace=T)
    birth <- table(birth)
    # 誕生日の同じ組み合わせがあれば,
    # 結果に 1 を足す
    if(max(birth)>1) n.dup <- n.dup + 1
  }
  return(n.dup/steps)
  # 確率を返す
  # ( 同じ誕生日の組み合わせ / 全体の回数 )
}
```

関数の中身が分からなければ、関数として実行するのではなく、通常のプログラムとして実行すると良い。その時には、引数として与えている変数への数値の代入を忘れないようにする。関数 check.dup2() では以下のところが少し難しいかも知れない。

```
if(max(birth)>1) n.dup <- n.dup + 1
```

table(birth) で得た頻度分布の最大値を関数 max() で得る。これが 1 を超えていたら同じ誕生日の組み合わせがある。そこで 1 を超えている場合には、結果の変数 n.dup に 1 を追加する。違う場合は何もしない。

関数の中身が分かったら、引数の size と steps を変えて試して欲しい。何度も同じようなプログラムを書くのは面倒なので、ここで関数 mapply() を利用して、size が 1 から 60 までの確率を計算してみる。mapply() は関数に対して、複数の引数での繰り返しをする関数である。分かりにくいので、実際に試してみよう。10 回、

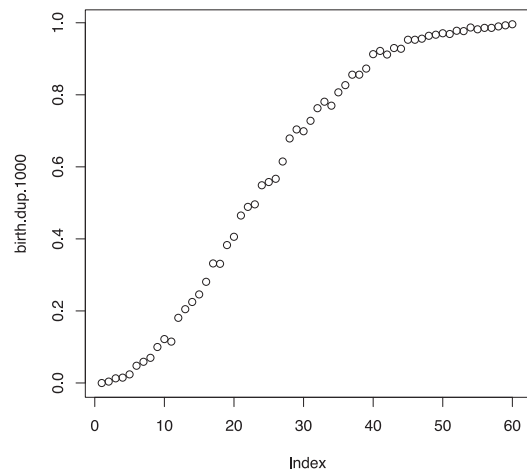
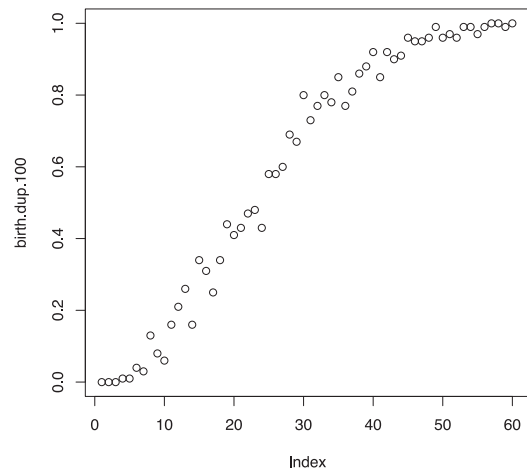
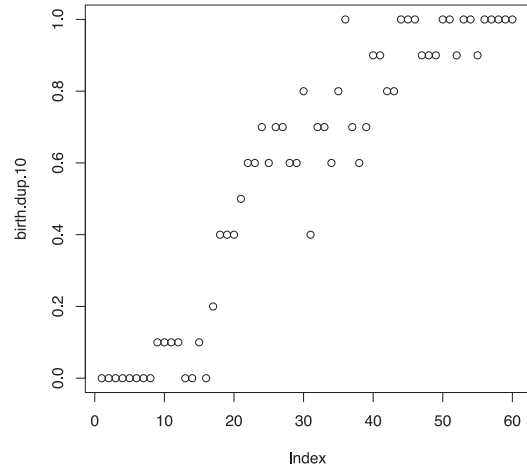


図 3. 誕生日のパラドクスのシミュレーション結果。繰り返し回数を増やすと徐々に精度が高くなる。上: 各 10 回, 中: 各 100 回, 下: 各 1000 回の試行。

100 回, 1,000 回と繰り返しを増やすと, 精度が高くなるのが分かる (図 3).

```
# 60 までに限定 (1 : 365 は計算に時間がかかる)
birth.dup.10 <- mapply(check.dup2, size=1:60,
  steps=10)
birth.dup.1000 <- mapply(check.dup2, size=1:60,
  steps=1000) # 約 27 秒
# mapply(check.dup2, size=1:60, steps=1000)
# は以下を実行したことと同じ
# steps は 1 個しか無いので,
# size に合わせて繰り返して使用される
# check.dup2(size=1, steps=1000)
# check.dup2(size=2, steps=1000)
# ... 途中も計算 ...
# check.dup2(size=60, steps=1000)
# 上記の結果をベクトルで返してくれる
birth.dup.10 # 結果を得る
plot(birth.dup.10) # 散布図を書く
```

なお, 繰り返し回数が増えると計算に時間がかかることがある. 約〇秒などとコメントに時間を示しているものは, 筆者のパソコンで計算にかかった時間である. 筆者のパソコンの環境は, OS: Windows7 (32 ビット), CPU: Pentium (R) Dual-Core E5300 2.6GHz, メモリ: 4GB, R3.1.0 である. ちなみに, 計算時間を表示させるには関数 `system.time()` を使用し, 「`system.time(birth.dup.10 <- mapply(check.dup2, size=1:60, steps=10))`」のようにこの関数の引数に計算時間を計測したいコードを入力する.

筆者が行った 1,000 回のシミュレーションでは, 22 人のとき 0.483, 23 人のとき 0.508 という結果を得た. これは正確な数値にかなり近い.

ちょっと応用

上の例は, 誕生日の人が最低 1 組ということであったため, 正確な数値を求められた. しかし, 3 人以上の組み合わせが 2 組以上などとなると, 確率から正確な数値を求めることができるだろうが, 考えるのがややこ

しくなる. そのような場合, 上の例で作った関数の中身を少し変えていけば, シミュレーション可能である.

同じ誕生日の人ということになると話はさらに厄介である. 誕生日と違って, 月ごとの日数が異なるからである. 月ごとにそれぞれ確率を計算する必要が出てくる.

シミュレーションの場合は, `check.dup2()` を少し修正するだけで良い. コードは以下のとおりである.

```
check.dup3 <- function(size, steps=1000){
  n.dup <- 0
  for(Si in 1:steps){
    birth <- sample(x=1:12, size=size, replace=T,
      prob=c(31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30,
        31, 30, 31))
    # 等確率ではなく,
    # 月ごとの日数に基づいて標本抽出
    birth <- table(birth)
    if(max(birth)>1) n.dup <- n.dup + 1
  }
  return(n.dup/steps)
}
birth.dup.3 <- mapply(check.dup3, size=1:5,
  steps=1000)
# 結果の例: [1] 0.000 0.084 0.212 0.438 0.635
```

誕生日であれば, 月当りの平均日数のばらつきがそれほど大きくないので, 平均値を使ってもあまり問題にならないかも知れない. しかし, 現実の植物の分布などを考える場合は, より複雑な状況が考えられる. 種によって個体数の割合が大きく異なっているからだ.

植生学への応用

ここでは, 非常に単純化したかなり荒っぽい例を考える. 単純化しすぎているので, そのまますぐには利用できない. 位置データを伴わない毎木調査をしたとする. 地点数は 40 地点で, 総本数は 1,300 本, 総出現種数は 30 種 (種 1, 種 2, ..., 種 30), 出現頻度は, 種 1 から種 30 で徐々に低くなる (30, 29, ..., 1) とする. ここで, 種 10 と種 15 が同時に出現する地点の種数の平

均が 18 種であった。これが起こる確率を求めたい。これを解析的に解くには、種 10 と種 15 が同時に出現する確率と種数の平均が 18 種の確率の同時確率を考える。でもこれはややこしいので、モンテカルロ法で近似的な解を求める。

まず、乱数を用いて仮定の群集を生成する。種ごとの出現頻度は、種 1 が最も高く種の番号が大きくなるほど出現頻度が小さくなると仮定する。地点ごとの出現個体数の頻度に差はないと仮定する。

```
# 仮定群集の生成関数
make.tb <-
  function(n.ind=1300, n.sp=30, n.st=40){
    # n.ind: 総個体数, n.sp: 種数, n.st: 地点数
    sp <- sample(x=1:n.sp, size=n.ind, replace=T,
      prob=n.sp:1)
    # 総個体数分の標本採取出現頻度: 30, 29,
    # 28, ... 1
    st <- sample(x=1:n.st, size=n.ind, replace=T)
    # 総個体数分の地点を選ぶ,
    # 頻度は等しいため prob は指定しない
    com <- cbind(st, sp)
    tb <- tapply(com[,1], list(com[,2], com[,1]),
      length)
    tb[is.na(tb)] <- 0
    return(tb)
  }
tb <- make.tb()
# 解析には関係ないが、以下の 3 行は組成をざつ
# とみる方法
stem(apply(tb>0, 2, sum))
apply(tb, 1, sum) # 種別の出現個体数
apply(tb, 2, sum) # 地点別の出現個体数
apply(tb>0, 1, sum) # 種別の出現地点数
apply(tb>0, 2, sum) # 地点別の出現種数
```

1 つの地点で種 i と種 j が同時に出現するときの、地点あたりの種数を求める。以下の関数のように、地点ごとで繰り返しをしていく。内容は異なるが、基本的な構

造は誕生日のシミュレーションとそれほど変わらない。

```
check.coexist <- function(tb, cond.i=1, cond.j=2){
  n.st <- ncol(tb)
  sum.sp <- apply(tb>0, 2, sum) # 種数
  dup.sp <- c() # 同時出現地点の種数を初期化
  for(Sj in 1:n.st){
    sp <- as.integer(names(tb[,Sj][tb[,Sj]>0]))
    if((cond.i %in% sp) & (cond.j %in% sp)){
      # cond.i %in% sp : sp に cond.i が含まれるか
      # & は論理和
      dup.sp <- c(dup.sp, sum.sp[Sj])
    }
  }
  return(dup.sp)
  # cond.i と cond.j で指定した 2 種が出現する
  # 地点の出現種数を出力する
}
tb <- make.tb() # 仮定群集の生成関数を利用
check.coexist(tb, cond.i=10, cond.j=15)
# 実行してみる。
# 3 4 5 6 8 9 12 13 15 17 18 22 25 27 28 31
# 32 33 34 36 39
# 同時出現の地点
# 20 16 18 17 14 18 21 16 17 16 12 18 18
# 15 17 19 16 18 18 14 11
# 該当地点での種数
```

種 i と種 j が同時に出現する地点の平均出現種数を繰り返し計算する関数を作る。繰り返し回数は 1,000 回とする。繰り返し計算の関数の引数には、作成済みの関数 `make.tb()` と関数 `check.coexist()` の引数を使う。ただし、`check.coexist()` の引数である `tb` は、`make.tb()` を使用して内部で作り出すため、繰り返し計算をする関数の引数として `tb` は指定しない。

```
chk.coe.steps <- function(n.ind=1300, n.sp=30,
  n.st=40,
  cond.i, cond.j, steps=1000){
```

```

mean.sp <- c() # 結果のオブジェクトを初期化する
for(Si in 1:steps){
  tb <- make.tb(n.ind=n.ind, n.sp=n.sp, n.st=n.st)
  mean.spi <- mean(check.coexist(tb, cond.
    i=cond.i, cond.j=cond.j))
  mean.sp <- c(mean.sp, mean.spi)
}
return(mean.sp)
}
# 全体の中での位置を特定する関数をつくる
check.rank <- function(x, all){
  rank(c(x, all))[1] / length(c(x, all))
  # x が all の中で何番目か
}

```

それでは、実際に確率を求めてみよう。繰り返し数による変化をついでに確認する。

```

stem(res1 <- chk.coe.steps(cond.i=10, cond.j=15,
  steps=100))
# 100 回で実行して幹葉表示
# (結果は省略, 以下同じ)
res2 <- chk.coe.steps(cond.i= 10 , cond.j= 15 ,
  steps=1000) # 約 8 秒
res3 <- chk.coe.steps(cond.i= 10 , cond.j= 15 ,
  steps=5000) # 約 38 秒
res4 <- chk.coe.steps(cond.i= 10 , cond.j= 15 ,
  steps=10000) # 約 77 秒
res5 <- chk.coe.steps(cond.i= 10 , cond.j= 15 ,
  steps=50000) # 約 400 秒

stem(res1 <- chk.coe.steps(cond.i=10, cond.j=15,
  steps=100))
check.rank(17, res1)
# [1] 0.9653465
check.rank(17, res2)
# [1] 0.9040959
check.rank(17, res3)
# [1] 0.9123175
check.rank(17, res4)

```

```

# [1] 0.9125087
check.rank(17, res5)
# [1] 0.9109118

```

100 回の繰り返しでは、他と比べると数値が外れているが、回数が多くなると 0.91 あたりに収束している。50,000 回の繰り返しでも、7 分弱で計算が終わっている。1 回だけ計算させれば良いのであれば、繰り返し回数を大きくしても大きな負担にはならないだろう。

自分で関数を作ってシミュレーションを行えば、自由な仮定に基づく検定が可能である。また比較的簡単に解析できるのがモンテカルロ法の利点である。上記では種数を計算したが、これを多様性指数や均等度指数に変更するのは容易である。2 種の同地点での出現を考えたが、3 種や 4 種と増やすことももちろん可能である。

今回示したコードを応用すると、植生調査データを用いて種数の多い地点に出現する種の組み合わせを選び出したいときや保全の指標となる種を選び出すときに使えるだろう。手作業やエクセルを使った解析ではとても無理でも、プログラムを組めばパソコンが自動で計算してくれる。論文で使うような解析でなくても、探索的にデータを解析するときにはこのような手法が有用であろう。

入れ子構造の解析

入れ子構造とは

組成を解析する手法の 1 つに入れ子構造 (nestedness) の解析がある。これまでも複数の指数が提案されているが、Almeida-Neto et al.(2008) は種の出現地点数や地点あたりの出現種数および出現種数の少ない地点や出現地点数の少ない種の出現の仕方をもとにした入れ子構造の指数 NODF を提案している。NODF の実際の解析としては、Sasaki et al.(2012) の八甲田山の湿原における解析を参考にして欲しい。

なお、C++ による実装は Guimaraes Jr & Guimarães (2006) によってなされている。また、Google などで NODF を検索すれば、R で使用できるライブラリや関数が見つかる。ただし、関数の内部構造は分からず、自分で改良することはできない (内容がおかしいという意味ではなく、単純に見えないというだけであ

る)。プログラムの勉強ではなく単に使用するだけならば、これらのプログラムを入手することをお勧めする。プログラムの改良や自分のデータに合わせた解析を行うのであれば、本稿の内容を参考にして欲しい。

NODF の計算

NODF は比較的簡単な計算で求めることができる。組成表と同じように種と地点を並べた行列を考える。種の出現の有無を 1 と 0 で表す。ここでは、二項分布の乱数を用いた 5×5 の配置を考える。

```
mt <- matrix(rbinom(n= 25 , size= 1 , prob=0.5),
ncol=5)
#      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
# [1,]  0   1   0   1   1
# [2,]  1   1   1   1   1
# [3,]  1   1   1   0   0
# [4,]  1   1   0   0   0
# [5,]  0   1   1   1   0
```

行列を地点における種の出現頻度と出現種数で並び替える。必須ではないが、見やすいので並び替えを行う。並び替えには、`order()` を使用する。種の出現頻度と出現種数、つまり行と列の合計には `rowSums()` と `colSums()` を使う。

```
mt <- mt[, order(colSums(mt), decreasing=T)]
# 頻度の降順
mt <- mt[order(rowSums(mt), decreasing=T), ]
#      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
# [1,]  1   1   1   1   1
# [2,]  1   0   0   1   1
# [3,]  1   1   1   0   0
# [4,]  1   0   1   1   0
# [5,]  1   1   0   0   0
```

これで、行列の降順の並び替えができた。NODF では同じ出現回数の種や同じ出現種数の地点間の指数を 0 として評価する。そのため、同出現種 (地点) 数の並び順は考慮しなくて良い。

NODF では 2 つの指数を計算する。DF (decreasing fill) と PO (paired overlap) である。DF と PO とも地点ごとあるいは種ごとの全ての組み合わせで計算する。

以下では数式が多く出てくる。しかし、何ら難しくないので安心して読んで欲しい。あるいは読み飛ばしても全く構わない。

行_i(あるいは列_j, 以下省略) と行_j でそれぞれの合計を比較した結果から、 DF_{ij} を求める。行_i の合計 > 行_j の合計の場合は $DF_{ij} = 100$ で、行_i の合計 ≤ 行_j の合計の場合は $DF_{ij} = 0$ である。例えば、`mt[1,]` と `mt[2,]` ではそれぞれ 5 と 3 なので、 $DF_{12} = 100$ である。次に、PO を計算する。 PO_{ij} は、行_j で 1 (出現) のうち、いくつが行_i の 1 (出現) と重複しているかである。`mt[1,]` と `mt[2,]` では、`mt[2,]` の 1 (`mt[2,c(1,4,5)]`) のうち全てが `mt[1,]` の出現と重複している。そのため、PO は $3/3 \times 100 = 100$ である。`mt[2,]` と `mt[5,]` では、`mt[5,]` の 1 (`mt[c(1,2),5]`) のうち 1 つだけが `mt[2,]` の出現 (`mt[1,2]`) と重複しているため、PO は $1/2 \times 100 = 50$ である。PO が大きいほど、出現頻度の小さい種 (地点) が出現頻度の大きな種 (地点) の入れ子になっている。

このようにして DF と PO を全ての組み合わせ (DF_{paired} と PO_{paired}) で計算する。 DF_{paired} と PO_{paired} から N_{paired} を計算する。 $DF_{paired} = 0$ のときは $N_{paired} = 0$, $DF_{paired} = 100$ のとき $N_{paired} = PO_{paired}$ である。

この N_{paired} を全ての組み合わせで計算する。列数と行数を m と n とすると、行と列の組み合わせは $m(m-1)/2$ と $n(n-1)/2$ なので、 N_{paired} の合計 ($\sum N_{paired}$) を組み合わせの合計 ($m(m-1)/2 + n(n-1)/2$) で割る。これで、NODF の計算ができる。

以上を関数にする。行と列の計算があるため、`nodf()` は長い関数になっている。最後のところで、行列全体・列のみ・行のみの NODF が計算できるようにしているため、ここでも行数が長くなっている。

ところで、関数のコードが長くなると変数の動きが分かりにくくなる。そのような場合は、関数 `print()` を活用するのが良い。通常のコードではオブジェクト名を入力すると、その内容が出力させる。しかし、関数の定義中ではそのような出力はされない。関数を実行した時に変数の途中の状態を出力したい場合は、`print()` の引数

として出力したい変数名を指定する.

```
n.paired <- function(Ni, Nj){ # DF を求める副関数
  n.p <- sum((Ni+Nj)==2) / sum(Nj) * 100
  if(sum(Ni) <= sum(Nj)) n.p <- 0
  return(n.p)
}
nodf <- function(mt, nest="matrix"){
  # NODF を求める関数
  mt[mt>0] <- 1 # 在・不在に変換
  mt <- mt[, order(colSums(mt), decreasing=T)]
  # 頻度の降順
  mt <- mt[order(rowSums(mt), decreasing=T),]
  nc <- ncol(mt)
  nr <- nrow(mt)
  n.p.col <- 0
  n.p.row <- 0
  for(Ni in 1:(nc-1)){ # 列の繰り返し
    for(Nj in (Ni+1):nc){
      # 以下の print() 関数のコメントは削除可能
      # 関数の作成途中では内容を確認するため
      # 関数 print() を活用
      # print(paste("Ni:", Ni, " Nj:", Nj, sep=""))
      # print(n.paired(mt[,Ni], mt[,Nj]))
      n.p.col <- n.p.col + n.paired(mt[,Ni], mt[,Nj])
    }
  }
  for(Nk in 1:(nr-1)){ # 行の繰り返し
    for(Nl in (Nk+1):nr){
      n.p.row <- n.p.row + n.paired(mt[Nk,], mt[Nl,])
    }
  }
  if(nest=="matrix"){ # 行列の nestedness
    return((n.p.col + n.p.row) /
      (nc*(nc-1)/2 + nr*(nr-1)/2))
  } else if(nest=="col"){ # 列の nestedness
    return(n.p.col / nc*(nc-1)/2)
  } else if(nest=="row"){ # 行の nestedness
    return(n.p.row / nr*(nr-1)/2)
  }
}
```

```
}
}
```

実際に計算をしてみよう. 先ほどの計算の例では, 分かりやすくするために並び替えたが, 実際の計算では並び替えなくても, 計算結果は同じである.

なお, 種数が 0 の地点や出現回数が 0 の種がある場合は, 計算結果が「NaN」になる. 現実のデータ解析ではこのようなことは無いだろうが, 無作為に生成した群集ではこのようなことが起こりえる. 計算結果が「NaN」になったりエラーが出た場合は, 入力したオブジェクトの内容を確認しなければならない.

```
nodf(mt)
# [1] 60
mt <- matrix(rbinom(25,1,0.5), ncol=5)
# 別の乱数での例
mt
#      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
# [1,]    1    0    1    1    0
# [2,]    1    1    0    0    0
# [3,]    1    0    0    1    0
# [4,]    1    1    1    1    1
# [5,]    1    0    0    1    1
nodf(mt) # 並び替え前
# [1] 67.5
mt <- mt[, order(colSums(mt), decreasing=T)]
# 頻度の降順
mt <- mt[order(rowSums(mt), decreasing=T), ]
mt
#      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
# [1,]    1    1    1    1    1
# [2,]    1    1    0    1    0
# [3,]    1    1    0    0    1
# [4,]    1    0    1    0    0
# [5,]    1    1    0    0    0
nodf(mt) # 並び替え後
# [1] 67.5 # 並び替え前後の値は同じ
```

種組成の分析

NODF を使用すると、群落間における nestedness を比較できる。ここでは、石田ほか (2002) と石田ほか (2014) のデータを比較する。この 2 つの論文では面積の異なる森林を調査し、面積の減少が種数と種組成にどう影響を与えているかを論じている。論文には地点ごとの種の有無のデータが記載されているが、直接入力するには手間がかかる。石田氏から特別にデータを提供していただいた。ここに厚くお礼申し上げます。

```
# 以下のコードは、R の作業ディレクトリに
# file.f と file.q という
# データファイルを保存しているという仮定である
# 自分の手持ちデータで解析するか、
# 仮想群集で試して欲しい
comp.f <- read.table("file.f", sep="¥t", header=T)
# 主にブナ林, 20 地点で 195 種のデータ
comp.q <- read.table("file.q", sep="¥t", header=T)
# 主にコナラ林, 19 地点で 155 種のデータ
nodf(comp.f) # 約 85 秒
# [1] 76.79986
nodf(comp.q)
# [1] 63.248 # 約 51 秒
```

両者を比較すると、コナラ林で nestedness が高いことがわかった。nestedness が高いと、面積の減少の傾度と種の欠落傾向が関係が高いといえる。逆に nestedness が低いと、種の有無は無作為であるといえる。これらは希少種の保全の際の参考になるであろう。ただし、どちらの nestedness が高いかは相対的である。何かの分布と比較して、有意に高いあるいは低いとは言えない。

無作為モデルとの比較

前節では、現実のデータから計算した nestedness を比較した。しかし、シミュレーションを使って無作為に発生させた行列の計算結果と比較することで、現実の群集構造がどの程度入れ子構造が成り立っているのかを判定可能である。つまり、現実のデータの nestedness を

無作為な組み合わせと比べることで、その nestedness の有意性を知ることができる。

現実のデータが無ければ、単に全体の出現確率だけを変数とする配置しか考えられない。しかし、現実のデータがあれば、それに基づいて考えられる無作為な配置はいくつかある。以下にその例を示す。

1. 全体の出現数はそのまま、全体で無作為に配置
2. 列ごとの出現数はそのまま、列内で無作為に配置
3. 行ごとの出現数はそのまま、行内で無作為に配置
4. 全体の出現確率に基づく無作為採取
5. 列ごとで出現確率に基づく無作為採取 (地点内で出現種を並べ替え)
6. 行ごとで出現確率に基づく無作為採取 (種内で出現地点を並べ替え)
7. 行と列の出現確率を平均した出現確率に基づく無作為採取

ここでは、上記のうち 1, 2, 3, 7 を関数化して、無作為な配置を自動的に生成させるようにする。

```
rand.mt <- function(mt, method="cr"){
  if(method=="cr"){ # 行・列の確率の平均
    m.row <- matrix(rep(rowSums(mt)/ncol(mt),
      times=ncol(mt)), byrow=F, ncol=ncol(mt))
    m.col <- matrix(rep(colSums(mt)/nrow(mt),
      times=nrow(mt)), byrow=T, ncol=ncol(mt))
    m.cr <- (m.row+m.col)/2
    mt <- matrix(mapply(rbinom, n=1, size=1,
      prob=m.cr),
      byrow=F, ncol=ncol(mt))
  } else if(method=="all"){ # 全体を無作為に配置
    mt <- matrix(sample(x=as.vector(mt),
      size=length(mt)), ncol=ncol(mt))
  } else if(method=="col"){ # 列で無作為に配置
    for(Ci in 1:ncol(mt)) mt[,Ci] <- sample(x=mt[,Ci],
      size=nrow(mt))
  } else if(method=="row"){ # 行で無作為に配置
    for(Ri in 1:nrow(mt)) mt[Ri,] <- sample(x=mt[Ri,],
      size=ncol(mt))
  }
}
```

```
return(mt)
}
```

実際にランダムなもの、そこからさらに無作為に配置しなおしたものの NODF を比較する。

```
mt <- matrix(rbinom(n=64, size=1, prob=0.5),
             ncol=8)
nodf(mt) # ランダム群集
nodf(rand.mt(mt)) # さらにランダムに並べ替え
```

これで、関数化した内容を繰り返してをさせて、そこで得られた数値と、現実にも得られた数値とを比較することで、検定が可能である。

```
test.nodf <- function(mt, method="cr",
                      times=1000){
  rnd <- c()
  # 1 回目
  for(i in 1:times) rnd <- c(rnd, nodf(rand.mt(mt,
                                             method=method)))
  rnd <- rnd[!is.na(rnd)] # NA 以外の回数
  times2 <- length(rnd)
  times <- (times-times2) * times/times2 * 1.1
  # 2 回目で不足分を補う
  # (不足分 * (失敗の見込率) * 1.1)
  for(i in 1:times) rnd <- c(rnd, nodf(rand.mt(mt,
                                             method=method)))
  rnd <- rnd[!is.na(rnd)]
  times <- length(rnd)
  # 結果のまとめ
  p <- sum(rnd > nodf(mt)) / times
  list(values=rnd, matrix=mt, nodf=nodf(mt), p=p,
        times=times)
}
```

無作為に配置すると、出現回数（出現種数）が 0 回になることで計算にエラーが出ることがあり、その対処が必要になる。上記のコードでは `rnd[!is.na(rnd)]` の部分である。回数が `times` になるようにループをしても良いが、1 回目に今回は失敗した確率をもとに残りの

回数を 2 回目の計算で多めにさせるようにした。

```
mt <- matrix(rbinom(64,1,0.5), ncol=8)
test.nodf(mt)
mt <- diag(x=1, nrow=15, ncol=15)
# 対角成分が 1 の対角行列
mt[upper.tri(mt)] <- 1
# 対角成分以外の (右上) 三角成分を 1 にして、
# 入れ子構造にする
test.nodf(mt)
```

無作為に行列を発生させた場合は、`p` は 0.3-0.7 の範囲の値が多いのではないだろうか。もちろん、0 に近かったり、1 に近かったりもする。「`hist(test.nodf(mt)$values)`」としてヒストグラムを作成すれば、無作為なモデルがどのような分布をしているのかがわかる。完全な入れ子構造であれば、当然のごとく `p` は 1 になる。

```
replace <- rbinom(n=length(mt), 1, prob=0.2)
# 無作為に 1 を発生
mt[replace==1] <- 1 # 行列に挿入
mt[1==rbinom(n=length(mt), 1, prob=0.2)] <- 1
# 上の 2 行と同じ
replace <- rbinom(n=length(mt), 1, prob=0.2)
mt[replace==1] <- 0
(res <- test.nodf(mt))
hist(res$values)
```

完全な入れ子構造だと面白く無いので、少しだけ行列に変化を加えた。変化の加え方（引数 `prob`）によって入れ子構造が変化し、無作為な配置のシミュレーションを使った検定の結果が変わることが分かるだろう。

最後に、石田ほか (2002) と石田ほか (2014) のデータを検定する。

```
nodf.f <- test.nodf(comp.f, method="cr")
nodf.q <- test.nodf(comp.q, method="cr")
nodf.f$p
# [1] 0
nodf.q$p
```



```
# [1] 0
```

```
hist(nodf.f$values) # 結果を図示
```

```
hist(nodf.q$values)
```

どちらも、無作為に抽出した時にはほぼ起こりえない ($p = 0$) ことが分かった。

探索的な解析

さらなる応用として、AIC によるモデル選択のような探索的な解析が考えられる。例えば、1 種ずつ種を取り除いていきながら NODF の増減をみることで、どの種が入れ子構造に貢献しているのかがわかるだろう。この結果から、環境傾度に強く依存する種とランダムに出現する種とを区別可能かもしれない。地点によっても同様の解析をすることで、環境の異質性などを明らかにできる可能性がある。

上記の具体的なコードまでは本稿では立ち入らないが、繰り返しの計算をさせることは、コンピュータは得意である。1 地点ずつ取り除くコードを上手く書けば、それほど難しいことではないだろう。

ここでは現実のデータどうしの比較および現実データと単純な想定に基づく群集のランダムモデルとの比較を行った。現実のモデルと比較する他のモデルとしては、Hubbell の中立理論のようにシミュレーションを経た帰無モデルも考えられる。

指数では、*nestedness* の指数だけでなく、 α 多様性、 β 多様性、均等度 (集中度)、類似度 (非類似性)、相補性 (排他性)、分布のばらつきなどの指数を用いて解析することも考えられる。

推移行列のモデル

推移行列

Eriksson & Eriksson (2000) を題材にして、個体群動態をシミュレーションしてみよう。この研究は、オオバコ属のある種の個体群動態から、希少種だけでなく普通種でも散布が限定されている種は、*landscape* の分断化に影響を受けることを述べている。

調査は 2 箇所で行い、4 年間の植物の生育状況を調査している。各箇所の各年で推移行列を求め、合計 8 つ

の推移行列を示している。そこから、個体群動態を推定している。ここでは推移行列 8 つのうちの 1 つ (site A の 1993 年から 1994 年への変化) で、個体群動態を考える。

個体は以下の 5 段階に区分されている。芽生え (seedling)、実生 (juvenile)、小ロゼット (small vegetative rosette)、大ロゼット (large vegetative rosette)、開花ロゼット (owering rosette) である。各段階の個体数を数えて、経年変化をもとに推移行列を作成した。

```
matrixA93 <- matrix(ncol=5, byrow=T,
  data=c(
    0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 3.29,
    0.03, 0.16, 0.00, 0.00, 0.00,
    0.00, 0.30, 0.66, 0.17, 0.14,
    0.00, 0.00, 0.24, 0.61, 0.29,
    0.00, 0.00, 0.00, 0.21, 0.58
  )
)
matrixA93
#      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
# [1,] 0.00 0.00 0.00 0.00 3.29
# [2,] 0.03 0.16 0.00 0.00 0.00
# [3,] 0.00 0.30 0.66 0.17 0.14
# [4,] 0.00 0.00 0.24 0.61 0.29
# [5,] 0.00 0.00 0.00 0.21 0.58
```

行列はそれぞれ昇順で、芽生え、実生、小ロゼット、大ロゼット、開花ロゼットに対応しており、*matrixA93* [1,5] は開花ロゼット ([,5]) から芽生え ([1,]) への推移確率である。

個体群動態

この推移行列を用いて、50 回の繰り返いで増殖率を推定する。

```
steps <- 50
pop <- rep(0, times=ncol(matrixA93))
pop[1] <- 100
```

```

# 初期値として芽生え 100 個体を設定
pop.after <- matrix(ncol=ncol(matrixA93))[-1,]
for(Si in 1:steps){
  pop.after <- rbind(pop.after, t(pop))
  pop <- matrixA93 %*% pop
  # %*% は行列の積
}
pop.after # 動態を表示 (個体数)
#           [,1]      [,2]      [,3]      [,4]      [,5]
# [1,] 100.00000  0.00000  0.00000  0.00000  0.00000
# [2,]  0.00000  3.00000  0.00000  0.00000  0.00000
# [3,]  0.00000  0.48000  0.90000  0.00000  0.00000
# [4,]  0.00000  0.07680  0.73800  0.21600  0.00000
# (途中省略)
# [32,] 0.28118  0.01040  0.13187  0.15441  0.08297
# [33,] 0.27297  0.01010  0.12802  0.14990  0.08055
# (途中省略)
# [50,] 0.16495  0.00610  0.07736  0.09058  0.04867
rate.pop <- pop.after / rowSums(pop.after)
# rowSums は行 (周期) ごとの合計
rate.pop # 動態を表示 (個体数の割合)
#           [,1]      [,2]      [,3]      [,4]      [,5]
# [1,]  1.00000  0.00000  0.00000  0.00000  0.00000
# [2,]  0.00000  1.00000  0.00000  0.00000  0.00000
# [3,]  0.00000  0.34783  0.65217  0.00000  0.00000
# [4,]  0.00000  0.07451  0.71595  0.20955  0.00000
# (途中省略)
# [31,] 0.42550  0.01574  0.19955  0.23365  0.12555
# [32,] 0.42550  0.01574  0.19955  0.23365  0.12555
# [33,] 0.42550  0.01574  0.19955  0.23365  0.12555
# (以下省略)
matplot(rate.pop, type="l", # 収束する様子を図化
  lwd=1.2, col=1, lty=c(1,2,4,5,6),
  xlab="number of steps",)
legend(x=20, y=0.9, cex=1.5, # 凡例を入れる
  legend=c("芽生え", "実生", "少ロゼット",
    "大口ゼット", "開花ロゼット"),
  lty=c(1,2,4,5,6))
sum(pop.after[50,]) / sum(pop.after[49,])

```

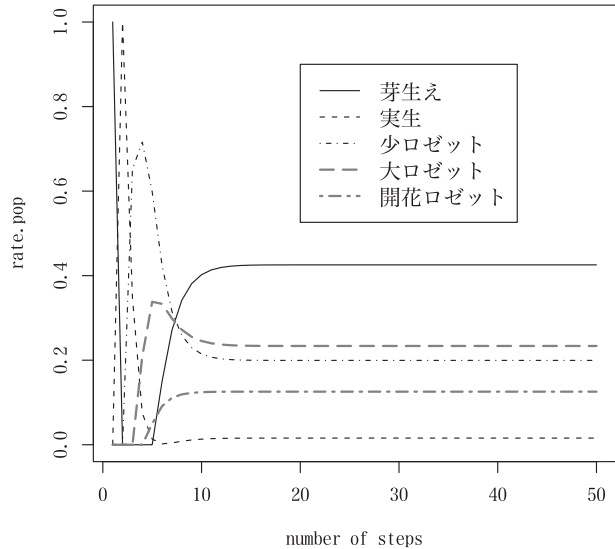


図 4. 推移行列の解析結果. 繰り返し が 20 を超えると収束に近づいている. 線の色と太さは, 白黒でも見やすくするために少し変更している.

```
# [1] 0.9708047
```

50 回の繰り返しの結果では, 32 回目の繰り返しと 33 回目の繰り返しで, 小数第 7 位までは同じ数値になっている. ほぼこれで収束している. `matplot()` によって図化すると, 収束する様子がさらによくわかる (図 4). 繰り返しの最後の 2 回の比で増殖率を算出すると, 0.9708047 であった.

数学的に推移行列を解くには, 以下のコードで解を得ることができ, この例ではシミュレーションで得た増殖率と同じであった.

```

eigenA93 <- eigen(matrixA93)
# 行列の固有値と固有ベクトルを得る
eigenA93$values[1]
# [1] 0.9708047+0i

```

このモデルでは, 推移行列が一定のものとしたときの増殖率をみている. この論文でも地点による違いや年変動があるため, 2 箇所で 4 年間の調査をしている. 推移行列では, 調査結果を固定したものとして考える. しかし, 現実にはそのような固定的なものはないので, 変動

を考慮に入れる必要がある。推移行列を使ったモデルの応用としては、どの程度の変動までなら個体群が存続できるのかをモデルから導き出すことができるだろう。変動を考慮する場合は、解析的な解は容易には得られないだろう。シミュレーションの力が発揮される場面である。

補足：NA などへの対処

数値計算やシミュレーションをしていると、計算結果が NA などになることがある。NA (Not available) は欠損値、NaN (Not a Number) は非数、Inf (Infinite) は無限大、NULL は何もないことを意味する。その場合、それ以降の計算が不能になる。下記のように、NAなどを 0 に変換・除去する方法には複数ある。自分にとって分かりやすい方法を使えば良いだろう。

```
a <- NULL
a # 結果は NULL
a <- c(a, 1, NA, NaN, Inf)
a # はじめの a は NULL であり何もないので、
# 出てこない
# [1] 1 NA NaN Inf
a==1 # 1 かどうかの判定
a==NA # NA かどうかの判定はこれではできない
is.na(a)
# 関数を使う is.nan(), is.null(), is.infinite() もある
a <- a[!is.infinite(a)] # Inf を除く場合
b <- ifelse(is.nan(a), 0, a)
# NaN を 0 に変換
# (代入していないので a はそのまま)
a[is.nan(a)]
# NaN 以外のベクトル
# (代入していないので a はそのまま)
a[is.nan(a)] <- 0
# NaN を 0 に変換の別の方法
# (該当部分に 0 を代入)
sum(a) # NA などがあると計算出来ない
sum(a, na.rm=T)
# smum() などには na.rm という引数がある
```

前半のおわりに

今回はシミュレーションの導入、時間軸を考えないシミュレーションとしてモンテカルロ法、時間軸を考慮するモデルとして推移行列のモデルを扱った。次回は時間軸と空間軸を考慮する Hubbell の中立理論のシミュレーションを行う。これ以外に扱って欲しいものがあれば、連絡をして欲しい。編集者と要相談ではあるが、可能であれば 3 回目に取り入れたいと考えている。

引用文献

- Almeida-Neto, M., Guimaraes, P., Guimarães, P.R., Loyola, R.D. & Ulrich, W. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos*, **117**: 1227-1239.
- Eriksson, Å. & Eriksson, O. 2000. Population dynamics of the perennial *Plantago media* in semi-natural grasslands. *Journal of Vegetation Science*, **11**: 245-252.
- Guimaraes Jr, P.R. & Guimaães, P. 2006. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling & Software*, **21**: 1512-1513.
- 比嘉基紀 2010. R による毎木調査データの処理 (R プログラミング入門). 植生情報, **14**: 60-68.
- 池田浩明 2013. 追想録：それは環境決定論だ！. 植生情報, **17**: 20-26.
- 石田弘明・高比良 響・服部 保・武田義明 2014. 扇ノ山における断片化したブナ林の樹林面積と種多様性、種組成の関係. 植生学会誌, **31**: 51-69.
- 石田弘明・戸井可名子・武田義明・服部 保 2002. 大阪府千里丘陵一帯に残存する孤立二次林の樹林面積と種多様性、種組成の関係. 植生学会誌, **19**: 83-94.
- 久保拓弥 2012. データ解析のための統計モデリング入門—一般化線形モデル・階層ベイズモデル・MCMC—. 岩波書店, 東京.
- 熊谷悦生・舟尾暢男 2008. 「R」で学ぶデータマイニングⅡシミュレーション [編]. オーム社, 東京.

- Matloff, N. 2011. アート・オブ・R プログラミング (大橋真也監修, 木下哲也訳 2012). オライリー・ジャパン, 東京.
- 松村俊和 2009. R を使った植生資料の解析 (入門編). 植生情報, **13**: 54-67.
- Murrell, P. 2006. R グラフィクス R で思いどおりのグラフを作図するために (久保拓弥訳 2009). 共立出版, 東京.
- 大野啓一 2014. 植生学の温故知新—日本植生学クロニクルを読んで—. 植生情報, **18**: 14-19.
- Sasaki, T., Katabuchi, M., Kamiyama, C., Shimazaki, M., Nakashizuka, T., & Hikosaka, K. 2012. Nestedness and niche-based species loss in moorland plant communities. *Oikos*, **121**: 1783-1790.
- Soetaert, K. & Herman, P.M.J. 2008. A Practical Guide to Ecological Modelling—Using R as a Simulation Platform—. Springer.
- Spector, P. 2008. R データ自由自在 (石田基広・石田和枝訳 2008). シュプリンガー・ジャパン, 東京.
- Teetor, P. 2011. R クックブック (大橋真也監修, 木下哲也訳 2011). オライリー・ジャパン, 東京.

21 世紀の子どもたちに伝えたいこと—保全植生学からのメッセージ—

亀井裕幸

自然ってなに？

本報では、生物多様性（生態学的多様性）の低下を抑え、維持・改善させるためには、日本の植生をどのようにとらえるのがよいのか、という問いに対する保全植生学の基本的な考え方を論じる予定ですが、その前に、そもそも、私たちは自然というワンダーランドをどう理解しようとしてきたのかということについて、ちょっと覗いてみることにします。

1. 「自然」という言葉の不思議

自然という言葉はごく普通に使われていますが、よくよく考えると、不思議な言葉ですよね。まずは、自然という言葉から検討してみましょう。

1) ごく普通に使われているけれど

「自然は大切である」ということについては反対する人はほとんどいないでしょう。世論調査などで明らかのように、現在では、多くの人が自然は大切にすべきものだ意識しているのですから。

では、「自然とは何か」という質問についてはどうでしょう。

尾瀬の湿原が自然であるという意見に反対する人はたぶんいないでしょうが、園芸品種の草花が美しい花を咲かせている花壇や、青々としたゴルフ場の芝生、稲で埋めつくされた水田については、意見が分かれるはずです。人がつくったものだから自然ではないという人も、緑あふれる空間だから自然だという人もいます。

それでは、動物園についてはどうでしょう。たしかに野生動物がいますが、そこを自然という人はあまりいないはず。でも、野生動物が生活しているところが自然だと思っている人にとっては、動物園は自然に含まれ

るかもしれません。

ちょっと注意して聞いているとわかるように、「自然」という言葉が意味する内容は使う人によってかなり違ってきます。そのため、「自然は大切である」という人ではどうすればよいのかという質問をしてみると、違った答えが返ってくることになります。たとえば、尾瀬の湿原を守ってきた人たちは、人が立ち入らないように厳重に保護するのが望ましいと答えるでしょう。一方、雑木林やスギやヒノキなどの人工林の管理、花壇・菜園の手入れに携わっている人のなかには、人間が手入れをしなければ自然はだめになってしまうと答える人が多いのではないのでしょうか。でもよく考えてみてください。「人の立ち入り制限」と「手入れ作業」は正反対の行為ですよ。

では、なぜそのようなことが起きるのでしょうか。

ここでは、まず人とのかかわりの面から「自然」という概念について考えてみたいと思います。

2) 西洋と東洋では違う意味で使われていた

「自然 nature」という言葉は、西洋では、古代ギリシャの「ピュシス physis」を語根とし、その後、古代ローマ世界や中世キリスト教世界、近代西欧世界での自然観の変遷をへて、私たちが普通に使う意味で使われるようになったようですが、東洋では、「自然」という用語は老荘思想の無為自然概念にそったかたちで使用されてきたようです（伊藤 2002）。かんたんに言ってしまうと、「おのずから」、「勝手に」というニュアンスです。今でも「何もしていないのに勝手に〇〇になった」という意味で「自然に〇〇になった」と言うことがありますよね。中国に近い日本では、かつては西洋で使われるような意味で「自然」という用語を使ってはいなかったのです（相良 1979；伊藤 2002 など）。名詞の「自然」という言

葉は、明治期に西洋の学問が輸入されたときに、nature の訳語としてつくられた用語なのです (柳父 1977)。

このように、洋の東西では歴史的に異なった発達経過をへてきたため、日本人がかつて使ってきた「自然」概念と西洋から入ってきた nature 概念の間には無視できない差異があります (柳父 1977)。ただ、「人為によらない」という意味は共有しているようですが (相良 1979; 伊藤 2002 など)。

2. 「人間」との関係からみた「自然」

「人為によらない」ということになると、「人間が手入れをしなければ自然はだめになってしまう」という理解はちょっと変なのでは、と思えるかもしれませんが、「人間が手入れをしなければ自然はだめになってしまう」と思っている人は決して少数派ではありません。その方々には人為が不可欠だと思う理由があるのです。そのへんの事情を解明するためには、まず「自然」と「人間」との関係がどのようなかたちで理解されてきたのかを振り返ったほうがよさそうです。

そこでここでは、人為をキーワードとして「自然」と「人間」との関係の特徴と問題点を検討してみたいと思います。

1) 「人間」と「自然」を別物とする考え方

「自然」を、主体 (人間) と他者 (自然 = nature) という二分法によって理解しようとする立場は、近代科学の発達との関連でとらえることが多いのですが、キリスト教の影響を認める説も有力です。後者の場合とくに強調されるのが、聖書の記述をふまえた自然 (= 人間以外の生物) に対する人間の優越の観念です。近代科学が他者としての自然の支配 (克服) を目的に進歩してきたことも否定することはできません (伊藤 1971, 2002 など)。この立場では、自然は克服すべきもの、支配すべきものと位置づけられることになります。

一方、「自然」もしくは自然現象を人為の及ばないものとして畏怖し、崇める立場もあります (野本 1999 など)。このような立場では、自然 (= 神) を人間とは別の存在としてとらえてはいるのですが、同時に人間もまた他の生物同様、自然 (= 神もしくは = 仏) に生かされ

ている存在であると観念しているのです。他の生物に対する優越性や支配権を意識していません。

2) 「人間」を「自然」の一員とみる考え方

人間が「自然」の一員であるという考え方は、生きとし生けるものはみな生命をもつという意味で平等であるという、日本仏教における生命観と同じ視点に立った捉え方とみることができます (柳田 1985; 間瀬 1996; 伊藤 2002 など)。つまり、神仏が習合した社会で暮らしていた江戸時代以前の人々は、自然の恵みや脅威を神 (仏) と結びつけていながら、具体的な自然要素である動植物を自分たちと同じように神 (仏) に生かされている存在として認識していたこととなります。そして、「自然」を明確に定義することや自分たちが「自然」に含まれるのか含まれないのかを明確にすることの必要性を感じることがないという心情を受け継いでいる現在の日本人も、自然をかなり多義的なあいまいな存在として理解し、厳密なかたちで他者と意味を共有する必要性をさほど感じていないとみれば、「自然」という言葉に対する理解が人によって異なる現象は納得できます。この日本人の自然の捉え方には、二項対立を無化・克服しようとする般若心経や禅宗の見方も影響しているのかもしれませんが、西洋の自然観でも、人間中心主義自然観に対するアンチテーゼとして打ち出されたディープエコロジー運動などは人間と生物的自然をわけへだてなくみようという観点にたっています (森岡 1996; 岡本 2002 など)。

一方、地球という星で展開された生物進化のなかで生まれた現在の生物は地球共生系を形成しているという考え方 (川那部 1996 など) もあります。たしかに、私たちが生物の進化の結果生まれたことや人体が生物のもつ制約から逃れられないことは事実ですが、人間が生物であるということと自然の一員であるということは、別の議論です。養老 (2003) のように、「人体は自然であるが意識は自然ではない。意識がつくらせたものも自然ではない」とみることもできるのです。

人間が自然の一員であるという立場をとると、人為を自然の行為とみる考えを主張できるようになります。地球共生系の立場からは、巨大な存在となった人間は地球共生系に対し大きな責任をもっていることが主張されて

いますが (川那部 1996 など), 人間も自然の一員であるという考え方をとれば, 自然破壊も自然の結果なのだから否定すべきではないという考えを導き出すことはかたんです。この点で, 養老 (2003) の主張は重要です。この捉え方にたてば, 自然破壊は自然の結果ではありませんからです。環境倫理学の視点からも, 安易に「人間にとっての環境」保護を否定する見方に異議を申し立てる見解 (岡本 2002) が提示されています。

3) 生態学的な見方

生物間の相互関係や生物と非生物的環境との相互関係を研究する生態学では, 研究の基本戦略として, 生物とその環境との関係を「主体—環境系」とみる二分法を採用しています。

a. 「主体—環境系」としてみる

この主体—環境系理論では, 主体と環境を独立したものとしては考えていません。主体 (個体や種個体群, その集合体である生物群集) が環境に働きかければ環境 (非生物的環境だけでなく他の生物も含まれます) は変化しますが, 同時に, 環境からの働きかけで主体も変化するという, 相互に相手に影響を与え合う存在として理解しています。この主体と環境との不断の交渉により, 主体と環境は動的な関係を持ち続けることとなります (梅棹・吉良 1976 など)。

b. 人為との関係で分ける

人間と自然との関係を主体—環境系としてとらえると, 人間と環境との関係は図 1 のように相互に影響を与えつづける「人間—環境系」として表すことができます。

人間—環境系では, 環境は, 人間による環境への働きかけ, すなわち人為の有無と内容によって, 表 1 に示すような 3 つのタイプに分けられます。

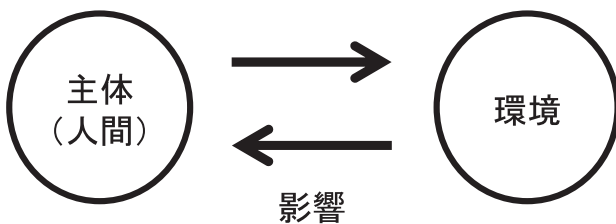


図 1. 主体—環境系としてみたときの人間と環境との関係

表 1. 人為とのかかわりによる人間にとっての環境の 3 区分

用語	内容
自然環境 (原生自然環境)	人間が直接関与していない野生生物の世界や人工でない非生物的世界 (原生林, 深海など)
半自然環境 (半人工環境)	人為によって改変された二次的な自然 (農耕地, 人工林, 雑木林など)
人工環境	人工物でできた環境や人為的に形成された裸地・生物集団 (建築物, 舗装道路, 花壇など)

第一のタイプの環境は, 人為の影響をほとんどうけていない場所です。このような場所は生物の有無にかかわりなく「自然環境」とよばれます。地球上には人為の影響をまったくうけていない場所は存在していないでしょうが, 人為の影響を直接うけていない場所, かつて人為の影響を受けた場所でもその痕跡がほとんど残っていない場所であれば, 現在でもなお存在しています。このような場所は一般には, 「原生自然」もしくは, 単に「自然」とよばれます。私たちが対象とする植生では, 「自然植生」が該当します。

第二のタイプは, 人工的な構造物に置き換えられた場所もしくは人為的につくられた裸地・生物集団です。このような場所は「人工環境」とよばれます。人工環境は基本的には人間が人間のために作りだし, 人間によって維持される性格の環境で, 野生生物は衛生害虫などごく限られた種類しか生活していません。この人工環境がもっとも卓越した場所が都市です。植生では人工植生が該当します。

第三のタイプは, 人為によって改変されてはいるものの, 野生生物が一定の生物社会を形成している場所, もしくは人工物や人為的に形成された裸地上に野生生物が侵入し, 一定の生物社会を形成している場所です。このような場所は「半自然環境」もしくは「半人工環境」とよばれます。また, 人為の影響を受けた自然ということで, 本来の自然 (原生自然環境) と区別するため「二次

的自然」とよばれることもけっこうあります。この二次的自然の代表が雑木林などの二次林です。農耕地や人工林などは、人為的につくられた環境なので、人工環境として扱うことも可能ですが、人間が植えた植物以外の生物が一定の生物社会をつくっている場所であれば半自然環境とみることもできます。本報では、野生生物が生物社会を形成している点を重視し、農耕地や人工林なども、半自然環境を構成する野生生物が侵入し一定の生物社会を形成していれば、半自然環境として扱うことにします。このように、人間一環境系としてみれば、「自然環境」は自然の営力が卓越する世界、「半自然環境」は自然の営力と人為がせめぎあう世界、「人工環境」は人為によって構築された世界、養老 (2003) 風に言えば、意識がつけさせた世界ということになります。

この三つの環境タイプは、いずれも主体である人間と主体一環境系を形成しているので、人為による自然改変圧と自然の営力 (回復力) との相互作用によって、他の環境タイプに変化するという動的な関係をもちつづけます。人為による改変圧によって、自然環境は半自然環境もしくは人工環境に、半自然環境は人工環境に変化しますが、放置されると、自然の営力により、人工環境は半自然環境に、半自然環境は自然環境に変化します。

保全植生学における植生保護・保全・回復策の考え方

保全植生学を一言で表せば、植生の生物多様性 (おもに生態学的多様性) を保全することを目的とした学問分野ということができます (亀井 2009)。

以下では、良好な自然・半自然植生を保護・保全し、人工・半自然植生を極端に少ない自然植生に回復させることで、日本の自然環境の生物多様性 (生態学的多様性) の低下を抑え、維持・改善させるための基本的な考え方について、検討します。

1. 保全植生学の視点

人間一環境系を前提とした自然観では、人間も自然環境もつねに変わり続ける動的な存在と理解しているので、現に自然保護に携わっているかたの自然観とは少し違うかもしれません。そこでまず、保全植生学では自然をどうとらえようとしているのかについて論じてみたい

と思います。

1) 自然保護の立場では「自然」をどうとらえるのがよいのか

自然保護は、人間による自然環境の破壊行為に対する反省から生じた立場・実践です。そのため、実践上の対象は、あくまでも、人間の環境としての「自然」ということになります。

a. 人間との関係

人間の環境としての「自然」を対象とするとといっても、自然を神が人間に与えたもの、もしくは、人間に支配される (逆にいえば一方的に保護される) だけの対立物としてとらえることはできません。このような視点に立てば、人間は「自然」を完全にコントロールできるという錯覚におちいりやすくなるからです。実際には、「自然」を改変することで「自然」からの目先の利益が増大したり、不利益が解消されたりしたとしても、その改変が原因となる新たな不利益が私たちに襲うことは多々あります。「自然」を完全に制御することができない以上、「自然」を人間が支配する対象とみる見方は、私たちが不毛な「自然」改変作業に追いつまむだけなのです。

「自然」もしくは自然現象を人為の及ばないものとして畏怖し、崇める生き方、信仰は、人間と「自然」の対立を回避できるので、自然保護という点では一定の効果を生みだします。権力者たちの大規模な森林伐採 (タットマン 1989; 太田 2012 など) を止められはしませんでした。山の神への信仰が一般的であった日本の山村では、山の神の管理下にある樹木は、山の神の許しをえなければ伐採できないという民俗的信仰 (千葉 1983 など) などが森林の乱伐の一定の歯止めとなってきたようです (四手井 1985 など)。このような信仰にもとづく神域等の「自然」の保存・保全活動はこれからも続くでしょうが、ただ、その効果はどうしても信仰の対象となる樹木や樹木被覆地に限られることになります。

人体や人間自身を自然ととらえる見方も、人間を「自然」とは別のも、優越するものとしてとらえる考え方を相対化する点では有意義ですが、人体を保護するのにあえて自然保護をもちだす必要はないでしょう。むしろ、人間の行為を自然の一環とみると自然破壊を容認してし

まうことになるので、自然保護とは相容れない場面に遭遇する恐れがあります。この点では、前述したように、養老 (2003) の主張は重要です。

人間とその環境である「自然」はともに地球の歴史のなかで生まれ進化してきた歴史的産物であることをふまえば、生態学的視点が示すように、人間と自然は相互に影響しあう人間—環境系を構成しているとみるのが最も適していると、筆者は考えています。人為と自然の営力とは対立する関係にありますが、この人間—環境系の枠組みでとらえれば、人間と「自然」との関係は、人為と自然の営力によって相互に影響しあい、互いに変化し続ける対等な存在とみることが可能になるからです。

b. 歴史的固有性と再現性

「自然」がもつ歴史的固有性と再現性という二つの側面 (亀井 2015 参照) については、片方だけを強調しないよう、注意する必要があります。

再現できないという歴史的固有性の側面を強調しすぎると、「自然」の将来像を事前に把握することはできないという理屈が事後評価での責任回避の根拠として使われることになり、ひいては、科学的な知見による計画・管理の軽視につながるからです。また、同じものは二つとして存在しない、再現できないという側面を強調しすぎれば、「自然」とは破壊されても自律的に回復する力を本来もっていることを無視したり、軽視したりする人を増やすことになりかねません。

逆に、「自然」がもつ再現性の側面を強調しすぎるのも危険です。別の場所での代替措置で「自然」の破壊は補えるという考え方が容認されやすくなり、結果として、安易な開発を阻止できなくなる可能性が高くなるからです。

長期にわたり存続してきた自然植生には歴史的固有性の側面が際立ち、繰り返される人為によって形成された半自然植生では再現性の側面が目立つという程度のことは一般論としていえますが、歴史的固有性と再現性がどのように反映しているのかは個々の植生によって違ってきます。

歴史的固有性と再現性のどちらかを無視した自然保護計画や保護活動が想定した成果をあげられなかったときには、無視された立場に立つ人から不都合な点を指摘され、その論理や論理にもとづく実践は信頼を失ってしま

います。安易な開発を防ぐためには、歴史的固有性の側面と一般的な特性、法則性の側面を分けたくて植生 (自然環境) を分析し、それぞれに対応した方策を取り入れることが重要なのです。

2) 生命保護と自然保護は同じではない

現在の自然保護では、「なぜその自然を保護しなければならないのか」という議論の場では、生命に対する直感的愛着や生命倫理にもとづく生物の生存権が主張されることが多いように感じます。たとえば、ディープエコロジー運動では、あらゆる生命の平等を説き、人間以外の生物 (動物) にも人間同様生存権はあるという主張を展開する動きがあります (岡本 2002 参照)。

たしかに、生命の存在意義を直感的に感じる人は多いと思います。命の尊さをテーマとした作品は多く、子どものころ読んだシュバイツァーの伝記やその後読んだ宮沢賢治、宮崎駿の作品など、命の大切さにふれ、感銘をうけた作品はたくさんあります。筆者も、生命を絶つことに否定的な感情をもっている人が多い社会はよい社会だと思っています。

ただ、自然の保護は個々の生命の保護とは同じではありません。そのことをあいまいにしたままで自然保護を主張することは、誤った自然保護観を広めかねないので、賛同しかねます。

他の生物によって捕食されることは野生生物の世界ではごく普通のことで、ある生物の命を守ることは、同時に他の生物の命もしくは未来の可能性を奪うことを意味します。植物でも、競争などで死んでしまう個体の数は莫大です。筆者が調査している自然教育園でも、春にはたくさんのウワミズザクラの実生を見ますが、夏に生き残っている個体を見た記憶がありません。たまたま、倒木などで林冠が空き明るくなれば、何本かは生き残るでしょうが、今度は生き残った個体間、もしくは他種とのしれつな競争を戦い抜かなければ、あの可憐な花を咲かせることはできません。ある特定の種を守りたいのであれば、その行為が生物的自然を全体として保護・維持するうえで、人間と生物的自然が共存し続けるうえで必要なこと、意義あることを合理的に説明すべきです。かわいから、かわいそうだから守りたいというのは、心情

としては理解できますが、その理屈では自然環境を破壊している人、破壊に加担せざるをえない人を説得することも、その方々に共感してもらうこともできません。

生命倫理をむやみに主張することは、自然保護の現場に混乱をもたらしかねないことを強調しておきたいと思っています。

3) 生物多様性の保全

生物多様性とは、生物が進化の過程で多様な環境に適応するかたちで分化してきた結果生じたものと筆者は理解していますが (亀井 1999)、つきつめれば、生物進化の結果形成された DNA 配列の多様さにいきつきます。大腸菌では 460 万塩基、ヒトでは 30 億塩基ある塩基数 (太田 2013) の多さが DNA 配列の多様性を生み出すわけですが、筆者が注目するのは、現在の生物にはある特定の配列しか存在していないということです

(DNA 配列には現在の生物がもつ有効な配列と DNA の組み合わせとしてはありうるものの代謝にかかわる表現型と結びつかない無意味な配列。現在の生物は利用してはいないものの利用可能な代謝にかかわる表現型と結びつく配列 (潜在的配列) の存在がコンピュータシミュレーションから明らかになっています (ワグナー 2014)。この新しい研究分野の研究が進展すれば、遺伝子型と表現型の関係が明確になる可能性が高いので、表現型がもたらす形や生理特性を種特性もしくは種の戦略としてとらえる植生生態学にもかなりの影響を与えることになるでしょう)。

特定の配列しか存在しないということは生物進化がもたらした結果で、そこには、全地球凍結 (ウォーカー 2003 など) や巨大隕石の衝突 (パウエル 1998 など) などによる大規模な生物種の絶滅や新たな環境・ニッチに適応するための生理・形態的な体制の変化 (フォーティ 1997; 日経サイエンス編集部 2003; NHK「地球大進化」プロジェクト 2004a, b など) など、多くの原因がかかっていますが、筆者は、「群集というものは、その中で種が生き残り、進化する舞台で (ホイットカー 1975)、すべての種は群集の中で他の種との相互作用を通じて進化する。つまり群集は種が進化する場である (ホイットカー・ウッドウェル 1972)」という指

摘をとくに重視したいと思います。場を無視した議論には説得力がないからです。この視点に立てば、種間競争による形態・生理的な性質の特化や共生進化などで生じた DNA 配列の制約は、それらの種が生活の場としてきた生物群集が育んできたこととなります。

過去の生物進化の結果を引き継いでいる生物群集、すなわち自然群集、植生であれば自然植生での植物群落や種の多様性、すなわち生態学的多様性が生物進化の結果生み出された生物多様性の本来の姿ですが、そこで生みだされた種は、進化の結果獲得した戦略によって二次的に適応するかたちで半自然植生にも生育しています (亀井 2015 参照)。このような人為とのかかわりで形成された生態学的多様性も生物多様性のひとつの姿として、保全植生学では保全対象としています。

最近では、生物多様性を生み出すメカニズムとしてポリネーションや動物との共生など、動物とのあいだの種間関係が脚光を浴びていますが (種生物学会 2008; Bascompte & Jordano 2014 など)、植生の生態学的多様性を生み出す原動力としては、気候変動や火山噴火などの地史的なイベントによる地理的隔離や群落構成種間のすみわけも重要です。また、環境要因や破壊・攪乱、生態遷移によって生じる種の動的な共存・すみわけ (亀井 2015 など)、その結果としての群落タイプの多様化も生態学的多様性を生み出す重要な要因となっています。この生物多様性を生み出すメカニズムも、つきつめれば、地史的イベントと種間の相互作用が生み出したものであり、生物群集という場を離れて生みだされたものではありません。つまり、生物多様性を評価するにあたっては、その生物種の多様さとともに、場としての生物群集、植生であれば個々の植分とその集合体である群落集団をも評価すること、具体的には、生物進化の場としての性質を植分や群落集団がどの程度継承しているのかをその構成種の固有性といった視点から評価することが必要になるのです (神崎 2007; 亀井 2006, 2014 参照)。

生物多様性の量的側面を保全価値の評価指標と誤認している人々 (長池 2007 参照) の存在は気になりますが、生育している種数は少なくとも、生物進化の結果であり、場である自然植生の破壊はおこなわないほうがよいという意見、生物多様性の回復にかかった時間をムダにしない

いために無用な開発はおこなうべきではないというような意見を人々が共有している社会が到来することを筆者は期待しています。

4) 自然災害の被害軽減

人間一環境系の環境としての「自然」には、地震や噴火、台風、干ばつ、異常高・低温などで、私たちの生命や財産をかたんに奪い去ってしまう負の側面もあります。現代の科学や技術をもってしても、私たちはこの自然の猛威から解放されることはありません。阪神大震災、東日本大震災、数々の豪雨災害などが教えてくれるように、日本に暮らしているかぎり、私たちはいつ発生するのかわからない災害のリスクから逃げることはできないのです。

このような自然の負の側面と向き合い、自然の猛威の前での人間の無力さを認めたととき、これらの自然災害の被害を減少させ、緩和させる存在としての植生の役割がクローズアップされます。

地滑りや火砕流、土石流などの大規模なイベントには植生は無力で、土石流では、樹木は土砂とともに被害を起こす直接要因となっています(石川 2006 など)。100 年から数 1000 年に一回と稀にしか発生しないとはいえ(下川・地頭菌 1996; 塚本 1998 など)、集中豪雨時などに谷から大量の水や土石、樹木が襲ってくることで自体は自然の摂理なので、防ぎようがありません。谷の出口や川沿いなど、被害が発生しそうな場所で市街化を抑制し、災害が発生する可能性が高い被災箇所や市街地を利用人口が少ない自然・半自然植生に転換すれば、被災する人が減ることはだれにでもわかります。一定規模の植生が増えれば、防火機能や気温調節機能など、他の機能の効果が高まることも明らかです。ただ、筆者は災害報道のなかで被災箇所を植生に転換すべきだという主張を聞いたことがありません。このような意見は、災害の復旧・復興現場で主張してはいけいのでしょうか。

自然災害を軽減させるためには、不用意な、ムダな自然破壊も無視できません。自然破壊で変化した植生は前と同じではありません。破壊・改変の規模・内容によっては、災害を助長してしまう植生に変化することがあります。それがわかっているのであれば、あえてリスクを

高める必要はありません。

不用意な、危険な自然破壊・改変は避けたほうがよいのです。

5) 生態系サービス

現在、生態系サービスとされている項目の多くは古くから植生や生態系のもつ機能として認識されていたもので(吉良 1976; 只木 1981 など)、とくに目新しいものではありませんが、人間社会にとっては重要な機能です。

そのなかでも、洪水被害を減少させる流出量の緩和機能や都市のヒートアイランド効果を緩和させる気温調節機能を一定規模以上の植生がもっていることについてはよく知られていますが、このような植生がもつ公益機能については、国民の大多数が期待する機能です(内閣府「森林と生活に関する世論調査」[hht://survey.gov-online.go.jp/h23-sinrin/index.html](http://survey.gov-online.go.jp/h23-sinrin/index.html)) 自然・半自然植生の保全価値として、これからも重視すべきでしょう。

また将来、予測不能な事態が発生したときに基礎的な情報を提供するための機能も、食糧・医薬品・生活資材生産機能を担っている植生が大規模なダメージを受けたときには欠かすことができません。基礎情報の不足は対応策の遅れやミスリードの原因になります。この危機管理上の機能は、もっと高く評価すべきです。

生物のシステムが地球上の環境を維持するために、ほんとうに重要な役割をはたしているのであれば、それを残しておく以外に方法はない(吉良 1976) 以上、このような防災・環境面からの価値や食料・医薬品・生活資材の提供能力などの植生が担う生態系サービスは、植生を保護・保全し、その質を向上させるための重要な根拠となりえます。

6) 生物多様性と生態系サービスはべつもの

生物多様性が生態系サービスの提供主体として価値が高いか低いかは、植生であれば、群落タイプによって違ってきます。

サンゴ礁では、特定の種が欠如しても、その種の機能を代替する *sleeping functional group* (眠れる機能群) がその種の機能を代替することで生態系としての安定性

を維持しているようですが(宮下 2014 参照), 植生でも, 攪乱により空白ニッチが形成されれば, 隣接する種や被圧されていた種がそのニッチを埋めるための競争に入るので, 植分での種多様性が同様の機能をはたす可能性は高いでしょう. シカの被食により種組成が貧化してしまった林床植生では, 不嗜好性の種が被度を増やし(大橋ほか 2007 など), 表土の流出防止機能の低下を防いでいる例などは, その顕著な事例です(さらに食害が進み, 林床植生が貧化すると, 土砂の流出が発生しやすくなります(石川ほか 2007; 恩田 2008 など)). 基本ニッチや生理的最適域が重なる種が共存している植分は, 群落構造の破壊・攪乱による植生の機能低下を防ぐという意味で, 生態系の安定に寄与しているとみることができるのです(基本ニッチと生理的最適域の関係については亀井(2015)参照).

このように, 生物多様性が生態系の安定や機能の維持に寄与することで生態系サービスに貢献していることについては多くの方が同意するでしょうが, 「生物が多様かどうかということがあまり大事ではない, あるいはむしろ生物多様性と相反する生態系サービスがある(岡部 2010)」ことを無視することはできません.

たしかに, 食料の供給サービスであれば畑や水田などの農耕地, 建築材の供給サービスであれば人工林のほうが, 一般的には生物多様性の質が高い自然・半自然植生より提供できる生態系サービスの量は多いはずですが, 生物多様性が高ければ生態系サービスの提供者としての価値が高いというわけではないのです.

7) 順応的管理

自然保護や自然再生の現場では当初の想定どおりいかないことがけっこうあります. あとから説明することはできても, 予測することができないことも多々あります. 当初の目論見通りの結果がえられないのは, 学問的知見の不足や方法論の未確立のせいばかりではありません. もともと歴史的に固有な生物的自然を対象としている以上, 予測できなかった事態に遭遇するということは, 自然と向き合う者の宿命なのです. そもそも, 歴史的実体である生物的自然(植生)の未来については, 確率としてしか予測できません. 新たに発生した, 新たに認識す

ることができるようになった事象については, 予測するすべすらもっていません(亀井 2015). 自然保護・再生の現場で順応的管理が取り入れられるようになったのは, ある意味当然の帰結なのです.

林業や農業の現場では昔から順応的管理がおこなわれていたので, 自然保護の現場で順応管理がおこなわれるようになったこと自体は特筆するほどのことではありませんが, 法則性を見出すこと, 仮説検証研究が主流を占めている生物学(生態学)の研究者が順応管理を主張することは, 生物的自然のもつ歴史的固有性に注目してこなかったことの反省としてみれば, 意義深いことだと思います.

このように, 順応的管理の考え方が生物学, 生態学の分野に取り入れられたこと自体は有意義なことですが, かといって, 理論に裏打ちされた知見の重要性が失われたわけではありません. 新たに発生する現象については未来を予測することはできませんが, 過去のデータから確率事象として捕捉できる現象については, 既存データから未来の発生確率を予測できるので(亀井 2015), 単なる経験則ではなく, 今までの科学的な知見から導き出せる対応策を優先すべきと筆者は考えます. 具体的には, 科学的知見と現状をふまえた保護計画(Plan)を策定し, 策定された計画にしたがい管理を実施(Do)したうえで, 管理が計画目的を達成しているのかを点検(Check)し, 達成していない場合や問題がある場合は改善策を見出し(Action), 新たな計画を策定する(その後はこのプロセスを繰り返し, 常に現状に即した計画と管理となるように努める)PDCA サイクルの考え方をふまえた手法が有効なはずですが, 過去の経験則に固執し, 科学的な方法で見出された法則性や自然の特性を軽視するのも, 誤った認識だと筆者は考えます.

保全植生学では, 植生がもつ歴史的固有性と類似性・再現性の側面からえられた理論・法則の両方をわけへだてなく重視します.

2. 保全植生学が対象とする植生

筆者は, 植生を人間一環境系の環境要素としてとらえ, 自然植生と半自然植生, 人工植生に分けて扱うことが, 植生の保護・保全・回復策を進めるうえで有効だと考え

表 2. 人為とのかかわりにもとづく植生タイプと主な植生・土地利用, 生育種, 研究対象とする学問分野との関係

	人為とのかかわりにもとづく植生のタイプ			
	人工植生	半自然植生(植栽型)	半自然植生(再生型)	自然植生
主な植生・土地利用タイプ	<ul style="list-style-type: none"> ・管理の良い花壇 ・管理の良い芝生地 	<ul style="list-style-type: none"> ・耕作地 ・人工林 ・植栽樹群 ・人工放牧地 	<ul style="list-style-type: none"> ・二次林 ・二次草原 ・耕作放棄地 ・路傍・空地雑草群落 	<ul style="list-style-type: none"> ・自然林 ・自然草原 ・自然湿原
主な生育種の種類(利用タイプ)	<ul style="list-style-type: none"> ・園芸植物 ・造園植物 	<ul style="list-style-type: none"> ・作物 ・牧草 ・造林木 ・園芸植物 ・造園植物 ・野生植物 	<ul style="list-style-type: none"> ・野生植物 	<ul style="list-style-type: none"> ・野生植物
研究対象として扱う主な学問分野	<ul style="list-style-type: none"> ・園芸学 ・造園学 	<ul style="list-style-type: none"> ・園芸学 ・造園学 ・農学 ・林学 ・植生学(生態学) 	<ul style="list-style-type: none"> ・林学 ・造園学 ・植生学(生態学) 	<ul style="list-style-type: none"> ・林学 ・造園学 ・植生学(生態学)

ていますが, 半自然植生については, さらに「人が維持している植生」と「自然回復中の植生」に分けて取り扱うことが重要だと考えています。

1) 植生学が対象とする植生の範囲

植生は, ある土地に生育している植物の集団を全体的に漠然と指すときにもちいられる学術用語で(奥富 1975), 人間-環境系としてみたときには, 環境の基盤的生物要素として位置付けられます。人為の有無と内容によって植生を区分すると, 表 2 のようになります。

表 2 では, 一番左が人工植生で, 左から二番目が植栽種と野生種が共存している半自然植生, 三番目が主に野生種からなる半自然植生, 一番右が自然植生になります。

自然植生と半自然植生, 人工植生の区分方法については, 自然環境と半自然環境, 人工環境の項で説明したのと同じです(半自然植生の対象範囲を本報のように定義した場合は, 半自然植生は植生学で一般的に使用される代償植生 *substitutional vegetation* の同義語となりま

す)。ただ, 人為との関係を重視する視点で植生をみると, 半自然植生についてはさらに, 植えられた植物が主体のタイプ(植栽型)と, 人為的に破壊・攪乱されたあとに放置され, 自然の自律的な回復力(復帰性) *resilience* により再生した植物が主体のタイプ(再生型)に分かれます。人間が植栽, 栽培している人工林・耕作地と, 伐採や刈取りなどの攪乱作業がおこなわれたあとに自然の自律的な回復力によって形成される雑木林・二次草原などでは, 人為の性格が全く異なるからです。

前述の定義のように, 植生とは, 本来は土地の上に成立した植物集団なのですが, 構造物や屋上に成立している植物の集団でも, 野生植物が一定の生物社会を形成していれば, 植生として取り扱うことができます。

表 2 の区分のうち, 保全植生学が対象とするのは, 自生している生物が一定の生物社会を形成している植生, すなわち, 自然植生と半自然植生ということになります。ここで定義した人工植生は, 植物が生育している土地ではあっても, 侵入した野生植物が生育していない

表 3. 森林に関する用語とそれに対応する英語の関係

文献	用語	英語	
生態学辞典	林地	wood land	
	うっ閉林	closed forest	
	疎林	open forest	
	低木林	scrub	
学術用語集農学編	低木林	bush	
	森林	forest	
	山林	forest	
	高木林	forest	
	林地	forest land	
	林野	forest land	
学術用語集植物学編	低木林	scrub	
	森林	forest	
	高木林	forest	
	高木林	silva	
	高木林	wood	
	疎林	wood	
	疎林	open forest	
	疎林	woodland	
	林地	woodland	
	低木林	scrub	
	低木林	fruticeta	
	学術用語集地理学編	森林	forest
		低木林	scrub
	森林科学用語集	森林	forest
森林		woods	
森林		woodland	
森		forest	
森		woods	
樹林		forest	
樹林		woods	
樹林		lignose	
山林		forest (land)	
山林		woodland	
高木林		(high) forest	
高木林		silva	
高林		silva	
喬林		silva	
低木林	shrub		
低木林	bush		
低木林	copies		
叢林	bush		

ので、園芸学や造園学が研究対象とする領域ということになります。自然・半自然植生については、植生学だけでなく、雑草・栽培植物を研究対象としている学問分野や、景観の保全や森林の保全・利用を研究対象としている多くの学問分野の研究領域でもあります。

2) forest or woods

ある日、あるアイドルのブログに、「森」は自然のもので「林」は人間がつくったものというようなニュアンスのコメントが書かれていたのを見て、正直、あせりました。「森」と「林」を異なる概念とする可能性にふれた論考(四手井 1974)が存在していたからです。そこで、あわてて学術用語集 植物学編(文部省・日本植物学会 1990)と学術用語集 農学編(文部省・造園学会 1986)、学術用語集 地理学編(文部省 1981)、生態学辞典(沼田 1983)、森林科学用語集(林学会 2001)ではどのように記述されているのかを確認してみました(表3)。

今回調べた本では、森林科学用語集には「森」が forest の訳語として載っていましたが(woods の訳語として「林」はありましたが、「林」の項は存在していませんでした)、他の本には「森」も「林」ものっていませんでした。どうやら、「森」や「林」は学術用語としてはほとんど使われていないようです。また、表3を見るとわかるように、森林 = forest が大多数の見解でした。

ただ、森林は、人為の有無、内容によって、自然林と二次林、人工林に分けることができます(表2)。人間一環境系として森林(植生)をみるとときには、「自然のもの」、「人間がつくったもの」という区分そのものはとても重要な基本的概念です。学術用語では「自然のもの」=「森」、「人間がつくったもの」=「林」とするには問題があるでしょうが、「自然のもの」=「自然林」、「人間がつくったもの」=「二次林・人工林」と分ければ(全部「林」ですね)問題は発生しません。

もっとも、これですっきりしたわけではありません。表3を見ればわかるように、森林に関係する用語はあまり体系化されているようにはみえないのです。とくに、forest と wood land(woods) との関係がよくわかりま

せん。同じものを指しているのでしょうか、それとも別のものを指しているのでしょうか。公園の植え込み地や果樹園、桑畑など、森林とよべるのかよくわからない植分が存在しているので、どのように定義されているのか、されるべきなのか気になります。

そこで、森林に関する学術用語について、その包含関係や守備範囲を考慮しながら、再検討してみることにします。

英語の生態学辞書を見ると、forest には別に御猟場という意味があること、woodland には林地と疎林という異なる意味があることがわかりますが、林地、森林としての意味については両者の違いは明確ではありません (アラビー 1994; Lincoln et al. 1998)。生態学辞典でも、林地 wood land とは「草地に対して用いられる言葉で、森林の成立している土地、または森林の育成に用いられる土地。うっ閉林 closed forest に対して、疎林を意味することもある。」とし、疎林 open forest については「立木密度が低く、林冠が閉鎖しない森林」としています (沼田 1983)。closed forest の訳語をうっ閉林とするのであれば、疎林を wood land (woods) の訳語とするより open forest の訳語としたほうがわかりやすいと思います。そうすれば、林地 wood land はうっ閉林 closed forest と疎林 open forest を包含した概念ということになるからです。ただ、林地は wood land と forest land の訳語となっていますが、うっ閉林と疎林はともに forest なので、forest land のほうがわかりやすいでしょう。

では、wood land (woods) は何を表すのかということになりますが、筆者は grove と forest land (forest) を包含した概念として使用するのがわかりやすいと思います。grove は、「小さな樹群地もしくは広大な林地の断片 (Lincoln et al. 1998)」、「小さな森で、たいてい 8 ヘクタールより小さい (アラビー 1994)」とされていますが、ここでは、共存している野生種のなかに森林を構成する主要木が存在していないか、存在していたとしても実生がわずかに存在する程度の樹群地のことで、公園の植え込み地や果樹園、桑畑など強度の管理をうけている植栽樹群と開発などにより断片化した残存自然林や管理によって林床植生が著しく改変された二次林などをさ

すことにします。Wood land には「樹木被覆地」、grove には植生図などによく使われる「樹群地」を訳語に充てるのがよいと思います。

このように定義すると、樹木被覆地 wood land (woods) は森林 forest (林地 forest land) と樹群地 grove、低木林からなり、森林はうっぺい林 cloud forest と疎林 open forest に大別されることとなります。

なお、低木林については、shrub と scrub の訳語とする見解が多いのですが、scrub を低木林にあてる見解では低木を shrub の訳語としているので、低木林を scrub の訳語としたほうが、低木 shrub と使い分けできる点で使いやすいと思います。

このように再定義すれば、断片化した残存林や果樹園、桑畑、公園の樹群など、植生学では植生図の凡例としては位置付けられていても、群落タイプとして扱えるのかが明らかでなかった樹群地をその種組成から位置づける道が開けます。また、自然林、二次林、人工林との関係も明確になります。

ただ、このように定義しても、うっぺい林と疎林の違いはどの程度の樹木被覆率で分けるのか、疎林の樹木部分と樹群地の違いは何かなど、いくつかの疑問が残ることになります。もっとも、種組成を基本とした群落区分を前提とした植生学の視点に立てば、それほど問題とはなりません。いわゆる植物社会学的調査 (ブラウンブランケ 1965; 吉川 2005 など) では、森林群落であれば、林冠がうっぺいした箇所で種組成がほぼ均質な部分を調査するので、林内に草地性の部分構造が存在しても、それは別の植分もしくは動態単位 (大沢 2001 など) としてとらえることができるからです。疎林の樹木被覆部分を森林断片とみるのか樹群地としてみるのかについては、個々の種組成で決めればよいのです。そして、このような林内に不均質な構造をもつ森林を全体としてとらえるときは、パッチ複合体として扱えばよいのです。そうすれば、どの程度の樹木被覆率でうっぺい林と疎林を分けるのかを決めることは、パッチ複合体をどのようにとらえるかという研究戦略の問題となります。つまり、必要に応じた基準を設定すればよいのです。うっぺい林と疎林では構造や生態的な性質が異なるので、概念的には重要な区分ですが、森林性と草地 (低木) 性の群落タ

イブの植分もしくは動態単位からなるパッチ複合体としてとらえ、それぞれの均質部で植物社会学的調査がおこなわれていれば、現実の解析では大きな問題は発生しないはずですが、そもそも、森林とは基本的に不均質な存在なのですから。

アイドルに背中を押されるかたちになってしまいましたが、樹群地を森林に関する用語体系のなかに位置づけることができたので、今後は、現在は抽象的群落とは認められていない植栽木が優勢なグループと自然林や二次林、人工林、雑草群落などとの種組成の違いや共通性を調べる研究がやりやすくなるでしょう。

3) 半自然植生のもう一つの側面

表 2 では、半自然植生を植えられた植物が主体のタイプ（植栽型）と自然の回復力により再生した植物が主体のタイプ（再生型）に分けましたが、視点を変えれば、継続的に管理することによって維持されている半自然植生（農耕地、雑木林、人工林など）と、人為による破壊・攪乱後や管理が放棄された後に現れる自然植生への回復途中の半自然植生（耕作放棄地、管理されていない雑木林や人工林など）に分けることもできます。この視点を取り入れると、半自然植生は、継続的な管理によって維持されている「植栽型」、管理が放棄された後に現れる「自然回復型」の 3 タイプに分けることができます。なお、「再生型」という言葉では持続的に維持していることがわかりにくいので、人が維持している

るタイプについては、以下では「再生・持続型」とよぶことにします。このうちの「再生・持続型」は植生学で使われる持続群落という用語（宮脇 1967 など）とほぼ同じ意味の用語となりますが（持続群落は耕地雑草群落など定期的な管理作業下で成立する「植栽型」の群落も含む概念なので全く同じというわけではありません）、持続群落とよく似た持続植生という用語には極相群落などが含まれるので（沼田 1983）、本報では用語上の混乱を避けるため、持続群落、持続植生という用語を使用せず、「再生・持続型」のほうを使用することにしました（なお、本誌でおこなった誌上討論（亀井 1999, 2000）では、筆者は持続群落を宮脇氏の定義にしたがって使用しています）。ただ、人為との釣り合いで継続し続ける半自然植生（代償植生）を明確に位置付けることは人間一環境系の視点からはきわめて重要です。今後、植生学者のあいだで新たな用語（たとえば、人為的持続群落 *artificial persistent community* のような造語が必要になります）が確立されることが望まれます。

半自然植生をこのように 3 区分したときの、人工植生、半自然植生、自然植生間の関係は図 2 のようになります。

人工植生は、放置されれば、野生種が侵入してくるので、植栽型の半自然植生に変化します。再生・持続型と植栽型の半自然植生はともに継続的な管理で維持されているので、土地利用転換がおこなわれないうちに、たがいに相手に変化することはありませんが、放置されると、両者とも侵入している野生種の増加や入れ代わりがおこ

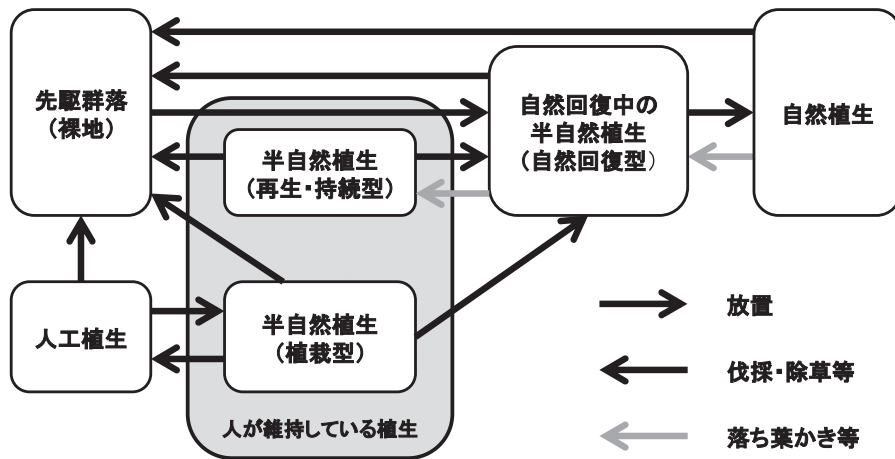


図 2. 自律的な自然回復力と人為との関係からみた人工植生、先駆群落、半自然植生、自然植生の関係

り、自然回復型の半自然植生に変化します。自然回復型の半自然植生は放置されれば自然植生に変化します。この自然植生に向かう回復力は人為の対極にあるもので、その原動力は生態遷移です。

皆伐や強度の除草など、群落構造を完全に破壊する強い人為が加わると、いずれのタイプの植分も先駆群落もしくは裸地に変化します。植栽型では、植栽種を残す伐採・除草等がおこなわれたときは人工植生に変化します。落ち葉かきなどの人為が継続的に加わったときは、自然植生は自然回復型をへて再生・持続型に変化します。一回だけであれば、自然回復型をへて自然植生に戻ります。自然回復型の森林は継続的な落ち葉かきなどがあれば再生・維持型に変化します。植栽型の森林・樹群地でも、植栽樹種や落ち葉かきの継続期間によっては再生・継続型に移行することがありますが、雑木林の復元など、かなり特異な例になりますので、図 2 には示しませんでした。自然回復型の低木群落・草地も、継続的な刈取り・火入れなどがあれば、再生・持続型の草地に変化します。

このように、半自然植生を当初の人為の質とその後の人為の継続性で分けると、自然植生と半自然植生、人工植生の関係が理解しやすくなると思いますが、皆さんはどう思われますか。

3. 保全の考え方・手法は植生のタイプによって変わる

前述のように、半自然植生（代償植生）は当初の人為の質とその後の人為の継続性で 3 タイプに分けることができますが、ここでは、自然植生の少なさという非常に大きな問題に私たちが立ち向かうには、半自然植生を「人が維持している植生」と「自然回復中の植生」に分けて取り扱うほうが無理・ムダなく効果的な対応策を策定できるという視点に立ち、半自然植生をこの二つのタイプに分け、自然の自律的な回復力をキーワードとして、植生の特徴と保護・保全・回復策を進めるうえでの課題について検討します。

1) 自然植生の危機

本来の自然である自然植生は、私たちだけでなく、未来の子どもたちにとっても数々の恩恵をもたらしてくれる貴重な財産です。しかし、残念ながら自然植生は残存

量の少なさや質の問題など、さまざまな問題に直面しています。

a. 自然植生の少なさ

日本列島の現存植生図（環境庁自然保護局 1997）を見ればわかるように、古くから人の手の入っている日本列島では、自然植生はわずかしかなかったり残っていません。

日本列島に残された自然植生は全国土の 18.4% だけで、しかも、その約 60% は北海道に分布しています。とくに自然植生が少ないのが、古くから農耕地化、人工林化、都市化などが盛んな関東以西の地域で、この地域の主な自然植生であるヤブツバキクラス域自然植生は、全国土の 1.6% を占めるにすぎません（環境庁自然保護局 1997）。これが自然植生の実態なのです。

人間の手の入っていない自然ほど価値があるという考え方を通俗的エコロジー論としてとらえ、行政施策への適用を批判する見解がありますが（鳥越 2003）、現在の原生自然を対象とした保護制度は、私たちの先輩生態学者の努力の結晶で（吉良 1963 など）、通俗エコロジー論にもとづくものではありません。今の方々は、この先人の努力を知っているのでしょうか、保護制度を正しく理解しているのでしょうか。もし誤解していたら、興味すらなくなっているとしたら、心配です。

自然植生は、私たちの生活基盤である自然の本来の姿であり、前述のように、進化の結果形成された生物多様性を継承した貴重な存在です。また、持続的な自然利用を模索するうえで必要な基礎的情報をえるためには不可欠な存在です。どう考えても、この少なさのほうの問題であると筆者は考えますが、皆さんはどう思われるでしょうか。

残された自然植生にも課題はあります。

日本では、とくに自然度の高い自然植生は、原生自然環境保全地域や自然環境保全地域、国立公園の特別保護地区、第一種特別地域などに指定され、厳重に保護されていますが、これらの指定を受けていない地域では、自然植生はしばしば破壊・攪乱の危機にさらされているからです。また、指定されている自然植生も安泰なわけではありません。植生は、かざられた面積で守られたとしても、再生複合体としての動的な維持機構を機能させるのに十分な広さが確保されていなければ、いずれ劣化し

ていくことになるからです (吉良 1976; Pickett & Thompson 1978 など). シカによる食害も周辺の半自然植生だけではなく自然植生にも及んでいます (依光 2011; 前迫 2013 など). しかし, 周辺の植生を含めた保護・保全策は多くの場合不十分です.

b. 放置することが大事だけど

自然植生は遷移段階の異なる相のモザイクからなる動的な再生複合体で, 自然攪乱による破壊と遷移による回復とのバランスによって維持されています (亀井 2015 参照). つまり, この再生複合体の動的なプロセスを保持することが自然植生を保護することになるので, 自然植生を維持していくためには, 基本的には対象となる植分・群落集団を放置しておけばよいのです.

ただ, 自然植生も, 周辺の植生が破壊・改変され, 小面積の孤立した存在になると, エッジ効果や隔離などの影響により, 再生複合体としての更新機能や自律的な回復力が失われることがあります. また, 前述のシカなどの食害によっても更新機能や回復力が失われることがあります. 逆に, 河川敷植生のように, ダムや堤防の整備などで自然攪乱が停止・減少することで, 攪乱依存型の種の生存が脅かされることがあります. このような場合は, 放置管理を基本としたうえで一定の管理作業が必要になります.

自然植生にだけ必要な作業ではなく, すべての植生に要求される作業として, 観察・点検作業があります. シカの食害や害虫の異常発生など, たとえ嚴重に保存しておくべき植生であっても, なんらかの作業が必要になる事態が発生する可能性があるからです. 被害を未然に防ぐ, 最小限に抑えるためには, 観察・点検作業は不可欠な作業なのです.

2) 「人が維持している植生」の悲鳴

農耕地や雑木林, スギやヒノキの人工林などは, もともと人が手を入れることで維持されてきた二次的な自然ですが, 最近の少子・高齢化や都市型社会への転換により, 山間地などではその維持が困難になりつつあります.

a. 「人が維持している植生」の価値が見直された

この「人が維持している植生」は, かつては生活の場でも普通にみられた, ごくありふれた自然ですが, その

ことが災いしたのかもしれませんが, あまりに身近にあり, ありふれた存在であったためか, 都市化の進展などによる開発で激減したときにも, あまり脚光を浴びることはありませんでした. また, 水田や人工林などは, 作物や有用樹からなる人工植生であるため, かつては, 自然の空間として扱われることはあまりありませんでした.

ところが, 田畑や雑木林, 半自然草地在り身近な場所からほとんど消えてしまい, かつては私たちの身近な場所にあたりまえのようにいたメダカやトンボ, 草花がいなくなってしまうことに気づいたとき, 人々のあいだで身近な自然を見直そうという機運が急速に高まりました. そして, このありふれた里山や半自然草地在り, 管理の仕方によっては多くの野生動植物が生活する空間となりうるため, 日本人が創り出した自然との共生システムのひとつとして多くの人々に高く評価されるようになったのです (守山 1988; 鷲谷・矢原 1996; 大窪・土田 1998; 武内ほか 2001 など). じつは, 里山という言葉もこのブームのなかで定着していった言葉なのです. 雑木林を身近な自然として保護することの必要性については, かなり以前から指摘されていたことですが (吉良 1976; 奥富 1978 など), 今そのことに言及する人はほとんどいません. 過去の努力は忘れ去られてしまったのでしょうか. だとすれば, 筆者には残念でなりません.

最近では温暖化対策としての価値を見出そうという動きもあります. 「人が維持している植生」を伐採することでえられる材を使って発電すれば, カーボンオフセットになるからです (実際には管理や伐採, 加工時にエネルギーを消費するので, 完全に相殺されるわけではありません). 国土の保全に無理を生じさせない程度の伐採であれば, 「人が維持している植生」の利用促進と維持につながるでしょうが, 過去の失敗を忘れ, 目先の経済効果に目を奪われると, また痛いしっぺ返しを食らうこととなります. 「人が維持している植生」であっても, 人間—環境系の環境の一部であることには変わりはないからです.

過度な伐採には, それに応じた環境からのリアクションが生じますが, 土地の状態によっては災害を引き起こす引き金や遠因になります. 過度な伐採には, それに見合うリスクがつきまとうのです.

b. 「人が維持している植生」を維持するためには

「人が維持している植生」を維持するための管理に関する事項については星野 (2001a, b, c) にその要点が記述されていますが、「人が維持している植生」を維持していくためには、継続的な管理が不可欠なため、広域で維持していこうとすると、多大な費用と人的資源が必要になります。そのため、社会経済状況の変化により経済的な価値が減少し、管理できず放置されることが多いのも事実です (伊藤 2014 など)。この「人が維持している植生」には、管理にかかわる人的資源と資金の問題が重くのしかかっているのです。

最近では経済性ではなく、自然と人間の共生系として、生物多様性を保全する場として再評価されています (鷺谷・矢原 1996; 大窪・土田 1998; 武内ほか 2001 など)。費用をだれが負担するのかという問題は無視されがちです。でも、その難題をクリアしなければ、「人が維持している植生」を維持するための負担に個人や地域社会が耐えつづけることになります。

日常ごくふつうに接しているがゆえにその価値に気付かなかつたり、正当な評価をしてこなかった「人が維持している植生」を地域外の人々の評価からその価値を再認識し、地域おこしに活用する例も増えてきましたが (嘉田 1994; 鳥越 2001; 藻谷・NHK 広島取材班 2013 など)、「人が維持している植生」のすべてが地域おこしの資源として役に立つわけではありません。むしろ、活用にもかからない「人が維持している植生」や過剰利用により価値を喪失してしまう可能性が高い「人が維持している植生」のほうが多いのではないのでしょうか。このような「人が維持している植生」を生物多様性などの公益を確保するためだけに維持するのだとすれば、特定の個人や地域にその負担を押し付けることは理不尽といわざるをえません。公益のために維持するのであれば、国や社会全体として対応すべきではないのでしょうか。皆さんはどう思われますか。

とくに深刻なのが「植栽型」の人工林です。

人工林のもつ国土保全機能に注目すれば、税金でその維持管理を支援する制度にも意義が認められますが、過去の過剰伐採や無理な林種転換 (井原 1997; 太田 2012 など) という過ちを正視し、同じ過ちを繰り返

さないという前提に立たなければ、補助金を前提とした不自然な生産システムが生産者のあいだに定着してしまうだけで、長期的には投入した税金に見合う利益がえられるとは考えられません。一部の人の満足のために公費を使っているとみなされれば、直接利益をうける人には評価されても、大多数の人の反発を招くことになります。「人が維持している植生」として継続させることの意味、意義が不明な植分まで公費を投入しているのであれば、それが一部でおこなわれたことだとしても、全体への不信感につながってしまいます。直接かかわっていない多くの国民に、どこの、どの半自然植生が、「人が維持する植生」として維持されると、どのような公益性が高まるのかを具体的に説明することが必要なのです。

たとえば、拡大造林で生みだした一千万ヘクタールの人工林を維持する必要はあるのでしょうか。経済的に不利な地域では経済林としての管理を放棄し、平坦で人里に近い森林 (山村の無人化によって新しく生まれた造林適地を含みます) に限定して森林経営をおこなってもよいのではないかという見解もあります (伊藤 2014)。政府はどのように国民に説明していこうとしているのでしょうか。皆さんは聞いてみたいと思いませんか。

森林のもつ国土保全機能は人工林にも備わっていますが、自然林や二次林にも備わっている機能なので、無理に人工林に負わせなければならない機能ではありません。かなり急峻な斜面地での雑木林の大規模な皆伐や本来採算が取れないような山岳地での人工林の大規模皆伐などについては、何を目的におこなうのでしょうか。荒れた人工林での災害を未然に防ぐための間伐 (恩田 1995 など) であれば、森林に公益性を求めている大多数の国民の理解はえられるでしょうが (国民が森林に期待する働きの上位 4 項目 (国有林では上位 6 項目) は森林がもつ公益機能 (内閣府「森林と生活に関する世論調査」。 [hht://survey.gov-online.go.jp/h23-sinrin/index.html](http://survey.gov-online.go.jp/h23-sinrin/index.html))), 大規模な皆伐については、土砂の流出などの災害危険性をはらむものです (竹山 1995; 塚本 1998 参照)。ただでさえ 100 年程度から数 1000 年のサイクルで繰り返される土砂流出 (土石流等) の発生 (下川・地頭蘭 1996; 塚本 1998 など) を助長させかねない大規模皆伐をなぜおこなわなければならないのでし

うか、筆者には理解できません。

同じことは谷津田などについてもいえます。水田のもつ環境保全機能も溪畔林や湿地が本来もっている機能の代替で、溪畔林や湿地としておいたほうが低コストでえられる機能のはずです。

国民が納得する明確なストーリーを確立し、生産者にも納得してもらえらるオープンな維持管理システムを構築しないかぎり、この「人が維持している植生」の減少・衰退は止まらないでしょう。

保全植生学はそのような問題を解決するための直接の武器にはなりません、対象となる植生の性質を人為との関係で把握できるので、リスクを軽減させる、意味のあまりないムダな作業を減らすための一助にはなりません。

3) 自然植生に回復途中の半自然植生に注目！

自然植生が少ない現状を改善し、自然植生を増やすためには、自然植生への回復途中の半自然植生を保全し、自然植生への回復プロセスを保証する以外に道はありません。しかし、自然植生への回復途中にある半自然植生の評価は高くありません。それゆえ、脚光を浴びることもありません。以下では、自然植生への回復途中にある半自然植生の価値について検討したいと思います。

a. 「自然回復中の植生」の評価は低いけど

雑木林や人工林、半自然草地など、継続的な人為によって維持されている半自然植生、すなわち再生・持続型と植栽型の半自然植生は、放置されると自然回復型の半自然植生に変化しますが、偏向遷移などによって植生が荒廃することが多いため、この自然回復型については低い評価をうけることが多い（木文化研究所 1999 など）のが実情です。

評価が低いから、自然回復型の半自然植生は、ひとたび破壊されてしまえば、初期状態、すなわち先駆群落や「人が維持している植生」が放置されたときの状態に戻ってしまうこと（図 2 参照）があまり理解されないように感じます。そのため、自然回復型を不定期に伐採することは自然回復型の半自然植生をいつまでも存続させることになることに、「人が維持している植生」として継続的に管理することができない荒れた植分を伐採しても一時しのぎにしかならないことに、多くの人は

たぶん気づいていないのです。ごみの不法投棄や衛生害虫の発生などへの対策として実施しているのですが、筆者には経費や人的資源のムダ使いにしかみえません。皆さんはどう思われますか。

吉良（1976）は、二次的自然を放置し原始的ないしそれに近い自然を復活させることの必要性を論じています。また、奥富（1998）は、自然林構成樹が多数侵入している雑木林では、自然林復元のための管理方法を採るべきであろうとしています。そのような意見は少数派です。「自然回復中の植生」にとっての最大の問題とは、評価が低いということにつきます（亀井 1999, 2000）。これは、自然性という点では、制度的に守るほどのものではないことと、「人が維持している植生」を守っていかうという立場からは、自然回復型は、放置したことで荒れてしまった姿であり、むしろ手を入れるべき対象として理解されている（木文化研究所 1999 など）ためだと考えられます。ただ、この評価の低い自然回復型のすべてで偏向遷移が起きているわけではありません。むしろ順調に自然植生に回復中の植分のほうが多いのではないのでしょうか。車窓から見ただけでも、近畿や中国地方などでは、アカマツの大量枯死後に成立した落葉広葉樹林、常緑広葉樹林にたくさん出会いました。

今後、人為の影響で増えすぎた種（人工林の植栽木や雑木林の優占種など）の枯死が進み、均質性の高い植分からパッチ複合体へ変化し、構成種が長期にわたり更新しつづけられるようになれば、自然植生への回復プロセスも終わりに近づきます。「自然回復中の植生」の本当の価値、意義を多くの方々が共有し、21 世紀の子どもたちの貴重な財産である自然植生やそれに近い植生が増え、大切にされている日本の姿を少しは期待してもよいのでしょうか。

b. 自然植生の回復を図るためには通らざるをえない道だけど

自然回復型の半自然植生のなかには、数十年以上の時間が経過し、外見的には自然植生と見まちがえるものも多いのですが、これらの植生も厳密に言えば自然植生ではないため、その点を強調した主張によって、低く評価された歴史があります（沼田 1994 など）。しかし、少なくなってしまった自然植生を増やしていくためには、

この自然回復型の半自然植生を保全しなければならないのは自明です。つまり、自然の回復にかかった時間を無にしなない、ムダにしなないためには、このタイプの植生を放置しておくことが重要なのです (亀井 1999, 2000 など)。また、生産システムの枠から取り残された雑木林や農耕地など、「人が維持している植生」として維持していけない、維持する理由の希薄な半自然植生を「自然回復中の植生」として保全していくことも、自然植生への回復過程を保証するという点で、きわめて重要です。

しかし、自然植生の回復を図るためには通らざるをえない道だという認識が自然保護関係者にすら定着しているとはいえない現状では、数々の問題に出会うこととなります。

ボランティアと話をしていたときに、一部の方から、放置すると「自然がダメになる」といわれたことがあります。たしかに、テレビを見ていると、「山が荒れる」という趣旨の発言をよく聞きます。でも、ほんとうにそうなのでしょうか。

たしかに、「自然回復中の植生」のなかには、ニッチをめぐる競争により一時的に特定の種が異常繁殖し (亀井 2005; 奥富 2005; 鈴木 2010 など)、種組成や群落構造がいびつになることがあります。この現象は林内や周辺部で伐採と放置が中途半端に繰り返されている植分や、都市林のように孤立している植分、個々の植分が小さく、しかも林縁的な環境が占める割合が高い植分などでは、そう簡単には収まりません。また、放置されることで「人が維持している植生」の定住種が減少したり消滅する現象も普通に見られます (斎藤ほか 2003 など)。放置すると自然がダメになる、山が荒れるという見方が「人が維持している植生」がダメになるという意味ならば、このような植分についてはあてはまりますが、自然としての価値がダメになるわけではありません。むしろ自然植生に近づいている植分とみることもできるので。また、放置された森林の「すべて」が荒れているわけではありません。少なくとも車窓から見る再生林は、林縁部以外は荒れた林には見えません。

放置することで山が荒れるのは人工林や林縁部などに限られると筆者は思うのですが、皆さんはどう思われますか。

別の視点で「自然回復中の植生」が増えることに危惧をいだく人もいます。昆虫の研究者に多いようです (守山 1988; 岡部 2010 など)。たぶん、生態遷移の進行によって特定の樹種の異常繁茂が生じ、明るい環境を好む植物・昆虫の多くが消失することへの危機感が言われるのでしようが、この明るい環境を好む植物・昆虫の生息地は植生の構造に起因するもので、よく管理された二次林に戻すことでも回復しますが、適切な管理によって誘導された自然植生 (再生複合体) でも、基本的には回復させることができる性質のもので、自然回復型の半自然植生でも、パッチ複合体の段階に入れば、不安定な陽性環境から安定した林内環境まで、さまざまな環境、多様なニッチが形成されることになるので、種の多様性が低下するという事はないはず。むしろ、質については高くなる可能性すらあります。ただ、かなり広い面積が確保されなければ、このような再生複合体等で明るい環境を好む植物・昆虫の健全な状態での存続を保障することはできません。その場合は、代償措置として再生・持続型の半自然植生でこれらの生物のハビタットを確保することになります (亀井 1999)。

「自然回復中の植生」を放置することの不利益を主張するときには、この植生タイプや自然植生の動的な性質をふまえた主張なのか、それとも特定の地域、植生タイプだけで生じている問題に対する主張なのかがわかるように発信していただければと思います。

c. 放置より悪影響を与えてきたのは？

自然植生でも台風や噴火、地震などによって災害は発生しますが、災害の発生を助長するのは主に森林の大規模な伐採です (じっさいには被害の大部分は伐採後の幼齢人工林で発生しているようです (竹田 1995; 相浦ほか 1998; 塚本 1998 参照)。なお、皆伐後に植栽をおこなわなければ斜面崩壊はほとんど発生しないという報告 (相浦ほか 1998) もあります)。そして、過去の日本では過剰伐採による災害が頻発していたのです (太田 2012 など)。

日本では、弥生時代から森林の乱伐が繰り返されてきましたが (辻 1999 など)、江戸・明治期の平地や里山では、りっぱな樹群地があるのは社寺の境内ぐらいで、森林のほとんどは貧弱な二次林で占められ、多数の禿山

も存在していたようです (小椋 1992, 1996 など)。

奥山には発達した森林が存在していたようですが、幕府や諸藩が森林を大事にしたのには、安土桃山時代から江戸時代初期に森林を乱伐した結果、深刻な被害が起きたことへの反省があったと考えられています (井原 1997; 加藤 1999 など)。ただ、残念なことに、その反省は忘れられることとなります。太平洋戦争時の物資調達や戦後復興という大儀のため、当時、山の木々は大量に伐採されたのです (太田 2012 など)。そして日本は、大規模な水害に見舞われました。

そのようななか、戦後の政府は国土緑化に務めてきましたが、そこには戦後復興の住宅需要などを背景とした木材需要の強さを前提とした緑化という側面もあります (太田 2012 など)。ただ、そのことを現在の私たちが非難することはできません。国土は荒れ果て、復興は急務だったのですから、問題なのは、その後の拡大造林による森林伐採、林種転換のほうです (太田 2012 など)。高度成長の波に乗った経済性一本やりの奥山開発、拡大造林、スーパー林道整備などをこそ、私たちは問題視すべきなのです。緊急性が去ったあとも、経済優先の政策をとったことが、一千万ヘクタールの人工林を生み出したのです。そして、日本の生物的自然が戦争でうけた傷をさらに大きくしたのです。

d. 植生には自律的な回復力 (復帰性) がある

ただ、多くの地域では、それほど悲観的になる必要はありません。残念ながらすべての地域でとまでは言えませんが、基本的には、伐採や人為的攪乱によって生じた植生の脆弱さは、自然がもつ自律的な回復力により時間とともに軽減されることになるからです。

ここで注意したいのは、自律的な回復力 (復帰性) と生態遷移は同じではないということです。人工植生や半自然植生が自然植生に遷移していくのは自然の回復ですが、自然に形成された溶岩や砂丘上、自然火災の跡地や台風により林冠木が倒木した森林での生態遷移の進行は、自然の回復ではありません。そこで見られる変化は、日々刻々変化しつづけるという自然の姿そのものです。

人工・半自然植生を放置したときには、当初は植栽木や人為によって優占していた種が優勢になり、そこに新たな種が加入するかたちで自然の回復が進行することに

なりますが、さらに生態遷移が進行し、植栽木や人為により優占種となることができた種が枯死する段階になると、林冠木の枯死には時間差があるので、一般的に遷移段階の異なる植分もしくは動態単位が形成されるようになります。つまり、植分は再生複合体へと変化するのです。

マツの材線虫によるマツ枯れ (二井 2003 など) や、カシノナガキクイムシによるナラ枯れ (黒田 2008 など)、キアシドクガによるミズキの大量枯死 (矢野・桑原 2012 など) などの大発生により、植生は一時的にかなりのダメージをうけますが、そのような大規模な生物的攪乱も、一面では、人為の影響の排除につながるという側面をもっています。

e. 人為を必要とする場合

人為は植生の破壊・攪乱要因ですが、自然の持続的利用や自然植生への回復に役立つ管理作業も人為そのものです。

生態遷移が進行し、種が入れ代わるということは、現実の植分では既存個体の死を意味します。そのため、遷移段階が進んだ森林では、倒木による群落構造の破壊、かなり大きな攪乱がつきものです。この、進行遷移で起きる種の入れ代わりに相当する伐採がおこなわれると、生態遷移が早まることがあります。偏向遷移が進んでしまった植分でも、全面的な伐採・刈取りは、遷移段階を引き戻しますが、選択的な伐採・刈取りによって正常な進行遷移に戻すこともできます。「人が維持している植生」を自然植生に回復させるためには、人工林や二次林に由来する人為の影響を排除するための管理 (植栽木や継続的管理で増えすぎた種の選択的伐採など) が有効なことがあるのです (神谷 2001 など)。ただ、これらの作業が必要になるのは、普通は人為の影響が強く残っている段階だけです。その後は、自律的な回復力によって、いずれは動的に安定した再生複合体に移行することになるからです。

都市など、特殊な条件のもとで、正常な進行遷移が阻害されてしまい、偏向遷移が生じたときには、自然植生や「自然回復中の植生」であっても、進行遷移の妨げになっている生物の抑制管理が必要になります。植栽起源の樹群地では、当初は全体で、ある程度発達しても林縁で、必要となる可能性の高い作業です。いずれ、群落構

造が発達すれば不要になる作業ですが、偏向遷移が進む恐れがある場所では必須の作業です。小面積の残存林など、林縁化や他の植生からの隔離の影響を強くうけている植分では、人為的な手当が必要のほうが普通です。

ただ、民俗学や考古学、植生史の成果から明らかになりつつある日本列島での開発の歴史を見ていると、日本人は特別な場所以外の自然に手を入れることについてはあまり違和感をもっていないようなので(亀井 2000)、自然植生や「自然回復中の植生」を保護・保全するときには、管理の必要性より、放置の重要性のほうを強調すべきです。たとえ順応的管理であったとしても、管理の必要性を強調しすぎると、日本では拡大解釈がなされ、開発のための根拠とされてしまう恐れが高いからです。何もしないことを含んでいる場合であっても(たとえば、植生管理では、放置・厳正保護は管理メニューの一つになっています)、管理という言葉を使うときには、必要な管理の内容を明確にし、かつ具体的な作業内容を限定列挙しておく必要があります。

4. ポテンシャルを評価する

私たちが目にする植生は歴史的な実体ですが、その種組成がわかれば、立地や植分のポテンシャル、潜在力を評価することができます。以下では、私たちは現存する植生からどのような潜在力を読み取ることができるのか、検討してみたいと思います。

1) 潜在自然植生という考え方

土地の改変が植生だけでなく地形の改変や土壌の消失をとまなうほど強いと、その土地はもう破壊されるまえの群落タイプを支えられなくなります。この関係を理解するためには潜在自然植生の考え方が有効です(宮脇 1967 など)。現段階で支えることができる群落が明らかになるので、どのような遷移段階の植分・動態単位で構成される群落集団、パッチ複合体を目指すことができるのかを明確にすることができるからです。

その土地が支えることができる抽象的群落のうち、もっとも発達した群落タイプを今日の潜在自然植生とよびます。つまり、今日の潜在自然植生は、その土地がもつポテンシャル(植生支持力)を植生の側から間接的に

表す概念なのです。

発達した森林、たとえば極相林は成立時期の異なるモザイクで構成されていますが、立地が支えられる群落タイプを理論的に推定した潜在自然植生には、内部にモザイク構造は存在しません。植分内に発達段階や環境条件が異なるパッチが存在していても、もっとも発達できる群落タイプが同じであれば、それらの違いは立地の植生支持力には反映しないからです。

一般に潜在自然植生として扱われているのは、現在のフロラ、環境条件で推定された今日の潜在植生ですが、原理的には過去と未来の潜在自然植生も推定できます。未来の潜在自然植生については、今日の潜在自然植生の成立条件を未来の環境条件に変更したときの分布領域で表されます。過去の潜在自然植生も同様の方法で推定できます。ただ、過去の潜在自然植生を推定するときには推定時のフロラに注意する必要があります。潜在自然植生はその時間断面でのフロラと立地から推定される群落タイプだからです。過去のフロラについては、種レベルでは難しいでしょうが、花粉や樹木などから主要構成種の分布の有無を推定できることがあります。

2) 潜在群落という見方もある

人工林や庭園、公園の樹群地などに生育している種の多くは、園芸品種などを除けば、いずれかの群落タイプに本来の生活の場をもっている種なので、専在種だけが生育している植分以外では、たいていは複数の群落タイプの定住種が生育しています(専在種、定住種については亀井(2015)を参照)。他の群落タイプの構成種が存在しているということは、生態遷移が進行したときに、これらの種が本来の生活の場としている群落タイプに遷移する可能性があるということを意味します。

つまり、ある植分や特定の群落タイプにどのような群落タイプの構成種が含まれているのかわかれば、その植分や群落タイプが変化する植分や群落タイプを構成種の側から推定することができるのです。

ここでは、他の群落の構成要素で評価した植分や群落タイプを「潜在群落 potential community」とよぶことにしたいと思います。たとえば、ブナ林要素とナラ林要素、カシ林要素をもっている植分をブナ・ナラ・カシ林潜在群

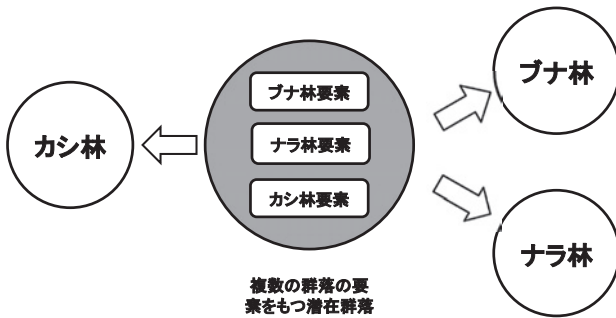


図 3. 潜在群落の考え方のイメージ。

ブナ林、ナラ林、カシ林の要素や生態種群構成種、定住種をもつ植分は、それぞれのタイプの森林になりうる潜在力（ポテンシャル）をもっているとみることができる。

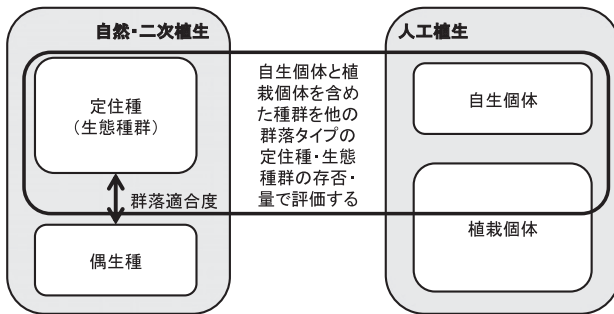


図 4. 定住種（生態種群）による人工植生の潜在群落評価模式図。

人工植生では、自生個体と植栽個体を含めた種群を他の群落タイプの要素（定住種・生態種群）の存否・量で評価する。

落と命名すれば、この植分の種組成がブナ林、ナラ林、カシ林の三つの群落タイプに変化する潜在力（ポテンシャル）をもっていることを示すことができます（図 3）。

ここで重要なのが、潜在群落は植分や群落タイプのポテンシャルを示しているということです。そのため、潜在群落概念で植分の潜在力を評価するということは、自生種だけでなく植栽種も含めた評価となります。定住種リストがあれば、植栽種を含めた構成種がどの群落タイプの定住種もしくは共通定住種であるかがわかるので、図 4 に模式的に示すように、潜在群落名を決定することができます。また、潜在自然植生がわかっているならば、潜在自然植生が成立するのに不足する種群が存在するのかがわかります。

人工林や自然再生のために造成された人工草地・樹群地、大規模な改変をうけた樹群地や人為的に細分化された群落断片などであっても、潜在群落名が決まれば、その植分の構成種がもっているポテンシャルを評価することができるので、地域の生態学的多様性の評価や植生保全・再生計画策定のための基礎情報を提示することが可能になります。

自然植生や半自然植生でも、潜在群落概念は活用できます。たとえば、群落タイプ間の組成的な関係を潜在群落名から読み解くことができます。生態種群の配置パターンがわかっているならば、関係性の強弱を知ることができます。植栽起源の樹群地を自生の自然・半自然植生と同じ基準で評価することができるのが、この手法のおおきな特徴です。

このように、潜在群落の考え方は、植分や群落タイプの潜在力を推定しているのでも、潜在自然植生の考え方ととても似ていますが、潜在自然植生が立地の潜在力を表すのに対し、潜在群落は植分・群落タイプの潜在力を表す点で違ってきます。

潜在群落概念は、植生を保全植生学的に評価するための良い手法となるはずですが、群落タイプの構成要素リストが存在しないと推定できないという弱点があります。ただ、この弱点は、広域で作成された生態種群リストがあれば、ほぼカバーできます。

私たちにはまだまだやらなければならないことがある

筆者は、学生時代以来ずっと「20 世紀の子どもである自分は 21 世紀の子どものために何を残すことができるのだろう」と、自分に問いかけてきました。でも、21 世紀生まれの子ども、早ければもう 14 歳です。21 世紀に子ども時代を過ごしたという方であれば、植生学会の会員にもいるかもしれません。21 世紀の子どもたちが大人になる前に、自然について考えるときのヒントを提供しなければというのが、本報を執筆したきっかけですが、遅きに失していないか、ちょっと不安です。

本報は、本誌でおこなった誌上討論ではじめて提唱した「保全植生学」に関する論考、すなわち、「自然」を本来の自然、人が維持している自然、自然回復途中の自然に分けることによる自然保護・保全上の重要性とそこでの

保護・保全・再生の考え方, 自然に回復途中にある半自然植生の重要性 (亀井 1999, 2000), 質的側面と量的側面を分けて扱うことの重要性 (亀井 2006), 生物多様性の評価手法 (亀井 2008a, 2008b, 2014)) の総論にあたるものですが, これらの論文や本稿で表明したアイデアの大半は, 学生時代に本を読んだときや, 現東京農工大学准教授の星野さんと酒を飲みながら議論したときに思いついたものです。また, 筆者の恩師奥富清東京農工大学名誉教授の影響も大きいと思います。ただ, そのなかには, 一般の自然保護・保全の考え方とは異なる部分があることについては, 筆者も承知しています。また, この論文では, 保全植生学の考え方, とくにその対象である自然・半自然植生の捉え方について, 筆者がふだん考えていることについて論じてきましたが, 潜在群落の提案など, まだどこにも適用されていないアイデアも提示しています。筆者が誤解している部分もあるかもしれません。ご批判, ご教示をいただければ, ありがたいと思っています。

保全植生学はいまだ未知の学問領域です。できれば, 自然を大切にしたいと考えている多くの方々の思いを支える学問分野となるよう, 自然が大好きな植生学会の皆さんとともに育てていければと思っています。

私たちにはまだまだやらなければならないことがあるのですから。

謝 辞

この論文を作成するにあたっては, 東京農工大学農学部准教授星野義延氏, 同吉川正人氏, 千葉県立中央博物館大野啓一氏, 国立環境研究所生物・生態系環境研究センター小川みふゆ氏, 国士館大学文学部教授磯谷達宏氏から貴重な助言をいただきました。乃木坂 46 の中元日芽香さんには「森林」に関する用語を真剣に検討する機会を頂きました。ここに記して感謝の気持ちをお伝えしたいと思います。

引用文献

アラビー, M 編 1994. エコロジー小事典 (今井 勝・加藤盛夫訳 1998). 講談社, 東京.
Bascompte, J. & Jordano, P. 2014. Mutualistic

networks. Princeton University Press, Princeton.
ブラウナーブランケ, J. 1965. ブラウナーブランケ
植物社会学 I (鈴木時夫訳 1971). 朝倉書店, 東京.
千葉徳爾 1983. 山民・漁民の社会と文化. 「日本民俗文化大系第 5 巻山民と海人 = 非平地民の生活と伝承 =」, pp. 67-96. 小学館, 東京.
フォーティ, R. 1997. 生命 40 億年全史 (渡辺政隆訳, 2003). 草思社, 東京.
二井一禎 2003. マツ枯れは森の感染症 森林微生物相互関係論ノート. 文一総合出版, 東京.
星野義延 2001a. 人の生活と植物群落のかかわり. 「生態学からみた身近な植物群落の保護」(大沢雅彦監修, 日本自然協会編), pp. 55-58. 講談社, 東京.
星野義延 2001b. 二次的自然の保護管理. 「生態学からみた身近な植物群落の保護」(大沢雅彦監修, 日本自然協会編), pp. 104-110. 講談社, 東京.
星野義延 2001c. 二次林の維持管理. 「生態学からみた身近な植物群落の保護」(大沢雅彦監修, 日本自然協会編), pp. 119-126. 講談社, 東京.
井原俊一 1997. 日本の美林. 岩波書店, 東京.
石川芳治 2006. 流木災害と森林. 森林科学, 47: 28-31.
石川芳治・片岡史子・中田 亘・鈴木雅一・内山佳美 2007. 堂平地区における林床植生衰退地での土壌浸食と浸透の実態. 「丹沢大山総合調査学術報告書」(丹沢大山総合調査実行委員会監修, 丹沢大山総合調査団編), pp. 445-458. 平岡環境科学研究所, 相模原.
伊藤 滋 2014. これからの森林地域. 「日本の難題を問う 森林と水源地」, pp. 140-172. 万来舎, 東京.
伊藤俊太郎 1971. 古代・中世の自然観. 「岩波講座哲学 IV 自然の哲学」, pp. 55-100. 岩波書店, 東京.
伊藤俊太郎 2002. 文明と自然 一対立から統合へ. 刀水書房, 東京.
嘉田良平 1994. 農山村の公益機能と活性化の方向. 「自治体・地域の環境戦略 第 3 巻自然との共生をめざして」(岡島成行編), pp. 371-391. ぎょうせい, 東京.
亀井裕幸 1999. 生物多様性と植生学の取り組み. 植

- 生情報, **3**: 5-15.
- 亀井裕幸 2000. コメンテーターへの返答と補足討論. 植生情報, **4**: 30-34.
- 亀井裕幸 2005. 種の異常繁殖. 「植生管理学」(福嶋司編), 130-135. 朝倉書店, 東京.
- 亀井裕幸 2006. 生態学的多様性概念の保全植生学への導入試論 —伊藤氏の提案と根本・星野氏, 村中氏の討論を受けて—. 植生情報, **10**: 35-40.
- 亀井裕幸 2008a. 生態学的多様性概念の保全植生学への導入試論 (Ⅱ) —その量的側面について—. 東京家政大学生生活科学研究報告, **30**: 23-28.
- 亀井裕幸 2008b. 家政大校外施設の自然教育上の価値 (Ⅱ) 生態種群解析試論. 東京家政大学生生活科学研究報告, **31**: 49-73.
- 亀井裕幸 2009. 「保全植生学」とは何か. 植生情報, **13**: 28-29.
- 亀井裕幸 2014. 植生の生物多様性評価手法試論一種・生態系レベルでの生物多様性評価指標を中心に—. 植生情報, **18**: 86-108.
- 亀井裕幸 2015. 植生での種の共存とすみわけを植生生態学の視点で読み解く. 植生情報, **19**: 83-110.
- 神谷智彦 2001. 人工林・二次林の生物多様性保全. 「生態学から見た自然保護地域とその多様性保全」(大沢雅彦監修, 日本自然協会編), pp. 148-159. 講談社, 東京.
- 環境庁自然保護局編 1997. 日本の植生 第4回自然環境保全基礎調査植生調査報告書(全国版). 財団法人自然環境研究センター, 東京.
- 神崎 護 2007. 森林の多様性と動態を読み解く. 「生物資源から考える 21 世紀の農学 第4巻 森林の再発見」(太田誠一編), pp. 259-284. 京都大学学術出版会, 京都.
- 加藤衛拡 1999. 共生時代の山利用と山づくり—近世山林書の林業技術. 「講座人間と環境 2. 森と人のアジア—伝統と開発のはざまに生きる」(山田 勇編), pp. 100-130. 昭和堂, 京都.
- 川那部浩哉 1996. 曖昧の生態学. 農山漁村文化協会, 東京.
- 吉良竜夫 1963. 原生林保護の必要性和その生態学的意義. 日本生態学会誌, **13**(2): 67-73.
- 吉良竜夫 1976. 自然保護の思想. 人文書院, 京都.
- 黒田慶子編 2008. ナラ枯れと里山の健康. 全国林業改良普及協会, 東京.
- Lincoln, R., Boxshall, G. & Clark, P. 1998. A dictionary of ecology, evolution and systematics (2nd.). Cambridge University Press, Cambridge.
- 前迫ゆり 2013. ニホンジカをめぐる照葉樹林の動態. 「世界遺産 春日山原始林—照葉樹林とシカをめぐる生態と分化」(前迫ゆり編), pp. 122-137. ナカニシヤ出版, 京都.
- 間瀬啓允 1996. エコロジーと宗教. 岩波書店, 東京.
- 宮下 直 2014. 生物多様性の仕組みを解く. 工作舎, 東京.
- 宮脇 昭 1967. 植物と人間 生物社会のバランス. 日本放送出版協会, 東京.
- 木文化研究所編 1999. Q & A 里山林ハンドブック —保全と利用の手引き—. 日本林業調査会, 東京.
- 文部省編 1981. 学術用語集 地理学編. 日本学術振興会, 東京.
- 文部省・日本植物学会編 1990. 学術用語集 植物学編(増訂版). 日本学術振興会, 東京.
- 文部省・造園学会編 1986. 学術用語集 農学編. 日本学術振興会, 東京.
- 森岡正博 1996. ディープエコロジーの環境哲学—その意義と限界—. 「講座「文明と環境」14 環境倫理と環境教育」(伊藤俊太郎編), pp. 45-69. 朝倉書店, 東京.
- 守山 弘 1988. 自然を守るとはどういうことか. 農山漁村文化協会, 東京.
- 藻谷浩介・NHK 広島取材班 2013. 里山資本主義—日本経済は「安心の原理」で動く. 株式会社 KADOKAWA, 東京.
- 長池卓男 2007. 種多様性の保全—種数が多ければ素晴らしい森林か—. 「主張する森林施業論—22 世紀を展望する森林管理—」(森林施業研究会編), pp. 130-137. 日本林業調査会,
- NHK「地球大進化」プロジェクト編 2004a. NHK スペシャル地球大進化 46 億年・人類への旅 2 全球渡

- 結. 日本放送出版協会, 東京.
- NHK「地球大進化」プロジェクト編 2004b. NHK スペシャル地球大進化 46 億年・人類への旅 4 大量絶滅. 日本放送出版協会, 東京.
- 日経サイエンス編集部編 2003. 別冊日経サイエンス 142 異説・定説生命の起源と進化. 日経サイエンス, 東京.
- 野本寛一 1999. 環境観と神観念. 「講座人間と環境 10. 大地と神々の共生—自然環境と宗教」(鈴木正崇編), pp. 84-113. 昭和堂, 京都.
- 沼田 真編 1983. 生態学辞典増補改訂版. 築地書館, 東京.
- 沼田 真 1994. 自然保護という思想. 岩波書店, 東京.
- 小椋純一 1992. 絵図から読み解く人と景観の歴史. 雄山閣, 東京.
- 小椋純一 1996. 植生からよむ日本人のくらし—明治期を中心に—. 雄山閣, 東京.
- 大橋春香・星野義延・大野啓一 2007. 東京都奥多摩地域におけるニホンジカ (*Cervus nippon*) の生息密度増加に伴う植物群落の種組成変化. 植生学会誌, **24**: 123-151.
- 大沢雅彦 2001. 植物群落の成り立ちとその保護の考え方. 「生態学からみた身近な植物群落の保護」(大沢雅彦監修, 日本自然協会編), pp. 1-37. 講談社, 東京.
- 太田邦史 2013. エピゲノムと生命 DNA だけでなく「遺伝」のしくみ. 講談社, 東京.
- 太田尚宏 2012. 森林政策から見た“徳川三百年”. 「徳川の歴史再発見 森林の江戸学」(徳川林政史研究所編) pp. 2-84. 東京堂出版, 東京.
- 岡部貴美子 2010. 森林の生物多様性と生態系サービス. 日本の科学者 **45**(10): 16-21.
- 岡本裕一郎 2002. 異議あり! 生命・環境倫理学. ナカニシヤ出版, 京都.
- 奥富 清 1975. 植生. 「生態の事典」(沼田 真編), pp. 142. 東京堂出版, 東京.
- 奥富 清 1978. 雑木林の岐れ路. 自然, **78**(10): 64-73.
- 奥富 清 1998. 二次林の自然保護. 「自然保護ハンドブック」(沼田 真編), pp. 392-417. 朝倉書店, 東京.
- 奥富 清 2005. 竹林. 「植生管理学」(福嶋司編), pp. 79-86. 朝倉書店, 東京.
- 大窪久美子・土田勝義 1998. 半自然草原の自然保護. 「自然保護ハンドブック」(沼田 真編), pp. 432-476. 朝倉書店, 東京.
- 恩田裕一 1995. 人工林化と土壤浸食. 地理, **40**(3): 48-52.
- 恩田裕一編 2008. 人工林荒廃と水・土砂流出の実態. 岩波書店, 東京.
- パウエル, J.L. 1998. 白亜紀に夜がくる—恐竜の絶滅と現代地質学 (寺嶋英志・瀬戸口列司訳, 2001). 青土社, 東京.
- Pickett, S.T.A. & Thompson, J.H. 1978. Patch dynamics and the design of nature reserves. Biol. Conserve. **13**: 27-37.
- 林学会編 2001. 森林科学用語集. 林学会, 東京.
- 相良 亨 1979. 「自然」という言葉をめぐる考え方について—「自然」形而上学と倫理—. 『「自然」倫理的考察 (金子武蔵編)』, pp. 227-260. 以文社, 東京.
- 齊藤 修・星野義延・辻 誠治・菅野 昭 2003. 関東地方におけるコナラ二次林の 20 年以上経過後の種多様性及び種組成の変化. 植生学会誌, **20**: 83-96.
- 四手井綱英 1974. もりやはやし 日本森林誌. 中央公論社, 東京.
- 四手井綱英 1985. ものと人間の文化史 53-I・森林 I. 法政大学出版局, 東京.
- 下川悦郎・地頭蘭 隆 1996. 植生を用いた崩壊発生周期の研究. 「水文地形学—山地の水循環と地形変化の相互作用— (恩田裕一・奥西一夫・飯田智之・辻村真貴編)』, pp. 190-197.
- 種生物学会編 2008. 共進化の生態学 生物間相互作用が織りなす多様性. 文一総合出版, 東京.
- 鈴木重雄 2010. 竹林の分布拡大過程における土地利用履歴の影響 —広島島竹原市小吹集落の事例. 地理学評論, **83**(5): 524-534.

- 只木良也編 1981. みどり—緑地機能論—. 共立出版, 東京.
- 竹田泰雄 1995. 森林と土砂災害. 地理, **40**(3): 40-47.
- 武内和彦・鷺谷いづみ・恒川篤史編 2001. 里山の環境学. 東京大学出版会, 東京.
- タットマン, C 1989. 日本人はどのように森をつくってきたのか. (熊崎 実訳 1998) 築地書館, 東京.
- 辻 誠一郎 1999. 生態系を攪乱させて有用植物を選択した知恵. 最新縄文学の世界 (小林達雄編著), pp. 121-129. 朝日新聞社, 東京.
- 塚本良則 1998. 森林・水・土の保全 —湿潤変動帯の水文地形学—. 朝倉書店, 東京.
- 梅棹忠夫・吉良竜夫編 1976. 生態学入門. 講談社, 東京.
- 鳥越皓之 2001. 環境共存へのアプローチ. 「環境社会学の視点 講座環境社会学第 1 巻」(飯島伸子・鳥越皓之・長谷川公一・船橋晴俊編), pp. 63-87. 有斐閣, 東京.
- 鳥越皓之 2003. 花を訪ねて吉野山. 集英社, 東京.
- ワグナー, A. 2014. 進化の謎を数学で解く (垂水讓二訳. 2015). 文芸春秋, 東京.
- ウォーカー, G. 2003. スノーボール・アース 生命大進化をもたらした全地球凍結 (渡会圭子訳, 2004). 早川書房, 東京.
- 鷺谷いづみ・矢原徹一 1996. 保全生態学入門—遺伝子から景観まで—. 文一総合出版, 東京.
- ホイッタカー, R.H. 1975. ホイッタカー生態学概説—生物群集と生態系—(宝月欣二訳 1979). 培風館, 東京.
- ホイッタカー, R.H. ・ウッドウェル, G.M. 1972. 自然群集の進化. 「生態系の構造と機能」(木村允訳, 1973), pp. 173-206. 築地書館, 東京.
- 養老孟司 2003. いちばん大事なこと. 集英社, 東京.
- 柳父 章 1977. 翻訳の思想—「自然」と NATURE—. 平凡社, 東京. (1995. ちくま学芸文庫, 東京)
- 柳田聖山 1985. 禅と日本文化. 講談社, 東京.
- 矢野 亮・桑原香弥美 2012. 自然教育園におけるキアシドクガの異常発生について (第 7 報). 自然教育園報告, **43**: 65-75.
- 依光良三編著 2011. シカと日本の森林. 築地書館, 東京.
- 吉川正人 2005. 植生調査の方法と解析方法. 「植生管理学」(福嶋司編), pp. 206-233. 朝倉書店, 東京.

植生での種の共存とすみわけを植生生態学の視点で読み解く

亀井裕幸

私たちがふだん目にする街中の植生を見ているだけでも、同じような環境のところには同じ種が生育しているのはなぜか、一種だけしか生育していない植分と多くの種が共存している植分が存在するのはなぜか、一生懸命除草しても、ちょっと気を抜くと同じ種が再び繁茂してしまうのはなぜかなど、植生生態学の対象となる疑問をたくさん見つけることができます。

そこで以下では、生物的自然がもつ歴史的固有性と類似性（再現性）の二つの側面をみたうえで、おもに植生生態学の視点から、植物群落とはなにかという基本的な疑問や植物群落と環境との関係、群落構成種の共存・すみわけメカニズムなどについて論じてみたいと思います。

生物的自然の二つの側面

私たちが目にする自然環境のうち、野生生物の集団からなる部分が生物的自然ということになります。生態学的には「野生種を構成種とする生物群集」ということができますが、全体を包括的に漠然とよぶときには、この生物的自然という言葉は自然という言葉と同じ使いやすさがあります。

植生生態学の対象である植生は、この生物的自然の一部で、そこで暮らす動物や微生物に食料や生息場所を提供するので、生物的自然の基盤的存在とみることができます。そこで、植生について検討する前に、この生物的自然がもつ「歴史的固有性」と「類似性（再現性）」という二つの側面について検討してみましょう。

1. 歴史的固有性

私たちが見ている生物的自然には、まったく同じ姿をしているものは一つもありません。歴史的に固有な存在だからです。生物的自然の構成要素である種も、進化の歴史のなかで獲得した独自の遺伝的、生理的特性や生活環境の特性にしたがって、また物理的環境や他種との相互作用との関係にしたがって、独自に分布しています。こ

の種の個別性については“種の独立性の原理 principle of species individuality”として一般化されています（ホイッタカー・ウッドウェル 1972；ホイッタカー 1975 など）。この歴史的に固有であるという生物的自然がもつ側面を筆者は「歴史的固有性」とよんでいます。

個々の生物やその集合体である種個体群、生物群集が歴史的に固有な存在であるということは、私たちの目の前に存在する生物的自然は、他にはない、代替できない存在だということを意味します。ただ、その代替不能性にとらわれすぎると、固有性を生み出した要因を追究する道を閉ざしてしまう危険があります。

2. 類似性（再現性）

同じような環境条件のところには、同じような生物的自然が成立するというのも、生物的自然の大きな特徴です。たとえば、街中の空き地では、破壊・攪乱されたあとに、破壊・攪乱される前と同じ雑草群落がしばしば現れます。水田や畑でも、毎年よく似た雑草群落が現れます。毎年植え替えしている花壇では、種組成がよく似た雑草群落がほぼ毎年出現することを思い浮かべるかたも多いのではないのでしょうか。このように、生物的自然には類似性、再現性という側面もあります。

類似性が認められるということは、共有する要素でグループ化できることを意味します。

種組成や構造などが類似するグループに分けることができれば、その類似性を生み出す要因やメカニズムを明らかにすることができるようになります。たとえば、スダジイが優占するという特徴からスダジイ林という抽象的な群落タイプを抽出すれば、スダジイが優占する森林の分布を制限している環境要因などを明らかにすることができます。また、スダジイ林と結びつく動植物種の種類や、それらの種の共存理由、共存メカニズムの解析もできるようになります。

類型化することができれば、個々の植分を見ているだ

けではわからない生態学的な法則・関係を読み取ることができるようになるのです。

3. 自然科学か歴史学か

私たちが類似性や再現性を追及するのは、法則を見出したいからです。ただ、生物的自然に関しては、法則からは同じ現象が起きることが期待される場面であっても実際にはそのような現象が起きないことや、見出された法則では現実に起きている現象をうまく説明できないことは多々あります。再現性が保証されないということは、生物的自然がもつ歴史的固有性からいえば当然ですが、物理学の研究者には、再現性が保証されない法則を扱う生態学を自分たちが扱う物理学と同じ自然科学とみることにはできないでしょう。だからといって歴史的固有性を扱う歴史学に含めることもできません。生物的自然には類似性、再現性という側面もあるからです。

つまり、生物的自然を対象としている生態学には、歴史学と自然科学という二つの性格が共存しているのです。

この点で、現在では自然科学とされている分野が、かつては、数学、物理学、化学などの「理学的科学 physical science」と、動物学、植物学、生理学、地質学、古生物学などの「自然的科学 natural science」に分けて理解されていたこと（伊藤 1898）を再評価すべきではないでしょうか。「自然的科学」に含まれているのは、歴史的固有性を有する事象を対象としているため、再現性の低い法則しか導き出せないか、法則を導き出すことが困難な分野です。先人の自然を見る目の確かさに感心せざるをえません。

植生の生態的性質

実体としての植生が歴史的に固有な存在であることについては、植生が生物的自然の基盤をなしている以上疑いをはさむ余地はないでしょうが、類似性や再現性の側面をどのように理解するのかについては、いろいろな見方が可能です。ここでは抽象的な空間を想定し、リアル空間と対比させることで、植生にそなわっている基本的な生態的性質について検討してみることになります。

1. 植物群落・群落構成種の多様な展開

まず、植物群落やその構成種の生態学的な特性を解明することを主な目的とする植生生態学の方法に焦点をあて、植物群落間の関係、植物群落と環境との関係について検討することになります。

1) 植分と群落タイプ

優占種や種組成などで特徴づけられる植物集団は、一般的には、「植物群落 plant community」とよばれますが、実在する植物群落も、種組成の類似性や優占種などによって類型化された抽象的な植物群落も、ともに「植物群落」とよばれています。ここでは実体と類型化された抽象的な存在を分けて扱うことができないので、ここでは実体としての植物群落と類型化された植物群落を Ellenberg (1956)、Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) のように分けて取り扱うことにし、両者を含むときだけ「植物群落」とよぶことにします。

植生学では、実在する植物群落のことは「植分 stand (Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) の concrete community に相当)」とよびます。植分は過去の事象の結果としての具体的な実体なので、植生の歴史的固有性を読み解くときはこの植分を解析することになります。

植生調査票などの植生データを出現する種の類似性でいくつかのグループに分けると、優占種や種組成など、植分のある性質で特徴づけられる抽象的な群落を抽出することができます。この優占種や構成種の類似性などで類型化された群落は、「抽象的群落 (Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) の abstract community に相当します)」もしくは「群落タイプ (= 群落型) community type」とよばれます。ここでは類型化された植物群落を総称するときは抽象的群落と、個々のタイプを示すときは群落タイプとよぶことにします。群落タイプについては、グループ内の植分に共通する属性にもとづく名称、たとえばコナラ林群落とかコナラ群落というような名称をつけることができます（優占種でグループ化したときには、すべての植分にグループ化に使用した優占種が存在することになりますが、共通する種群をもつという属性でグループ化したときには、命名に使用した種が出現していない植分が含まれていることがあります）。植分

については任意に名前をつけることができますが、植生調査票のように地名を表す記号と番号の組み合わせで名付けることが多いようです。抽象的群落の抽出方法については、生態学実習懇談会 (1967), Mueller-Dombois & Ellenberg (1974), 伊藤 (1977), 吉川 (2005) などを参照してください。

2) 植生は植分のモザイクやパターンでできている

私たちが見ている植生は植分のモザイクやパターンでできています。

この植分のモザイク模様を生み出す第一の原因は土地利用の違いで、人為による土地改変が卓越している地域・景観では、耕作地や人工林、空地や路傍の雑草群落などからなるモザイクをかなり容易に見出すことができます。一方、広大な自然林や草原などでは、植分が連続的に変化し、境界のあいまいなパターンしか見出せないこともあります。

自然要因によってモザイクやパターンが形成されている地域は多数ありますが、そこでの植分の種組成は制限要因となる環境条件によって変わります。高度や緯度の違いに対応する植生の配列パターンである植生帯では気候が主な制限要因となっていますし、岩礫地や湿地では土地的要因が主な制限要因になっています。台風や雪崩などによって既存の植生が破壊された場所では、発達段階の異なる植分のモザイクを見ることもあります。人為の影響で生まれた半自然植生のモザイクでも、人為の種類や強度が違えば、成立する植分の種組成は違ってきます。

このように、私たちの目の前にある植生は、成立にかかわる要因の多様さに対応する、さまざまなタイプの植分のモザイクもしくはパターンで形成されているのです。

3) 生態傾度と群落傾度

地域の植生で見られる植分のモザイクやパターンは、じっさいには群落構成種だけでなく動物群集や非生物的環境の変化をもともなうので、生態系のモザイク・パターンとみることもできます。この生態系の抽象化された配列パターンが、群集傾度と複合要因傾度が一緒になった生態傾度 *ecocline* です (ホイッタカー 1975)。

群集傾度 *community gradient* (*coenocline*) とは、生物群集間の種組成距離 (生態距離 *ecological distance* に相当) から見出された種の配列のことを示す用語です (ホイッタカー 1975)。生態傾度を構成するもう一方の要素である複合要因傾度 *complex gradient* とは、群集傾度を生じさせ、個体群に影響を与える、たがいに関連して変化する環境要因の集まりのことで、ふつうは空間をつうじて一緒に変化する多くの環境要因の傾度を含んでいます (ホイッタカー 1975)。たとえば、ホイッタカーは、“高度傾度” という場合には、高くなるにつれて変化する平均温度の低下、生育期間の短縮、降雨量の減少、風速の増加などを含んでいるとしています (ホイッタカー 1975)。

ホイッタカー (1975) は熱帯多雨林から砂漠にいたる乾湿傾度、熱帯多雨林からツンドラにいたる気候傾度などの生態傾度を例示していますが、被食・刈取り圧傾度、踏圧傾度などの攪乱の強弱も複合要因傾度の一つで、そこでの群落タイプの配列は群集傾度とみることができます。

生態系を構成する生物群集の基盤である植物群落だけを対象とするときは、群集傾度を群落傾度 *plant community gradient* とよぶことにします。この群落傾度での群落タイプや群落構成種の配列パターンからは、植生と環境要因との関係を間接的に把握することができます。地域や景観というリアル空間では不連続なモザイクとして分布している植分であっても、抽象空間では群落傾度上での群落タイプの配列パターンとして表現できます。

このように、群落傾度は抽象空間での群落タイプや種個体群の配列パターンなのですが、自然植生が卓越している地域・景観では、標高の変化に対応した植生帯の移り変わりや、海岸に向かって植分が帯状に変化する姿として実際に目にも見えます。

複数の群落傾度と複合要因傾度とを一元的に表現したもののひとつが「多軸生態系列図 (大場 1982; 千葉県史料研究財団 2003 など)」です。この図を見ると、ある植生域での群落タイプの配列パターンや群落タイプとその環境要因との関係の全体像を包括的に理解することができます。

4) 直接傾度分析と間接傾度分析

この植生の連続的な配列パターンに着目したのが環境傾度分析 environmental gradient analysis です。

環境傾度分析には、環境傾度上での群落タイプまたは種個体群の配列パターンを解析する直接傾度分析 direct gradient analysis と、群落傾度上での群落タイプ・種個体群の配列パターンと環境要因との関係を解析する間接傾度分析 indirect gradient analysis があります (Whittaker 1973a; 伊藤 1977; 沖津 2012 など)。

直接傾度分析は、調査者が測定した数値、項目などで設定される環境傾度上に個々の植分からえられる被度、個体数、優占度などの植分構成種の量を示す数値を直接位置づける方法なので、群落タイプや種個体群と環境要因との関係をじかに知ることができます。ただ、直接傾度分析で見出された群落タイプ・種個体群と環境要因との関係が、植分の生態分布に直接関与している要因だとはかぎりません。別の環境要因との関係がなんらかの理由で反映しただけなのかもしれないのです。つまり、他の環境要因との関係がわからないうちに結論を出すのは避けたほうがよい解析手法なのです。

間接傾度分析は、種組成の類似度から見出される植分もしくは群落タイプ間の種組成配列のある配列を一つの環境傾度とみなし、その傾度上に植分で測定された環境要因を位置づけることで、見出された傾度がどのような環境要因を反映したものなのか、特定の群落タイプや群落タイプと結びつく種がどのような環境要因との関係が深い種なのかを推定する方法です。DCA(detrended correspondence analysis) などの多変量解析を利用すれば、見出された傾度が全体の植分データ間の関係をどれだけ説明できるのかの寄与度が算出されるので、どの

環境要因が主要な制限要因になっているのかを推定することができます。ただ、配列軸に関係する制限要因がみつからないこともあります。間接傾度分析では群落タイプや種個体群の配列パターンは見出せても、その配列パターンに関係する環境要因を特定できるとはかぎらないのです。群落傾度の傾度軸には、データが増減すると軸の目盛間隔が変化するという特徴もあります。群落傾度で示される軸とは、植物群落の種組成がどの程度類似しているのかを示す相対的な軸だからです。

群落傾度をもちいる間接傾度分析は、種組成の類似度などから求められる群落タイプや種個体群の配列から環境要因の傾度を間接的に示す手法なので、測定された数値・項目軸上に直接データを位置づける直接傾度分析とは同じではありません。両者のあいだには表 1 に示すような違いがあります。ただ、ともに群落タイプや種と環境との関係を配列パターンとして示すという点では同じなので、環境傾度分析では多用されています (Whittaker 1973a など)。

直接傾度分析には環境要因との関係を直接解析できるというメリットが、間接傾度分析には複数の環境要因との複雑な関係の結果である群落タイプ・種個体群の配列パターンにはどの要因がより強い制限要因としてはいはたっているのかを推定できるメリットがあります。そのため、ホイッタカー (1975) は、植物群落に影響を与えている複数の環境要因のどの要因が最も重要かということをあらかじめ決めるより、群落標本から間接的に明らかになる主な環境傾度を認めるほうが適当であるとしています。まず、間接傾度分析から分布制限要因を見出し、その要因を軸とした直接傾度分析で群落タイプ・種個体群と環境要因との関係を検証する方法がお勧めです。

表 1. 直接傾度分析と間接傾度分析の関係

分析法	利用する傾度のタイプ	主な解析方法	傾度軸に表示される内容	目盛	傾度分析で明らかにできる内容
直接傾度分析	環境傾度	環境測定値・項目からつくった軸上に個体群・群落タイプを位置づける	測定された数値・項目	実数値	群落タイプ・種個体群と環境要因との関係
間接傾度分析	群落傾度	種組成の類似度等から計算された種間の組成距離を軸とし、その上に測定された環境値・項目を位置づける	群落タイプの種組成距離 (類似度)	相対値	群落タイプ・種個体群の配列パターンとそこに関係する環境要因との関係

2. 抽象的群落の二つの側面に注目

植分がもつ類似性から抽出される抽象的群落には単位性と連続性という、二つの異なる側面があります。

1) 単位性と連続性って正反対な性質ではないの？

私たちがふだん目にする植分は、前述のように、生物的自然の基盤である植生の構成単位 unit で、歴史的に固有な存在ですが、種組成の類似性に着目すれば、抽象的群落を抽出することができます。ただ、抽象的群落を抽出できるということは、一見すると、個々の植分の配列パターンから認められる連続性と矛盾する、相反するようにも思えます。

そこで、植物群落の単位性と連続性について検討してみることにします。

同じ植生調査票を TWINSPAN (two-way indicator species analysis) にかければ群落タイプが抽出でき、DCA にかければ植生調査票の連続的な配列を導き出すことができます (Fukushima & Kershaw 1988; 吉川 2005 など)。東京都北区が生態種群を抽出する目的で関東とその周辺の植生調査票を TWINSPAN にかけた結果から作成した総合常在度表 (緑生研究所 2012) からは、抽出された群落タイプの構成種群が順次入れ代わっていくパターンが読み取れます。つまり、同じデータから抽象的群落と連続的な配列パターンを見出すことができるのです。

環境傾度分析でも、傾度上で類似した分布最頻値をもつ commodal species (Whittaker 1956) や環境傾度に対して似た反応を示す生態群 ecological group (ホイットカー 1975) を見出すことができます。この commodal species や生態群の存否から抽象的群落を抽出することは、診断種群の存否から抽象的群落を抽出することと何ら変わりません。

これらのことは、植生データを解析したときにみられる単位性と連続性とは、抽象的群落の二つの側面であることを私たちに教えてくれます。

光が粒子としての性質と波としての性質の二つの側面をもっているように、抽象的群落には単位性と連続性の二つの側面があるということは、異なる研究戦略によって植生を解析することができること、逆に言えば、両者

の違いを正しく理解していないと、解析結果を誤った見方で解釈してしまう危険があることを意味します。この点で、抽象化の戦略に分類アプローチ classification approach と序列アプローチ ordination approach があり、その体系化において植生単位 vegetation unit と植生連続体 vegetation continuum の二大様式が存在する (伊藤 1977) という視点、植物群落の傾度分析と分類は決して対立するものではなく、互いに補助し合うもので、両者は植物群落の研究において補完的なものである (ホイットカー 1975) という視点は非常に重要です。植生データを解析するときには、この言葉を常に忘れないようにしたいと思います。

2) 抽象的群落は構成単位なの？

では、何が問題なのでしょう。問題は、抽象的群落は構成単位なのか、それとも任意のグループなのかということです。

ホイットカーは群集型の存在そのものは認めています。同時に、生態群や標徴種によるグルーピングは本質的には任意のものであることを強調しています (Whittaker 1973b など)。たしかに、表操作や多変量解析で抽出した群落タイプの常在度 (頻度) は、よほど類似した植生調査票を加えたとき以外は、植生調査票が増えるごとに変化するので、抽出された群落タイプを固有な種だけで構成されるゆるぎない構成単位とみることはできません。ただ、特定の群落タイプに偏在する種や種群が存在するのも事実です。特定の種、種群で特徴づけられる群落タイプを任意のグループとみることもできません。

この難問を解決するためには、さまざまな方法で抽出された群落タイプが、強固な結びつきをもつ種で特徴づけられた構成単位なのか、それとも、一時的に抽出されただけの任意のグループなのかを検証する必要があります。

任意のグループなのか構成単位なのか、さて、どっちでしょう。

3. 時間軸でとらえる：生態遷移

地域の植生を継続的に観察しているとわかるように、植生には、時間の経過とともに、基本的には不安定な集

団からより安定した集団に移り変わろうとする性質があります。

1) 植生は形成時期の異なるパッチのモザイク

植分を調査すると、若い森林と年月をへた森林ではその構成種の種類が異なることに気づきます。空地・路傍の雑草群落でも、放置されると構成種が変化していく姿を見ることができます。私たちが目にする植生とは、成立時期が異なる植分のモザイク・パターンでもあるのです。その構成単位である植分も、多くは優占種の発達段階が異なる部分構造のモザイクで形成されています(大沢 1981a; Kanzaki 1984 など)。つまり、植生とは形成時期の異なるパッチからなる時空間複合体なのです。ここでは、形成時期が異なる植分からなる群落集団や形成時期が異なるパッチからなる不均質な植分をパッチ複合体 patch complex とよぶことにします。

大沢氏は、この発達過程にある植分内のパッチを「動態単位」とよんでいます(大沢 1981a など)。動態単位とは、さまざまな原因で群落内部にできる部分構造で(大沢 2001)、動態単位を調べることで、種の特性をより明確にとらえること、群落内部で起こっている動きを具体的に理解することができます(大沢 1981a)。

植分の多くは形成時期の異なるパッチで構成されていますが、立地 habitat と平衡状態に達し、一応動態的に安定していれば、これをあえて動態単位とよぶ必要はないので(大沢 1984)、植分に存在するパッチのすべてが動態単位というわけではありません。動態単位という視点を取り入れれば、植分が形成時期の異なるパッチからなる時空間複合体であっても、植生調査時に均質として判断された範囲で植生調査をおこなうことは可能なのです。ただ、林冠構造や構成木の太さの分布パターンなどから、現地で植分内に異質なパッチの存在が認められたときは、その部分の種組成が周辺と異ならないかチェックし、異なるときは、その部分を調査範囲から外す必要があります。あえて複合体を対象として、その種組成の特徴を解析することはありますが(磯谷 2000; Ishida & Hattori 2006 など)、植分を代表する均質部分で調査を実施するのが、いわゆる植物社会学的調査の基本です(吉川 2005 など)。

林冠構成種の動態に注目している動態単位の調査でも、全種リストが作成されることがあります。たとえば、大沢(1981b)ではギャップ内、岡田・大沢(1984)ではグリットごとの林床草本を含めた全種リストが作成されています。動態単位ごとに作成された全種リストは植分断片の種リストとみなせるので、動態単位の全種リストが掲載されている論文・研究報告は、地域植生の動態を解析するためにも使うことができます。たとえば、動態単位の種組成を他の群落タイプの構成種と比較することで、群落タイプ間の関係をより詳細に解明することが可能になります。

このような植生・植分内部での成立時期の異なる部分構造の時空間動態は、パッチダイナミクス patch dynamics とかギャップダイナミクス gap dynamics とよばれています(Pickett & Thompson 1978; 山本 1981; 大沢 2001 など)。パッチ(ギャップ)ダイナミクスの詳細については、山本(1981)、大沢(2001)、真鍋(2011)、伊藤(2011)などを参照してください。

2) 生態遷移とは?

生態学では、時間経過にともなう植生の変化プロセスを生態遷移 ecological succession(遷移 succession) とよんでいます。

では、生態遷移とはどのようなものなのでしょうか?

それは基本的には、植物種間の光という資源をめぐる競争が引き起こす、一年生草原から多年生草原へ、さらに陽樹林をへて安定した陰樹林へと変化していく「植生—環境系の自発的運動」で、あらゆる植生に内在するダイナミックな過程とみることができます(吉良 1976, 2001)。

遷移初期の群落は先駆群落 pioneer community と、終期の群落は極相群落 climax community とよばれます。生態遷移によって先駆群落から極相群落に変化する際の群落タイプの時系列に沿った配列は遷移系列 sere とよばれます。遷移系列は、ふつうは以下の三つの方法で推定されます。

一つ目は、群落傾度から時間軸と考えられる配列パターンを選び出し、その傾度上での群落タイプ、種個体の配列パターンから個々の群落タイプ・種の遷移系列

上の相対的な位置を決定する方法です。この方法では、抽象的な遷移系列を群落傾度ごとに作成することができます。

二つ目は、具体的な植分を継続的に調査することで、植分での種組成・群落構造の変化を直接把握し、個々の植分での具体的な遷移系列を作成する方法です。ただ、この方法で抽象的な遷移系列を作成するには、植物群落の歴史的固有性の影響を避けるため、同じ立地に成立した複数の植分で調査を継続する必要があります。また、極相群落までの遷移系列を作成するには、ふつうは森林が極相群落となる日本では、数百年という長期の継続調査が必要となります。

二つ目の方法ではあまりに多大な時間と労力が必要になるので、森林の移り変わりを対象とした研究では、遷移がスタートした時期がわかっている植分の種組成・構造を比較することで遷移系列を推定する方法を採用しています(上條 2008 など)。これが三つめの方法です。ただ、遷移がスタートした時期がわかる記録(少なくとも合理的な推定根拠)が存在しなければ、この方法は使えません。

このような方法で遷移系列は推定できますが、推定された遷移系列は過去に生じた生態遷移から推定された抽象的な、模式的な配列なので、個々の植分が今後どのような種組成の植分に変化するのかの方向性は示せませんが、将来の種組成の変化を完全に予測することはできません。生態遷移を取り扱うときにも、植生がもつ歴史的固有性、再現性という側面を無視することはできないのです。

3) 単極相説と多極相説

日本ではふつうは森林が極相群落とされますが、土壌や積雪などが強い制限要因となっている場所では、高層湿原や高山のお花畑など、森林以外の群落タイプが極相群落とされています。このような土地的な制限要因の影響を強くうけている植分をどのようにとらえるのかによって、土地的な制限要因ごとに異なる極相群落が成立するとみる多極相説と最終的には気候条件によって決定される終極相に収束するとみる単極相説に学説は分かれます。

もっとも、吉良氏のように、「原理」としては単極相であるが、植生の遷移力と環境の変化を食い止めるような別の力とが釣り合うところなら、どこでも定常状態が出現しうると理解すれば(吉良 2001 参照)、単極相説、多極相説にこだわる必要はなくなります。現実の植生でおきている生態遷移では、遷移の方向は、安定した終極相に向かおうとする植生の遷移力と、土地的要因や人為、火災などの破壊圧などの外からの力によって決まることとなりますが、この吉良氏の考え方で何ら問題なく説明することができます。

4) 一次遷移と二次遷移

生態遷移は、有機物や植物の繁殖子を含まない土地からスタートする一次遷移 *primary succession* と既存の植分が破壊されたところからスタートする二次遷移 *secondary succession* に分かれます。定義にしたがえば、一次遷移と二次遷移を分けるのはスタート時に土地に有機物や繁殖子が含まれているか否かだけですが、有機物や繁殖子が存在するか、しないかを厳密に判定することは困難なので、火山が噴火したあとの溶岩やあらたに形成された砂浜、がけ崩れで表層土を失った土壌母材(C層)上などから始まる生態遷移を一次遷移とし、既存の森林が台風で破壊された跡や人為的に植生が破壊された跡などで進行する生態遷移を二次遷移として取り扱うことが多いようです。

一次遷移では、先駆群落から極相群落への植物相の変化と植物による環境形成作用による土壌の発達や群落内環境の変化などが同時に進行するので、そこで起きている変化は植生一環境系における相互作用の結果とみることができます。気候や土壌などの土地的要因から極相群落を推定することが多いので、一見すると環境が極相群落を決定しているようにみえますが、極相群落でも個々の植分でじっさいにおきていることは、植生一環境系での植生と立地のあいだの相互作用なのです。

生態遷移における植生と立地との関係は、ダム湖とボールの関係で表すとイメージしやすいと筆者は考えています。このダム湖での水面とボールの関係で群落タイプと立地との関係を説明するモデルをここでは「浮力モデル」とよぶことにします。このモデルでは、水位は立

地の植生支持力の最大値を意味します。水位が上昇すると植生支持力が高まり、低下すると下がるとみます。つまり、水面に浮くボールはその立地が支えられる群落のうち最も発達した群落タイプ、水中のボールはそれより発達の程度が低い群落タイプということになります。極相群落は満水時に水面に浮いているボールで表されます。水中のボールは浮力によって水面に移動しますが、この浮力は二次遷移を引き起こす遷移力に相当します。

浮力モデルでは、一次遷移は、できたばかりのダム湖の水面に浮いたボールが、上流からの流入水による水位の上昇とともに、満水になるまで水位の上昇と釣り合うかたちで上昇する姿で表わされます。満水時のボールが極相群落ということになりますが、植生の遷移力と環境の変化を食い止めるような別の力とが釣り合うところなら、どこでも定常状態が出現するという視点に立てば、ダムの高さに対応するさまざまな極相群落が存在することになります。このように表現することで、立地が支えられる群落タイプのうちもっとも発達した群落タイプが一次遷移で現れる群落タイプであることを表すことができます。また、植分と立地との相互作用により極相に向かって群落タイプが変化する姿を流入水による水位上昇とともにボールが上昇する姿で表すことができます(図 1)。ボールが常に水面に浮いているのが一次遷移の浮力モデルの特徴で、一次遷移とは主体と環境が釣り合った状態での植生—環境系の自発的運動であることを水位とボールの関係で示すことができます。

二次遷移では、土地が植生の環境としてはすでに発達した状態にあるので、植分が破壊された直後の立地が極

相群落を支えられる程度であれば、極相群落に向かって群落タイプが移り変わるかたちで遷移していきます。立地が植分とともに破壊・攪乱され、極相群落を支えられない程度にまで劣化したときは、その立地と釣り合う群落タイプに達するまでは、やはり、群落タイプが移り代わるかたちで遷移していきます。この破壊・攪乱が人為によるときは、劣化した立地が支えられる群落タイプのうちもっとも発達した群落タイプがその土地の潜在自然植生になります。

二次遷移では、立地の植生支持力と植分の種組成が釣り合っていないので、立地の植生支持力と釣り合う群落タイプになるまでは、遷移は比較的早く進行しますが、この二次遷移も植生—環境系の自発的運動なので、群落タイプが移り変わると同時に、植生の環境形成作用により立地の発達がうながされます。そのため、立地は極相群落を支えられるレベルにまで改善していきませんが、極相群落を支えられるほど立地が回復する前に立地の支持力と釣り合う群落タイプが成立した後は、一次遷移と同じように植分と立地との相互作用で極相群落に向けた遷移が進行することになります。

この二次遷移のメカニズムも浮力モデルで表すことができます。浮力モデルでは、植分の破壊・攪乱は、ボールを水中に押し込む力とみます。このようにみれば、破壊・攪乱圧から解放されると直ちに遷移が進行する姿は、水中のボールが浮力により水面に戻るプロセスとして表されます。その遷移の推進力は前述のように浮力で表されます。立地を破壊・攪乱するほどの強い力は水位を下げる放水として、劣化した立地の植生支持力は低下した水位として表せます。この放水によって低下した水位が人為的に破壊・攪乱された立地の支持力を表すときは、その水位が潜在自然植生を表すことになります。群落構造だけでなく立地まで破壊する強い力がはたらいたときの遷移の進行プロセスは、浮力による水面までのボールの上昇とその後の水面に浮いた状態でのボールと水位の一体的な上昇で表せます。満水になるまでのボールと水位の一体的な上昇は、一次遷移のときと同じように主体と環境が釣り合った状態での植生—環境系の自発的運動を表しています(図 2)。日本では、遷移初期には一次遷移系列と二次遷移系列で出現する群落タイプが

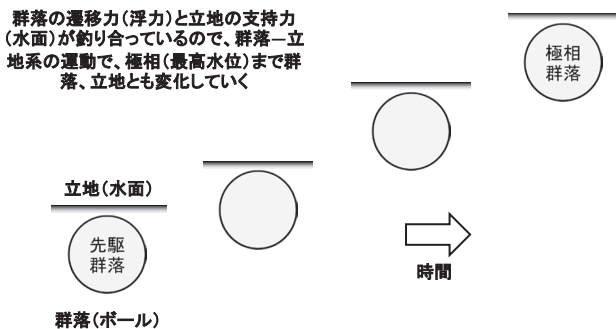


図 1. 浮力モデルで極相群落・潜在自然植生と一次遷移との関係を示した模式図

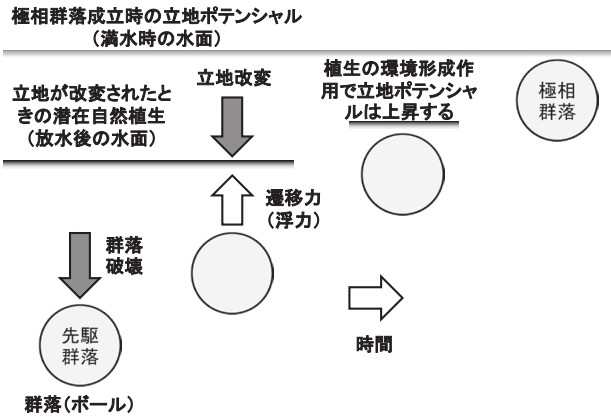


図 2. 浮力モデルで極相群落・潜在自然植生と二次遷移との関係を示した模式図

異なることが多い一方で、遷移後期には種組成が類似した群落タイプが現れることも、このモデルなら説明することができます。

生態遷移のメカニズムは、一般的には、固定された坂や階段をボールが転がり落ちる姿で表されることが多いのですが、筆者は、浮力モデルは、植分と立地がともに変化しつづける植生-環境系であることを表すことができ、一次遷移と二次遷移の違いや極相群落と潜在自然植生との関係をおなじモデル上で示すことができるので、遷移メカニズムと、極相群落と潜在自然植生との関係を同時に説明するときには使いやすいツールだと思っています。皆さんはどう思われますか。

5) 再生複合体

発達段階が異なる多様なパッチをもつことで、全体としては同一性を維持しつづけているパッチ複合体は再生複合体 (= 更新複合体) regeneration complex とよばれます (Watt 1947)。

この再生複合体もパッチ複合体のひとつなので、個々のパッチや種組成が類似したパッチグループの種組成を同じ遷移系列上の群落タイプの種組成と対比させれば、パッチという部分構造が遷移系列上のどの群落タイプと構成種を共有しているのか、共有している種はどのような特性をもつ種なのかを明らかにすることができます。再生複合体とパッチダイナミクスについては日本でも古くから認識されていましたが (田中 1932 など)、具体

的なデータにより生態学的に解析されるようになったのは、1970 年代後半のようです (大沢 1981; 山本 1981)。

さまざまな林分 (植分が森林のときに使う用語) からなる再生複合体を極相林としてとらえる考え方 (吉良 2001; 日本生態学会 2011) にしたがえば、極相林とは、極相群落とそこに至る途中相からなるパッチ複合体としての植分もしくは群落集団ということになります。再生複合体は基本的には極相林となりますが、再生複合体であっても、群落構造の破壊・攪乱の規模・強度によっては、極相群落の構成種が欠落することがあります。たとえば、極相群落が 400 年以上生きる種だけで構成されている再生複合体では、回転時間が 80 年から 300 年の攪乱 (西村・真鍋 2006; 神崎 2007; 真鍋 2011) が生じると、大部分のパッチは極相群落に達する前に再度攪乱されてしまうので、極相群落パッチが存在しないか存在したとしてもごくわずかな状態になります。このことについては、伊藤 (2011) で示された攪乱頻度を変えたシミュレーションからもうかがえます。

再生複合体は、先駆相やもとの状態に再生中の途中相をもつ時空間複合体ですが、あらたな世代に更新しつづけている複合体とみることもできます。再生と更新のどちらに重点を置くかは、研究目的によって異なります。

群落構成種の共存・すみわけメカニズム

植生と環境要因・時間との関係の一端は、群落タイプと環境要因との関係や植分・群落タイプの環境・時間傾度上での配列パターンの解析から明らかにすることができますが、その構成要素である植分やパッチ複合体の成因を明らかにするためには、群落構成種の共存・すみわけメカニズムを解明する必要があります。

1. 植分での種の存否は確率事象

ここでは、植分での種の存否と抽象的群落との関係、過去の植分の種組成推定と未来予測について検討してみます。

1) 確率事象だとすると?

抽象的群落での構成種の出現頻度は、その抽象的群落に属する全植生調査票に占める出現調査票の割合で表さ

れますが、この数値を無限母集団の確率分布を近似的に示す値とみることができれば、個々の植分での種の在・不在は、抽象的群落の頻度で近似される無限母集団の確率分布にしたがう確率事象ということになります（群落タイプでの種の頻度は、含まれる植生調査票が増えたり入れ代わったりするごとに変わるので、母集団での結びつきの程度そのものを表してはなりません）。

確率事象であれば、同じ群落タイプに属する植分であっても、その群落タイプの植分が共有する種が必ず存在しているわけではないこと、破壊後に生態遷移で回復した植分では、破壊前と類似した種組成にはなっても、まったく同じ種組成になることが稀なことは、ある意味当然のこととなります。

ただ、この図式はアイデア論と同じです。抽象的な存在に固執しすぎると、抽象的群落がゆらぎのない唯一の存在のようにみえ、抽象的群落のほうが本質で、個々の植分はその不完全な像とみる観念論におちいる危険性があります。法則を導くためには抽象的群落と環境要因との関係の解析や環境傾度、群落傾度上での抽象的群落の配列パターンの解析は重要ですが、現実に存在している実体は植分であることを忘れないようにしたいと思います。

2) 過去が推定できれば未来も予測できる？

確率事象については、過去と未来では扱い方が違ってきます。

どのような事象であれ、過去に起きた事象はなんらかの因果関係の結果であり、一回限りの固有な現象ということになります。記録が存在していれば、質的にもしくは確率事象として把握することができます。植分の構成種についても、記録された植生調査票等が一つまたは少数のときは種リストとして構成種の質的情報を、ある程度多数取得できれば、構成種の頻度を計算することで確率に関する情報をえることができます。

一方、将来像については、私たちには未来の姿を確実に知る方法がないので、過去に起きたことから類推できる範囲でしか予測することができません。過去に起きたことのない事象については予測することすらできません。生物的自然を追いかけると、まったく予見できない事象に出会うことがよくありますが、べつに不思議

なことではないのです。

たとえば、自然教育園では、筆者が全域調査を始めた 1980 年にはハシブトガラスによってシュロの花序が破壊されていた可能性が高いのですが、その頃はまだハシブトガラスがシュロ花序を破壊することは知られていなかったもので、当時筆者は春にシュロの花序を調査する必要性をまったく感じていませんでした。ところが、1991 年の冬の調査が長引き、4 月の後半に確認調査のために自然教育園に入ったところ、前回調査をおこなった 1987 年には結実個体が少なかったにもかかわらず、花序を付けているシュロがあちこちで見つかりました。不思議に思い、5 月に花序の状態を調査したところ、花序が破壊されている個体や花序の痕跡だけが残っている個体が大量に見つかりました。そのときは、今まで春に調査しなかったことをただただ悔やみました。その後、開花調査と花序の破壊状況確認調査を続けた結果、シュロ花序の破壊はハシブトガラスによるもので、筆者が自然教育園で全域調査を始めた 1980 年には始まっていたという結論にいたりしましたが、園内全域で調査していたにもかかわらず、1980 年から 1991 年の花序の破壊状況については明確な証拠で示すことができませんでした（亀井 2013）。

タイムマシーンで過去に行くことができない私たちには、過去に認識できなかった事象を直接知ることはできません。私たちにできるのは、関連するデータをなるべく多く集め、推論の精度を上げることだけなのです。その点で、ある時点での過去の事実が包括的にわかる調査データ（過去の植生調査票、フロラ・ファウナリストなど）や写真、絵図などのデータの保管と公開は非常に重要です。とくに、植生調査票や全種が記載されている群落組成表には、同じ手法で調査した植生調査票がありさえすれば、同じレベルで過去と現在を比較したり、時間とは別の要因を解析したりすることが可能になるという、すぐれた特徴があります。あらたに有用性の高い解析手法を開発した論文やあらたな法則や視点を見出した論文など、学問の進展・深化に直接貢献する論文が評価されるのはあたりまえですが、正確な調査結果を比較検討に使えるかたちで提示している論文・報告書についても、もっと評価してもよいのではないのでしょうか。私た

中には、存在しない、利用できないデータは使えないのですから。

先ほど示したシュロとカラスの事例でも、筆者はハシブトガラスの動態については一切調査していませんが、自然教育園では継続的な鳥類群集調査が、ハシブトガラスが極端に増加した時期にはさらにカラス類の詳細な生態調査がおこなわれていたので、そのデータを利用することができました。これらの調査はシュロの調査に連動するかたちで実施されたものではないので、このときの考察は、推理小説のような、推定に推定を重ねたものになってしまいましたが(亀井 2013)、もし、ハシブトガラスの継続的な生態調査がおこなわれていなければ、シュロの花序をハシブトガラスが破壊するメカニズムと原因の解明作業は迷宮入りしていたはずです。ハシブトガラスによるシュロ花序の破壊との出会いは、基礎調査の重要性をあらためて実感させてくれる貴重な経験でした。

過去の種組成や群落構造、土壌断面の解析、年輪解析、埋没遺体(木部、根株、葉、果実、花粉、プラントオパール)の解析、放射性炭素による年代測定、記録文書などから、個々の植分での主要種の変遷やその原因となった事象についてはあるていどわかるようになってきましたが、植分の種組成に影響を与えた歴史的要因から、群落タイプを特徴づける種の欠如、低常在度(頻度)種の加入原因とプロセスを明らかにすることは並大抵のことではありません。現状では、過去の植分での種の存否については確率事象としてしか把握できないと考えておいたほうがよいのです。

2. 定住種と偶生種

植分での種の存否が群落タイプでの頻度を近似値とした確率事象としてしか把握できなくても、その共存・すみわけがなぜ、どのように形成されたのかという疑問を追求できないわけではありません。群落タイプ内、タイプ間での種の生活状況を解析すれば、種間の共存・すみわけメカニズムを解明することは可能だからです。

ここで役に立つのが定住種 *resident species* と偶生種 *accidentals (accidental species)* という考え方(亀井 2014)です(図 3)。植物群落は、ある群落タイプを本来の生活の場、すなわち定住群落 *residential*

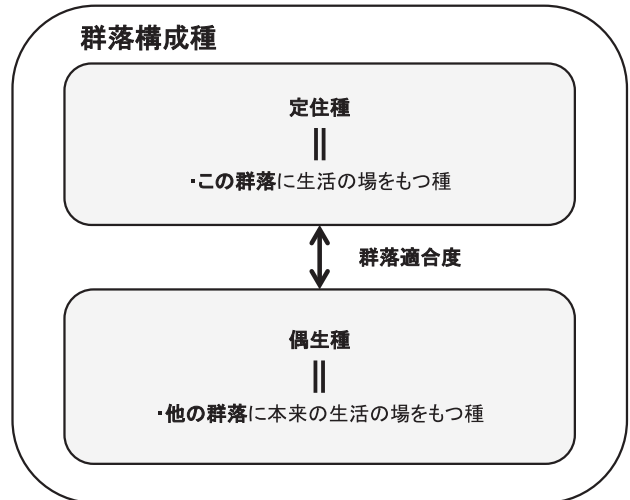


図 3. 定住種と偶生種の関係

community としている種(定住種)と、本来の生活の場がほかにある種(偶生種)で構成されているからです。

植分の構成種がどのような群落タイプを本来の生活の場としている種なのかがわかれば、その植分がもつ生態的特性を構成種の側から間接的に説明することができます。

3. 定住種であっても群落適合度はさまざま

総合常在度表を見ていると、定住種と目される種であっても、ある群落タイプにだけ偏在している種と他の群落タイプにも高常在度で出現している種が存在することに気づきます。また、低常在度の種など、特定の群落への偏在傾向がわかりにくい定住種がけっこう多いこともわかります。このように、同じ定住種であっても群落タイプへの偏在傾向は同じではないのです。

1) 群落適合度の判定基準

定住種の群落タイプへの結びつきかた・程度の違いを評価するための基準として役立つのが群落適合度 *fidelity* 概念です(Braun-Blanquet 1928, ブラウンブランケ 1965)。

群落適合度の判定方法については、研究者によって微妙に違っていますが、いずれの判定方法も、群落タイプ間での常在度や被度、活力度 *vitality* の違いによって判定する手法をとっているため、ここでは、定住種のタイプ分けを主眼に、新たな判定方法を提案してみたいと思

います。

まず、常在度Ⅲ以上で出現している種は、その群落タイプに偏在する傾向をもつ種とみることができるので、すべて定住種とします。

そのなかでも特定の群落タイプに常在度ⅣまたはⅤで出現し、その群落で生活環を全うし、他の群落タイプにはまったく、もしくはほとんど出現せず(常在度Ⅰ以下)、出現したとしても、開花・結実個体が存在しないかもししくはごく稀な種については、その群落タイプに強く結びついているので「専在種 (奥富 1975; Braun-Blanquet 1928 の exclusive species に相当)」として位置づけることにします。生活環の状況を判定するにあたっては、現場で開花個体もしくは結実個体が存在しているか、もしくは成体と実生・幼個体が共存していれば、生活環を全うしている可能性ありと判断する方法が、負担が少ないのでお勧めです。

特定の群落タイプでは常在度Ⅳ・Ⅴで出現し、他に常在度Ⅲ以上で出現している群落タイプが存在しない種については、「準専住種」とします。他の群落タイプでの活力度を問わないこと、常在度Ⅱの群落タイプが存在しうることが、専住種と異なります。こうすることで、特定の群落タイプとの結びつきは強いものの、開花・結実状態がわからない種を専住種に準じる種として位置づけることができます。専住・準専住種の存在で位置づけられた群落タイプは、特定の群落とかなり強く結びつく種で特徴づけられているので、「緩い構成単位」とみて問題ないでしょう。

その他の定住種については、この群落タイプ以外にも定住群落をもっているのが、本来の生活の場をどの群落タイプにもっているのかで、具体的には、常在度階級と開花・結実個体がどの群落タイプに偏在しているのかで、区分することにします。

常在度Ⅲ～Ⅴの種で、専住・準専住種でない種については、以下の三つに分けます。

この群落タイプだけでなく、他の群落タイプでも常在度Ⅲ～Ⅴで出現し、開花・結実個体が存在する定住種は、この群落タイプと他の群落タイプに本来の生活の場をもつ種なので、個々の群落タイプを統合したより広範な群落タイプの定住種、専在・準専在種の候補となる種です。

この群落タイプでは開花・結実個体が存在し、開花・結実個体が存在しないかもししくはごく稀な群落タイプが他に存在するタイプの定住種は、専住・準専住種に準じる定住種ということになります。このタイプの種には、この群落タイプを本来の生活の場とし、他の群落タイプに新たな生活の場を開拓中の定住種と他の群落タイプからこの群落タイプに移行中の種が含まれます。

逆に、開花・結実個体が存在する群落タイプが他に存在する種で、この群落タイプでは開花・結実個体が存在しないかごく稀な種は、被圧などでこの群落タイプでは活力度が低下しているか、生活の場の一つとして実生などが加入する場として活用している定住種ということになります。

常在度がⅠで、出現頻度が低いものの、他の群落タイプにはほとんど出現せず、この群落タイプでは健全な開花・結実個体が普通に存在している種は、この群落タイプを本来の生活の場としている希少種である可能性が高いので、定住種とします。

この四つのタイプの定住種については、とくに命名せず、ただの定住種としておけば十分でしょう。専住・準専住種以外の定住種には、群落タイプとの結びつきの程度が強い定住種と弱い定住種が存在するので、このタイプの群落タイプには「緩い構成単位」とみなせる群落タイプと「任意のグループ」とみたほうがよい群落タイプが混在しています。

「偶生種」については従前どおり、常在度がⅠで、開花個体も結実個体も存在しないかいじけていることを要件とします (ブラウン・ブランケ 1965)。ただ、希少種と区別するため、他の群落タイプのいずれかで定住種となっていることを要件とします。

以上のどの区分にも入らない種は不明種とします。総合常在度表で常在度Ⅱ以下でしか出現していない種の多くが不明種と判定されることになります。そのため、当初は不明種がかなり出てくるでしょうが、植生調査票の追加による群落タイプの再編・細分化や他の群落タイプでの開花・結実個体の出現状況が明らかになるにつれ、不明種は減少します。以上の判定基準を一括表示したのが表 2 です。偶生種や不明種しか存在しない群落タイプは、定住種によって特徴づけられていないので、「任

意のグループ」とみるのが妥当でしょう。

この方法で群落構成種の群落適合度を判定すれば、群落構成種を定住種 (6 タイプ) と偶生種、不明種に分けることができます。ここで提案した群落適合度の判定基準は、Braun-Blanquet (1928) の exclusive species のうち常在度が I のものを「結びつきの弱い定住種」とし、「一地方のすべての植物社会に存在する種はない」というブラウーンブランケ (1965) の指摘をふまえ、Braun-Blanquet (1928) の companion を「どの群落にもいちじるしい相性をもたない種」とせず、この群落タイプと他の一つもしくは複数の群落タイプを本来の生活の場としている種と他の群落タイプに本来の生活の場をもち当

該群落タイプでは活力度が低下している種、この群落タイプに本来の生活の場があり他の群落タイプに拡大しつつあるか他の群落からこの群落タイプに移行しつつある種に分けた点に特徴があります。

2) 判定基準の使い方

ここでは、東京都北区で調査した植生調査票から作成された総合常在度表 (緑生研究所 2012) の一部 (表 3) を使って、今回提示した群落適合度の考え方を説明します。

群落適合度の判定は種ごとにおこないます。各群落タイプもしくは群落グループに常在度 IV・V で出現している種 (表 3 では濃い網掛けで表示) は、それぞれの群

表 2. 定住種と偶生種の区分と定住種の細分を目的とした群落適合度判定基準

区 分	判定基準		補足説明
	該当群落タイプ	他の群落タイプ	
専在種	常在度 IV・V. 開花・結実個体有. 実生・幼個体有.	出現せずもしくは常在度 I (r を含む). 開花・結実個体無もしくはごく稀.	
準専在種	常在度 IV・V. 開花・結実個体有. 実生・幼植物有.	常在度 III 以上の群落タイプが存在しない.	
この群落タイプ以外にも本来の生活の場となる群落タイプが存在する定住種	常在度 III~V. 開花・結実個体有.	いずれかの群落タイプで常在度 III~V. 開花・結実個体有.	群落タイプを統合したグループの専在・準専在種候補を含む.
この群落タイプ以外にも生活の場となる群落タイプが存在する定住種	常在度 III~V. 開花・結実個体有.	いずれかの群落タイプで常在度 III~V. 開花・結実個体無もしくはごく稀.	
他の群落タイプに本来の生活の場をもつ定住種	常在度 III~V. 開花・結実個体無もしくはごく稀.	いずれかの群落タイプで常在度 III~V, 開花・結実個体有.	
結びつきの弱い定住種	常在度 I. 健全な開花・結実個体有.	出現せずもしくはごく稀. 開花・結実個体無.	希少種の候補.
偶生種	常在度階級 I (r を含む). 開花・結実個体無し, もしくは稀でいじけている.	いずれかの群落タイプで定住種となっている.	
不明種			以上のどの種別にも含まれない種. 調査の進展により他の区分に移行.

落タイプ (群落グループ) での専在種の候補もしくは準専在種となります。たとえば、表 4 では、A・B・C のグループに常在度ⅣまたはⅤで出現しているアオキ、エノキ、ムクノキが、そのうちの B・C からなるグループに常在度Ⅳ・Ⅴで出現しているネズミモチ、シロダモが、それぞれの群落グループの専在種の候補もしくは準専在種となります。また、ヤブラン、イヌビワが群落タイプ A の、マユミが群落タイプ C の、ヨシが群落タイプ D の、オギが群落タイプ E の専在種の候補もしくは準専在種となります。これらの種は、出現する群落タイプ内に開花・結実個体が有るか無いか、成体と実生・幼個体が共存しているか否かの検証後に、専在種であるか否かが決定されます。生活環が完結するか否かは種が生活の場としているのか否かを判断するための重要事項ですが、群落適合度の判定ではそれほど厳密に検討する必要はありません。可能性のレベルであっても、群落タイプでの生活状況を判断するためには十分役に立ちます。

中程度の濃さの網掛けで示した種については、開花・結実個体の有無でどのタイプの定住種になるかを判定することになります。スタジイ、ベニシダは群落グループ A・B・C の定住種ですが、この判定でどのタイプの定

住種かが決まります。ヒメジョオンは常在度階級がⅠですが、この表だけで判定すると、希少種の可能性がある定住種ということになります。

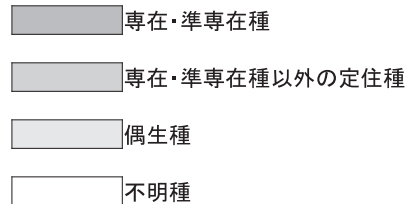
この表では薄い網掛けで示したのが偶生種です。他の群落タイプで定住種 (専在・準専在種を含む) が存在しているときだけ偶生種と判定できる点に注意する必要があります。定住群落が存在しないドクダミ、ヤマグワについては、出現している群落タイプでの常在度階級はⅠですが、偶生種とせず不明種扱いとします。

常在度Ⅱ以下でしか出現していない種のうち、定住種もしくは偶生種と判定された種以外は不明種とします (網掛けなし)。このなかには、今後植生調査票が増え、現在の群落タイプが再編・細分化されたときに、定住種、専在・準専在種、偶生種と判定される種が含まれています。

今回は、説明しやすくするために限られた地域と種だけを使っていますが、この群落適合度の判定基準は、さまざまな群落タイプの植生調査資料が広域で取得できたときにしかうまく機能しません (ヒメジョオンが希少種扱いになっているだけでもわかると思いますが)。また、植生調査資料が追加され、群落タイプが再編・細分化されるごとに、一部の種については判定が見直されること

表 3. 群落適合度の適用例

種名	群落タイプごとの植生調査票数と各群落タイプでの常在度				
	A	B	C	D	E
	6	16	10	16	23
アオキ	V	V	V		
エノキ	V	V	V	I	r
ムクノキ	IV	V	V	I	
スタジイ	V	V	III		
ベニシダ	III	IV	III		
ヤブラン	V		II		
イヌビワ	IV	II			
ナキリスゲ	III	I			
ネズミモチ	II	IV	V		
シロダモ	II	IV	V		
マユミ		I	IV		
アケビ		I	III		
スイカズラ			III		
ヨシ				IV	I
クサヨシ				III	r
オギ				I	IV
ヘクソカズラ	I	I		II	III
ヤブガラシ	II	I		I	II
ドクダミ	I	I	I		r
ヤマグワ	I	I	I		
ヒメジョオン		I			



*A~Eは群落タイプ名。その下の数字は植生調査票数
**専在・準専在種には専在種候補を含む

になります。利用するにあたっては、この点にも注意が必要です。

このように、表 3 に示した群落適合度を利用するさいには、注意しなければならない事項はありますが、この判定基準を利用し、群落タイプもしくは群落グループの定住種がどのようなタイプの定住種なのかを解析すれば、群落タイプ間の種もしくは種群の具体的な共存・すみわけ実態を知ることができるようになります。

4. ニッチをめぐる定住種間の戦い

総合常在度表からは、種によって偏在する群落タイプが異なること、多くの群落タイプでは複数の種が共存していることが読み取れますが、偏在する群落タイプが種によって異なること、同じ群落タイプに複数の種が共存できることの原因とメカニズムを明らかにするためには、植分や抽象的群落での定住種の共存・すみわけメカニズムを解明する必要があります。

1) 競争排除則に反していない？

植物群落で複数の種が共存するためには、それらの種の共存が、資源が限定され、資源の利用パターンが同様な 2 種またはそれ以上の種は、安定した環境では共存できないという競争排除則 (アラビー 1994) に反しているのか、いないのかを確認する必要があります。

a. 植分ではニッチ分化と空白ニッチで共存が可能に

生態的地位 *ecological niche* (以下ではニッチ *niche* と略します) は、その生物が環境の中で占めている地位のことであり、その生物がおかれている条件、それが利用する資源、それがそこに存在する時間を包括する概念である (Mackenzie ほか 2001) とか、他種との関係におけるその種の群集内における位置 (ホイッタカー 1975) とされる概念で、植生では、光資源の利用にかかわる群落の階層構造、栄養資源もしくはストレス要因となる水分・塩類濃度が代表的なニッチと考えられています。ただ、ニッチの多くには、測定が非常に困難 (ホイッタカー 1975) という、困った特徴があります。

競争排除則にしたがえば、安定したニッチでは、そこでの競争力が最も高い種に占有されることとなります (ホイッタカー 1975 など)、このことは、単純な競争

モデルでは、同じ資源をめぐる競争関係にある種が均質な空間で安定して共存するのは困難なこと (甲山 2004) から確認できます。つまり、安定した植分では、生育できる種の数に植分に形成されるニッチの数に制約されているのです。たとえば、光資源との関係が強い階層構造であれば、低木林から高木林に変化するにつれ構造が複雑化し、ニッチも増加しますが (石井 2011 など)、これは植分でのニッチ構造は階層構造と密接にかかわっているからです (甲山 2004 など)。つまり、植分に複数の種が生育できる原因の一つは、複数のニッチの存在に求めることができるのです。

一方、倒木や流水などによる物理的攪乱、罹患、被食などの生物的攪乱によってそのニッチを占めていた種が死滅するか大幅に減少すると、ニッチに他の種が入り込める隙間、いわゆる空白ニッチが形成されます。空白ニッチが形成されると、競争圧が低下するので、同じニッチを生活の場とする複数の種の共存が可能になります。

このように、個々の植分では、共存できる種数はニッチ構造 (ニッチ分化) と空白ニッチに依存しているとみることができます。

b. ニッチ空間での分布パターンから見えるもの

それでは、抽象的群落ではどうでしょうか。

抽象的群落を構成している種の間関係については、ニッチ空間 *niche space* (ホイッタカー 1975 など) での分布パターンの異同として表すことができます。

ニッチ空間とは、生物的な変量 (たとえば食物の大きさ)、非生物的な変量 (たとえば地表からの高さや季節) からなる複数のニッチを座標軸の集合体としてとらえた抽象的な多次元空間で、このニッチ空間では、個々の種はそれぞれのニッチ傾度上で一定の幅で中心から周縁にむかって頻度を減少させるかたちで示されます (ホイッタカー 1975)。

同一のニッチ傾度上で分布域が重なる種でも、他のニッチ傾度上での分布型が違っていれば、共存できる可能性があるため、同一の群落タイプに複数の *commodal species* が出現することをニッチ空間上での分布パターンの違いで表すことができるかもしれません。たとえば、栄養塩の要求・耐性が同じで、異なる階層に生活の場をもっている種であれば、栄養塩傾度上では分布型が一致

し、植生高傾度上では最頻値の位置もしくは分布範囲が異なるというかたちで表されることになります。

一方、ニッチ空間での分布パターンが同じ種が存在している群落タイプでは、それらの種は競争排除則の規制をうけていないと判断するしかありません。つまり、この群落タイプに属する植分では空白ニッチが存在しているか、その影響が残存している可能性を抽象的なニッチ空間での構成種の分布パターンから推定することができるのです。

2) 特定の群落タイプへの種の偏在は競争的すみわけの結果

ニッチ空間や環境傾度上での分布パターンがあまり重ならない種のあいだのすみわけメカニズムについては、基本・実現ニッチ理論と生理・生態的最適域理論で説明できます。

a. 基本・実現ニッチと生理・生態的最適域の関係

Hutchinson (1958) は、ニッチを競争あるいは捕食がない場合に、ある生物が占めるニッチ空間 (基本ニッチ fundamental niche) と競争あるいは捕食がある場合に、ある生物が占めるニッチ空間 (実現ニッチ realized niche) に分けるアイデアを提示しています (なお、ホイッター 1975; Mackenzie ほか 2001 参照)。この基本ニッチと実現ニッチを Hutchinson (1958) はニッチ空間上の超空間体 hypervolume としてとらえようとしたが、ホイッター (1975) のように最頻値をもつ山型の確率分布としてとらえる考え方もあります。

「生理的最適域」と「生態的最適域」(Ellenberg 1956; Walter 1960) は、生理的な環境要求・耐性が同じ種、すなわち生理的最適域が同じ種の競争排除則に反しない共存は、競争力が高い優勢種と低い劣勢種の環境傾度上での競争的すみわけによってもたらされるという考え方で、エーレンベルクがおこなった実験 (Ellenberg 1953) で実証されています (クナップ 1954; 宮脇 1967; 宮脇・鈴木 1982; Mueller-Dombois & Ellenberg 1974 参照)。ホイッターも、複合要因傾度上での種個体群の最頻値は生理的最適域とは一致しないが、他の種個体群との競争で獲得した最適な値となるとし (Whittaker 1973b)、生理・生態的最適域と同様の見

方を提示しています。

このように、基本・実現ニッチ理論と生理・生態的最適域理論は、種間のすみわけが種間競争の結果で、その関係は構成種との関係で変わる動的・相対的なものであるととらえている点でよく似ていますが、両者のあいだには違いもあります。たとえば、基本・実現ニッチ理論は基本的には抽象的群落内部での種間の競争的すみわけを説明する理論で、生理・生態的最適域理論は基本的には群落を異にする種のあいだの競争的すみわけを説明する理論なので、この点で両者は違っています。つまり、基本的には、生理・生態的最適域理論は、総合常在度表での特定の群落タイプへの偏在メカニズムの説明に、基本・実現ニッチ理論は群落タイプでの種の共存メカニズムの説明に使える理論なのです。また、ニッチ空間という種間関係が生み出す抽象的な空間での競争的すみわけを表すのが基本ニッチと実現ニッチとの関係で、環境傾度上での種間の競争的すみわけを表すのが生理的最適域と生態的最適域との関係という違いもあります (表 4)。

ただ、全く別の概念とする必要はありません。含水率や塩類濃度、踏圧強度、被食量など、環境傾度とニッチ傾度のどちらにも使える要因であれば、ニッチ空間での実現ニッチの分化は、環境傾度上での種間の競争的すみわけ、すなわち、生態的最適域の分化として説明することができます。ニッチ傾度軸と環境傾度軸が異なるときは、ニッチ軸を生理・生態的最適域で直接説明することはできませんが、群落傾度での種の配列パターンを生理・生態的最適域で説明できるときは、群落傾度を介するかたちでニッチ空間でのすみわけを生理・生態的最適域の考え方で説明することができます。

生理的最適域と生態的最適域は 2 種のあいだの関係としてモデル的に示されることが多いのですが、生理的最適域が重なる種であれば、複数の種のあいだの競争的すみわけの説明にも使える便利な考え方です。

b. 生理・生態的最適域の推定方法

生理的最適域と生態的最適域との関係を明らかにするためには、エーレンベルクのように植栽実験をおこなうのが理想的ですが、全定住種を対象とした植栽実験をおこなえる群落タイプはごく限られます。

なんらかの簡便な方法で、その関係を調べられないか、

表 4. 基本・実現ニッチ理論と生理・生態的最適域理論の違い

区 分	主な対象種	説明できる内容	測定可否	抽象的群落との関係
基本・実現ニッチ	抽象的群落で共存している種	同一ニッチ空間での種の競争的すみわけ	ニッチ軸が測定できるか否かによる	おもに抽象的群落での種の共存メカニズムの説明に利用
生理・生態的最適域	生理的最適域が重なる種	環境傾度上での種の競争的すみわけ	植栽実験で測定できる(簡易推定法あり)	おもに特定の群落タイプへの種の偏在メカニズムの説明に利用

考えてみました。

以下にその事例を示したいと思います。

ヤブツバキ、アオキ、ヤツデ、マサキは関東地方の古い住宅地などでよく植栽されている種ですが、関東とその周辺の総合常在度表(緑生研究所 2012)では、マサキは海岸風衝地に成立するマサキートベラ群集などに偏在する種で、他の3種は常緑広葉樹林タイプに集中する種です(ヤブツバキとアオキはよく似た分布傾向を示しますが、ヤツデはヤブツバキやアオキより狭く、放置された二次林や都市林などに偏在しています)。古くから広域で植栽されてきた有用植物については、生理的に生育できる領域内では可能なかぎり植えられてきたと考えることができるので、その植栽分布が生理的最適域に近似している種は多いはずで、そこで、2013年7月から2015年1月にこの4種の植栽分布を関東、東北、北海道の一部主要都市で調べてみたところ(表5)、この4種(園芸品種を含む)の関東甲信以北の植栽分布はよく似ていることがわかりました。

つまり、この4種は、類似した生理的最適域をもつものの(今回の調査では、温度要因以外の生理的最適域については明らかではありませんが)、その生態的最適域は違っていることが、これだけの情報でわかるのです。

生態的最適域については、定住群落の成立要因から間接的に推定することができますが、生理的最適域については、現状では、個々の種ごとに植栽実験もしくは現地・文献調査を実施する以外には手はないようです。ただ、主要樹木であれば、亀山ほか(1978)に記載されている植栽可能気候帯からおおむねの生理的最適域が推定できるので、広域を対象にした主要群落タイプを網羅した総合常在度表があれば、生理・生態的最適域の概要はわりと簡単に把握できるでしょう。

表 5. 関東以北の主要都市の一部での主な常緑植栽樹種 4 種の分布。

丸は植栽、二重丸は逸出個体の出現を表す。2013年7月～2015年1月調査。逸出個体は調査した一部の都市のみ。

都市名	アオキ	ヤツデ	マサキ	ツバキ類
稚 内				
旭 川		○		
釧 路				
帯 広				
札 幌				
函 館	○	○	○	
青 森	○	○	○	○
大 館	○	○	○	○
八 戸	○	○	○	○
宮 古	◎	○	○	◎
釜 石	◎	◎	◎	◎
盛 岡	◎	○	○	○
花 巻	○	○	○	○
一 関	○	○	○	○
秋 田	○	○	○	○
横 手	○	○	○	○
仙 台	○	○		○
山 形	○	○	○	○
酒 田	◎	◎	○	◎
会津若松	○	○	○	○
郡 山	◎	○	○	○
水 上	○	○	○	○
沼 田	◎	◎	○	◎
東 京	◎	◎	◎	◎

c. 環境要因との関係

気候や土地的要因が植分や優占種の分布制限要因となっていることについては古くから主張されていますが、環境傾度上での種のすみわけを種間競争の結果として説明することができる、すなわち、生理・生態的最適域理論で説明できるということは、種の生態分布は環境との直接の関係で決まるのではなく、種間競争をとおして決まることを意味します。ただ、環境との関係のすべてをこのメカニズムで説明しようとするのは危険です。気候や土地的要因が一般の群落が成立しにくいほど厳しい環境下では、そこに成立している植分を構成している種の生理的最適域が競争関係にある種の生理的最適域より環境要因が厳しい側に存在している可能性があるからです。この場合は、もっとも厳しい環境下に成立している植分の構成種は種間競争から解放されているので、その種は環境要因の影響を直接うけていることとなります。また、埋土種子が存在しないか非常に少ない裸地上に一時的に出現する草本群落や、アスファルトの隙間などに短期間成立する草本群落など、個体同士の競争がほとんど見られない植分も、環境要因の影響を直接うけるとみることができます。

生理・生態的最適域のメカニズムを実験によって解明した事例としては、踏み跡群落構成種への踏圧の影響が種間競争を介してはたらいっていることを明らかにした研究 (Ikeda & Okutomi 1990) がありますが (池田 2013 参照)、このような実験により生理・生態的最適域を論じた研究は、日本ではほとんどおこなわれていません。

3) 再生複合体は統合中立理論で

関東とその周辺の総合常在度表 (緑生研究所 2012) での診断種群の出現状況からは、ニッチ空間での確率分布がかなり重なっている種の存在がうかがえますが、そのなかには、生育する階層構造などが異なることでは説明できないものが多数あります。ニッチ空間での分布が同じか近似した種の共存については、競争排除則を前提とした基本・実現ニッチ理論では説明できません。ニッチが同じか近似する種の共存については、空白ニッチの存在もしくは影響を前提とした理論で説明することになります。

そこで、群落構造が全体的に破壊された植分や群落構造の破壊・攪乱によって空白ニッチが形成された不安定な植分とその植分が属する群落タイプ、パッチ複合体での種の共存・すみわけメカニズムについて検討してみます。

a. 植分の場合

群落構造が全体的に破壊された植分では、広範に空白ニッチが形成され、空白ニッチに適応した先駆性の種からなる群落が成立します。この先駆群落の多くでは競争排除が徹底しないので、競争関係にある複数種の共存が一時的に可能になります。また、生態遷移が進行すると、前段階の群落構成種とそれと入れ代わる群落構成種とのあいだで種間競争が生じますが、この遷移途中の植分でも競争排除則は徹底しません。形成時期が異なる部分構造からなるパッチ複合体でも、空白ニッチの影響で加入した種が残っているので、競争排除則は徹底していません。

再生複合体のような、空白ニッチが継続的に発生する植分や群落集団では、競争が進むと排除されてしまう種の共存が長期間継続します。個々の空白ニッチでは終極相に向かった種の入替わりがおきますが、植分全体でみたときには、確率的な枯死と加入 recruitment によって種組成が維持されているからです。ただ、どのような条件のときに、このような種の動的な共存が長期間継続するのかということについては、今までここで紹介してきた理論では説明できません。

ここで注目したいのが、統合中立理論 *unified neutral theory* (Hubbell 2001) です。生物群集を構成するすべての個体を同等とみなし、群集動態を個体の確率的な枯死と加入によって記述する統計モデルから導き出されたこの理論 (久保田 2011) を採用すれば、再生複合体のような不均質な時空間構造をもつ植分での構成種の共存をうまく説明できるからです。この統計モデルでは、出生率、死亡率、移住率、種形成率が同じ個体からなる局所群集 *local community* では、生態学的浮動 *ecological drift* を補償する地域群集 *metacommunity* からの種子の供給が確保されていれば、ランダムな枯死が継続すると、その種組成は地域群集に近づく (地域群集からの種子供給が強く制限されたときは構成種のうちの一種が優占することになる) とされています (Hubbell 2001)、このことは、個々の植分の種組成がその植分が

帰属する群落タイプに近づくことを意味します。つまり、ランダムかランダムに近い林冠ギャップの継続的な発生で維持されているパッチ複合体での構成種の共存を説明できることとなります。

ただ、再生複合体には極相種と先駆種が、他のタイプのパッチ複合体にも種間競争にかかわる生態的特性が異なる種が共存しているので、パッチ複合体には出生率、死亡率、移住率が異なる種が共存するようにみえます。このことについてはどのように考えればよいのでしょうか。筆者は、再生複合体全体としてみたときには、これらの種のあいだの競争上の優劣は無化されるとみれば、個々の構成個体間に競争上の優劣が存在しないというこの統計モデルの前提はクリアできると、そして、この個々の構成種の競争上の優劣を無化できるような攪乱のありかた、継続こそが、パッチ複合体での種の共存メカニズムの本質だと考えています。どのような攪乱が、どのような頻度、パターンで発生すれば、部分構造では発揮される構成種がもつ競争上の優劣が無化され、パッチ複合体が動的に存続していくことを可能にするのかを明らかにしていくことが、パッチ複合体での種の共存メカニズムを解明していくことになるのです。

一般的には、統合中立理論は樹木種の共存を説明するために利用されていますが、日照条件が上層木の成長や枯死、倒木などによって変化する林床での種の共存についても説明できる可能性は十分あります。再生複合体や林床でのモデルの適合性が複数の群落集団・植分で確認されれば、統合中立理論は植分・群落集団での種の共存メカニズムを解明するための主要な理論となるでしょう。

b. 抽象的群落

では、抽象的群落に関しては、どうでしょうか。

生育できるニッチが同じ種が共存しているということは、ニッチ空間では、ニッチ傾度上での確率分布の形状が同じ種が存在することを意味します。

ニッチ空間で空白ニッチとかかわるのは、攪乱ニッチ disturbance niche もしくは更新ニッチ regeneration niche ということになりますが、これらはニッチ空間では、競争排除則の制約が強い安定相と弱いかはたらかない初期相を両端とするニッチ傾度(ほぼ遷移系列に相当)とみることができます。統合中立理論が対象とするパッ

チ複合体の構成種はこの攪乱・更新傾度上に位置づけられますが、競争力に差がないので、攪乱・更新傾度上での確率分布が重なる種として示されます。つまり、統合中立理論は、空白ニッチ同様、ニッチ空間での実現ニッチが重なる種の共存を説明する理論とみることができるのです。

4) さまざまな共存・すみわけパターン

統合中立理論が想定するように、ニッチが似ていればいるほど、局所群集内で種が絶滅するまでに要する時間が長くなるのであれば(伊藤ほか 2006)、別の群落タイプに実現ニッチをもっている種の絶滅はすぐにおきるでしょうが、このことは、その植分では絶滅であっても、地域植生全体からみれば、他のニッチや群落タイプが異なる植分とのあいだの種の競争的すみわけの進行と解釈することができます。これは生理・生態学的最適域理論による競争的すみわけの考え方と同じです。つまり、統合中立理論は、群落の種組成分化や群落タイプへの種の偏在を説明する理論としてみることもできるのです。また、統合中立理論をすべての植分や群落タイプに適合する理論としてではなく、形成時期が異なるパッチからなる植分など、ほぼランダムな攪乱の継続的な発生と種子等の継続的な供給が保たれている植分の、同一のニッチでの定住種の共存を説明する理論として位置づければ、安定したニッチで成り立つニッチ理論と矛盾、対立するとみる必要はなくなります。現状では、ニッチ理論と統合中立理論のあいだに論争があるようですが(久保田 2011)、基本・実現ニッチ理論は抽象的群落内での、生理・生態的最適域理論は群落タイプ間での種の競争的すみわけ、空白ニッチの形成や生態遷移は不安定な植物群落での種の動的共存、統合中立理論は再生複合体(長期にわたって種組成が維持されているパッチ複合体を含む)でのニッチを同じくする種の共存と別のニッチ・群落タイプに実現ニッチをもつ種との競争的すみわけについて説明できる理論として理解しさえすれば、これらの理論の共存は可能です。

つまり、前述の、総合常在度表では種によって偏在する群落タイプが異なるのはなぜか、同じ群落タイプに複数の種が共存できるのはなぜかという疑問は、基本的に

表 6. 時空間特性が異なる群落タイプでの構成種の偏在・共存メカニズム等

	植分の均質・不均質	競争排除則	主な偏在原因・メカニズム	偏在を説明するための理論	主な共存原因・メカニズム	共存を説明するための理論
極相群落	均質	完結	・競争的すみわけ ・環境要求・耐性の種による違い	・生理・生態的最適域理論	・複数のニッチの存在 ・競争的すみわけ	・ニッチ理論 ・基本・実現ニッチ理論
途中相	均質	不徹底	・競争的すみわけ ・環境要求・耐性の種による違い ・形成時期の違い	・生理・生態的最適域理論 ・生態遷移理論	・複数のニッチの存在 ・空白ニッチによる競争圧の低下(残存効果) ・競争的すみわけ	・ニッチ理論 ・基本・実現ニッチ理論
先駆相	均質	不徹底	・攪乱環境への適応 ・形成時期の違い	・生理・生態的最適域理論 ・生態遷移理論	・空白ニッチによる競争圧の低下	・ニッチ理論
動態単位(群落断片)	均質	時間がたつほど強く働く	・競争的すみわけ ・形成時期の違い	・生理・生態的最適域理論 ・生態遷移理論	・空白ニッチによる競争圧の低下(時間とともに弱まる)	・ニッチ理論
再生複合体	不均質	不徹底	・競争的すみわけ ・環境要求・耐性の種による違い	・生理・生態的最適域理論 ・統合中立理論	・確率的共存 ・形成時期の異なる動態単位の存在 ・複数のニッチの存在	・統合中立理論 ・ニッチ理論

は表 6 に示した種間競争に関する理論で説明することができるのです。

遷移系列は、時間を座標軸にとった生態傾度とみることができ(ホイッタカー 1975)、リアル空間での植分・パッチ複合体の時空間構造と環境要因との関係は、時間軸と環境軸からなる抽象的空間(以下では環境—時間傾度空間とよびます)上での群落タイプや種個体の配列パターンとして表すことができます(図 4)。

この環境—時間傾度空間では、もっとも安定した極相群落は、気候的極相群落からもっとも厳しい立地に成立する土地的極相群落にいたる環境傾度上に位置します。傾度上での定住種のすみわけは種間競争の結果としての動的なすみわけ、すなわち生理・生態的最適域理論で説明することができます。同一の群落タイプでの定住種の共存については、ニッチ構造の複雑さか実現ニッチの違いで説明することになります。

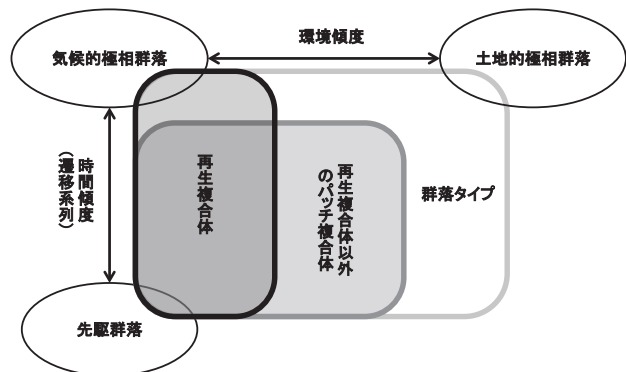


図 4. 環境—時間傾度空間での群落タイプ、再生複合体、再生複合体以外のパッチ複合体の配置パターン。

生態遷移で現れる群落タイプについては時間軸(遷移系列)上に位置づけられます。遷移系列に沿ったすみわけについては、生態遷移理論で説明することになります。

遷移系列, すなわち攪乱・更新ニッチ傾度上に独自の位置をもつ種のあいだのすみわけは, それぞれの遷移段階での競争力の違いで説明することになります。この群落タイプでの種の共存については, 先駆群落では空白ニッチによる競争圧の緩和で説明することになります。生態遷移が進むにつれ競争圧が強まるので, 途中相では空白ニッチの形成によって加入した種の残存と次の遷移段階の種の加入で説明することになります。また, 遷移の進行にともなうニッチ構造の複雑化や実現ニッチの違いによる競争的すみわけで説明できる可能性もあります。

先駆群落と極相群落以外の群落タイプは, 環境—時間傾度空間では群落タイプとして示した枠内, すなわち, 極相群落の位置以外の広い範囲のなかのいずれかの位置・範囲に位置づけられます。これらの群落タイプでの定住種の共存については, ニッチ構造の複雑さか実現ニッチの違いによる競争的すみわけで説明されることとなりますが, 空白ニッチの影響が残っているので, 種間競争の不徹底でも説明できる可能性があります。

統合中立理論が成り立つパッチ複合体は, 環境—時間傾度空間上ではとくに定まった位置をもっていませんが, ささまざまな遷移段階の種が共存しているので, 図 4 での分布範囲は縦長の形になります。また, 立地の制約が弱いタイプほど左側に現れることとなります。極相群落構成種を含む再生複合体は, 他のパッチ複合体とは異なり, 分布位置は極相群落と一部重なります。再生複合体以外のパッチ複合体での種の共存については, 空白ニッチ発生の継続性によっては統合中立理論で説明される可能性もありますが, 空白ニッチの形成による競争圧の低下だけでしか説明できないこともありえます。また, 複数のニッチが形成されているパッチ複合体については, ニッチごとに種の共存を上記の理論で説明することになります。

このように, 地域植生やその構成単位である植分をニッチをめぐる種間競争を戦っている種の動的共存・すみわけが生み出す時空間複合体としてとらえれば, 多様な群落タイプの存在を, 基本的には, 環境条件や遷移段階の違いに適応した種のあいだの競争の結果として読み解くことが可能になるのです。ただ, 基本・実現ニッチ理論, 生理・生態的最適域理論, 生態遷移理論, 統合中

立理論は, 地域植生や植物群落での種の共存・すみわけメカニズムの基本的な仕組みを説明しているので, 個々の定住種の共存・すみわけメカニズムについては説明することができません。そのため, 環境や共存する種の種類によって変化する競争的すみわけの具体像を明らかにするためには, 個々の植分や群落タイプ, パッチ複合体ごとに, 共存する定住種や他の群落タイプの定住種との種間関係をこれらの理論をもとに検討する必要があります。

ニッチ理論についてはホイッタカー (1975) を, 統合中立理論については時田 (2009), 久保田 (2011) などを, パッチダイナミクスと統合中立理論の関係については, 神崎 (2007) などを参照してください。

5. 群落構成種の適応

個々の定住種の共存・すみわけメカニズムを知るためには, 定住種間の関係だけでなく, 個々の群落タイプを特徴づけている定住種がどのような戦略をもつ種なのかを明らかにする必要があります。

そこで以下では, 定住種のどのような性質, 戦略が, 特定の群落タイプへの偏在原因となっているのか検討してみます。

1) C-R-S モデルを生理・生態的最適域理論で読み解く

植物種の形態的, 生理的, フェノロジー的特性を種間競争での有利さで評価したものを戦略と定義すれば, 耐寒戦略や種子散布戦略など, いくつかの戦略を想定することができますが, 筆者はグライムが考え出した C-R-S モデル (表 7, Grime 1977) を重視しています。この C-R-S モデルは, 環境要因と攪乱要因に対応する種の適応スタイルを三つの戦略に整理したもので, 環境—時間傾度空間上に固有の位置をもつ群落タイプの性格をその構成種の戦略特性から説明することができる優れたアイ

表 7. グライムの C-R-S モデル

攪乱強度	環境ストレス	
	弱 い	強 い
弱 い	競争戦略	ストレス耐性戦略
強 い	人里戦略	生存できる戦略なし

デアだからです。

ストレス耐性種 stress-tolerators (stress tolerant species) とは、攪乱があまり起こらず環境ストレスが強い土地に適応している種なので、環境傾度上の生理的最適域を拡張する方向で生態的最適域 (実現ニッチ) を確保した種とみることができます。この戦略には生理特性や常緑、落葉や冬芽の位置などの形態的適応で、厳しい環境に住めるように適応した種が含まれます。

競争種 competitors (competitively species) とは、長期間、攪乱が加わらず安定した土地での種間競争に勝つ能力が高い種で、生理的最適域と同じ位置に生態的最適域のピークが存在する種とみることができます。日本では耐陰性や被陰能力、主要枝の強度・密度が高く、生育期間が長い樹木種などが含まれます。

人里種 ruderals (ruderal species) は、ストレスには弱いものの、農耕地や路傍、空地など強い攪乱を頻繁にうけている土地に適応した種です。攪乱傾度上で攪乱がもっとも厳しい位置に実現ニッチを確保した種とみることができます。生理的最適域は競争種とそれほど変わりません。攪乱の合間に生活環を完結できるような短い生育期間をもった種や、刈り取られてもすぐに再生できるような種で、葉などの光合成器官の被食や刈取りに対する耐性、踏圧などの植物体にかかる物理的な圧力に対する耐性をそなえた種が含まれます。

環境ストレス傾度での種の入れ代わりは、より生育に好適な環境をめぐる種間競争の結果なので、生理・生態的最適域理論で説明できます。グライムは、競争上の有利さは環境条件にしたがって変化することを主張していますが (Grime 1977)、この考え方も生理・生態的最適域の考え方と同じです。

一方、攪乱傾度 (遷移系列) での安定した極相群落から不安定な先駆群落に向かう種の入れ代わりは、競争圧から攪乱圧への環境圧の移り変わりに対応した構成種の変化、すなわち、生理・生態的最適域理論が成り立つ安定群落から成り立ちにくい不安定群落への変化とみることができます。

このように、グライムの C-R-S モデルの各戦略の特徴は生理・生態的最適域理論と生態遷移理論で説明することができます。

このグライムの C-R-S モデルの三つの戦略については、Grime (1977, 2001) に詳しい説明が書かれています。

2) 共存・すみわけと戦略の関係

では、群落タイプやパッチ複合体での種の共存・すみわけパターンを植物の戦略からはどのように説明することができるのでしょうか。

a. 再生複合体を C-R-S モデルに位置づける

グライムの C-R-S モデルと再生複合体 (長期にわたって種組成が維持されているパッチ複合体を含む) の関係については、植生関係者のあいだでは今まで論じられることはなかったと思いますが、再生複合体に適応した種 (種群) のもつ戦略をここでは「ランダム攪乱戦略 random disturbance stratgy」と名付け、グライムの C-R-S モデルに位置づけることにします (表 8)。再生複合体には競争種やストレス耐性種、人里種が出現していることが多々ありますが、そのどれにも位置づけられない種がふつうに存在しています。このような種をここではランダム攪乱戦略種とよぶことにします。これらの種は競争上有利なニッチや環境条件が存在しないか不明瞭な種で、競争排除則が徹底していない不安定な植分や全体としては競争排除則が無化しているか徹底していないパッチ複合体で、他種との関係で確率的に共存する道を選択した種とみることができます。

前述のグライムの C-R-S モデルの各戦略と環境—時間傾度空間上の各群落タイプの性質を比較すると、基本的には競争戦略は気候的極相群落を、ストレス耐性戦略

表 8. グライムの C-R-S モデルとランダム攪乱戦略との関係

攪乱強度	環境ストレス		
	弱い	中間	強い
弱 い	競争戦略	競争戦略とストレス耐性戦略の中間型	ストレス耐性戦略
中 間	ランダム攪乱戦略	ランダム攪乱戦略	
強 い	人里戦略	人里戦略	生存できる戦略なし

は土地的極相群落を、人里戦略は先駆群落を特徴づける種がもつ戦略といふことができます。一方、時間傾度の中間に位置する群落タイプには、空白ニッチの影響で加入したものの種間競争では確率的にしか生き残れない種が定住種として存在していますが、この特定の群落タイプに強くは結びつかず、確率的な存在である種はランダム攪乱戦略種であるとみることができます。ランダム攪乱戦略種は、再生複合体に適応した種ですが、遷移段階の途中相の植物群落にも出現します。

このようにランダム攪乱戦略の種をグライムの C-R-S モデルに位置づければ、C-R-S モデル+ランダム攪乱戦略をとる種を環境要因と生態遷移との関係で性格付けすることができます。

b. 更新タイプと戦略との関係

これらの戦略は、森林性の樹木種であれば、更新タイプの違いでも性格づけすることができます。たとえば、ランダム攪乱戦略種は、大沢 (2001) で示された更新型のうちの多山型 (スポラティック型 *sporadic type*) の更新タイプの種に相当します。極相群落もしくは極相群落に近い群落タイプに結びつく種、すなわち競争種もしくはそれに近似する種は逆 J 字型 *inverse-J type* の更新タイプの種となるでしょう。再生複合体全体ではなく、もっとも発達した部分構造に結びつく種も逆 J 字型の種となる可能性が高いはずですが、更新複合体の均質部に結びつく高木種が多山型ではなく逆 J 字型を示したとしてもとくに問題はありません。この違いは、再生複合体全体を対象としているのか、均質部を対象としているのかの違いで、均質部に結びつく種でも、更新複合体全体で見たときには多山型になる可能性は十分あります。

人里種が主体の植分より攪乱圧が若干弱い人里種が主体の植分が放置されたときには樹木タイプの先駆群落が現れますが、この先駆樹木群落では、大沢 (2001) の更新型の初期相に偏在する種、すなわち、人里種に近い先駆樹木種が優勢になります。つまり、先駆性の低木や亜高木とは、基本的には大沢 (2001) の初期相で終わってしまう種ということになります。この先駆樹木群落に混生することもある陽樹で、比較的長く存続できる種が遷移系列の中間段階の群落タイプに結びつく種です。こ

のタイプの陽樹の多くは競争には強くないので、基本的にはひと山型 (エマージェント型 *emergent type*) の更新タイプの種となります。動態単位でも、初めは初期相と同じですが、時間が経過すれば種間競争が進むので、残存する種は基本的にはひと山型の更新タイプの種になります。つまり、再生複合体全体でみたときには多山型 (スポラティック型) の更新タイプとなる種のうち均質部分で逆 J 字型の更新タイプとならない種のほとんどはこの更新タイプの種ということになります。言い換えれば、ランダム攪乱戦略種とは、個々のパッチではひと山型 (エマージェント型) の更新タイプとなり、再生複合体全体でみたときには多山型 (スポラティック型) の更新タイプとなる種ということになるのです。

このように、大沢氏が提唱した更新型の考え方を取り入れれば、種がもつ戦略の動的な性質を知ることができます。

3) 生活型との関係

それぞれの戦略がもつ競争上の有利さが環境条件にしたがって変化する相対的な力であるということは、種がもつ戦略とは、種間競争を戦うための潜在的な能力であることを意味します。この潜在的な能力の根源は、種の形態的、生理的、フェノロジー的特性に求めることができるので、生活形概念、生活型概念と密接にかかわっています。

沼田 (1958) は、*life form* を意味する生活形と生活型の違いについて論じるなかで、生活型は生活形を含む概念で、生活形を *life form* の一部、形態的特徴で区分された狭義の概念としています。生活形、生活型として位置づけられている生育形、繁殖型、休眠芽型、開葉・落葉型、葉群型、芽吹き型 (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974; 沼田 1979; 大野 1996 など) は、いずれも特定の環境条件や群落タイプでの有利/不利な特徴として体系化されているので、植物種がもつ戦略のひとつとみることができます。群落タイプが、どのような戦略、生活型をもつ種 (種群) の組み合わせで形成されているのかがわかれば、個々の定住種が特定の群落タイプに偏在している理由を構成種の側から説明できるようになります。

ここで注意しなければならないのが、その生活型（生活形）のどのタイプが、どのような環境・群落タイプで有利（もしくは不利）なのかが明確になっているかどうかです。私たちは生活形やフェノロジー的特性の違いに注目しがちですが、その違いがニッチをめぐる競争において意味ある違いなのかどうか、種間の競争のすみわけを構成種の戦略特性から解析するときには重要になるのです。その辺があいまいな生活型（生活形）分類は役に立たないので、戦略としては扱わないほうがよいでしょう。

4) 種のさまざまな戦略が多様な共存・すみわけパターンを生み出す

どのような生活形がどの戦略と結びつくのかなど、今までの情報を再整理し、その生活形等がどの生態種群、○○要素と結びつくのかを明らかにすることができれば、生態種群、○○要素の性格をその構成種が共通して持っている戦略特性から説明できるようになります。定住種がもつ生活形や繁殖型、散布型などの種特性が環境耐性や競争力として発揮される姿が、生理・生態的最適域で説明される競争のすみわけの実態だからです。ただ、前述のように、どの生活形等が戦略として意味をもつのかの検証は、この場合も必須です。

生態種群、○○要素の性格をその構成種が共通して持っている戦略、形態・生理的特性から説明できるということは、定住種が特定の群落タイプに偏在する理由をも説明することにつながるのです。生態種群構成種の戦略を決定する作業は、個々の群落タイプでの種の共存・すみわけメカニズムの解明を推し進める原動力になるはずですが、また、定住種がもつ戦略を特定できれば、環境—時間傾度空間上に固有の位置をもつ群落タイプの性格をその構成種の戦略特性から説明できるようになります。ただ、生活形などの種特性を群落タイプでの種の共存と結びつけた研究（大野 1996；蛭間・福嶋 2014 など）はまだそれほど存在していません。これらの戦略をもつ種が具体的にどのような種群を構成しているのかについても、日本ではまったくわかっていません。

日本で植生生態学を確立させるためには、少々高めのハードルを乗り越える覚悟が求められるのです。

5) 生物進化との関係

個々の種の生活形、生理特性、フェノロジー的特性は生物進化の結果種が獲得した形質なので、種の戦略には生物進化が反映していますが、その意味、役割については、生物進化の場である自然植生と破壊された後に二次的に形成された半自然植生では異なります。

そこで、半自然植生での二次的適応と自然植生での種分化の原因として注目されている隔離分布による種分化について検討してみることになります。

a. 二次的適応

種が進化過程で獲得した形態・生理的特性を戦略としてとらえると、人為的攪乱によって生じた植分を定住群落とする種とは、人為に適応するかたちで進化した一部の雑草などを除けば、進化の過程で取得した戦略を活かし半自然植生に二次的に適応した種ということになります。

このような人為的な攪乱によって生じた植分では、まず、人里戦略をもつ種やそれに近い戦略をもつ先駆樹木種がその戦略の優位性により主な構成種となります。ただ、この戦略の優位性は隣接する種や微細な環境要因の違いによって変わるので、より強い競争戦略をもつ種がやはり二次適応により加入してくれば、今まで有利であった戦略もしいに優位性を失います。空白ニッチが形成されているので、ランダム攪乱戦略種も一時的には優勢になりえますが、群落構造が比較的均質な植分では、やはり、より競争力のある種と入れ代わることとなります。これらの二次適応種が長期間存続するためには、二次適応を可能にした攪乱を継続的に発生させる必要があるのです。人為的攪乱後に二次的に加入した種からなる植分で進行遷移が進むか偏向遷移が進むかは植分の置かれた状況によって違ってきますが、ほぼ均質な群落構造からスタートした二次遷移ではニッチ構造があまり分化していないので、ニッチの多様化が進むまでは、二次適応で加入した特定の種の繁茂と入れ代わりが続くこととなります。

このようにみると、雑木林などの二次林での種数の豊富さは、空白ニッチでの競争が完結していないことに由来するもので、二次適応した種の一時的な豊富さに起因するものということになります。

人為的に生み出された過酷な環境でも、ストレス耐性

のある種が二次適応で侵入してきます。たとえば、埋立地では、重機によって地盤が固結した土地にヨシ群落は形成されることがよくありますが、平常時は乾燥する土地でも地盤が固結しているため降雨が浸透しないので、ヨシの侵入が可能になるようです。このような地盤が固結した立地に生育できる植物は限られているらしく、二次的適応で形成されたヨシ群落がかなり長期間存続している埋立地がけっこうあります。

b. 近縁種は仲が悪い？

すべての種は群集の中で他の種との相互作用を通じて進化する。つまり群集は種が進化する場である (ホイッタカー・ウッドウェル 1972) という視点は、進化初期には成り立たないかもしれませんが、複数の種が同所的に存在する現在の植生では避けて通れない視点です。

そこで、比較的最近の氷期に常緑広葉樹林の要素が日本海沿岸に取り残されたと推定されている日本海要素 (大場 1982) について、総合常在度表での出現傾向を調べてみることにします。

大場 (1982) が比較的最近の氷期に隔離されたと例示したヤブツバキとユキツバキ、ユズリハとエゾユズリハ、モチノキとヒメモチ、アオキとヒメアオキ、イヌガヤとハイイヌガヤ、カヤとチャボガヤについて、関東とその周辺の総合常在度表 (緑生研究所 2012) で確認したところ、ヒメモチは出現していませんでしたが、両種が出現している 5 組では、両種が共存していない群落タイプが多いという結果になりました。両種が出現している群落タイプでも、低い方の値が II 以上の組み合わせは存在せず、常在度が r の群落タイプが 5 組 × 21 群落タイプ (105 群落タイプ) のうちの 13 群落タイプ (12.4%)、常在度 I のものが 8 群落タイプ (7.6%) あるだけで、約 80% の群落タイプでは両種は共存していないという結果でした。同じ現象は、新津丘陵でも見られます。例示された種のうち日本海要素と母型と目される種が存在するのは、出現種のリスト (平ほか 1998) を見ると、ヤブツバキとユキツバキ、ユズリハとエゾユズリハ、モチノキとヒメモチの 3 組でしたが、いずれの組み合わせも植生調査票 (平 1998) では共存していませんでした。

この、日本海側の多雪環境下に偏在する日本海要素と

その母型と目される種では、出現する群落タイプがほとんど重ならないという現象についてはどう考えればよいのでしょうか。

隔離分布しているあいだに生理的最適域をあらたな環境に耐えられるようにシフトした結果、もとの環境条件では母型と目される種より競争力がいちじるしく低下したとか、林冠木が常緑樹から落葉樹に変化したのにあわせ、共存する種との競争的すみわけに適するように形態・生理的性質が変化したため、もとの常緑樹林ではニッチをめぐる競争に勝てないようになってしまったなど、可能性としてはいろいろなメカニズムが考えられますが、出現する群落タイプがほとんど重ならないことをうまく説明できる成案は筆者にはありません。

皆さんなら、どのようなストーリーを描くのでしょうか。

この点で、新潟で開催された植生学会第 19 回大会では、溪畔林では変種と品種を種に統合しても日本海型の群落タイプが抽出できるという、とても興味深い発表 (深町・星野 2014) を聞くことができました。また、この大会では、地理的分布が類似しているヒメシヤラとヒコサンヒメシヤラの同所的共存機構を解明しようという発表 (大淵ほか 2014) も聞くことができました。地理的分布域が重なる近縁別種が同所的に分布できるということは、生態分布が異なるかたちですみわけしているということでしょうから、両種がどのような関係にあるのかを知ることができれば、植物群落での定住種の共存機構を紐解くカギがまた一つ増えることになります。

ともに若手研究者の意欲的な研究ですので、研究の進展と早期の論文文化をおおいに期待したいと思います。

私たちにまだまだやらなければならないことがある

これまで本報では、植物群落での種の共存、植物群落間での種のすみわけメカニズムは種間競争概念で基本的には説明できることを中心に、植物群落と環境要因との関係、植物群落の形成メカニズムなどを論じてきました。この種間競争をベースとした考え方では、種プールの制約、分散の制約、環境の制約、群集内部の制約 (集合規則 assembly rule) という群集集合 community assembly に関する 4 つの制約 (平尾ほか 2005) のうちの環境の制約、群集内部の制約 (集合規則) しか取り

扱っていませんが(筆者は種プールの制約, 分散の制約をバックグラウンド要因としてとらえています), 今回示した一般的な理論でも, 植生の群集集合, すなわち種の共存メカニズムの骨格は説明できたと思います。「植物社会学が依って立つところの種の組み合わせ(species composition)を説明する仮説も理論も提示されていない」という池田氏の危機感(池田 2013)に, 少しはこたえられたでしょうか。

本稿では, 植生生態学について筆者の考えを論じましたが, 今回提示した考え方のなかには, 多くの研究者の考え方とは異なる部分があります。筆者が誤解している部分もあるかもしれません。ご批判, ご教示をいただければ, ありがたいと思います。

今回の新潟での第 19 回大会でも, 深町さんや大淵さんの発表など, 植生生態学や保全植生学の発展につながる若手の意欲的な発表が多数ありました。筆者も老骨にムチ打って, 皆さんと共に植生学の発展に寄与できるよう頑張りたいと思います。

謝 辞

この論文を作成するにあたっては, 東京農工大学農学部准教授星野義延氏, 同吉川正人氏, 千葉県立中央博物館大野啓一氏, 国立環境研究所生物・生態系環境研究センター小川みふゆ氏, 国士館大学文学部教授磯谷達宏氏から貴重な助言をいただきました。ここに記して感謝の気持ちをお伝えしたいと思います。

引用文献

- アラビー, M 編 1994. エコロジー小事典(今井 勝・加藤盛夫訳 1988). 講談社, 東京.
- Braun-Blanquet, J. 1928. Plant sociology: The study of plant communities (translation by Fuller, G. D. & Conard, H.S. 1932). MacGraw-Hill, New York and London.
- ブラウーブランケ, J 1965. ブラウーブランケ植物社会学 I (鈴木時夫訳 1971). 朝倉書店, 東京.
- 千葉県史料研究財団編 2003. 千葉県の自然誌 別編 4 千葉県植物誌. 千葉県, 千葉.
- Ellenberg, H. 1953. Physiologisches und ökologisches Verhalten derselben Pflanzenarten. Ber. Deut. Botan. Ges. **65**: 351-362. (著者未見. Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York. による)
- Ellenberg, H. 1956. Aufgaben und methoden der vegetationskunde. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- 深町篤子・星野義延 2014. 東日本山地溪畔林の植物地理学的研究. 「植生学会第 19 回大会講演要旨集」, A05. 新潟.
- Fukushima, T & Kershaw K.A. 1988. The ecology of beech forest on Mt. Sanpoiwadake, Hakusan National Park I. Braun-Blanquet, TWINSpan and DCA analysis. Ecol. Res. **3**: 89-100.
- Grime, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plant and its relevance to ecological and evolutionary theory. Amer. Natur. **111**: 1169-1194.
- Grime, J.P. 2001. Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties (2nd.). John Wily & Son, West Sussex.
- 平尾聡秀・村上正志・小野山敬一 2005. 群集集合に影響を及ぼす要因. 生態学会誌. **55**: 29-50.
- 蛭間 啓・福嶋 司 2014. 東日本のブナ林に出現する広葉草本種の生育場所は小雪地と多雪地でなぜ異なるのか. 植生学会誌 **31**: 179-192.
- Hubbell, S.P. 2011. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University Press, New Jersey.
- Hutchinson, G.E. 1958. Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. **22**: 415-427.
- 池田浩明 2013. 追想録: それは環境決定論だ!. 植生情報, **17**: 20-26.
- Ikeda, H. & Okutomi, K. 1990. Effects of human trampling and multispecies competition on early-phase development of a tread community. Ecological Research, **5**: 41-54.
- 石井弘明 2011. 森林の垂直構造—樹木の光利用と林

- 冠構造の発達—。「森林生態学」(日本生態学会編), pp. 111-121. 共立出版, 東京.
- Ishida, H. & Hattori, T. 2006 Species-area relationships of fragmented lucidophyllous forests in Japan. *Nature and Human Activities*, 10: 35-43.
- 磯谷達宏 2000. 暖温帯域の常緑広葉自然林における種組成の地域性—ギャップ・ダイナミクスに対応した群落複合の比較から—。国土館大学文学部人文学会紀要, 33: 87-103.
- 伊藤 明・大久保達弘・山倉拓夫 2006. 地形から見た熱帯雨林の多様性。「森林の生態学 長期大規模研究からみえるもの」(種生物学会編), pp. 219-241. 文一総合出版, 東京.
- 伊藤篤太郎 1898. 博物学雑誌ノ発刊ヲ祝ス。(著者未見 柳父 章 1977 による)
- 伊藤 哲 2011. 森林の成立と攪乱体制。「森林生態学」(日本生態学会編), pp. 38-54. 共立出版, 東京.
- 伊藤秀三 1977. 群落の組成研究。「植物生態学講座 2 群落の組成と構造」(伊藤秀三編), pp. 1-75. 朝倉書店, 東京.
- 亀井裕幸 2013. 自然教育園におけるハシブトガラスによるシュロ花序の破壊。自然教育園報告, 44: 15-23.
- 亀井裕幸 2014. 植生の生物多様性評価手法試論—種・生態系レベルでの生物多様性評価指標を中心に—。植生情報, 18: 86-108.
- 亀山 章・井出久登・井上康平・輿水 肇・小沢幸四郎・小林安茂・北野耕兵 1978. 材料。「造園ハンドブック」(造園学会編), pp. 725-842. 技報堂, 東京.
- 上條隆志 2008. 三宅島の火山噴火後の森林の回復。森林科学, 54: 46-50.
- Kanzaki, M. 1984. Regeneration in subalpine coniferous forests. I. Mozaic structure and regeneration process in a *Tsuga diversifolia* forest. *Bot. Mag. Tokyo*, 97: 297-311.
- 神崎 護 2007. 森林の多様性と動態を読み解く。「生物資源から考える 21 世紀の農学 第 4 巻 森林の再発見」(太田誠一編), pp. 259-284. 京都大学学術出版会, 京都.
- 吉良竜夫 1976. 自然保護の思想. 人文書院, 京都.
- 吉良竜夫 2001. 森林の環境・森林と環境 地球環境問題へのアプローチ. 新思索社, 東京.
- 甲山隆司 2004. 種の共存と種の多様性。「植物生態学—plant ecology—」, pp. 262-295. 朝倉書店, 東京.
- 久保田康裕 2011. 森林の種多様性。「森林生態学」(日本生態学会編), pp. 206-223. 共立出版, 東京.
- Mackenzie, A. Ball, A. S. & Virdee, S. R. 1998. 生態学キーノート (岩城英夫訳 2001). シュプリンガー・フェアラーク東京, 東京.
- クナツ, R. 1954. 実験生態学 (沼田真・吉田治訳 1954). 古今書院, 東京.
- 真鍋 徹 2011. 森林のギャップダイナミクス。「森林生態学」(日本生態学会編), pp. 122-135. 共立出版, 東京.
- 宮脇 昭 1967. 植物と人間 生物社会のバランス. 日本放送出版協会, 東京.
- 宮脇 昭・鈴木邦雄 1982. 人間と自然との生態学的関係。「土木工学体系 3 自然環境論 (II)/ 植生と開発保全」(土木工学体系編集委員会編), pp. 1-19. 彰国社, 東京.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York.
- 日本生態学会編 2011. 森林生態学. 共立出版, 東京.
- 西村尚之・真鍋 徹 2006. 森林動態パラメータから森の動きを捉える。「森林の生態学 長期大規模研究からみえるもの」(種生物学会編), pp. 181-201. 文一総合出版, 東京.
- 沼田 真 1958. 生態学の立場. 古今書院, 東京.
- 沼田 真 1979. 生態学方法論. 古今書院, 東京.
- 大場達之 1982. 日本の植生。「土木工学体系 3 自然環境論 (II)/ 植生と開発保全」(土木工学体系編集委員会編), pp. 69-210. 彰国社, 東京.
- 大淵香菜子・武生雅明・中村幸人 2014. 伊豆天城山におけるヒメシャラとヒコサンヒメシャラの同所的共存機構。「植生学会第 19 回大会講演要旨集」, A06. 新潟.

- 大沢雅彦 1981a. 亜高山帯林の構造と成立. 生物の科学遺伝, **35**(2): 39-47.
- 大沢雅彦 1981b. 大井川源流部原生自然環境保全地域の植生垂直分布と動態. 「大井川源流部原生自然環境保全地域調査報告書」, pp. 155-182. 日本自然保護協会, 東京.
- 大沢雅彦 1984. 屋久島原生自然環境保全地域の植生構造と動態. 「屋久島自然環境保全地域調査報告書」, pp. 317-351. 環境庁自然保護局, 東京.
- 大沢雅彦 2001. 植物群落の成り立ちとその保護の考え方. 「生態学からみた身近な植物群落の保護」(大沢雅彦監修, 日本自然協会編), pp. 1-37. 講談社, 東京.
- 大野啓一 1996. 夏緑林の草本の生活. ブナ林の自然誌. 平凡社, 東京.
- 岡田 淳・大沢雅彦 1984. 屋久島原生自然環境保全地域におけるスギ林の構造と維持・再生機構. 「屋久島自然環境保全地域調査報告書」, pp. 437-479. 環境庁自然保護局, 東京.
- 沖津 進 2012. 植生学の視点と展開. 植生情報, **16**: 11-20.
- 奥富 清 1975. 適合度. 「生態の事典」(沼田 真編), pp. 240. 東京堂出版, 東京.
- Pickett, S.T.A. & Thompson, J.H. 1978. Patch dynamics and the design of nature reserves. *Biol. Conserve.* **13**: 27-37.
- 緑生研究所編著 2012. 北区全域の植生調査及び野生生物情報データベース化事業委託 報告書. 東京都北区生活環境部環境課, 東京.
- 生態学実習懇談会編 1967. 生態学実習書. 朝倉書店, 東京.
- 平 慎三 1998. 植生. 「越後=新津丘陵に生きる 里山の植物」(石沢 進監修), pp. 175-204. 新潟県都市緑化センター, 新潟.
- 平 慎三・登坂裕一・遠藤恭平・石沢進 1998. 植物目録. 「越後=新津丘陵に生きる 里山の植物」(石沢 進監修), pp. 253-310. 新潟県都市緑化センター, 新潟.
- 田中波慈女 1932. 地表空気層及森林の気候と生態. 興林会, 東京.
- 時田恵一郎 2009. 中立モデルとランダム群集モデル. 「生物間ネットワークを紐とく」(大串隆之・近藤倫生・難波利幸編), pp. 185-221. 京都大学学術出版会, 京都.
- Walter, H. 1960. *Standortslehre. Phytologie, Vol. 3, part 1, 2nd ed.* Ulmer, Stuttgart(著者未見. Walter, H. 1985. *Vegetation of the earth and ecological systems of the geo-biosphere, 3rd ed.* Springer-Verlag, Berlin による)
- Watt, A. 1947. Pattern and process in the plant community. *The Journal of Ecology*, **35**:1-22.
- Whittaker, R.H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. *Ecological Monograph*, **26**: 1-80.
- Whittaker, R.H. (ed.) 1973 a. Ordination and classification. Dr. W. Junk, The Hague.
- Whittaker, R.H. 1973 b. Direct gradient analysis: results. *Ordination and classification of communities* (ed. Whittaker, R. H.), pp. 35-51. Dr. W. Junk, The Hague.
- ホイッタカー, R. H. 1975. ホイッタカー生態学概説—生物群集と生態系—(宝月欣二訳 1979). 培風館, 東京.
- ホイッタカー, R. H.・ウッドウエル, G. M. 1972. 自然群集の進化. 「生態系の構造と機能」(木村允訳, 1973), pp. 173-206. 築地書館, 東京.
- 山本進一 1981. 極相林の維持機構—ギャップダイナミクスの視点から—. *生物科学*, **33**(1): 8-16.
- 吉川正人 2005. 植生調査の方法と解析方法. 「植生管理学」(福嶋司編), pp. 206-233. 朝倉書店, 東京.

第 19 回植生学会大会 エクスカーション報告

新潟市朱鷺メッセ（新潟コンベンションセンター）で開催された第 19 回植生学会大会の前後（2014 年 10 月 17 日-18 日, 20 日-21 日）に、佐渡島の新潟大学農学部附属フィールド科学教育研究センター佐渡演習林のスギ天然林や風衝草原を訪れるエクスカーションが行われました。今回は初めての 1 泊 2 日のエクスカーションでした。参加した 2 人の若手の方々から、エクスカーションの様子を報告していただきます。

佐渡島の植生を訪ねる

設楽 拓人

（東京農業大学大学院 農学研究科）

2014 年 10 月 17 日から行われた第 19 回植生学会大会のエクスカーションは新潟県佐渡島で行われました。今回のエクスカーションの日程はこれまでのエクスカーションとは違った 2 つの特徴がありました。1 つ目は宿泊を伴うものであること、もうひとつは発表大会の前後 2 回に分けて行われたことです。ここでは前日程についての報告を行います。

10 月 17 日の夕刻、佐渡汽船佐渡島両津港に集合し、車で海沿いを北回りに走りながら宿泊地の新潟大学佐渡演習林の佐渡ステーションに向かいました。佐渡島は本土側の小佐渡と日本海側の大佐渡に分けられ、総面積は 855.27km² です。佐渡ステーションは大佐渡北部の外海に面した場所にあります。

最初に海岸沿いにある熊野神社の立派なタブノキ林を

訪ねました（写真 1）。佐渡島のこのタブノキ林は日本の分布北限に当たり、その他スダジイヤトベラ、シキミ、コモチシダなども日本海側の分布北限に当たるそうです。林縁にはシロヨメナの変種で日本海側に分布し葉幅が大きく、短柄をもつタマバシロヨメナが咲き誇っていました。タブノキ林の林床を覗いてみるとミヤマカンスゲやシロダモ、イタビカズラ、ヤツデ、ハンショウヅル、ヤブツバキ、イノデなど関東でもよく見る種類が多く見られました。

しばらく北に向かって車を走らせていくとトビシマカンゾウで有名な大野亀が見えてきました。大野亀は佐渡島の北端付近にある急峻な断崖が連なる岬です。そこに自生するトビシマカンゾウはニッコウキスゲの島嶼型変異とされ、山形県の飛鳥と佐渡島に分布しています。大形で花序につく花の数が多いのが特徴で土地の人々はこの花をヨーラミと呼ぶそうです。「ヨー」は魚、「ラミ」は卵をはらむことを意味し、魚が産卵しに来ることを告げる花として、サバフグ漁やコチ漁の始まりを告げる「漁事花」として親しまれてきました。もちろん今回はトビ



写真 1 熊野神社のタブノキ林



写真 2 大野亀から臨む夕日

シマカンゾウの花期ではなかったので雑誌や図鑑で見るとような圧巻の景色を眺めることはできませんでしたが、ススキ草原の中にツリガネニンジンやアキノキリンソウ、オトコヨモギなどが咲き残っていました。風衝の影響のためか、どの種類も草丈が低くて葉が厚く、本土内陸のススキ草原に見られる同種とはまるで別種のように見えました。当日は快晴で空気も澄んでおり、真っ赤な夕日が水面に反射してだるま型になって沈んでいく姿を見ることができました (写真 2)。

その夜は佐渡ステーションの宿舎に泊まり、崎尾先生から佐渡島の自然について丁寧な解説が行われ、佐渡島の概要や佐渡演習林の変遷などについて説明していただきました。

次の日も朝から快晴で空高くさわやかな日和でした。この日は佐渡ステーションから東に約 5 km 内陸の新潟大学演習林に向かいました。まず林道脇のヒノキアスナロ林を見学しました。私自身、ヒノキアスナロの現物を見るのは初めてで、やはり毬果を見ないとアスナロとの違いはまったくわかりませんでした。林床の至るところにヒノキアスナロが密生しており、普段見ることができない不思議な光景に参加者のみなさんも興味津々で観察をしていました。

次に稜線上の大倉シラバというかつて牛の放牧によって維持されてきたシバ草地に行きました (写真 3)。現在では放牧をやめてしまったため一面草原というわけではありませんでしたが、尾根沿いは風衝地になっており、シバ草地の中に矮小化したキリンソウやイブキジャコウ



写真 3 大倉シラバ

ソウ、ウメバチソウが点在し、普段見ているシバ草地とは異なった種組成でした。またスギゴケやハイゴケなどゴケの仲間が多かったことが印象的でした。尾根から風背側に回るとススキの穂が逆光に照らされて輝き、その隙間からマルバキンレイカが群生していました。マルバキンレイカの花はすでに終わっており果実でしたが、開花の時期に訪れていればきっと壮観だったことでしょう。

さらに尾根に沿って北へと進む車中からはミズナラ林からブナ林への移り変わりがわかり、しばらく行くと「王様の小径」という天然スギ林を巡るトレッキングコースに到着しました。スギ林内は昼にもかかわらず薄暗く、常に足元がぬかるんでおり、滑りそうになりながら登りました。林床にはヤマソテツやミヤマイトチシダ、シノブカグマなどの常緑シダ類のほか、マルバフユイチゴが一面に広がっていました。また、タムシバやヒメモチ、ハイイヌツゲ、エゾアジサイなどの日本海側特有の低木が多く見られました。その中でも印象的だったのはハクサンシャクナゲが多かったことです。他にもゴゼンタチバナなどの本州では山地帯上部から亜高山帯でしか見られない植物が標高 800m 程度の低山帯で見られたことはとても興味深いことでした。今回は見ることはできませんでしたが、春にはオオミスミソウやカタクリ、フクジュソウ、キクザキイチゲ、オオサクラソウといった様々な春植物が林床を覆い尽くすそうです。ちなみに佐渡島には草食性であるシカなどがいないため食害は殆どないそうです。

佐渡島のスギ林のスギは冬季の積雪により枝が湾曲し、多くのクローン幹を作ります。実際に細くて折れてしまいそうな枝を大きく曲げてみても枝は大きくしなり、離すと再びもとに戻ります。そのため、スギの木は大きく太いものもたくさん見られますが、地表近くの枝は大きく捻じ曲がり、不思議な形をしていました。また、地面に這った枝はやがて根茎を伸ばし根に変わります。そして根の先端が上に伸び、再び幹になるという生態に多雪環境に生きるスギの力強さとこういう生き方もできるのかという意外な一面を見ることができました。

スギ林の中で「大王スギ」と名づけられた一際大きなスギがあり、その姿に圧倒されてしまいました。屋久島の屋久杉にも負けないと思えるほどの巨木でした。他に

も四方八方に枝を伸ばした樹形が特徴的な「千手スギ」や「仁王スギ」といった巨大なスギが数多くあり、スギは真っ直ぐに成長するという印象が覆されました(写真 4, 5)。写真好きの私としては、千変万化と言えるような姿形を成したスギたちが見る角度を変えるたびに違う表情を見せてくれるので思わず 100 枚以上カメラのシャッターを切っていました。

一時間半ほどスギ林のトレッキングコースを楽しみ、昼食を済ませた後、最後に風衝草原の見学をしました。片側は断崖絶壁で下から涼しい風が吹いてきました。崖



写真 4 天然スギの大木 1



写真 5 天然スギの大木 2

に張り付いたウシノケグサや低木類などが一方向に這い躡るかのようにして生えている様子はいかに風が強いかを物語っており、かつて観測器があったそうですがあまりの強風で観測器が壊れてしまったそうです。

今回のエクスカージョンは 1 泊 2 日の日程で行われたので佐渡島の暖温帯林から冷温帯林、海岸植生や様々な代償植生など多くの植生を観察することができました。さらに天然スギの生態、日本海側要素の植物、島特有の植物に興奮するばかりの 2 日間でした。

学会の懇親会とは別に現地の宿泊地にて色々な方々と交流を深めることができたことがとても新鮮で有意義でした。また、今回は見るができなかった春植物が林床一面を彩る季節に再び尋ねてみたいと思います。最後に充実したエクスカージョンの企画、運営をしてくださった崎尾均先生をはじめ新潟大学演習林の方々に心より御礼申し上げます。

佐渡島の植生と出会って

佐藤 佑樹

(東京農工大学大学院 自然環境保全学専攻)

2014 年 10 月 20 ~ 21 日、第 19 回植生学会新潟大会のエクスカージョンとして佐渡島を訪れた。朝に佐渡島両津港に集合し、新潟大学教授の崎尾均先生の案内のもと佐渡島北部の大佐渡山地北部に位置する新潟大学演習林へと向かった。

ケヤキやサワグルミの落葉広葉樹林を抜ける中、シラキやカエデ類の美しい紅葉、黄葉がひときわ目立っていた。林床ではイラクサ類やコウモリソウ類が伸び伸びと葉を広げており、とても感動を覚えた。佐渡島では二ホンジカのような野生の大型草食獣が生息していないため、このように豊かな林床植生に出会えるのだろう。富士山南麓で二ホンジカの被害地を調査している私にとっては、これだけでも佐渡島の植生に対してとても大きな魅力を感じた。

演習林内へ入ると、大きなスギの天然林が広がっていた。そこでは厳しい環境に耐えながらもスギたちがたくましく生きていた。あるものは風の影響で偏形樹となっており(写真 1)、あるものは積雪の影響で幹や枝があ



写真 1 スギの偏形樹

らゆる方向に湾曲・屈曲したり、地面をのたうち回ったりしていた (写真 2)。地面と水平に伸びた枝はしなやかであるが頑丈で、解説をされていた崎尾均先生が枝先にしがみついても全く折れる気配がなく、地面との水平を保っていた。さらには地面についた枝が根を出して伏条更新を行っているものもみられた。このスギ林の多くはこういった無性生殖によるクローンによって構成されているようだ。同じくスギ天然林で有名な屋久島を訪れたこともあるが、屋久島の真っ直ぐと伸びるスギ林とは全く別の姿であり非常に面白かった。



写真 2 縦横無尽に枝を伸ばすスギの大径木

佐渡島の演習林と同程度の標高であれば、本州ではブナが高木層を優占しているが、佐渡島ではスギが優占している。林床にササ類はみられず、日本海要素となる種が多くみられた。ヒメモチやヒメアオキ、ハイイヌツゲ、エゾユズリハなどの常緑低木のほか、ヤマモミジやタムシバ、オオバクロモジ、エゾアジサイなどの落葉樹、草本ではミヤマイタチシダやヤマソテツなどが生育していた。調査を太平洋側の冷温帯林で行っている身としては、出会ったことのない種ばかりで驚かされた。太平洋側と日本海側の差異という日本の植生の大きな魅力の 1 つを、身をもって感じた瞬間であった。また、開花はしていなかったがオオイワカガミやオオミスミソウ、サルメンエビネなど、他ではなかなかみられないような種が短時間で続々とみられたことは非常に驚きであった。これらのほかにも、春先にはカタクリやキクザキイチゲ、フクジュソウなどの春植物やシラネアオイの花もみられるという。これはぜひとも春にも訪れなければならない。

スギ天然林を巡る途中に通った大きな谷には風衝地が広がっていた (写真 3)。冬季に北西から吹きつける季節風により谷沿いでは岩盤が露出しており、さすがにこの環境ではスギも定着できないようだ。そのためスギ林内ではみられなかったキツネヤナギやツツジ類、スゲ類、ダイモンジソウなどが生育する空間となっていた。谷が狭くなるにつれて、スギ林からキツネヤナギやツツジ類の低木林、風衝草原へと明瞭な植生の移り変わりを一望することができた。

また、数年前まで牛の放牧によって維持されてきたと



写真 3 谷沿いの風衝地

いう草地にも訪れた (写真 4)。やや遷移が進みススキも多くみられたが、いかにも牛が採食を避けたようなアザミ類やノイバラも目立ってみられた。参加者の方々がところどころで地面に這いつくばってカメラを構えていた。何かと思って地面の方をよく見ると、イブキジャコウソウやセンブリ、ウメバチソウなどが小ぢんまりと生育していた。これらの種は明るい環境を好むのはもちろんだが、強烈なおいや味をもつことで牛による採食を免れてきたものが多いのではないだろうか。初対面であったが、イブキジャコウソウの鼻につくにおいを忘れることはないだろう。

初日の最後には、ヒバ (ヒノキアスナロ) の天然林を訪れた。率直な感想は「自生のアスナロの林なのだろうか」という粗雑なものであったが、これもスギ林と同様に他ではなかなかみることはできない貴重なものだという。

その後演習林の施設へと移動し、夜は崎尾均先生によ



写真 4 牛の放牧によって維持されてきた草地

る佐渡島の歴史や植生についての講義を受け、にぎやかな宴会を終えて就寝した。

翌日 21 日は港へ向かう途中、海岸沿いにある立派なタブノキ林に立ち寄った。ここでは、タブノキのほかにシロダモやイタビカズラといった暖温帯に多い種が生育する一方で、イタヤカエデやツタウルシといった冷温帯に多い種もみられた。このような暖温帯と冷温帯の種が混在する光景はなんとも不思議であった。タブノキ林を抜け、再び日本海を眺めつつ港へと戻ったところで見どころ盛りだくさんのエクスカーションが締めくくられた。

おわりに

今回 2 日間にわたった佐渡島エクスカーションは、泊まり込みという点において本大会史上初の試みであったそうだ。私としては、上記のような佐渡島の多様で貴重な植生を 2 日間にも渡って堪能し、勉強することができたので適当な日数であったと感じている。

また、今回訪れた新潟大学演習林とそれに隣接するスギ天然林では入林が制限され、環境教育・研究目的以外の利用を行わないようにされていることもあってこのような素晴らしい森林生態系が維持されているそうである。こういったことも受けて、これからも日々勉強に励み、自然環境の保護・保全に貢献できる人材になればと改めて感じたエクスカーションでもあった。

最後に、本エクスカーションの企画・運営をして下さった大会実行委員会の方々、ならびに本エクスカーションを盛り上げて下さった他の参加者の皆様に心より感謝申し上げます。

第 57 回国際植生学会 (IAVS2014)
—エクスカーションとシンポジウムについて—

鐵慎太郎

兵庫県立大学環境人間学研究科博士前期課程

はじめに

2014 年 9 月にオーストラリア西部の Perth で開催された第 57 回国際植生学会 (IAVS2014) のシンポジウム (口頭, ポスター発表) とエクスカーションに参加した。修士 1 年の私にとって初めての国際学会である。

その IAVS の報告について, 植生情報誌編集担当の川西先生から原稿依頼をいただいたのは, 2014 年植生学会の佐渡エクスカーションの時のこと。多くの参加者の中, 私が依頼をいただいたことに驚いたが, 学会参加報告は「若手研究者の国際学会参加をエンカレッジすることが目的」で, 私のような初めて学会に参加した大学院生は書き手としてふさわしいのだそうだ。

本稿ではエクスカーションで観察した植生の報告を中心に, シンポジウムについて, それから初めての国際学会に出て感じたことについても触れたいと思う。

IAVS2014 について

開催地は西オーストラリア州の州都 Perth にある西オーストラリア大学。シンポジウムは 9 月 1~5 日の日程で行われ, その前後に計 3 つの Pre, Post Excursion が開催された。なおシンポジウム中日の 3 日は発表がなく, Mid Excursion が行われた。

Pre Excursion について

私が参加した Pre Excursion は, Perth から北部へ移動し, ストロマトライト (Stromatolite) で有名な Shark Bay に至る 4 泊 5 日のバスの旅であった。Perth から Shark Bay まではおよそ 600km で, 日本でいえば東京一広島間くらいの距離だ。参加者は 50 名弱のうち日本人は 9 名。学生は東京農工大で 2 学年先輩の崎

尾さんと私だけだったと思う。なお, Post Excursion の 2 つはそれぞれ, 西オーストラリア南部と北部熱帯地域を回るというもの。こちらも魅力的だったが, 時間と金額の都合上参加を断念した。

8 月 27 日 Excursion 1 日目

朝, 宿を出発して集合地の西オーストラリア大学に向かった。初めての英語圏ということもあり, 日本人研究者の方々の姿にホッとした。

各自大会資料の入ったバッグを受け取って出発。途中, 車内から *Pinus pinaster* の植林などを眺めながら, 2 時間半で最初の目的地 Wanagarren 自然保護区に到着し, 遊歩道沿いの植物を観察した。ここでは, *Acacia* を始めとするマメ科, *Grevillea* などのヤマモガシ科, フトモモ科, *Scaevola* (クサトベラ属) などのクサトベラ科, ビワモドキ科の *Hibbertia* などを主とする背丈以下の灌木林が広がる。また和名でススキノキと呼ばれる *Xanthorrhoea preissii* や *Banksia*, *Nuytsia floribunda* などの小高木がその中から抜き出ている独特の景観を形成する。草本としては, *Drosera* (モウセンゴケ属) や *Conostylis* などが主で, 個体数は少なかったがラン科の *Caladenia* や *Diuris* も鮮やかな色彩で目にとまった。このような低木・灌木の優占する植生をオーストラリアでは「Kwongan」と呼ぶそうだ。先住民アボリジニが低木地帯を表す語に由来するらしい。Kwongan の成立には降水量の少なさ (年間 400~500mm 位) も関わるが, 頻発する山火事の影響も重要で, 例えば主要構成種の *Acacia* は山火事の数年後に繁茂するという。実際, 生きている樹木の幹を見ると黒く焦げていた。

次に向かったのは Nambung 国立公園内の Pinacles Desert である。砂地に背丈を超える奇岩が屹立し, 西



写真 1 Wanagarren 自然保護区の Kwongan.

オーストラリアで特に有名な観光地の一つである。散策路沿いに成立していたのは、*Acacia* やモクマオウ科を主体とする高さ 3 m 前後の低木林であった。時に *Cassutha* (スナヅル属) や、センニンソウに似た *Clematis pubescens* などのつる植物が絡まり、種組成は Wanagarren 自然保護区と比較してかなり単純である。両地はそれほど離れていないので、降水量よりも砂質で乾燥しやすい立地が植生に影響しているのでは、などと考えたが確認できなかった。

次に訪れたのは Thetis 湖という塩湖。水中には小規模ながらストロマトライトも見られる。湖の周囲は塩性湿地で、*Sarcocornia* (アッケシソウ属) や近縁の *Tecticornia* の小低木、オカトラノオに似た花を付ける *Samolus* (ハイハマボス属)、*Juncus* (イグサ属) などの草本からなる群落が発達する。*Sarcocornia* と *Tecticornia* の区別は難しく、どちらもアッケシソウそっくりの枝葉を付ける背丈以下の樹木である。日本のアッケシソウは 1 年生草本なので、興味深く観察した。

Thetis 湖を後にする頃には日没がだんだんと近づいてきた。途中の港町の砂浜で *Spinifex* (ツキイゲ属) や *Tetragonia* (ツルナ属) などからなる小規模な海岸植生を観察し、Perth から 300km ほど北の Geraldton に到着した。

8 月 28 日 Excursion 2 日目

この日は Geraldton から 100km ほど北の Kalbarri

を目指した。まず向かったのは Hutt Lagoon の Pink Lake という塩湖である。昨日観察した Thetis 湖とよく似た塩生植物群落が広がっているが、その規模はより大きい。沈水期間や塩分の影響程度の違いからか、湖岸から離れて標高が上がるほど *Juncus* や *Gahnia* (クロガヤ属) など丈の高い植物が増加し、やがて低木林へと移行変わるゾーネーションが見られた。



写真 2 Pink Lake の塩沼地植生。 *Juncus* などが優占する。

塩生植物群落の観察を終えたあとは、Kalbarri 国立公園の Natural Bridge and Castle Cove にて海崖上の Kwongan を観察した。窪地を除けば樹木の高さは 1 m 以下と低い。前日に観察した Kwongan と比較して低木層を抜ける樹木がほとんどないのが特徴で、種組成も異なる。主な低木としては *Acacia* やフトモモ科の *Melaleuca* や *Scholtzia*、日本のグミに似た葉を付けるミカン科の *Diplolaena* などが見られ、草本には *Tetragonia* や *Tribulus* (ハマビシ属) などが見られた。

次に訪れたのが、同じ Kalbarri 国立公園内の Z Bend。Murchison 川の浸食で形成された溪谷の屈曲部である。溪谷へと続く遊歩道の周囲には樹高 3~4 m くらいの疎林が広がる。この場所に特徴的だったのがイブキ (ビャクシン) に似た *Callitris* である。オーストラリアで針葉樹に会うとは予想していなかったので驚いた。ご一緒させていただいていた目黒さん (国際生態学センター) によれば、土壌の薄い岩場で広葉樹の生育し



写真 3 Natural Bridge and Castle Cove の Kwongan.

づらい立地環境だから生えているのでは、とのこと。確かに、岩肌が露出した凸部や斜面地などに *Callitris* は偏在しているようだった。

Z bend を後にして約 2 時間進んだところの道沿いで停車し、この日最後の観察を行った。5 年ほど前に火入れをした場所で、大型の本木はほとんど見られない。白い花序が特徴の *Conospermum* が優占し、他には *Calytrix* などの灌木、*Bonamia* や *Drosera*, *Stackhousia*, *Stylidium* などの小型草本が見られた。一方で、観察地に隣接した火入れの行われていない場所では *Conospermum* の被度は低く、代わりに高さ 3 m くらいの低木が優占する植生となっていた。人為的な管理で



写真 4 火入れ 5 年後の植生。右手の低木林へは同時期の火入れはされていない。

はあるが、オーストラリアの植生に対する火の影響を実感することができた。

8 月 29 日 Excursion 3 日目

この日は Shark Bay の Monkey Mia まで。

小休憩をはさみながら、昼過ぎに Shark Bay の海岸に到着し、海崖上の植生を観察した。乾燥ストレスがより強いいためか、昨日見た海岸林と比較して被度は低く、*Acacia* の低木が散らばる中に *Spinifex* などが混生するだけで、荒涼としていた。よく見れば、ニシキソウに似た *Euphorbia* などの小型草本もあるが多くはない。

途中水族館での小ツアーなどをはさみながら、この日最後に観察したのは Shark Bay 内のヒルギダマシ



写真 5 Shark Bay の半裸地的な海崖上の植生。



写真 6 Shark Bay のヒルギダマシ群落。

Avicennia marina の純群落からなるマングローブ林であった。観察時には同属とまでしか分からなかったが、帰国後に日本のヒルギダマシそのものであると知り、分布範囲の広さに驚いた。Shark Bay より南にもマングローブ林は点々とあるが、全て本種の群落であるようだ。日本では八重山諸島に行かないと見られない本種が、オーストラリアでは南限のマングローブ林を形作っているのは興味深かった。

8 月 30 日 Excursion 4 日目

この日は Monkey Mia から Geraldton まで戻った。

宿を出て最初に訪れたのは、Shell Beach である。砂や礫ではなく 1 cm 弱の無数の二枚貝の殻で形成される変わった浜だ。砂浜海岸などと比較して粒子の粗い貝殻がより厳しい水分条件をもたらすためか、後背には *Acacia* からなる低木林が成立するものの、汀線からおよそ 100~200m の間はほぼ無植生で、*Euphorbia* やリハコベなどの小型草本が散在するのみだった。



写真 7 Shell Beach の貝殻からなる美しい浜。汀線近くはほぼ裸地。

Shell Beach の次は、Hamellin Pool を訪れた。現生のストロマトライトが成立する場所として広く知られる場所である。私も含めてこれを見るのを楽しんでいた参加者は多かったようだ。棧橋の上から眺めるきのこ型やテーブル型のストロマトライトは、表面のカリフラワー状の丸っこい凹凸が特徴的で、この岩石が生物由来

であることを伺わせていた。表面はシアノバクテリアで黒っぽく、所々から酸素の気泡が浮かび上がっているように見えた。



写真 8 Hamelin Pool のストロマトライト。

Hamelin Pool からは、しばらく移動が続いた。小休止を挟みながらこの日最後に訪れたのは Eurardy 保護区で、*Eucalyptus loxophleba* の森林内を歩いた。高木層は 10~15m くらいに達するが林冠は隙間が多く、林床は明るい。林床にはマメ科、*Enchylaena* などの低木、*Ptilotus* などの草本が見られたが、林外でも共通して出現しているものが多かった。



写真 9 Eurardy Reserve. 高木は *Eucalyptus loxophleba*.

8 月 31 日 Excursion 最終日

Geraldton から延々と移動し、昼前に Lesueur 国立公園周辺に到着、バスで場所を少しずつ変えながら昼過ぎまで観察を行った。国立公園内に広く成立する植生は Kwongan で、水分条件のよいと思われる窪地には白い樹皮が特徴的な *Eucalyptus wandoo* の林も成立する。1 日目に観察した Kwongan と種組成は多少異なるようだったが、*Xanthorrhoea* など丈の高い木が点在する景観は変わらない。フトモモ科、ヤマモガシ科、マメ科、*Hibbertia* などの低木の中に、ラン科の *Caladenia* や *Thelymitra*、*Drosera* などの草本が混じる。前日まで単調な乾燥地の植生を見てきた参加者は、多様な植物が生育する植生に活気づいていた。

約 3 時間の観察を終えた一行は夕方に大学へと戻り、Excursion は無事終了した。移動距離が長かったためにやや急ぎ足の観察ではあったが、西オーストラリア特有の植生や植物を数多く観察できて満足することができた。また、Mucina 先生の解説は丁寧で、英語の苦手な私でもある程度理解することができた。唯一、約 15 万円の参加費はかなり重たかった。学生の Excursion への参加を促進するためには、もう少し低い値段設定が望ましいと思う。

9 月 3 日 Mid Excursion

シンポジウム中日の Mid Excursion は 6 つのコースに分かれて行われた。私が参加したのは、Perth から 100km ほど南東にある Boyagin 自然保護区を中心に観察を行うものである。なお、Mid Excursion は Pre, Post Excursion と異なり通常の大会参加費に含まれるため、追加料金を払うことなく参加できる。

途中で *Eucalyptus* 林や花崗岩地の植生の観察を行いながら、昼過ぎに自然保護区に到着した。昼食をとったあと花崗岩の露頭からなる小山、Boyagin Rock で観察を行った。一見水の供給源が見当たらない露岩地だが、湿地となっている場所も多く、島状に植物群落が成立する。蘚類や地衣類を基盤に *Borya*、*Drosera*、ミミカキグサの一種の *Utricularia multifida*、*Styloidium*、シダの一種などの小型草本が見られたほか、岩の割れ目には *Kunzea* や *Dodonaea* (ハウチワノキ属) などの低木も

見られた。また露岩地に接してモクマオウ科の *Allocasuarina* が優占する林が成立しており、周囲の *Eucalyptus* の森林とは異なっていた。*Allocasuarina* は菌根共生により窒素固定が可能なことから、土壌の乏しい露岩地周辺での生育が可能なのだろう。

なお、訪れた 9 月初旬は地中海性気候の Perth 周辺では雨季の末期に当たる。これからの時期は夏に向けて気温の上昇と降水量の減少が起ころうため、とりわけ Boyagin Rock のような露岩地は厳しい環境となると思われる。今回観察した植生が、どのような季節変化を見せるのか気になった。



写真 10 Boyagin Rock. 島状に群落が成立。周囲の樹木は *Allocasuarina* など。

9 月 1 日 シンポジウム 1 日目

朝 8 時 45 分に開会式、その後には講演開始。パンフレットや大会要旨集をめくって面白そうな発表を聞きに行く。

ネイティブの英語による口頭発表を聞きとるのは思っていた以上に大変だ。要旨とスライドを見比べたり、聞き取った語を電子辞書で調べたりする間にも発表はどんどん進んでいく。私のように英語が苦手、専門分野の知識に乏しい者が発表を理解するためには、事前にある程度要旨を読み込むなどの工夫が不可欠なようである。

午後 5 時から 7 時は、本シンポジウム唯一のポスターセッションのコアタイムだった。当初は発表する予定がなかったが、学部時の指導教官だった吉川先生 (東京農工大学) のご厚意で発表の共同研究者として名前を載せ

ていただき、ギリギリ発表者として参加することになった。

吉川先生がポスターの前を外されている間は私がポスターの前に立った。途中、隣のポスターを担当するスペイン人研究者の方に説明してくれ、と声をかけられた。自身が説明することを考えていなかったので準備はできておらず、ポスターを指しながらしどろもどろ解説した。ポスターの内容は私の卒論テーマに関することなので多少は説明できるかもしれない、と思ったが甘かった。

9 月 2 日, 4 日, 5 日

2 日以降の発表は、すべて口頭発表であった。朝と午後の最初の講演が大会場で行われ、そのあと 4, 5 会場で同時並行の発表へと移る。初日の反省から少し要旨を読んで臨んだ。英語のシャワーで頭が一杯になったときは、一旦会場を抜けて休憩や要旨の確認をし、それから図書販売コーナーを回るのに時間を使った。また 2 日と 4 日は午後のみ参加して、午前中を近隣の都市公園である Kings Park でのセルフエクスカージョンにあてた。

最終日の終わりは、ホールでシンポジウムの総括があった。来年、再来年の大会の紹介と、今大会主催者の Ladislav Mucina 先生をはじめとする方々への祝辞が行われ、閉会した。来年の開催地はメンデルなどで知られるチェコ第 2 の都市 Burno とのことである。また再来年はオリンピックを目前に控えたブラジルで行われるそうだ。

IAVS に参加して

私にとって初めての海外、英語圏への旅行でもあった IAVS 参加は、英語圏に飛びこんで海外の研究の流れを知ること、それから図鑑でしか見たことのない植生や植物をこの目で見ることを渡航前の主な目的としていたが、実際に参加すると日本との比較、という視点が大きな位置を占めることになった。

シンポジウムで見る様々な研究のうち、欧州を中心とする巨大データを駆使し、国規模、時には複数国規模の大スケールで行う研究が特に印象的だった。日本でこのような研究を見たことがあまりなかったので新鮮だった一方、狭い面積に多様な植生を持ち、それらの多くが断片化している日本でそのまま取り入れられるものではないだろうな、などとも感じた。

エクスカージョン中に見た植物や植生は、当然ながら日本とは随分異なるものだったが、共通点も見受けられた。例えばクサトバラ科やスナヅル属、ハマビシ属など、日本では暖地の海岸部などでしか見られない分類群の多様性の中心を観察できたのは興味深かった。また、土壌の薄いと思われる立地において針葉樹やモクマオウ科が生育したり、花崗岩露岩地において湿地をはじめとする特有の植生が見られたりしたが、これらは日本の岩角地に成立する針葉樹林やはげ山植生を少し彷彿させるものだった。オーストラリアの植生の観察を通して、日本の植生を新たな視点で見るときっかけを得られたように思う。

また、日本人研究者の方々との交流もよい刺激となった。特にエクスカージョンは、今までお話ししたことがなかった方々とともに植生を観察するよい機会だった。普段、日本で植生を観察する時は、先生方から植生に関する「知識」を学ぶことが多いと思うが、今回は、私に限らずほとんどの方にとって初めて触れる海外の植生の観察だったため、先生方の植生や植物に対する視点や考え方そのものを垣間見ることができたように思う。

英語の不勉強とシンポジウムでしっかりとした発表を行わなかったのは反省点だった。今回、私はシンポジウムでの発表の有無に関わらず、オーストラリアの植生に触れられることを理由に参加を決めた。学会に参加して多くの経験を得られたので、その選択は間違っていないと思うが、シンポジウムを中心に不完全燃焼に終わったのも確かだった。恐らく、国際学会で発表を行うことは、学生にとって単なる成果だけではなく、英語で自身の研究を理解し、さらには他の発表の理解や海外の研究者との交流へのきっかけづくりの意味もあるのだと思う。発表を行うことが国際学会の参加条件である研究室も多いようだが、ある意味当然といえるのかもしれない。今回の経験を踏まえて、次回の国際学会への参加は、より実りのあるものにしたいと思う。

最後に、学会を主催された Ladislav Mucina 先生をはじめとする方々、学会中にお世話になった全ての研究者の方々、学会への参加を快諾してくださった指導教官の石田弘明先生、黒田有寿茂先生、ポスター発表の機会を作ってくれた吉川正人先生に、この場を借りてお礼申し上げます。

植生トレーニングスクール (第 1 回, 2 回) 報告

学生, 大学院生を対象とした「植生トレーニングスクール」は植生学会将来計画委員会で提案され提案され, 2014 年と 2015 年の 2 回実施されました. その報告をします.

実施状況

第 1 回

(期 間) 平成 26 年 3 月 8 日 (土) ~平成 26 年 3 月 9 日 (日)

(場 所) 鴨川市誕生寺, 館山市那古寺

(宿 泊) 東京農工大学合宿研修施設館山荘

(世話人) 上條隆志 (筑波大学), 吉川正人 (東京農工大学), 川田清和 (筑波大学), 島野光司 (信州大学)

(参加者) 13 名, 筑波大学 7 名, 東京農工大 6 名 (大学院生 4 名, 学部生 9 名)

(内 容)

1 日目 道の駅「鴨川オーシャンパーク」集合
誕生寺の常緑林 (タブーイノデ群集の原記載地) を観察, 植生調査
セミナー: 群集の基礎
群集記載の規則の解説, 原記載論文からの群集名の変遷について文献を元にたどる.
タブートベラ群そう, タブーイノデ群集, イノデタブノキ群集, タブノキイノデ群集など, 常緑広葉樹林の群落体系の文献をもとに議論した.

懇親会

2 日目 那古寺の常緑林 (スダジイ-コバノカナワラビ群集の記載地) を観察, 植生調査

第 2 回

(期 間) 平成 27 年 3 月 7 日 (土)~平成 26 年 3 月 8 日 (日)

(場 所) 鴨川市誕生寺, 館山市那古寺

(宿 泊) 東京農工大学合宿研修施設館山荘

(世話人) 吉川正人 (東京農工大学), 上條隆志 (筑波大学), 島野光司 (信州大学)

(参加者) 11 名, 東京農工大学 5 名, 筑波大学 3 名,

東京農業大学 1 名, 信州大学 1 名, 奈良女子大学 1 名, (大学院生 3 名, 学部生 8 名)

(内 容) 第 1 回とほぼ同一の内容.

内容

目的

植物社会学における群集と群落体系の理解促進のため, 房総半島南部のスダジイ林とタブノキ林を対象として, (1)群集記載における文献と群集記載等の変遷, (2)原記載地の概念, (3)森林の植生調査法における注意点の 3 点に関する知識と技術の向上を目指した.

現地調査実習

第 1 日目, 第 2 日目ともそれぞれ 1 調査地点において植物社会学的方法による植生調査を行った. 調査は大学院生 2-3 名が中心となって行い, 世話人が随時, アドバイスをする形で行った.

セミナー

セミナーでは, (1) 植物社会学に関するパワーポイントによる解説 (2015 年のみ), (2) 調査を行った誕生寺のタブノキ林に関する群集記載に関する文献の配布と解説, (3) 植生学会誌に掲載された世話人の東京農工大学吉川氏の論文における記載に関する解説, (4) 参加者の東京農業大学設楽氏が実際に行っている研究の紹介 (2015 年のみ) が行われた.

上記の内, (1), (2), (3) について, 紹介した主な文献を以下に挙げる.

鈴木時夫 (1948) 房総伊豆半島の暖帯林植生に就いて.

日本林学会誌, 29 (1~3): 15-18.

鈴木時夫・和田克之 (1949) 房総半島南部の暖帯林植生.

東京大学農学部演習林報告, 37: 117-134.

鈴木時夫・蜂屋欣二 (1951) 伊豆半島の森林植生. 東京大学農学部演習林報告, 37: 145-169.

- 鈴木時夫 (1952) 「東亜の森林植生」, 古今書院.
 Suzuki Tokio (1953) The forest climaxes of east Asia.
 Japanese Journal of Botany, 14: 1-12.
- 藤原一繪 (1981) 日本の常緑広葉樹林の群落体系-I. 横
 浜国立大学環境科学研究センター紀要, 7: 67-
 133.
- 宮脇 昭 (編著) (1981) 「日本植生誌九州」, 至文堂.
 宮脇 昭 (責任編)・奥田重俊・藤原陸夫 (編)・北川政
 夫 (監修) (1983) 「改訂版日本植生便覧」, 至文堂.
- 服部 保 (1985) 日本本土のシイタブ型照葉樹林の
 群落生態学的研究. 神戸群落生態研究会, (1):
 1-98.
- 藤原一繪 (1996) 「日本植生誌」群落体系総目録. 横浜国
 立大学環境科学研究センター紀要, 22 (1): 23-80.
- 吉川正人・金文洪・福嶋 司 (1999) 濟州島, 漢拏山
 のイワウメ群落に関する植物社会学的研究. 植生学
 会誌, 16: 57-67.
- 黒田有寿茂 (日本語訳) (2005) 国際植物社会学命名規
 約第 3 版. 植生情報 9: 1-47.
- 野田 浩・吉川正人・辻 誠治・平中晴朗・福嶋 司
 (2007) コナラーヤマブキ群集: 沖積砂礫地に成
 立する河畔林群落. 植生学会誌, 24: 1-17.
- 服部 保・南山典子・黒田明寿茂 (2014) 日本の照葉
 自然林の群落体系. 人と自然, 23: 1-29.

(2) の「調査を行った誕生寺のタブノキ林に関する

群集記載に関する文献の配布と解説」におけるセミナー
 の進め方としては、鈴木時夫・和田克之 (1949) を中
 心に、イノデータブノキ群集あるいはタブノキイノデ
 群集 (Polysticho-Perseetum thunbergii Suz.-Tok. et
 Wada 1949) の命名の変遷、原記載の確認、上級単位
 の変遷の確認等を行った。第 1 回、第 2 回ともに、著
 者 (世話人の一人) は文献の内容そのものを伝えるよう
 に努めた。

世話人の感想

分類学における種は、生物的自然を理解する上で不可
 欠な概念であり、植物群落植物社会学における群集も同
 様である。しかし、群集の命名については、同じタブノ
 キ林に対しても異なる名称があるのが現状である。特に
 和名においては、2 命式の場合の種名の順番に関して異
 なる意見が存在する。これらが、若手が積極的に群落体
 系を理解しようとすることの妨げになっている恐れがあ
 ると考えている。その一方で、文献をたどることで、名
 称間の整合性を理解することは十分可能である。世話人
 としては、まずは文献を元に理解することが大切と考え、
 第 1 回、第 2 回を企画した。今後も、現地調査と文献
 等に基づき「植生と植生分類を勉強する会」という位置
 づけを含めた形で「植生トレーニングスクール」が継続
 されることを希望している。

筑波大学 上條隆志

第 1 回植生トレーニングスクールに参加してみ

筑波大学 森林生態環境学研究室 山崎寛史

2014 年 3 月 8 日と 9 日に、第 1 回植生トレーニングスクール (以下、ベジトレ) が、千葉県南房総において行われました。今回のベジトレの目的は、鈴木ら (1949) によって記載されている誕生寺周辺 (写真 1) のタブノキイノデ群集と那古寺周辺 (写真 2) のスタジイコバノカナワラビ群集において、実際に植生調査を行い、得られた植生データからどのようにして群集が命名されているのか理解を深めることでした。

今回のベジトレには、筑波大学森林生態環境学研究室と東京農工大学植生管理学研究室の博士後期課程から学部 3 年生まで、多くの学生が参加していました。

私は、現在修士 1 年で、卒業研究では日本の主要な造林樹種であるスギ (*Cryptomeria japonica*)・ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) 人工林の強度間伐を行った際の林床植生の変化についての研究を行ってきました。高木層はスギかヒノキの単一樹種で構成されており、低木層や草本層においてもアラカシ (*Quercus glauca*) やコナラ (*Quercus serrata*) などの二次林を将来的に形成するような種は少ないのが現状です。今回のベジトレで調査する予定となっていた社寺林では、高木層・亜高木層・低木層・草本層と階層構造になっており、その階層ごとに様々な種が存在する森林は、スギ・ヒノキ人工林とは全く異なる森林の様子をしているのではないかと思います。そのために、高木層から草本層まで様々な植物が存在する林分での調査を通して、今後の人工林での研究に何かヒントを得られるのではないかと思ったのが、ベジトレに参加した最大の理由です。

1 日目 (3 月 8 日) は、誕生寺周辺のタブノキイノデ群集を調査しました。調査前に、上條先生・吉川先生らのタブノキイノデ群集を中心に群落に関する研究等についての簡単な講義を受け、おおよそ、鈴木ら (1949) の記載地と同じ辺りまで移動しました。移動中には、一般的に 4~5 月が開花時期であるタチツボスミレ (*Viola grypoceras var. grypoceras*) が咲いており、気候的に温かい場所であることが感じられました。しかし、記載

地だと考えられる場所には、群集の名前にもなっているイノデ類 (アスカイノデ、アイアスカイノデを含む) が見当たらず、周辺の草本層にはアリドオシ (*Damnacanthus indicus*) が多く存在していました。また、本来ならば照葉樹林の林床にはフウトウカズラ (*Piper kadsura*) などのつる植物がはびこっているらしいのですが、ほとんど存在しませんでした。これには、日本全国で話題となっているシカによる食害が原因ではないかと考えられました。そのために、調査は少し場所を移動し、タブノキイノデ群集がはっきりと確認できそうな場所で行われました。調査は、先生の助けを借りながら、学生代表者が種と被度・群度を判定し、参加学生全員で調査票を記入していきました。この調査地では、高木層をタブノキ (*Machilus thunbergii*) が優占し、スタジイ (*Castanopsis sieboldii*) やシロダモ (*Neolitsea sericea*)、ヤツデ (*Fatsia japonica*)、アスカイノデ (*Polystichum fibrillosopaleaceum*) といった鈴木ら (1949) に記載されている種がリストアップされました。また、希少種も出現したため、上條先生からは情報の取り扱いには十分に注意した方がいいという話がなされました。1 日目の夜に、宿泊先である東京農工大学研修施設にて、群落に関する歴史の変遷や研究についての知識を深めるための勉強会が開かれました。調査を行ったタブノキイノデ群集は、国際植物社会学命名規約に則って命名されたのは、今回のベジトレで参考文献として使用している鈴木ら (1949) でした。しかし、その後の変化を見ると鈴木 (1952)・Suzuki (1953)・服部 (1985) の記載はタブイノデ群集だが、宮脇 (1986)・宮脇ら (1990)、藤原 (1996) ではイノデータブノキ群集となっていることや、各論文の引用文献において、鈴木ら (1949) と鈴木 (1952) のどちらも使用されており、定まっていないことが話題に上がりました。これらには、命名規約の改正による表記の変化や各論文の筆者による見解の違いなどにより、このような問題が発生しているのではないかという話がなされました。また、植物群落の

命名は、最初に命名されたものが基本的にはベースとなっており、変更・追加することはとても難しいことであり、野田ら (2007) を参考に新記載の際の話吉川先生の方から聞くことができました。

2 日目は朝食後に海岸を散歩し、少ないながらもハマヒルガオ (*Calystegia soldanella*) などの海岸植生を観察しました。その後、2 日目の目的である那古寺周辺のスダジイコバノカナワラビ群集の記載地に移動しました。スダジイコバノカナワラビ群集は、1 日目のタブノキイノデ群集とは様子のがらりと変わり、高木層にスダジイ (*C. sieboldii*) が優占し、ヤブツバキ (*Camellia japonica*) やヒメユズリハ (*Daphniphyllum teijsmannii*)、ヤブニッケイ (*Cinnamomum tenuifolium*)、ヒメカンスゲ (*Carex conica*) などが存在しました。

この 2 日間を通してみると、自分の調査地ではあまり見られない常緑樹などを観察することができ、また海岸近くの山地の特性というものを知れ、植生群落の調査という、高木層から草本層まで幅広い植生を調査する時の注意点や技術を学ぶことができました。また、タブノキイノデ群集やスダジイコバノカナワラビ群集を鈴木

ら (1949) の記載と実際調査を行った調査票を比較することで、分類の発展や様々な要因による種組成の変化というものも感じることができました。

人工林は、十数年前から広葉樹化・針広混交林化を目指した管理が研究・実施されています。天然更新を用いて、広葉樹化・針広混交林化を目指した場合には、基本的に周辺に残存する天然林や二次林が目標の林分になると思われます。今回のベジトレに参加してみて、それらを把握しておくことが、広葉樹化を目指す人工林の二次林までの移行過程の段階を知る情報となり、記録・記載を確実に残すことが非常に重要であることを実感させられました。

最後になりましたが、このような機会を与えてくださった筑波大学・上條隆志教授、川田清和助教、東京農工大学・吉川正人准教授、信州大学・島野光司准教授、また、学生代表者として植生調査を行ってくださった東京農工大学植生管理学研究室の牧口さん、美味しいご飯を提供してくださいました東京農工大学研修施設「館山荘」の方々から感謝申し上げます。

2014 年度企画委員会活動報告
(2014 年 4 月 1 日～2015 年 3 月 31 日)

企画委員会では、2014 年 10 月 18 日に新潟大学駅南キャンパス「ときめいと」にて、委員会を開催し、植生学会将来計画委員会の答申事項から企画委員会に託された課題、および東日本大震災に関連する取り組みの継続などについて審議し、またメール会議によって、以下の課題について検討・実行した。

1. 東日本震災関連

2011～2013 年度実施した「東日本大震災復興プロジェクト」を企画委員が引き継ぐこととなり、原・平吹が担当者となって活動した。今年度の主要な取り組みは、以下の 3 項目である。

① 『東日本大震災による津波が海岸植生に及ぼした影響：再生と保全に向けて』の刊行と配布

『植生情報 第 18 号』(2014 年 3 月刊行)に掲載した「特集：東日本大震災復興プロジェクト報告」を、表記の書籍として刊行した(68 ページ, 300 部, 総額 288,360 円)。破壊と自律的再生の実態を関係者に正しく伝え、自然環境に配慮した復興に役立ててもらうことをめざし、復興に関わる自治体や省庁、図書館等に 9 月中旬以降に配布した。

② 津波影響調査の調査資料の公開

「東日本大震災復興プロジェクト」の一環として実施された津波影響調査の原資料(植生調査票やデジタル写真)に関して、利用しやすい書式で整理し、可能な範囲で位置情報(緯度・経度)を付加し、植生学会のホームページ等での公開に向けた作業を進めた。「東日本大震災復興プロジェクト」委員であった田中徳久氏がファイル名の統一、植生調査票の pdf 化を実現してくれたことから、公開に向けてさらに作業を進めることとした。

③ 被災した植生・自然環境のモニタリングおよび保全活動の推進

重点地点(貴重な植物種や群落、ハビタットが存在する、植生保全の観点から重要で、かつ劣化・消失の恐れのある地点)を選定した上で、植生モニタリングによる

保護活動と、地元住民や復興に係る自治体・官庁に重要性をアピールする活動を支援した。主な活動:(i)市民・行政参加型の「砂浜を学び、砂浜を未来に伝える」イベントの開催(9 月 14 日, 仙台市で実施;植生学会が後援),(ii)砂浜植物・表土の保全に関する実践情報の交換と普及活動(宮城県と岩手県の砂浜海岸で実施;国土交通省が協力)。

2. 将来計画委員会答申「研究成果の普及・発信力強化策」

研究成果の普及・発信力強化策として書籍の刊行等について、ワーキンググループを設け、特に一般向け書籍(植生学の教科書など)の刊行について検討を続けている。

3. トレーニングスクールの継続と開催

将来計画委員会の答申「若手人材育成のための取り組み」として 2014 年 3 月 8～9 日に吉川、上條、島野、川田によって、大学院生と学部生を対象としたトレーニングスクールが実施された。場所は千葉県鴨川市、参加者は 13 名だった。前将来計画委員である吉川、上條、島野より継続実施に関する提案があり、企画委員会にて審議し継続することとなった。

本年度の植生トレーニングスクール(第 2 回)は、吉川、島野、上條が世話人となり、平成 27 年 3 月 7 日(土)～3 月 8 日(日)に東京農工大学アカデミーハウス館山を宿泊所として、千葉県南房総で開催した。来年度は遠い地域からの学生の参加が不利にならないように、植生学会大会にあわせての実施などを検討中である。

4. 将来計画委員会答申「若手人材育成策」として国際学会参加者への支援

植生学会で将来をにう学生や若手が、積極的に海外で学術発表をし、研究の推進に加えコミュニケーション能力の上達や人脈作りを学ぶことを支援する仕組みを計画している。過去に日本生態学会中部地区で行っていた支援を参考にし、津田・島野が支援制度の試案を作成し、

委員会で検討中である。

5. 将来計画委員会答申「若手人材育成策として実務研修会等への講師派遣」

植生調査に関する実務研修会について、西尾が情報収集を行った。日本環境アセスメント協会などでは、セミナー等は定期的実施されるものの、植生調査法を含む現場での具体的な技術に踏み込んだ実務研修は行われていない。また、NPO が主催する研修会でも、GIS 解析が主となっている。今回得られた情報では、植生調査法に関する実務研修会に相当するものは、国際生態学センターで実施される植生調査研修のみであった。そこで、国際生態学センターの村上氏に、植生学会共催あるいは後援の実務研修会の開催の可能性について相談、次年度以降の計画に講師派遣など植生学会の意向を含めて検討してもらうこととなった。

6. 群落談話会として生態学会自由集会「シカ柵による植生保全の効果と限界」を開催

企画責任者：前迫ゆり（大阪産大・院・人間環境）・富士田裕子（北大・FSC・植物園），日時：3月19日 18:00-20:00，会場：鹿児島大学郡元キャンパス D 会場
コーディネーター 前迫ゆり（大阪産大・院・人間環境）
・長期的シカ柵からみえてきたこと—ブナ林：中静 透（東北大・院・生命科学）
・集水域と積雪に対応するシカ柵へのチャレンジ—芦生の温帯林：高柳 敦（京大・院・農）
・行政によるシカ柵の取り組みと課題—戦場ヶ原湿原のシカ対策：番匠克二（環境省北海道事務所）
・シカによる植生への過剰な影響—ササ草原の消失と斜面崩壊 石川慎吾（高知大・理）
・総合討論

平成 26 年度植生学会
論文賞受賞記事
植生学会 編集委員会

論文賞受賞者

吉川正人氏・泉 団氏・星野義延氏

(受賞論文: 冬季に火入れ管理される栃木県箒川の河辺草原植生の組成的特徴, 植生学会誌 第 30 巻 第 1 号 1-15 頁 2013 年 6 月発行)

河川の草原は不定期または定期的な洪水の攪乱によって維持されてきたが, 近年の河道の改修やダムなどの建設によって多くの川で河原は安定してきている。河川の草原を維持する有力な方法である火入れに関して, 本論文は高水敷化が進んだ河川敷に成立するオギ群落およびススキ群落を対象に, 火入れが種組成に与える影響を論じている。その結果, 火入れの有無によりススキ群落とオギ群落ともに種組成が大きく異なっており, 火入れが在来植物の種数を増加させていることを示した。ススキ群落に半自然草原の種が多く含まれるなど, 火入れによる種組成への影響は, 両群落で差異があることも明らかにしている。火入れが地中植物の出現に促進的な影響をもたらすことなど, 火入れが植物に与える影響について整理され, 火入れ管理を行った河川敷で在来種を多く含んだ草原が維持されることが検証されている。既報研究の多くが希少種を対象として火入れの影響を検証しているのに対して, 本論文はそれのみを対象とせず, 在来種, 外来種を含む種組成全体について論じられているのが特徴で, 今後の河辺草原の維持管理の指針となる点から, 社会的貢献度も大きいと評価された。

以上のような観点から, 本論文は植生学会論文賞の受賞にふさわしい論文であることを, 植生学会運営委員会で決定した。

平成 26 年度植生学会
学会賞, 奨励賞, 発表賞受賞記事
植生学会 表彰委員会

学会賞受賞者

富士田裕子氏

富士田裕子氏は, 水圏と陸域の境界領域に成立する「湿原」をテーマとする研究を中心におこなってきた。学生時代より冷温帯域の湿地林の立地環境と群落の分化の関係解明に取り組んできており, ハンノキ林, ヤチダモ林, ハルニレ林の分化を導く重要な要因は地下水位の高さとその変動幅にあることを指摘している。また, ハンノキ林内での群落組成の分化は地下水位の変動パターンと土壌理化学的性の違いに影響されることなども明らかにした。さらに, 北半球のハンノキ属植物が 3 つの特殊環境 (嫌氣的な土壌条件, 攪乱地, 亜高山帯や寒冷地) に適応・進化して種分化している点に着目し, グロース博士 (ケルン大学) との共同研究で, ヨーロッパと日本の湿地 (嫌氣的な土壌条件) に生育する種はそれぞれ, 地上部から根系へ酸素を供給するメカニズムを獲得していることを明らかにした。

1990 年代以降は森林群落中心の研究から湿原全般にフィールドを広げ, 湿原植生と立地環境との関係解明を進める一方で, 湿原植生の類型化, 湿原生態系成立のメカニズムの解明, 湿原で生育する植物 (ミズバショウ, ムセンズゲ, チョウジソウなど) の種生物学的研究, さらに湿原の復元手法の開発に関する研究などをおこなってきている。湿原の保護・保全, 生物多様性保全をはかるために, 現地調査のみならず, 湿原に関する情報の収集・整理をおこない, 湿原目録の作成や現状や植生 (環境) 変遷の解析をおこなっている。

近年は湿地の変遷をモニタリング・解析するために, GIS やリモートセンシングの手法も取り入れて研究を進めている。

なお, 2010 年には富士田氏の「北海道の湿原目録の作成と湿原生態系の解明および保全に関する研究」が, 尾瀬賞 (財団法人尾瀬保護財団) を受賞している。

以上のように富士田裕子氏は植生学に関する十分な経験と実績を有しており, 植生学会へ大きく貢献されたこ

とから、「学会賞」を受賞されるのにふさわしい方であると植生学会運営委員会で決定した。

奨励賞受賞者

加藤ゆき恵氏

加藤ゆき恵氏は、「北方系スゲ属植物の分布と生態に関する研究」で 2012 年 3 月に学位を取得した新進気鋭の植生学の研究者である。冷温帯と亜寒帯の移行帯に位置する北海道には、温帯植物の分布北限線や北方系植物の分布南限線が複数存在し、植物の移動経路や分布特性、分布要因の研究に適した場所となっている。加藤氏はカヤツリグサ科スゲ属植物を材料として、北海道および我が国における北方系植物の分布特性の解析、道内に特徴的に分布するスゲ属植物の生育立地環境や地史的背景との関係を研究してきた。

植生学会誌に掲載の論文で対象としたムセンスゲ (*Carex livida*) は、北米と北欧の高緯度地方の湿原に分布し、極東地域ではカムチャツカ、千島列島、サハリン北部、朝鮮北部及び北海道に点在する。北海道内では北部の猿払川流域の低地湿原と、大雪山高根ヶ原及び知床半島羅臼湖周辺の山地湿原に隔離分布している。掲載論文では、猿払川と羅臼湖の分布域での植生、生育環境、微地形との関係を解析した。これらの研究から、ムセンスゲは我が国においては、ケルミーシュレンケ複合体が発達する湿原に生育し、シュレンケの群落を中心に出現することが明らかになった。北欧・北米でムセンスゲは patterned mire と呼ばれる微地形を有する湿原に生育し、我が国においても、類似の微地形上を生育適地とすることがわかった。

加藤氏は植生学を研究ベースとしているが、植物分類学にも明るく、北海道大学総合博物館が主催する「パラタクソノミスト養成講座」では講師を務め、ガイドブックも執筆している。また植物標本を利用した研究論文も発表している。

今後も、スゲ属植物を中心に、立地環境・植生などの生態学的視点と地史的背景から、植物地理を考察した研究を発展させることが期待される。

以上の理由から、加藤ゆき恵氏は「植生学会奨励賞」を受賞されるのにふさわしい方であると植生学会運営委

員会で決定した。

奨励賞受賞者

黒田有寿茂氏

黒田有寿茂氏は 2006 年 3 月に広島大学大学院理学研究科を修了し、学位を取得した。博士論文のテーマは「コシダ・ウラジロ群落の生態学的研究」である。具体的には、アカマツ枯損木の伐採搬出という人為攪乱を受けた広島県宮島の樹林を調査地とし、これら 2 種がアカマツ二次林の遷移、種組成、種多様性などに及ぼす影響について検討している。これらの成果は国際誌 1 編、植生学会誌 1 編の原著論文としてそれぞれ掲載されており、攪乱地に優占群落を形成するにもかかわらず、ほとんど着目されることのなかったコシダ・ウラジロ群落の生態学的特性を明らかにした研究として評価できる。このほか植生学会誌には、中国雲南省南部の常緑広葉樹林と落葉広葉樹林を対象にシダ植物の種多様性や生育状況を比較解析した短報 1 編、広島県宮島のイスノキ混交林の種組成と林分構造を調査した資料 1 編があり、シダ植物に着目した研究のほか、地域の重要な植生について記載的報告も進めている。また植生情報には 2 編があり、うち 1 編は国際植物社会学命名規約第 3 版の翻訳である。本翻訳は群落分類群の発表記載時に有用であるほか、植生分類の意義や歴史的背景の社会的認知にも寄与するものである。これらの成果から、氏は植生学会および植生学分野の発展と普及に大きく貢献していると判断される。

黒田氏は大学院修了以降、兵庫県立大学自然・環境科学研究所に所属し、保護工施工地のシダ群落に着目した応用生態学的研究、絶滅危惧植物の種子発芽特性に関する保全生態学的研究を進めるなど、学生時にはなかった新たな視点・手法も積極的に取り入れ、研究を推進している。これらの成果は生態学関連分野における国内誌 5 編の原著論文として掲載されており、保全再生事業の立案や実践に有用な知見として評価できる。また氏は所属先の研究者と共に暖温帯域の様々な植生タイプで調査を進めている。それらの成果は植生学会誌をはじめ生態学関連分野の国内誌に共著論文として多く掲載されている。このように氏は研究活動に精力的に取り組み、また

着実に成果をあげてきており、今後のさらなる活躍が期待される。

以上のような諸点から、黒田有寿茂氏は「植生学会奨励賞」を受賞されるのにふさわしい方であると植生学会運営委員会で決定した。

研究発表賞

口頭発表賞とポスター発表賞は以下の発表に対して授与された。

口頭発表賞受賞者

富樫晃一氏・富士田裕子氏

演題：国指定天然記念物「女満別湿生植物群落」における地下水位の変動

ポスター発表賞受賞者

菊池輝海氏・上條隆志氏・小川泰浩氏・岡部宏秋氏・石森良房氏

演題：火山性荒廃地における東京クレセントロール工法の治山緑化機能の評価

植生学会賞を受賞して

富士田裕子 (北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園)

この度、栄えある植生学会賞を頂き、大変光栄に存じますとともに、これまでお世話になった皆さま方に、深く感謝し御礼申し上げます。

思えば、ここまでの道のり、様々な困難がありました。多くの方々に支えいただきました。特に、息子が誕生した平成 8 年からの 10 数年間は、子育てのために両親をはじめとして周囲の多くの方のご助力で、なんとか研究を続けることができました。現在とは異なり当時は、制度はあっても育児休業を取れる世情ではなく、産休が明けるとすぐに子供を保育園に預け、仕事に復帰しました。無理がたたったのか、肋骨を 2 本骨折、子供からもらった風邪をこじらせ入院と、新米母 1 年目は散々でした。子連れのフィールドワークも多くありました。息子が小学校に入学してからは、保育園の時よりも出張の調整が大変になりました。しかし、子育てと研究、両面での悩みや壁は、研究の息抜きが子育てであり、子育ての悩みは研究でしばし忘れるという相乗効果で乗り切ったように思います。あの頃は、研究を続けることと、附属施設の改組や植物園の運営面で次々と発生する問題に対処するだけで精一杯で、学会賞を頂ける日が来るなどとは、想像もできませんでした。

私の学生時代からの研究テーマは「冷温帯湿地林の分化と立地の因果関係解明」です。この研究から、湿地林の群落分化を導く重要要因は、地下水位の高さとその変動パターンであること、ハンノキ林内での群落組成や林床植生の分化は、河川の氾濫や攪乱により形成される微地形上での地下水位変動パターンと土壤理化学性の違いと、それぞれの種のもつ生態的・生理的特性が異なるレベルに反応・適応した結果であることが明らかになりました。北海道大学に移ってからは湿地林も含めた「湿原」が研究の中心となりました。そして、湿原を本当に知るきっかけになったのは、平成 6, 7 年度に故辻井達一先生が代表となり、自然保護助成基金からの研究助成をいただいたことでした。この時、北海道教育大学の橘ヒサ子教授と湿原調査をご一緒させていただくなかで、たくさんの事を学びました。橘先生のご指導で、湿原の形状

と水文が、湿原植生と立地そしてその配置を大きく支配していることを初めて理解することができました。今思い返すと、当時のフィールド調査は本当に充実した楽しいものでした。また、このプロジェクトで湿原目録を作成したことで、諸先輩方の研究成果や様々な情報からデータベースを作成することの重要性を学びました。その後、研究は湿原に生育する植物の生活史、繁殖戦略、埋土種子組成など多岐に広がり、多くの学生さんと様々な研究を行う機会に恵まれました。

平成 18 年に環境省の推進費を獲得し、多くの異分野の研究者とサロベツ湿原と稚咲内砂丘林帯湖沼群で、湿原生態系の構造解明と劣化のメカニズムに関する研究を 6 年間実施できたことは、湿原研究にとって大きな成果となりました。プロジェクトリーダーとして、ヒアリングや中間評価、年度末の報告書作成と、フィールドよりも事務処理と取りまとめに追われる日々でしたが、フィールドワークの大好きな仲間が様々な角度から湿原を捉え、多くの成果を出して下さったことが何よりの喜びでした。

今後も精進して出来る限り研究を続けていく所存ですが、2 点ほど心配ごとがあります。ひとつは、これまでの研究成果の多くが山積したままで、論文化がまったく追いついていないことです。新年度が始まるとフィールドワーク、フィールドが終わると卒論、修論、博論指導、報告書等の作成という 1 年間の繰り返しで、気が付くと、データばかりが溜まっておりまして、植生学会賞をいただきながら論文が少なく、まことにお恥ずかしい限りです。今後は、新しい研究と並行して、出来る限りデータの論文化を進める努力を続けたいと思います。

ふたつ目は、植生学の継続の問題です。北海道大学では優秀な学生さんとの出会いがありますが、修士課程が修了すると皆さん社会人となってしまい、残念ながら博士課程に進む学生さんはほとんどおりません。博士号をとっても就職が難しい時代なので進学を薦められないのですが、若かりし時の自分よりもはるかに優秀な学生さんが研究の道を選ばないことに、一抹の寂しさを感じます。自分の教育が行き届かなかったのか、自分の研究する姿に情熱が感じられず研究する人生を選ばないのかと、いつも反省しております。湿原植生の研究者がしか

るべきポストについて、今後も研究が発展し教育が継続していくことを祈っておりますが、正直、厳しい状況と感じております。植生学の研究室が次々と姿を消す昨今、北海道大学の私どもの研究室で植生学が継続できることを心から願わずにはられません。

最後に、東北大学農学部で卒論指導いただきました西口親雄先生、庄子貞雄先生、東北大学理学部で博士論文までご指導いただいた故菊地多賀夫先生、湿原研究の基礎を教えてくださいました橘ヒサ子先生、北海道大学でお世話になりました故辻井達一先生、共同研究者の諸先生方、現地調査にお付き合いいただきました東北大学、北海道大学の学生の皆さまに心より御礼申し上げます。

植生学会奨励賞を受賞して

加藤ゆき恵 (釧路市立博物館)

この度は植生学会奨励賞という身に余る賞をいただき、まことにありがとうございます。これまでに植生学会誌に 2 編の論文を掲載していただきましたが、論文数においても業績の内容についても、これまでに奨励賞を受賞された方々と名前が並ぶのも申し訳ない思いです。長きにわたりご指導いただきました北海道大学植物園の富士田裕子先生、北海道大学総合博物館の高橋英樹先生、植生解析についてご助言いただき博士論文の副査にもなってくださいました福嶋 司先生に、心から御礼申し上げます。菊地多賀夫先生には、北海道大学に講義で来られた際の懇親会で研究に対して励ましていただきました。その後も植生学会や生態学会の大会でお目にかかる度に声をかけていただき、励ましてくださったことに対して、直接御礼をお伝えできないことを大変残念に思います。

植生学会誌に論文を投稿した際には、様々な方に査読を通して内容についてご指導、ご助言いただき、かなり鍛えていただきました。時に厳しいご指摘をいただき、当時はかなり身も心も削られる思いでしたが、今では感謝しております。現地調査やゼミなどでお手伝い、ご助言いただいた北海道大学農学部・大学院農学院植物生態体系学研究室の皆様、北海道大学総合博物館スタッフの皆様にも御礼申し上げます。

動物のことについて学びたいと思って進学した大学で

植物学に出会い、卒業論文のテーマとして提示された課題の中で「ちょっと面白そう」と思ったのが隔離分布をするムセンゲという地味ながらかわいらしい植物でした。修士課程と博士後期課程の間、大学博物館に勤めている時期に、研究室の後輩が知床半島で新たなムセンゲ自生地を発見したというハプニング(?)もありました。また、修士課程在学中にはムセンゲが生育する湿原がある国後島の調査に参加する機会もいただき、貴重なデータを収集できました。さまざまな機会をいただいたり、人との出会いがあったりして、ここまでやってこられたと、今改めて実感しています。

2012 年の春に日本列島の東端近くの町に職を得、博物館に勤務しております。まだまだ大学院生時代の課題を論文化し終わっておらず、ようやく 1 本の論文が手を離れたところですが、縁あって来たこの場所で、道東太平洋側特有の植生景観に触れ、また、博物館という多分野の人間がいる職場にいて、人との関わり、歴史との関わり、産業との関わりから植物や植生を捉える機会が増えました。博物館ならではの視点で調査・研究を進めていきたいと考えています。

釧路に来てからも「スゲ」「スゲ」と言っていたからか、めずらしいカヤツリグサ科との出会いがあり、地道にやっていると、人だけではなく植物との出会いもあるものだなと思っています。私がこれまでに取り組んできた課題自体も、社会的に大きな問題になっていることの解決というよりはどちらかというと地味なもので、これまでに全国大会で発表させていただいた際にも、周りと比べて地味な発表だなあと自ら思っていました。このような研究を評価していただいたことに感謝するとともに、地味で地道だけれど地域にとっては大切な調査・研究に取り組む人が増えることを願っています。

これまで、大会での発表や論文投稿など、大変お世話になってまいりました。今後はお世話になりっぱなしではなく、少しでも恩返しして行けたらと考えております。今後ともどうぞよろしくお願いいたします。

植生学会奨励賞を受賞して

黒田有寿茂 (兵庫県立大学 自然・環境科学研究所／兵庫県立人と自然の博物館)

このたびは植生学会奨励賞という大変栄誉ある賞をいただき、誠にありがとうございました。賞に値するまとまった成果があるか自信がないのですが、学会から今後の活躍が期待されていることを胸に刻み、研究活動をより充実させていきたいと思えます。推薦者ならびに選考委員の方々、学生時から指導いただいている豊原源太郎先生をはじめ、これまでの研究生活でお世話になった全ての皆様に深くお礼申し上げます。

学会誌である植生学会誌には、資料なども含め、これまでに数編の論文を掲載していただきました。そのうちの一つに、コシダ、ウラジロの優占群落に関わるものがあります。これは学生時の研究テーマで、自身の学位論文の章を構成しています。論文では、これら 2 種の優占度で区分した群落タイプの種組成・種多様性、地上部現存量の特性、葉群の分散構造などを示し、シダ植物の繁茂が植生構造に及ぼす影響や 2 種のもつ生態的役割について議論しました。しかし、コシダ、ウラジロの優占群落については、不明な点、明らかにすべき点はまだ多く残されていると感じています。優占群落のそもそもの成立要因、2 種の繁茂が他種の定着成長や生態系機能に及ぼす影響、優占群落を含む植生の遷移などです。こういった因果関係の解明、長期的変化の予測に向けては、現地調査だけでなく、野外環境を模した実験や画像解析が必要だろうと思っています。コシダ優占群落の遷移に関してはハワイでの研究事例があり、そこでは成立年代の異なる溶岩上の植生の比較から、コシダが一次遷移の初期に下層の優占種となり、その後数百年を経て、木生シダや高木種の優占する森林植生に移行する系列が推定されています。国内では山火事跡地や伐採跡地などの向陽地でコシダ、ウラジロの優占群落がみられますが、これらが時空間的にどのように変化していくのか、あるいは攪乱に依存した持続群落として存在し続けるのか興味深いところです。また、これら 2 種の繁茂は、山火事の誘発要因や伐採作業時の障壁となるなど、防災上、植生管理上の課題もあるようです。もう一度、コシダ、ウラジロの優占群落に関する疑問を整理し、地域・現場の

課題解決にもつながるような結果を得るべく、研究を深めていきたいと考えています。

新潟大会での受賞式では、学会の情報誌である植生情報に掲載された植物社会学命名規約の邦訳版の評価についてもコメントいただきました。邦訳版の作成に取り組み始めた正確な時期は覚えていませんが、確か大学院に進学した頃だったと思います。取り組むきっかけは、これは恥ずかしいことですが、命名規約を読み込み、邦訳を書けるまでに理解すれば、植生分類の極意を体得できるのでは！という思い込みであったと記憶しています。また、当時は島嶼環境植物学研究室 (広島大学大学院理科学研究科附属宮島自然植物実験所) に在籍していましたが、東広島キャンパスでの居場所として机を置かせてもらっていた植物分類・生態学研究室の、分類学を基盤とした研究室の雰囲気にも影響を受けたと思います。そのような状況で命名規約を読み始め、途中段階の邦訳版をセミナーで発表した際、これをそのままにしておくのはもったいないという話になりました。この頃には、命名規約を理解しても植生分類の極意が身につくわけではない…とさすがに理解していましたが、ここまできたら形に残したいという気持ちも強く、邦訳版の作成に本格的に取り組みうと決めました。過去の規約とその邦訳版、関係する文献を取り寄せ、誤りのない正確な、かつできる限り読みやすい表現を目指し、原稿を何度も推敲しました。作成から印刷に至る過程では、研究室の先輩方、多くの先生方にお世話になりました。そのような過程を経て掲載された邦訳版について、当時はあの仕上がりで良かったのだろうかと不安になることもありましたが、学会の場で役に立っていると聞きすることがあり、遅ればせながら掲載されて良かったと感じています。研究を進める上で思い込みは好ましくありませんが、何かを始めるエネルギーとしては有用な部分があるかもしれません。

現在の職場に移ってからは、生涯学習の支援や地域課題への対応といった仕事にも関わるようになりました。研究成果を論文として発表するだけでなく、得られた知見を活用、発信し、社会貢献へと結びつけていくことが求められ、個人や組織の評価項目にも据えられています。また、奨励賞の受賞者には、個人研究の推進だけでなく、

学会の活性化・発展への尽力も期待されていると感じています。これらの同時並行はなかなか容易ではありませんが、大いなるやりがいがあります。今回の受賞をきっ

かけに、自身の研究生活に改善すべき点がないか見直すとともに、日々努力していきたいと思います。今後ともよろしくお願いいたします。

平成 27 年度植生学会 学会賞, 奨励賞,
功労賞ならびに特別賞の推薦のお願い
植生学会 表彰委員会

植生学会では、植生学会表彰規定に基づき、植生学のさらなる発展のために著しい成果を挙げた者および研究、教育、本会の運営等に関わる功績が特に顕著な者に対して、以下の賞を授与します。

賞の種類

- [学会賞] 本会に 5 年以上所属し、植生学に関して優れた研究業績によって貴重な学術的貢献をなしたと認められる者。
- [奨励賞] 本会が発行した刊行物に優秀な論文を発表し、独創性と将来性をもって学術的貢献をなしたと認められる者。選考の対象者は 40 歳未満の者とし、過去に奨励賞の受賞経験のない者とする。
- [功労賞] 植生学に関する研究、調査、教育、啓発普及や本会の運営に関し、特に顕著な功績があったと認められる者。
- [特別賞] 植生学または植生学会の発展のために多大な貢献をしたと認められる個人または団体。研究や教育への貢献のみならず、植生学の視点から環境保全事業や普及活動などにとりくむような社会貢献も評価の対象とする。

1. 推薦の方法

推薦書は表彰委員会が作成した様式に従って作成してください。各賞の様式は植生学会ホームページ (<http://shokusei.jp/information.html>) からダウンロードが可

能です。なお、応募書類は各賞の選考以外の目的には使用しません。提出書類は表彰委員会で破棄し、返却いたしませんので、予めご了承ください。

功労賞および特別賞では業績リストは特に必要としません。ただし、功労賞では、推薦理由書に研究業績、教育業績、植生学会役員歴など必要と思われる事項の概要を記述してください。特別賞では、推薦理由書に研究業績および調査、教育、啓発、普及活動状況など、必要と思われる事項についての概要を記述してください。

御不明な点は、下記問合せ先まで御連絡下さい。

2. 推薦書の締切日程

推薦書は 2015 年 7 月 31 日までに学会事務局まで、メールにファイルを添付して提出してください。

3. 推薦書の送付先・問合せ先

〒 305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

筑波大学 生命環境系

上條隆志 (植生学会表彰委員長)

TEL & FAX 029-853-4704

E-mail kamijo.takashi.fw@u.tsukuba.ac.jp

出版物紹介

Phytosociology of the Beech (*Fagus*)
Forests in East Asia

Tukasa Hukusima · Tetsuya Matsui ·
Takayoshi Nishio · Sandro Pignatti ·
Liang Yang · Sheng-You Lu ·
Moon-Hong Kim · Masato Yoshikawa ·
Hidekazu Honma · Yuehua Wang.
2013. 257pp. Springer, €99.99.

本書は筆頭著者を中心として 45 年にわたり精力的に行われてきた、東アジアのブナ林の植物社会学的研究の集大成である。

ブナ林は日本の冷温帯を代表する自然林である。それゆえ、その植生帯上での位置づけ、地域による組成の違い、特に日本列島の気候の背腹性、地史に対応した違いなど、植生学においても多くの研究の対象となってきた。しかしそれらの多くは個々の比較的狭い地域ごとに得られた資料による組成の比較から分析されたものであり、広域的にみて十分な整合がとられたものではなかった。本書の著者らは、まず日本全域のブナ林の植生調査資料を同一の組成表に整理して直接比較検討することによってつくられた新しい植物社会学的体系を 1995 年に完成させている。その後、海外にまで研究対象範囲をひろげ、東アジアのほぼ全域で植生調査資料を直接比較してブナ林の体系化を完成させたものが本書である。

本書は、以下のように大きく 3 部の構成となっている。

- 1 Phytosociology of the Beech (*Fagus*) Forests in East Asia (東アジアのブナ林の植物社会)
- 2 Syntaxonomy of the East Asiatic *Fagus* Forests (東アジアのブナ林の群落体系)
- 3 Synthetic Remarks (総合討論)

第 1 部は、東アジアのブナ林およびブナ属構成種の概説や分析方法の概説で、本書の核心は第 2 部以降である。

第 2 部ではこれまで多くの研究者によって様々な群集の記載がなされていたブナ林の群落体系が、きわめて簡潔に整理されている。この地域でブナが卓越する森林の群集は、ほぼこの整理で理解できるであろう。

第 3 部は、第 2 部で整理された群落体系について、フロラ、生活型組成、気候、地史など様々な視点から考察がなされている。特に北半球のブナ林の起源や発展に対する省察は、非常に興味深い内容である。これを読んで中国大陸のブナ林を見たくなくなってしまう者は少なくないであろう。

本書は付表など情報量が多いことも特徴である。これらは、今後さらなる研究を目指すものにとって、貴重なものとなる。

以上のように、本書は英文で高価（日本円で 1 万 4 千円くらい）であるが、ブナ林のみならず広域的な視点で植生学の研究を目指すものにとって、たいへん有用なものである。和文で、より安価なものが出ることを期待する者は私だけであろうか？

(島田 和則／森林総合研究所多摩森林科学園)

植生情報 編集担当からのお知らせ

植生情報への投稿について

植生情報では、会員の皆様からの以下のようなトピックについての投稿をお待ちしております。

- ・各地の植生に関する話題
- ・研究手法や植生管理手法の紹介
- ・環境教育の事例や手法の紹介
- ・植生学に関する展望と提言
- ・誌上討論
- ・博士学位論文の紹介
- ・共同研究等の呼びかけ
- ・出版物、研究会、保全活動等の紹介

植生情報誌では査読（ピアレビュー）制度は採っておりません。掲載の可否については植生学会編集委員会植生情報編集担当が判断します。また、必要に応じて著者に原稿の修正をお願いすることがあります。

投稿の方法

原稿の形式は「植生学会誌」の執筆要領を参照して下さい。ただし、「植生情報」は「植生学会誌」とは異なりますので、あまり厳密に準拠していただく必要はありません。

原稿送付にあたっては、編集事務効率化のため、Eメール、CD 等での投稿を歓迎します。Eメールの場合は、テキストファイル、または Open Office か MS-Word で作成したファイルを添付してお送りください。郵送の場合は、文書ファイルの入った CD とプリントアウトした原稿をお送りください。写真は JPEG 形式としてください。カラー図版の場合、カラーページ分の印刷費は著者負担となります。

投稿論文に関する別刷りは原則 50 部まで無料です。それ以上ご希望の場合は実費を負担していただきます。原稿等に「別刷り 50 部+〇部希望」とお書き添えください。

原稿は随時受け付けますが、次号（2016 年 3 月発行予定）に掲載を希望される場合は 2015 年 11 月末までに、原稿をお送りください。送付先は次のとおりです。

原稿送付・連絡先

〒 890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1-20-6

鹿児島大学教育学部 川西基博

E-mail: kawanishi@edu.kagoshima-u.ac.jp

TEL/FAX: 099-285-7800

植生情報誌へのご意見、ご提案、ご要望などもこちらにお寄せ下さい。

表紙画

ボタニカルアーティスト 佐々木 啓子

私が子供の頃、近所には沢山の畑や田んぼがあり、春になると、まだ田うえ前の田んぼにおたまじゃくしやどじょうを取りに行っていました。その時にオオイヌフグリやホトゲノザ等が生えていて、小さな花が咲いていたのを今でもよく覚えています。田んぼや畑が少なくなった今日でもあき地や河原に行くと沢山見ることの出来る花を今回は題材とさせて頂きました。

植生情報 第19号 Vegetation Science News No. 19

編 集	植生学会編集委員会（情報誌担当 川西 基博, 久保満佐子）
発 行	植生学会 〒108-0023 東京都港区芝浦2丁目14番13号 MCKビル2階 笹氣出版印刷株式会社 東京営業所内
発 行 日	2015年5月31日
印 刷	勝美印刷 株式会社

