

ISSN 2434-2815

No.6

JISE REPORT

国際生態学センター 調査研究レポート

2021年6月

公益財団法人 地球環境戦略研究機関 国際生態学センター

照葉樹環境保全林の研究小史

原田 洋・鈴木邦雄 1

関東地方暖温帯域に残存する自然林3群集におけるシダ植物についての考察

原田 洋・尾崎光彦 7

ラオス産マテバシイ属実生苗の生育状況診断と生産上の課題

矢ヶ崎 朋樹・ラタナボンコット ブンチャン・荒木 祐二 10

樹葉の防火機能に関する基礎実験—葉の厚さ・樹葉含水率・脱水時間の関係—

林 寿則 14

「科学知」を社会実装するための論理を考える（書評）

鈴木邦雄 17

寄稿：生物多様性の確保・自然共生

矢ヶ崎朋樹・武田智子 21



照葉樹環境保全林の研究小史

原田 洋 (IGES 国際生態学センター)・鈴木邦雄 (IGES 国際生態学センター)

はじめに

環境保全林の概念から具体的手法については、その提唱者であり、国内外の植樹祭を通じて造成を指導してこられた IGES 国際生態学センター 終身名誉センター長・横浜国立大学名誉教授の宮脇 昭先生が多くの著作物を通してまとめられてきた。また、IGES 国際生態学センター発行の「生態環境研究」、「JISE Newsletter」、「JISE REPORT」などの印刷物においても環境保全林に関する研究成果が公表されている。

1970 年代当初からはじまった環境保全林づくりも 50 年の歳月が経過した。潜在自然植生に基づく植栽種の選定は初期の段階から今日まで継続している。また、植栽樹林の生長動態を数年から 10 年にわたり継続して測定しているところもある。

現在行われている生態学的調査を継続すると共に、新たな視点から環境保全林を解析することも必要である。そこで、50 年間の環境保全林研究を整理し、小史としてまとめてみた。これからの環境保全林研究の方向性のヒントになれば幸いである。なお、使用した資料は照葉樹環境保全林を対象としていること、データを伴った公表された印刷物に限定されている。類似したものが沢山ある場合はそのいくつかを省略した。

1 | 環境保全林創成の理念・手法の確立

環境保全林に関しては、1970 年代当初にその概念が固まり、植物社会学的調査研究を踏まえた緑化計画(その後「緑化」はあまり使われなくなった)として環境保全林の意義、潜在自然植生樹種(特に、常緑広葉樹種)の重要性、ポット苗の優位性などの提案がされてきている。

「藤沢市大場城山地区保全のための植物社会学的研究」(宮脇ほか, 1971)では、植物群落調査結果、

現存植生図、潜在自然植生図、立地図とともに、「植生調査に基づいた自然診断および立地開発への諸提案」と「ふるさとの森復元への緑化計画」などの章が設けられている。「ふるさとの森は必ずしも常緑広葉樹林だけがすべてではない。一定の人為的影響によって半永久的に存続している半自然景観も“ふるさとの景観”の一つである」と記載されている。この研究報告では、ポット苗(幼苗)植栽や植栽樹種に関しては直接記載されていないなど、環境保全林創成というより、外来樹種を用いた緑地整備に代わるものとして、ふるさとの森を提言したものとなっている。

「若葉台団地建設予定地区植物社会学的調査報告書—植生診断と緑化復元計画のために—(宮脇・大野, 1972)では、植物社会学的植生調査結果について、群落組成表、植生図とともにまとめられている。さらに、緑化計画と植生利用の記載では、既存のシラカシの自然林並びに代償植生である植林・二次林を緑地として残し育成することや具体的な種名リストとともに林縁植生の整備、表土保全が書かれている。「植栽・緑化復元への諸提案」の章では、残存植分の保全と育成、調整池周辺・建物周辺・法面の緑化に関する具体的な提案がされている。植生の群落環(遷移モデル)と自然群落別に植栽可能な樹種一覧表が掲載されている。環境保全林の重要なアテムであるポット苗については、幼苗という表現となっている。

「若狭高浜・田ノ浦地区の植生—環境保全林形成のための植物社会学的研究」(宮脇ほか, 1972)は、若葉台とほぼ同じ内容の構成であり、電源立地及びその周辺域を対象として、緑化復元計画という章が設けられている。植栽模式図も多く示しながら、潜在自然植生の樹種による緑化計画が提案されている。法面植栽では、ポット苗に関する記載はなく、幼木・低木が書かれている。法面植栽模式図では、落葉樹木やオオバジャノヒゲなど

草本植物も書かれている。表層土のほとんど存在しない法面では、マント群落（林縁植生）と落葉広葉樹植栽面積が広くとられている。群落別に植栽適性植物一覧表もある

「学校環境保全林形成のための植物社会学的考察—全国158校の現地植生調査に基づいて」（宮脇ほか，1974）では、植栽場所の選定、潜在自然植生の把握による立地の診断、潜在自然植生別の植栽樹種の選定、生育環境の改善、植栽方法、早期緑化、苗木・種子の入手方法、管理方法の項目について説明を行っており、各潜在自然植生域における植栽可能種一覧表もある。極めて限られた箇所だけに「ポット幼苗移植」の言葉が使われている、使用する苗木は、ポット苗が一般的でなかったこともあり、ドングリを集め、育てる「ドングリ作戦」を勧めている。

「環境保全林形成のための植生学的研究—東レ11工場・事業場を事例として」（宮脇ほか，1979）では、植生調査による潜在自然植生の調査研究結果、環境保全林形成のための提案、各工場（事業場）での環境保全林形成活動、その後の生育状況の調査概況がまとめられている。1974年から植栽が始まり、その生育状況についても植栽時から毎年1回の樹高と幹径が記載されている。使用した苗は、「ポット苗」であるとの記載がされている。しかし、1974年に植栽がはじまったため、ポット苗の生産が間に合わずに、苗木や実生が利用されたところもある。

このように見てくると、環境保全林の概念は、1970年代前半（当初ではなく）にほぼ確立している。そして、現在の環境保全林創成の中核的概念である「常緑広葉樹種を中心とするポット苗」「マウンド造成・敷き藁・密植」に関しては1970年代後半に入ってから次第に確立されていったと言える。

以下で、アイテム別に細かな分析を行ってみた。

2 | 潜在自然植生に基づく植栽種の選定

1970年代半ばから、多くの場所で照葉樹環境保全林づくりが行われている。当初はその地域の潜在自然植生を調べ、植栽すべき樹種の選定（提案）が研究の中心であった。さらに樹種の選定のほかに環境保全林の形成計画も加わった。潜在自然植生を推定し、ポット苗を植栽樹種とし、マウンド造成・敷き藁・密植の手法は、今でも継続されている（宮脇ほか，1983；1988；1993；大野，

1996；国際生態学センター（編），2002など）。

環境保全林造成の初期においては、将来高木層を形成する数種の樹種が選択されただけであった。例えば、1976年に植栽された横浜国立大学構内ではタブノキ、クスノキ、アラカシ、シラカシ、マテバシイの5種に過ぎない（Miyawaki & Fujiwara, 1988；藤間ほか，1994）。一方、最近の例では、低木層構成種のアオキ、ヒサカキ、ネズミモチなども植栽され、その種数は20種を超えている。

1980年代まで多く用いられてきたクスノキは潜在自然植生の構成種としては望ましくないことから、次第に利用されなくなり、植栽本数も減少し、最近ではほとんど利用されていない。

3 | 植栽木の生長挙動

植栽後何年かが経過したところから、植栽木の樹高や太さ（胸高直径）の生長変化に興味を持たれるようになった（Fujiwara et al., 1993）。著者が関係した川崎市東扇島では11年生（1995年）から17年生（2001年）の継続データが蓄積された（長尾ほか，2003）。なお、ここでいう年生とはポット苗を植栽してからの年数である。10年間にわたり樹高と根元直径が測定された例もある（林ほか，2018）。

樹木形状比（目黒，2000）や樹幹形状比（矢ヶ崎ほか，2020）に着目した研究や植栽30年後の地上部現存量を推定した研究（宮内・藤原，2007）がある。

環境保全林をそのまま放置した場合と、立木密度の40%を間伐した場合とでは生長挙動にどのような相違が生じるかが調べられている（長尾・原田，1998；目黒ほか，2005）

近年では太平洋側北限付近に植栽されたタブノキのポット苗の初期生長動態なども報告されている（林ほか，2017）。

4 | 環境保全林の生長に伴う土壌動物群集の変化

1980年代の中ごろになると、環境保全林の生長過程を土壌動物群集から評価しようとする試みが始まった。さまざまな年代の環境保全林をもつ工場緑地や海岸砂丘地に補植して造成した樹林において、生物遺体の分解や土壌構造の改良に重要な役割を担っている土壌動物が環境保全林の形成に伴ってどのように定着してくるか、またどのよ

うにその群集構造を変化させていくかを研究している（青木・原田，1985；原田・青木，1986）。

1990年代以降では、ササラダニ類による自然性の評価（原田・青木，1997）、土壌動物からみた環境保全林の自然回復過程（唐沢・原田，2000）や自然性の評価（境野ほか，2002；一澤ほか，2004）のほか、樹林の発達とアリ群集との関係（夏原ほか，1997）やアリ群集の種組成による評価（大野ほか，2004）などがある。

5 | 種組成・多様性

17年生の環境保全林の種組成を調査した（藤間ほか，1994）資料と同一場所での41年生時の種組成の比較を行ったところヤブツバキクラスの種は1種増加していただけであった（原田・林，2019）。環境保全林の近くに種子を供給する樹林が存在しているところでは17年生の樹林でも、潜在自然植生の構成種も多く侵入・定着し、種の多様性を高めている（国際生態学センター，2001）。移入率と消滅率が一致する種数が平衡に達するという種数平衡説を適用して議論している研究もある（原田・林，2020）。

環境保全林の維管束植物を5つの生活形に分類し、近隣の樹林と比較してみると、高木・亜高木が多く、草本植物少なかった（阿部・原田，2004）。また、長期間にわたり種組成の変化を追求したもの（村上・林，2017；村上ほか，2018）や、周辺残存林と種組成を比較した研究もある（高野・藤原，2003）。

6 | リターフォールの年変動と季節変化

1990年代のなかごろになると、環境保全林を多方面から解析するようになった。生長した樹林がどれくらいの落葉、落枝、生殖器官を地上に落下させるかというリターフォールの研究が開始された（長尾・原田，1996；1997；1998；長尾ほか，2003；後藤ほか，2003）。リターフォールは横浜市、熱海市、川崎市などの環境保全林で調査されている。前2者は3年間、後者は7年間の継続調査である。

内容はリターフォール量の年変動、季節変化、主要木のタブノキとスダジイの落葉量は時間の経過に伴い逆転することがある、立木本数の40%間伐でも3年間で落葉量は非間伐区とほぼ同じ値になること、19年生の環境保全林ではリターフォー

ール総量や落葉量が照葉樹自然林と同じ落下量や季節パターンを示すこと、などが解明されている。

7 | 落葉の分解

林床に堆積した落葉の分解についての研究がリターフォールの研究と同時期にはじまった。横浜（小滝・原田，1996；1997）と川崎・熱海（木村・原田，2003）とその研究例は少ない。リターバッグを林床に設置し、一定期間後にそのバッグをいくつか回収し、葉の残存量を測定するというリターバッグ法で行っている。

1、2、4、7、10、12か月後の分解の変化や年間の分解率、2週間ごとの照葉樹と落葉広葉樹の葉の分解率の夏季、秋季、冬季における季節変化、リター堆積量とリターフォール量からの平均分解率の推定などを議論している。

タブノキ、クスノキ、アラカシ、シラカシの年間分解率は50%代で樹種による差は小さいことが判明した。また、平均分解率の推定でも60%であった。

季節実験では気温の高い夏季に分解が促進され、気温が低下すると、分解速度が遅くなることが示唆された。

8 | 環境保全機能

環境保全林の構造面だけでなく、機能面での研究もはじまっている。温度の緩和機能（原田・村上，1992；林・旭，2020）、煤塵捕集では葉面に付着した煤塵量を樹種別や葉が付いている地上からの高さの違いなどによる評価を行っている（森重・原田，1997；1998）。林内雨と林外雨の中に含まれる煤塵量の比較、葉から小枝、大枝、樹幹へと流れる樹幹流中の煤塵量などが測定されている（斎藤・原田，2000；三浦・原田，2003；蛭田・原田，2003；2005）。

防音・減音機能は横浜で3か所、名古屋で1か所の測定報告がある（阿部・原田，2008；メリケノールほか，2009）。10m未満の緑地幅の環境保全林でも減音効果が認められている。また、着葉期と落葉期の落葉広葉樹や低木の植込みなどでの減音効果も測定されている。

9 | 環境保全林の自然性の評価

自然性の評価の研究は最近になってから着手さ

れるようになった。環境保全林が生長し、その地域の自然林に回復していく様子を評価するための方法として、①樹高および胸高直径、②立木密度、③低木層と草本層の植被率などの構造面の5項目と、常緑多年草、シダ植物、つる性常緑木本植物、常緑の低木層構成種、常緑植物などの種組成の5項目での評価がある（原田，2017a；2017b；原田ほか，2018）。この手法で実際に評価した事例報告もある（矢ヶ崎ほか，2019）。

構造面は除外し種組成だけで評価しようとしたものがある。これは常緑植物34種の評価種によるものである（原田・矢ヶ崎，2018）。

環境保全林の到達目標を自然林（もしくは潜在自然植生）ではなく、仮想的飽和環境保全林とした場合の手法（原田・矢ヶ崎，2019）などもあるが、研究が開始されはじめたところで事例はまだない。これから改良されながら確立されていくであろう。

10 その他

環境保全林の越冬期の鳥類構成種を都市近郊のそれと比較することにより、多様性の評価をした（阿部ほか，2001）、繁殖期と越冬期の二期について周辺の樹林地との比較をおこなっている（阿部・原田，2004）。植栽後15～20年が経過した環境保全林と隣接する住宅地の鳥類相を比較した研究もある（吉野・木下，2020）。

高密度に照葉樹を植栽するため数年経過すると、林床には分解しきれない落葉が厚く堆積し、外部から侵入してきた植物の定着が阻害されるのではないかという問題を提起している（原田・林，2019）。落葉を除去した場合の植物種の侵入についての研究もある（林・原田，2020）。厚く堆積した落葉は火災の延焼を助長する危険性について検討している（林・原田，2019）。ポット苗植栽時に敷くワラの分解についての概略がある（原田・林，2020）。

環境保全林という名称の変遷についての研究もある（鈴木・原田，2019；2020）。

おわりに

これら10項目以外にもポット苗の活着率、植樹祭や育樹祭などのイベントのあり方、植栽初期の管理方法などの項目が考えられるが、残念ながらデータを伴った論文形式のものが存在しないので省略した。また、二酸化炭素の固定も興味ある

テーマではあるが、落葉や落枝が分解する際に大気中に放出する二酸化炭素量の測定も必要である。多くの研究成果が公表されることが望まれる。資料探しにご協力いただいたIGES国際生態学センターの尾崎光彦氏にお礼申し上げたい。

使用した資料

2項目以上にまたがる文献は主要分野のほうに明記してある。

1. 環境保全林創成の理念・手法の確立

宮脇 昭・藤原一絵・鈴木邦雄. 1971. 藤沢市大庭城山地区保全のための植物社会学的研究. 藤沢市.

宮脇 昭・大野啓一. 1972. 若葉台団地建設予定地区植物社会学的調査報告. 神奈川県住宅供給公社.

宮脇 昭・鈴木邦雄・佐々木寧・藤原一絵・原田洋. 1972. 若狭高浜・田ノ浦地区の植生調査報告書. 関西電力(株).

宮脇 昭・佐々木寧・奥田重俊・原田 洋・藤原一絵・鈴木邦雄・堀田一弘. 1974. 学校環境保全林形成のための植物社会学的考察. 横浜国立大学環境科学研究センター.

宮脇 昭・原田 洋・右手和夫. 1979. 環境保全林形成のための植生学的研究. 横浜植生学会.

2. 潜在自然植生に基づく植栽種の選定

宮脇 昭・藤原一絵・木村雅史. 1983. 産業立地における環境保全林創造の生態学的、植生学的研究. 第II編環境保全林の創造と発展について. 横浜植生学会報告22.

Miyawaki, A. and K. Fujiwara. 1988. Restoration of natural environment by creation of environmental protection forests in urban areas. Bull. Inst. Environ. Sci, Technol. Yokohama Natn.Univ. 15: 95-102.

宮脇 昭・藤原一絵・鈴木伸一. 1988. 慶応義塾・藤沢キャンパス建設予定地における自然環境保全林創造. 横浜植生学会報告58.

宮脇 昭・大野啓一・藤原一絵・林 寿則・北山雅弘・原田 洋. 1993. 内子町の植生. 内子町. 大野啓一. 1996. 大分市の植生. 大分市.

国際生態学センター(編). 2002. 加賀市の植生. 加賀市.

3. 植栽木の生長挙動

宮脇 昭・原田 洋・右手和夫. 1979. 環境保全

- 林形成のための植生学的研究. 横浜植生学会. Fujiwara, K. H. Hayashi and A. Miyawaki. 1993. Restoration of natural environment by creation of environmental protection forests in urban areas. Bull. Inst. Environ. Sci, Technol. Yokohama Natn.Univ. 19 : 51-60 .
- 長尾忠泰・原田 洋. 1998. 間伐が環境保全林の構造に及ぼす影響. 日本林学会論文集, (109) : 255-258.
- 目黒伸一. 2000. 環境保全林における生育環境と樹木の生育挙動. 生態環境研究, 7 : 73-80.
- 目黒伸一・北村和洋・原田 洋. 2005. 環境保全林の間伐による生長動態とその評価. 生態環境研究, 12 : 1-10.
- 宮内大策・藤原一絵. 2007. 照葉樹環境保全林における二酸化炭素固定量推定に関する研究—照葉樹環境保全林の地上部現存量. 環境情報科学論文集, 21 : 69-74.
- 林 寿則・桜井光男・金澤 厚・旭 誠司. 2017. 太平洋側北限付近に植栽されたタブノキのポット苗の初期生長動態. 生態環境研究, 24 : 9-15.
- 林 寿則・村上雄秀・武藤一巳. 2018. 静岡県富士市に植栽された環境保全林の生長とその評価. 生態環境研究, 25 : 51-56.
- 林 寿則. 2019. 環境保全林の生長過程について. JISE REPORT, (2) : 18-20.
- 矢ヶ崎朋樹・千葉あさ美・田中あい美. 2020. 高密度幼苗植栽7年生における常緑広葉樹の成長と管理のあり方. JISE REPORT, (5) : 4-8.
- 4. 環境保全林の生長に伴う土壌動物群集の変化**
- 青木淳一・原田 洋. 1985. 環境保全林の形成と土壌動物群集 (特にササラダニ群集). 変化. 横浜国立大学環境科学研究センター紀要, 12 : 125-135.
- 原田 洋・青木淳一. 1986. 湘南海岸虹ヶ浜の砂防林試験植栽地のササラダニ群集. 横浜国立大学環境科学研究センター紀要, 13 : 207-215.
- 原田 洋・青木淳一. 1997. ササラダニ類による環境の自然性の評価の事例と検討. 横浜国立大学環境科学研究センター紀要, 23 : 81-92.
- 夏原由博・今井長兵衛・田中真一. 1997. 大阪南港発電所 (関西電力) の環境保全林 (エコロジー緑化) における樹木の発達と鳥、アリ群集の特徴 (1993 - 4年). 大阪市立環境研究所報告, 59 : 68-82.
- 唐沢重考・原田 洋. 2000. 土壌動物からみた環境保全林の自然回復過程. 生態環境研究, 7 : 1-9.
- 境野光寿・原田 洋・斐 康雄. 2002. 土壌動物からみた環境保全林の自然性の評価. 生態環境研究, 9 : 119-127.
- 一澤 圭・原田 洋・栗城源一. 2004. 土壌動物、特にササラダニ類による環境保全林の自然性の評価. 春夏秋冬, (32) : 9-18.
- 大野秀樹・古麗布斯坦 努尔买买提・原田 洋. 2004. アリ群集の種組成による自然環境の評価. 生態環境研究, 11 : 1-11.
- 5. 種組成・多様性**
- 藤間熙子・石井 茂・藤原一絵. 1994. 横浜国立大学キャンパスの現存植生. 横浜国立大学環境科学研究センター紀要, 20 : 31-96.
- 国際生態学センター(編). 2001. よこすかの植生. 横須賀市.
- 高野朝子・藤原一絵. 2003. 潜在自然植生の創造を目指して. 春夏秋冬, (29) : 23-30.
- 阿部聖哉・原田 洋. 2004. 工業立地に造成された環境保全林の植物相および鳥類相の解析. 春夏秋冬, (32) : 1-8.
- 藤間熙子・岩田芳美. 2007. 川崎市公共緑地の森林植生. 川崎市自然環境調査報告 VI : 47-70.
- 村上雄秀・林 寿則. 2017. 福井県の環境保全林の種組成. 生態環境研究, 24 : 53-62.
- 村上雄秀・林 寿則・武藤一巳. 2018. 混植・密植法による森林再生地の植生発達. 生態環境研究, 25 : 57-83.
- 原田 洋・林 寿則. 2019. 「環境保全林の種組成の回復を阻害しているのは林床に厚く堆積した未分解の落葉ではないか」という仮説. JISE REPORT, (2) : 24-26.
- 原田 洋・林 寿則. 2020. 環境保全林の種多様性解析のための試案. JISE REPORT, (5) : 15-17.
- 6. リターフォールの年変動と季節変化**
- 長尾忠泰・原田 洋. 1996. 横浜市における環境保全林のリターフォールについて. 日本林学会論文集, (107) : 145-148.
- 長尾忠泰・原田 洋. 1997. 環境保全林の間伐がリターフォールに及ぼす影響. 日本林学会論文集, (108) : 195-196.
- 長尾忠泰・原田 洋. 1998. 常緑広葉樹林の落葉

量とその季節変化. 春夏秋冬, (20) : 23-29.
 長尾忠泰・原田 洋・目黒伸一. 2003. 埋立地に
 造成された照葉樹環境保全林のリターフォール
 量の年変動と季節変化. 森林立地, 45 : 7-12.
 後藤晶子・北村和洋・原田 洋. 2003. 熱海に造
 成された照葉樹環境保全林とイロハモミジ林の
 リターフォール. 春夏秋冬, (30) : 23-31.

7. 落葉の分解

小滝愛子・原田 洋. 1996. 都市林における落葉
 の分解に関する予備的研究. 土と緑の会会報,
 (15) : 1-10.
 小滝愛子・原田 洋. 1997. 都市林における落葉
 の分解に関する予備的研究(II). 春夏秋冬, (17) :
 1-10.
 木村紀之・原田 洋. 2003. 環境保全林における
 落葉の分解. 生態環境研究, 10 : 17-26.

8. 環境保全機能

原田 洋・村上雄秀. 1992. 環境保全林の温度測定.
 横浜国大環境研紀要, 18 : 97-104.
 林 寿則・旭 誠司. 2020. 環境保全林の気温緩
 和機能について その1. JISE REPORT, (5) :
 9-12.
 森重祐子・原田 洋. 1997. 葉面付着煤塵量から
 みた環境保全林の機能についての予備的研究.
 春夏秋冬, (18) : 11-16.
 森重祐子・原田 洋. 1998. 葉面付着煤塵量か
 らみた環境保全林の機能についての予備的研究
 (II). 春夏秋冬, (19) : 27-32.
 斎藤和幸・原田 洋. 2000. 環境保全林の樹幹流
 中煤塵量と溶存成分. 春夏秋冬, (23) : 1-13.
 三浦正史・原田 洋. 2003. 熱海・東扇島環境保
 全林の煤塵捕集機能について. 春夏秋冬, (29) :
 9-21.
 蛭田真生・原田 洋. 2003. 熱海環境保全林にお
 ける捕集煤塵量の年変動と季節変化. 春夏秋冬,
 (33) : 11-18.
 蛭田真生・原田 洋. 2005. 都市域の埋立地に造
 成された照葉樹環境保全林の煤塵捕集機能. 生
 態環境研究, 12 : 51-63.
 阿部圭悟・原田 洋. 2008. 都市域に造成された
 照葉樹環境保全林の防音機能. 生態環境研究,
 15 : 1-9.
 メリケノール オボリ・目黒伸一・原田 洋.
 2009. 都市樹林の防音機能. 生態環境研究,
 16 : 63-70.

9. 環境保全林の自然性の評価

原田 洋. 2017a. 環境保全林の自然性評価手法
 の開発 その1. JISE Newsletter, (76) : 4-5.
 原田 洋. 2017b. 環境保全林の自然性評価手法
 の開発 その2. JISE Newsletter, (77) : 4-5.
 原田 洋・鈴木伸一・林 寿則・目黒伸一・吉野
 知明. 2018. 環境を守る森をしらべる. 海青社.
 原田 洋・矢ヶ崎朋樹. 2018. 常緑植物の評
 価種による環境保全林の自然性評価. JISE
 REPORT, (1) : 17-18.
 原田 洋・矢ヶ崎朋樹. 2019. 仮想的飽和環境保
 全林を到達目標とした場合の環境保全林の成熟
 度評価. JISE REPORT, (2) : 14-17.
 矢ヶ崎朋樹・小木曾晴信・原田 洋. 2019. 常緑
 広葉樹人工林を対象とした自然性評価の試み.
 JISE REPORT, (3) : 5-7.

10. その他

阿部聖哉・目黒伸一・原田 洋. 2001. 東扇島環
 境保全林における越冬期の鳥類相. 春夏秋冬,
 (26) : 1-5.
 阿部聖哉・原田 洋. 2004. 工業立地に造成され
 た環境保全林の植物相および鳥類相の解析. 春
 夏秋冬, (32) : 1-8.
 吉野知明・木下順次. 2020. 「イオンふるさとの
 森づくり」による生物生息空間創出機能. 第20
 回自然環境復元学会全国大会研究発表・講演要
 旨集 : 29-32.
 原田 洋・林 寿則. 2019. 「環境保全林の種組
 成の回復を阻害しているのは林床に厚く堆積し
 た未分解の落葉ではないか」という仮説. JISE
 REPORT, (2) : 24-26.
 林 寿則・原田 洋. 2019. 環境保全林の林床に
 堆積した落葉は火災の延焼を助長する危険性は
 ないか. JISE REPORT, (3) : 15-18.
 鈴木邦雄・原田 洋. 2019. 環境保全林からふる
 さとの森まで (1). JISE Newsletter, (81) :
 1-3.
 鈴木邦雄・原田 洋. 2020. 環境保全林からふ
 るさとの森まで (2) JISE Newsletter, (84) :
 1-4.
 林 寿則・原田 洋. 2020. 環境保全林の林床に
 堆積する落葉を除去した場合の植物種の侵入に
 ついて. JISE REPORT, (4) : 16-18.
 原田 洋・林 寿則. 2020. 環境保全林の敷
 きワラと雑草の繁茂についての考察. JISE
 REPORT, (4) : 12-15.

関東地方暖温帯域に残存する自然林3群集におけるシダ植物についての考察

原田 洋 (IGES 国際生態学センター)・尾崎光彦 (IGES 国際生態学センター)

はじめに

関東地方の暖温帯域には主要残存自然林としてヤブコウジースダジイ群集（以下、スダジイ林）、イノデタブノキ群集（以下、タブノキ林）、シラカシ群集（以下、シラカシ林）の3群集が分布している。「〇〇市の植生」という報告書が多く公表されている（宮脇ほか，1972；1973；1976；1981；1991；奥富ほか，1975；1987；国際生態学センター，2001など）、これらの中には3群集のいくつかが記載されている。主に沿岸部ではスダジイ林とタブノキ林、内陸部ではシラカシ林が多い。また、藤沢市（宮脇ほか，1971）や千葉市（宮脇・鈴木，1974）では3群集が記載されている。

これらの記載の多くは、群集を区分する上で重要な標徴種や群集を下位区分するための区分種についての説明が主体となっている。これら3群集をもう少し明確に区分できないかと思い、潜在自然植生の種組成、常緑植物の占める種数割合、つる性植物の種組成の特性などの面から比較を行っている（原田・林，2019；原田・矢ヶ崎，2020a；2020 b）。今回はシダ植物の種組成について考察した。

調査方法

引用文献に掲載されている資料に添付されている組成表の中からシダ植物を抽出し、常緑シダ植物と落葉シダ植物に区分し、出現状況を検討した。常緑か落葉かは宮脇ほか(1978)の「日本植生便覧」に従った。

結果

スダジイ林やタブノキ林のように沿岸部に生育している群集には、マメヅタ、オニヤブソテツ、

ホソバカナワラビなどが、内陸部のシラカシ林のほうに片寄って分布しているのは、シケシダ、ゼンマイ、カニクサなどで、両地域の間で種組成が若干異なっている（表1）。

タブノキ林の標徴種とされるイノデやアイアスカイノデは、頻度が低いながらシラカシ林にも認められる。

シダ植物の種数は、スダジイ林で平均10.5種、タブノキ林で13.8種、シラカシ林で12.1種と3群集の間で大きな差は認められない。

常緑シダ植物の出現種数は、タブノキ林（平均11.8種）＞スダジイ林（平均8.5種）＞シラカシ林（平均6.3種）の順になり、シラカシ林で若干少なくなっている。また、落葉シダ植物では、シラカシ林（平均5.9種）＞タブノキ林（平均2.0種）＝スダジイ林（平均2.0種）となり、シラカシ林で多くなっている（表1）。

常緑シダ植物の占める種数割合をみると、スダジイ林では70.0～90.1%、平均81.0%、タブノキ林では81.0～92.3%、平均86.3%となり、両者の間にはほとんど差がない（表1、図1）。一方、シラカシ林では36.4～57.1%、平均51.1%と常緑シダ植物の種数割合は沿岸部の2群集に比べると、かなり減少している（図1）。

考察

関東地方暖温帯域の自然林3群集の構成種のうち、シダ植物に着目すると、合計種数は3群集の間に大きな相違は認められない。ところが常緑シダ植物ではタブノキ林で多く、落葉シダ植物はシラカシ林で多い。

常緑シダ植物の占める種数割合はスダジイ林とタブノキ林は類似した値を示しているが、シラカシ林は明らかにその割合が低くなっている。緯度や標高が高くなると温度が低下し、常緑植物の種

表1 関東地方の暖温帯域に分布する照葉樹林3群集のシダ植物の種組成

群集*	1			2			3										
	真鶴町	大磯町	横須賀市	鎌倉市	藤沢市	千葉市	横須賀市	鎌倉市	藤沢市	千葉市	川崎市	横浜市	藤沢市	府中市	所沢市	比企丘陵	千葉市
調査地																	
資料数	12	5	16	12	14	14	17	8	9	5	11	15	12	8	20	11	13
常緑シダ植物																	
ヤマイタチシダ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ベニシダ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
オオイタチシダ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
クマワラビ		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○			○
オオバノイノモトソウ		○	○	○	○	○	○	○	○	○			○			○	○
ヤブソテツ		○	○			○	○			○	○	○		○	○	○	○
オクマワラビ			○						○		○	○		○	○	○	○
マメヅタ		○	○				○	○		○						○	○
トラノオシダ				○		○				○			○	○			○
イノデ				○			○	○	○		○						○
オニヤブソテツ		○			○		○	○	○								○
ホシダ	○	○							○	○				○			
ホソバカナワラビ	○		○						○	○							
オオベニシダ			○						○	○			○				
アイアスカイノデ					○				○	○			○				
トウゴクシダ	○								○								○
その他8種**	○	○		○			○	○				○					○
落葉シダ植物																	
ミゾシダ	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○				○
イヌワラビ		○		○						○		○	○	○	○	○	○
シケシダ											○	○	○	○	○	○	○
ゼンマイ					○						○	○	○	○			○
オオハナワラビ							○				○						○
フユノハナワラビ										○			○			○	
カニクサ													○	○			○
その他12種**	○			○	○		○				○	○		○	○	○	○
常緑シダ植物種数	8	10	10	9	7	7	17	9	12	9	8	4	8	6	3	4	11
落葉シダ植物種数	2	2	1	3	3	1	4	1	1	2	6	7	6	5	3	4	10
合計種数	10	12	11	12	10	8	21	10	13	11	14	11	14	11	6	8	21

* 1:ヤブコウジースタジイ群集 2:イノデータブノキ群集 3:シラカシ群集

** 出現回数2回以下はその他の種としてまとめた

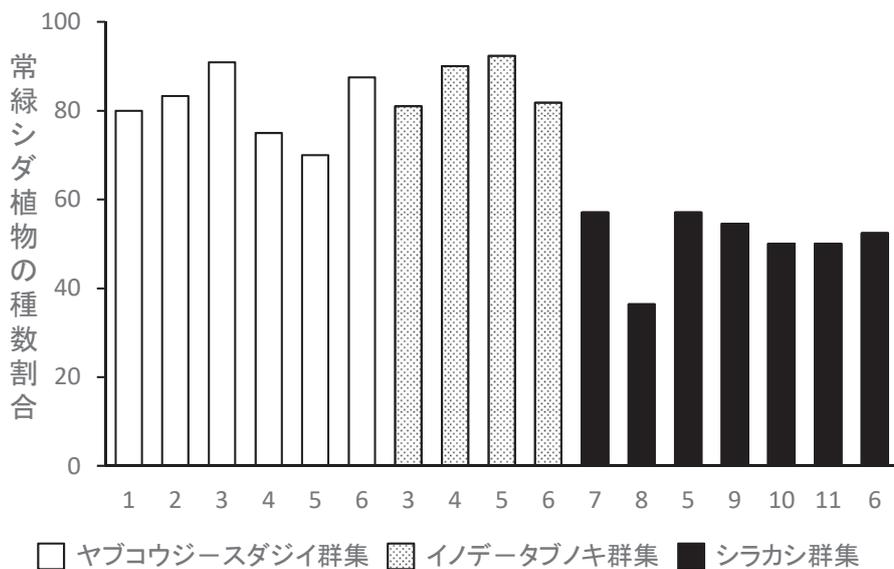


図1 関東地方の暖温帯域に分布する照葉樹林3群集における常緑シダ植物の占める種数割合

1:真鶴町 2:大磯町 3:横須賀市 4:鎌倉市 5:藤沢市 6:千葉市
7:川崎市 8:横浜市 9:府中市 10:所沢市 11:比企丘陵

数が減少することが知られている。シダ植物も同様である。同じ暖温帯域に分布していてもスダジイ林やタブノキ林よりシラカシ林は低温域に分布しているので常緑シダ植物の種数やそれが占める種数割合が低いことが予想される。

シラカシ林の林床はスダジイ林やタブノキ林よりも明らかに明るい。これは高木層を形成するスダジイ、タブノキ、シラカシ3種の特徴によるもので、葉群の密度や葉の通光性などの違いが考えられるが、そのような研究データは見当たらない。スダジイ林やタブノキ林では少ない光量でも生活できる常緑シダ植物の生育が可能となる。一方、落葉シダ植物のほうは多くの光量を必要とするので、林床が明るいシラカシ林のほうが生育しやすい。

その結果、スダジイ林やタブノキ林では常緑シダ植物の種数が多くなり、常緑シダ植物の占める種数割合が高くなったと考えられる。

引用文献

- 原田 洋・林 寿則. 2019. JISE REPORT, (2): 10-13.
- 原田 洋・矢ヶ崎朋樹. 2020a. JISE REPORT, (4): 1-3.
- 原田 洋・矢ヶ崎朋樹. 2020b. JISE REPORT, (5): 13-14.
- 国際生態学センター(編). 2001. よこすかの植生.
- 真鶴半島総合調査会(編). 1994. 真鶴半島総合調査報告書.
- 宮脇 昭・奥田重俊・望月陸夫. 1978. 日本植生便覧.
- 宮脇 昭・鈴木邦雄. 1974. 千葉市の植生.
- 宮脇 昭ほか. 藤沢市の植生(1971); 横浜市の植生(1972); 鎌倉市の植生(1973); 比企丘陵の植生(1976); 川崎市および周辺の植生(1981); 大磯町の植生(1991)
- 奥富 清ほか. 府中市の植生(1975); 所沢市の植生(1987)

ラオス産マテバシイ属実生苗の 生育状況診断と生産上の課題

矢ヶ崎朋樹 (IGES 国際生態学センター / 自然資源・生態系サービス領域)
ラタナボンコット ブンチャン (ルアンプラバン県林業セクション)
荒木祐二 (埼玉大学 教育学部)

1 はじめに

生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム (IPBES: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) は、生物多様性と生態系サービスに関する世界的動向を科学的に評価し、科学と政策の関係を強化することを目的として2012年4月に設立された政府間組織である (環境省編、2016)。そのIPBESは2018年3月公表の「土地劣化と再生に関する評価報告書」のなかで、「土地劣化は地球の陸地の至る所で発生し、土地劣化の防止及び劣化した土地の再生は人々の福利を保証するために緊急の課題」と論じ、「持続可能な方法で管理された多様な種による植林 /Species-diverse, sustainably managed plantations は生態的機能を再生し、代替生産資源を生み出して未劣化の土地の保護や安定した生計の助けになる可能性がある」(IPBES、2018) と指摘している。

インドシナ半島に位置するラオス人民民主共和国 (以下、ラオス) は毎年6月1日を「全国植樹の日 /National Tree Planting Day」に制定し、人口約710万人 (LSB, 2020) の国民全土に植樹を奨励している (MAF, 2005)。この植樹では、通常、樹種の選定は国内地域 (郡や村落レベル) のニーズに応じて行われることが多く、多様な種による植林は一部地域では実践されているものの、決して国内の広範囲に普及・定着しているものではない。その背景には、ラオス国内の現行の植林手段は、森林・樹木の質 (種類) や生物多様性への配慮を政策上盛り込んではいないものの、実際には量 (植樹本数と面積) に注目する傾向があり、多様な種 (とくに在来種) の植林を奨励するよりも経済的価値

の高い外来種と大規模な植林を促進することに重点を置いている実情がある。しかし、近年、ラオス国内では、単一樹種による造林地 (パラゴム植林) の拡大 (中田、2009) や洪水、干ばつ、土砂災害などの自然災害強度・頻度の高まり (CFE-DM、2021) を背景に、生物多様性の低下や土地の劣化、及びそれらに伴う自然資源・生態系サービスの減少・枯渇への懸念から、荒廃地 / 荒廃林の修復や植樹を通じた生活・環境の改善に向けて、樹種のもつ様々な価値の再認識と多様な樹種の採用に基づく植林の必要性が認識されつつある (ラタナボンコット、印刷中^{*1})。その表れとして、すでにラオス国内の複数の地域で、これまで注目されることのなかった在来種を用いた植樹活動 (矢ヶ崎、2019) や混合種による森林再生 /Mixed-species forest restoration (Kien、2020) が地域コミュニティとの協働により実践されてきている。

植林において苗木の育成は不可避であり (山手、1993)、とくに多様な種による植林を展開し成功に導くためには、対象樹種の生態的特性を把握し、良質苗を生産するための技術開発とその普及が重要になってくる。こうしたことから、筆者は、ラオス国内に自生する複数の在来樹種の有用性に着目し、良質苗の生産に必要な環境条件を明らかにするとともに、土地劣化の防止や森林再生を推進することを目的とした研究・技術支援を展開してきている。その一環として2017年より、ラオス国内の有用在来樹種のうち、とくに薪炭材や器具材・建築材としての価値が高く、現地で売買・利用されているブナ科マテバシイ属樹木に関して実生苗の栽培を開始し、良質苗の生産技術の向上や植樹に資する苗数の確保に努めてきている (矢ヶ崎、2019; 矢ヶ崎ほか、2020)。

本報では、ラオス産マテバシイ属の一種 *Lithocarpus thomsonii* (Miq.) Rehder の実生苗 (写

真1) について、生育状況診断に関わる若干の知見を報告するとともに、栽培を通して具体化した苗木生産上の課題について考察する。

2 | 対象と方法

分析対象とした樹種は *L. thomsonii* (現地名: コータムー) である。

この果実を2017年9月上・中旬にかけてルアンプラバン県内の村落より調達・採取し、数日間水につけて不良・不稔果実を取り除いた後、2017年9月18日、市販のポリエチレン製育苗ポット(径9cm×高さ20cm、底面の径6.4cm)1鉢あたりに5つの果実を播き出した。播き出しにあたっては、土壌タイプの異なる培地として、①マテバシイ属樹木自生地の森林土 Forest soil 100% (F区)、②購入培養土 Purchased soil 100% (P区)、③砂泥質土 Sand-mud mixed soil 100% (S区)、④椰子殻繊維^{*2} Coconut husk fiber 100% (C区^{*3}) からなる計4つの栽培区を設け、土壌以外の条件に大差が生じないように苗圃管理に留意し、栽培を開始した。

その後、播種後およそ12ヶ月目にあたる2018年9月5日に培地土壌のpHをポータブル型pHメータ(HORIBA、D-74)を用いて測定した。また、播種後18ヶ月目にあたる2019年3月16~17日に各栽培区より苗高の大きいものから10個体を選び、各個体の最大葉の葉身の長さ(葉身が最も広くなる場所)を測定するとともに、マンセル表色系に基づく色見本帖(Munsell Color, 2017; 日本色彩研究所、2008)を用いて目視により葉色を記録した。さらに、葉緑素計(コニカミノルタ製、SPAD-502Plus)を用いて葉面の任意の10点においてSPAD値を測定した。SPAD値とは、クロロフィル含量に比例した葉緑素計(コニカミノルタ製)に特有の指数であり(只木・木下、1988)、これまでに栽培植物や樹木への応用事例が多く知られている。

以上の測定・記録データを室内に持ち帰り、表計算ソフト(MS Excel)を用いて解析を行った。葉身長・葉身幅およびSPAD値の栽培区間の比較に際しては、有意水準5%として一元配置分散分析とボンフェローニ法による多重比較検定を実施した。

3 | 結果

播種1年後(2018年9月5日)の培地のpHは、

F区/森林土(6.2)、P区/購入培養土(6.9)、S区/砂泥質土(6.9)、C区/椰子殻繊維(6.7)であった。

測定対象とした葉(n=40)の長さ(葉身長)と幅(葉身幅)の関係を示したのが図1である。葉身長と葉身幅との間には強い正の相関が認められ($r \doteq 0.90$)、葉身長Lと葉身幅Wとの比(L:W)は2.6~4.8:1、葉形は概ね長楕円形、披針形または倒披針形(清水、2001)を呈していた。これらの葉について、サイズ(葉身長、葉身幅)の平均値±標準偏差を培地ごとに求めると、F区/森林土(14.4±2.2cm、4.2±0.6cm)、P区/購入培養土(14.2±1.4cm、4.0±0.4cm)、S区/砂泥質土(9.4±2.3cm、2.7±0.5cm)、C区/椰子殻繊維(8.2±2.0cm、2.0±0.2cm)となった。葉身長ではF・P区とS・Cとの間で、葉身幅ではF・P区とS区、C区との間でそれぞれ有意な差が認められ、葉サイズは森林土・購入培養土で大きく、砂泥質土・椰子殻繊維で比較的小さかった(表1)。

葉色のマンセル値を栽培区ごとにまとめ図2に示す。F区(森林土)・P区(購入培養土)では5GY4/6、5GY4/8、5GY5/8を呈するのに対し、S区(砂泥質土)・C区(椰子殻繊維)では5GY5/8に加えて、2.5GY6/8、2.5GY6/10、2.5GY7/6、2.5GY7/8、2.5GY8/6、2.5GY8/8の葉が見られ、色相の黄化(黄変)の傾向が確認された。

これらの葉について、SPAD値の平均値±標準



写真1. 播種後24カ月の状況 (F区)。

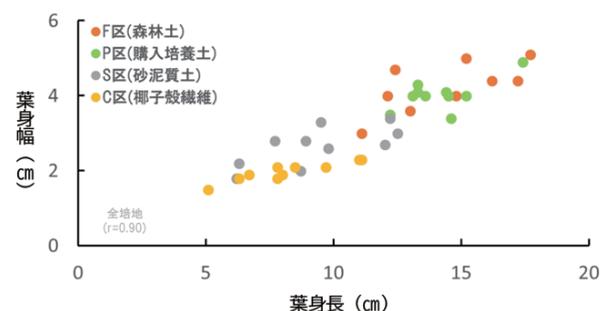


図1. 異なる培地で育成された *L. thomsonii* の葉身長と葉身幅との関係。

表 1. 各栽培区における葉身長・葉身幅の平均値および標準偏差.

栽培区	F	P	S	C
土壌タイプ	森林土	購入培養土	砂泥質土	椰子殻繊維
葉身長 (cm)	14.4±2.2 ^{*1}	14.2±1.4 ^{*1}	9.4±2.3 ^{*2}	8.2±2.0 ^{*2}
葉身幅 (cm)	4.2±0.6 ^{*3}	4.0±0.4 ^{*3}	2.7±0.5 ^{*4}	2.0±0.2 ^{*5}

*異数字間有意差あり (one-way ANOVA; 多重比較/ボンフェローニ法; p<0.05)

F区	森林土	5GY 4/6	5GY 4/8	5GY 5/8					
P区	購入培養土	5GY 4/6	5GY 4/8	5GY 5/8					
S区	砂泥質土			5GY 5/8	2.5GY 6/8	2.5GY 6/10			
C区	椰子殻繊維			5GY 5/8	2.5GY 6/10	2.5GY 7/6	2.5GY 7/8	2.5GY 8/6	2.5GY 8/8

※本チャート上の色は、表色系をマンセル値からRGB値に変換して表示している。変換にあたっては、Munsell Color, 2006. "Munsell Conversion Data Tables" (http://www.munsellcolor.com/index2.htm) を使用した。

図 2. 各栽培区における実生苗の葉の色^{*4}.

表 2. 各栽培区における SPAD 値の平均値および標準偏差.

栽培区	F	P	S	C
土壌タイプ	森林土	購入培養土	砂泥質土	椰子殻繊維
SPAD値	34.3±4.1 ^{*1}	35.8±5.5 ^{*1}	27.6±4.4 ^{*2}	19.5±7.6 ^{*3}

*異数字間有意差あり (one-way ANOVA; 多重比較/ボンフェローニ法; p<0.05)

偏差を培地ごとに求めると、F区(森林土) 34.3 ± 4.1、P区(購入培養土) 35.8 ± 5.5、S区(砂泥質土) 27.6 ± 4.4、C区(椰子殻繊維) 19.5 ± 7.6 となった。SPAD 値は F区・P区と S区、C区との間で有意な差が認められ、森林土・購入培養土で高く、次いで砂泥質土、最も低い値を示したのは椰子殻繊維であった(表2)。

4 考察

(1) 苗木の生育状況

各栽培区における苗高、根元直径については別報(矢ヶ崎ほか, 2020)にまとめ、「森林土において苗木の成長量が最大」かつ「砂泥質土、椰子殻繊維では相対的に低い」ことを確認している。それによると、播種後24カ月の時点では、F区(森林土)の苗木は良好な生育を示し(写真1)、苗高及び根元直径(いずれも平均値)は他の栽培区中最大で、それぞれ71.2cm、4.6mmであった。これに対し、S区(砂泥質土)ではC区(椰子殻繊維)に次いで低い値を示し、苗高は36.2cm、根元直径は2.9mmであった(矢ヶ崎ほか, 2020)。詳細な土壌分析を実施していないため栽培区の間で成長差が生じた直接的な原因については特定できていないが、「培地の種類により土壌中の養分や排水性に違いが生じている」と考えら

れる(矢ヶ崎ほか, 2020)。なお、C区(対照区^{*3})で用いた椰子殻繊維については、早期熟成されたレッドピート^{*5}に該当するものと考えられ、苗木の生育が不良であるのは、養分以外の生育障害^{*3}が生じた可能性もある。

葉のサイズや色は植物の生育状況を表す指標として知られ、とくに農業分野における作物や緑化用樹木の生育状況診断において参考とされている(清水, 1990)。SPAD 値は植物葉の単位面積あたりのクロロフィル濃度との相関が認められ(陶山・作田, 2009)、葉緑素・窒素含有率の指標(西田ほか, 2015)とされている。SPAD 値は季節による変化や樹種による違いが生じる(吉川ほか, 1994)が、「従来の目視による樹木の定性的な衰退度評価に対し、より客観的かつ定量的な衰退状況の評価方法として、SPAD 値の実用化が期待される」との指摘(石間ほか, 2017)がある。

今回の結果において、砂泥質土と椰子殻繊維の栽培区では、森林土のそれに比べ、苗木の葉身サイズや SPAD 値が小さく、葉がやや黄化しており、加えて、苗木の成長量(全体サイズ)が他の栽培区よりも小さくなっている(矢ヶ崎ほか, 2020)。この2つの栽培区では、苗木の生理活性が相対的に低くなっていると推察される。これらの表れは、生育不良の事例として、今後の苗木の成長状況診断における目安になるであろう。

(2) 今後の課題

今回培地に用いた砂泥質土は、ルアンプラバン県関係者が苗木を育成する際によく用いる土壌タイプのひとつで、調達が容易で、比較的安価なことから現地で多用されている。その砂泥質土に関しては、本栽培を通して *L. thomsonii* の育苗には適さないことが明らかになっている。

このことにより、育苗スタッフの間では、土壌調達面での意識の変化(とくに栽培土壌の質への新たな認識)が生じている。とくに、対象種自生地土壌(森林土)の培地としての高い適性が確かめられたことから、自生地土壌の保全の意義が認識されるとともに、その土壌を資源として捉える見方が生まれている。しかし、たとえ自生地土壌の価値が高まったとしても、利用できる土壌の量には限界があるため、自生地からの土壌や森林資源の乱獲は避けなければならない。

このことから、安定かつ確実な良質苗生産のため、自生地の森林土の特性を化学的、物理的、生物的な観点から総合的に分析し、その結果に基づ

き、利用可能な現地資材を活用して培養土を生産・確保していくことが重要となってくる。今後は、現地関係者との間でこの共通認識を深め、長期計画の下で対象樹種の育苗技術を向上させ、地域資源（土壌や種子など）を有効活用しながら、植樹活動を持続可能な形で展開していくことが課題である。

謝辞

本研究の推進にあたっては、経費の一部を公益信託経団連自然保護基金、公益財団法人イオン環境財団環境活動助成より支出した。関係各位に心より御礼申し上げる。

注釈

- *1: 2019年度 IGES-JISE 市民環境フォーラム講演記録として「生態環境研究」誌に投稿している（印刷中）。
- *2: 繊維部分以外の残渣 residue を含む。
- *3: 対照区として、土壌以外の資材を培地に用いている。
- *4: 図上の色は参考イメージであり、マンセル値が示す色を正確に反映できていない。
- *5: 国際緑化推進センターウェブサイト「途上国森林ビジネスデータベース」「ヤシ殻資材」(URL) <https://jifpro.or.jp/bfpro/sanpin/sanpin-05/1326/>（2021年3月30日参照）

引用文献

- Center for Excellence in Disaster Management and Humanitarian Assistance (CFE-DMHA). 2021. *Disaster Management Reference Handbook - Lao PDR*. 105pp.
- IPBES. 2018. *The IPBES assessment report on land degradation and restoration*. Montanarella, L., Scholes, R., and Brainich, A. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 744pp.
- 石間妙子・須田隆一・金子洋平・梶原佑介・濱村研吾・清水英幸. 2017. 山地森林域におけるブナの衰退状況評価の試み—葉緑素計 SPAD 値と目視衰退度および胸高直径相対成長率との関係. *全国環境研会誌*, 42 (2) : 16-21.
- 環境省編. 2016. 生物多様性分野の科学と政策の統合を目指して. 7pp.
- Kien Dang. 2020. Socio-ecological resilience building through mixed-species forest restoration in Viet Nam. In: Takahashi, Y., Kien D., Camacho, L., Nishi, M., Dunbar, W., Matsuo, A., Miwa, K., Mader, A., Yanagiya, M., and Takeuchi, K. *Role of socio-ecological production landscapes and seascapes in the face of COVID-19 and towards transformative change*, 3.
- Lao Statistics Bureau. 2020. *Statistical Yearbook 2019*. 185pp.
- Ministry of Agriculture and Forestry, The Government of Lao PDR. 2005. *Forestry Strategy to the Year 2020 of the Lao PDR*. 89pp.
- Munsell Color. 2017. *Munsell Plant Tissue Color Book*.
- 中田友子. 2009. 南ラオスの開発と地域住民の文化変化に関する予備的考察. *神戸外大論叢*, 60(4): 71-95.
- 日本色彩研究所. 2008. マンセルシステムによる色彩の定規 拡充版. 日本色研事業, 東京.
- 西田瑞彦・芳村裕之・高橋智紀・中山壮. 2015. スマートフォン装着用の接触型接写レンズを用いた水稻葉デジタル写真の画像データと SPAD 値との関係. *日本土壌肥科学雑誌*, 86 (3) : 202-206.
- 清水武. 1990. 原色要素障害診断事典. 257pp. 農文協, 東京.
- 清水建美. 2001. 図説 植物用語事典. 323pp. 八坂書房, 東京.
- 陶山健一郎・作田耕太郎. 2009. 葉緑素計 (SPAD-502) によるシダレザクラとソメイヨシノの葉中クロロフィル濃度の比較. *九州森林研究*, 62: 90-93.
- 只木良也・木下真実子. 1988. 葉緑素計 SPAD-501 を用いて測定した樹木の葉のクロロフィル濃度. *日本林學會誌*, 70 (11) : 488-490.
- 矢ヶ崎朋樹. 2019. ラオスにおける森林保全と環境教育支援活動. *JISE Newsletter* 83: 1-3.
- 矢ヶ崎朋樹・ラタナボンコット プンチャン・荒木祐二. 2020. ラオス北部ルアンプラバンにおけるマテバシイ属実生苗の初期成長. 自然環境復元学会第 20 回全国大会 (東京) 研究発表・講演要旨集, pp. 43-46.
- 山手廣太. 1993. 熱帯地域における育苗の実務. 130pp. 国際緑化推進センター, 東京.
- 吉川賢・井上雄介・嶋一徹・千葉喬三・坂本圭児. 1994. 樹木の葉のクロロフィル濃度の季節的变化. *日本緑化工学会誌*, 19 (4) : 215-222.

樹葉の防火機能に関する基礎実験 — 葉の厚さ・樹葉含水率・脱水時間の関係 —

林 寿則 (IGES 国際生態学センター)

1 はじめに

樹木の防火機能に関する研究では、樹葉含水率 (佐藤, 1944; 岩崎, 2017) や樹葉に含まれる含油成分に焦点をあてたもの (山下, 1986)、樹葉の形態・厚さに関するもの (福島・山岸・高橋, 1983; 山下, 1986)、また、火熱に曝露された場合の樹葉水分の脱水時間を計測した実験 (中村, 1948)、さらに、火熱に対する樹葉の難燃性を比較したもの (岩河, 1983) などが行われている。これらの研究結果から、一般に葉が厚く、樹葉含水率が高く、脱水時間が長い樹種は防火力が高い傾向があると評価されている。しかし、植物個々の生理的・形態的多様性に加えて、火災発生場所の立地環境や気象条件は様々であることから、樹種ごとの防火性能を定量的に評価することは難しい側面がある。ここでは、葉の厚さ、樹葉含水率、輻射加熱時の樹葉水分の脱水時間を計測した実験から、それぞれの関連性について経過報告する。

2 実験の方法

神奈川県横浜市内に植栽されている針葉樹 8 種 (アカマツ、アズマネザサ、イチヨウ、イヌマキ、カイヅカイブキ、シュロ、スギ、ヒノキ)、常緑広葉樹 18 種 (アオキ、ウバメガシ、オオムラサキ、カクレミノ、カナメモチ、キンモクセイ、クスノキ、クチナシ、サンゴジュ、シラカシ、スタジイ、タブノキ、トベラ、マテバシイ、モッコク、ヤツデ、ヤブツバキ、ヤマモモ)、落葉広葉樹 5 種 (アジサイ、ソメイヨシノ、ハナミズキ、モミジバズカケノキ、ユリノキ) を対象として、これらの樹葉を採集し、主脈部を避けて葉の厚さをデジタルノギスで計測した。その後、加熱乾燥式水分計 (A&D 社製 MX-50) に付属している電子天秤に



写真 1. 加熱乾燥式水分計による樹葉含水率計測

より、各生葉を $0.2 \pm 0.02\text{g}$ に切り取り、 130°C 加熱により樹葉含水率を計測するとともに、単位重量 ($0.2 \pm 0.02\text{g}$) 当たりの樹葉に含まれる全ての水分が失われるまでの時間 (以下、脱水時間という) を記録した。なお、検体は各樹種 3 個体から樹葉を 1 枚ずつ採集し、葉の厚さ (mm)、樹葉含水率 (%)、脱水時間を計測・記録し、分析は各樹種 3 個体の平均値を算出して比較した。

3 実験の結果と考察

(1) 葉の厚さと樹葉含水率との関係

多くの樹種の葉の厚さは $0.2 \sim 0.4\text{mm}$ の範囲にあった (図 1)。アカマツ (0.77mm) やカイヅカイブキ (0.77mm)、ヒノキ (0.69mm) などの針葉樹は、硬質の針状の葉が広葉樹の 2 倍以上の厚さ (径) となっている。一方、アズマネザサの葉の厚さは 0.10mm で他の樹種に比べて顕著に薄い形態となっている。広葉樹の中で厚い葉を持つ樹種は、モッコクやサンゴジュなどの常緑広葉樹と落葉広葉樹のアジサイなどであった。

樹葉含水率は、イチヨウが最も高く平均 78.9% であった。次いで、アジサイ (78.0%)、カクレミ

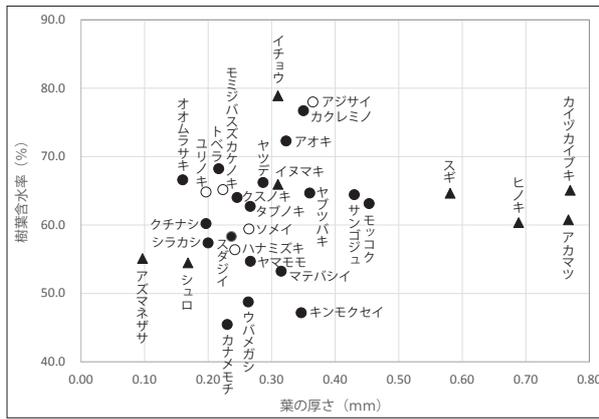


図 1. 樹葉含水率と葉の厚さとの関係

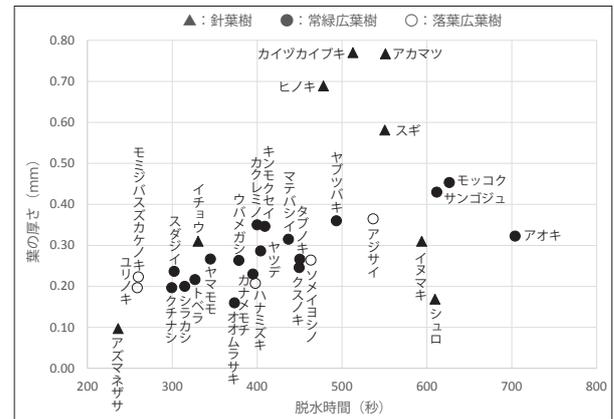


図 3. 葉の厚さと脱水時間との関係

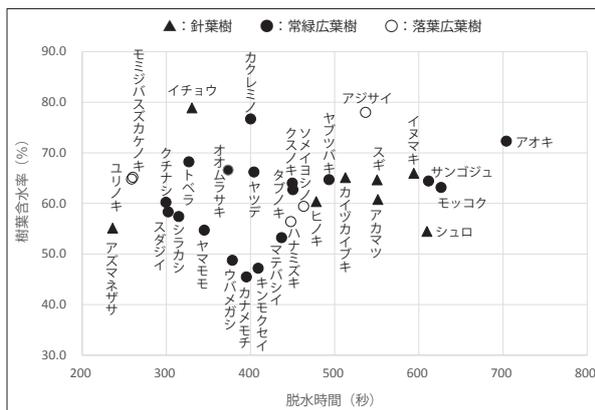


図 2. 樹葉含水率と脱水時間との関係

リノキやモミジバスズカケノキといった落葉広葉樹も脱水時間が短い傾向が認められた。同一重量の樹葉を比較した場合、アオキはアズマネザサに比べて、樹葉の水分が消失するまでに約3倍の時間がかかることが明らかになった。

今回の実験から、樹葉含水率と脱水時間との間には相関関係は認められなかったが、農林省林業試験場(1971)により高い防火機能が期待できる樹種として分類されているアオキやサンゴジュ、モッコク、イヌマキなどは、樹葉含水率が高く、かつ脱水時間も長くなっており、こうした評価を裏付けていると考えられた。

ノ(76.7%)、アオキ(72.3%)となっている。

一方、含水率が低い樹種には、カナメモチ(45.5%)、キンモクセイ(47.2%)、ウバメガシ(48.8%)、マテバシイ(53.3%)など常緑広葉樹が多かった。含水率の高いイチョウと低いカナメモチの差異は33.4%もあった。

アカマツやカイツカイブキなど針葉樹の葉は著しく厚いが、樹葉含水率は顕著に高いとは言えなかった。

一方、イチョウやアジサイ、カクレミノ、アオキなど樹葉含水率の高い樹種の葉の厚さは0.31～0.37mmで、広葉樹の中ではやや厚い部類に入るが、特に厚い葉を保持しているとは言えない。以上の結果から、葉の厚さと樹葉含水率との間に、明らかな相関関係は認められなかった。

(2) 樹葉含水率と脱水時間との関係

同一重量(0.2 ± 0.02g)の樹葉を加熱した際、脱水時間が最も長かった樹種はアオキで、モッコク、サンゴジュなど、いずれも常緑広葉樹がこれに続いた(図2)。常緑針葉樹であるシュロやイヌマキなどがこれらに次いで長かった。

脱水時間が最も短い樹種はアズマネザサで、ユ

(3) 葉の厚さと脱水時間との関係

葉の厚さと脱水時間との関係について図3に示す。針葉樹では、カイツカイブキやアカマツ、ヒノキ、スギは、葉が厚く脱水時間も長い傾向があった。シュロは葉が薄くイヌマキは広葉樹と同程度の厚さとなっているが、広葉樹と比較すると脱水時間は長い樹種に位置付けられた。

常緑広葉樹においても、針葉樹ほど明瞭ではないが、葉の厚さと脱水時間との間に相関関係が認められた。葉が薄く脱水時間が短い樹種には、クチナシ、スダジイ、シラカシ、トベラなどが含まれ、逆に、葉が厚く脱水時間が長い樹種には、モッコク、サンゴジュ、アオキ、ヤブツバキなどが上げられた。

被験樹種が少ない落葉広葉樹に関しては、さらに緩やかではあるが、相関関係があるように思われた。葉が薄く脱水時間が短い樹種は、ユリノキ、ケヤキ、モミジバスズカケノキで葉が厚く脱水時間が長い樹種はアジサイとなっている。今後、樹種数を増やして実験を積み重ね、傾向を把握する必要がある。

4 | まとめ

31種類の樹葉（生葉3個体の平均値）について、①葉の厚さ、②樹葉含水率、③脱水時間に関する実験を行い、以下の結果を得た。

本実験による樹葉の厚さ、樹葉含水率、脱水時間それぞれの上位10種は以下のとおり。

- ① 葉が厚い上位10種：アカマツ (0.77mm)、カイヅカイブキ (0.77mm)、ヒノキ (0.69mm)、スギ (0.58mm)、モッコク (0.45mm)、ヤブツバキ (0.36mm)、カクレミノ (0.35mm)、キンモクセイ (0.35mm)、アオキ (0.32mm)、マテバシイ (0.32mm)
- ② 樹葉含水率が高い上位10種：イチヨウ (78.9%)、アジサイ (78.0%)、カクレミノ (76.7%)、アオキ (72.3%)、トベラ (68.3%)、オオムラサキ (66.6%)、ヤツデ (66.2%)、イヌマキ (66.0%)、カイヅカイブキ (65.1%)、ユリノキ (64.8%)
- ③ 脱水時間が長い上位10種：アオキ (704秒)、モッコク (626秒)、サンゴジュ (612秒)、シュロ (610秒)、イヌマキ (594秒)、アカマツ (551秒)、スギ (551秒)、アジサイ (537秒)、カイヅカイブキ (513秒)、ヤブツバキ (493秒)

3つの項目全てにおいて上位10種に含まれる樹種は、カイヅカイブキとアオキであった。同様に2つの項目に含まれる樹種は、アカマツ、スギ、モッコク、ヤブツバキ、カクレミノであった。

また、3つの実験項目の中では、葉の厚さと脱水時間との間に最も高い相関関係が認められ、針葉樹、広葉樹を通じた傾向であると考えられた。

樹葉含水率と接炎に対する引火の有無について実験を行った石田・斉藤 (2001) によれば、含水率が20%に減少すると発火する危険性が増大し、10%以下になると多くの樹葉は発火することを指摘していることなどから、一般的には火熱に曝露された際、脱水時間が長いほど、発火し難いことが予測される。しかし、樹葉の燃焼性状について実験を行った林 (2021) によれば、揮発性成分を多く含有するアカマツ、スギ、ヒノキ、カイヅカイブキなどの針葉樹は、輻射加熱に対しては脱水時間が長く、発炎に至るまでの時間も長い、火炎近傍では広葉樹に比べて短時間で発火する傾向があったことを報告しており、針葉樹においては、必ずしも葉が厚く含水率も高く、脱水時間が長い

ことから耐火性が高いとは評価できない。

既往報告（農林省林業試験場, 1971ほか）において、防火機能が高いと評価されているイチヨウに関しては、葉は薄く脱水時間も短い部類に属するが、樹葉含水率が著しく高いという特徴が認められた。なお、樹葉含水率に関しては、季節変動や個体差が大きい場合があることに留意する必要がある。また、防火樹として取り上げられることが多いサンゴジュは、樹葉含水率は平均的もしくはやや高い位置にあり、葉は厚く脱水時間も長いという特徴がある。同様の特性はアオキとモッコクにも認められた。

本実験は、各樹種の生葉を同一重量に切り取って実験・比較したものであるから、実際に植栽されている個々の樹木全体が有する水分量、葉の量や密度・表面積の違い、さらに、加熱温度や加熱方法（輻射、接炎、熱風、火の粉）など、様々な条件による実験を設計し結果を積み重ねていく必要がある。

謝辞

国立大学法人横浜国立大学には、大学構内の樹葉の採集についてご理解をいただき感謝申し上げます。

引用文献

- 福嶋 司・山岸 匠・高橋啓二. 1983. 森林群落の構造からみた防火機能の評価 1. 森林群落を中心とした防火機能の評価方法. 千葉大園芸報, 31:101-106.
- 林 寿則. 2021. 火炎近傍及び輻射熱に対する樹葉の燃焼性状. 第24回自然環境復元学会大会発表要旨集, 39-42.
- 石田真奈美・斉藤庸平. 2001. 樹葉の接炎耐火性能に関する研究. 日本造園学会関西支部大会研究発表要旨集, 53-54.
- 岩河信文. 1983. 樹木の防火機能に関する研究 - 樹葉の耐火限界 -. 造園雑誌, 46(5):153-157.
- 岩崎哲也. 2017. 樹木の防火機能について - 葉の含水率 -. 巨樹・巨木林, 54:32-33.
- 中村貞一. 1948. 樹林防火力の研究 第1報 - 緑地用樹木の葉の含水率と脱水時間についての比較実験. 造園雑誌, 12(1):13-17.
- 農林省林業試験場. 1971. 林業試験場研究報告 (239):1-139.
- 佐藤敬二. 1944. 樹木の耐火性研究. 山林, 74:4-10.
- 山下邦博. 1986. 針葉樹と広葉樹の発火性の相違について. 火災, 36(5):12-18.

「科学知」を社会実装するための 論理を考える（書評）

鈴木邦雄（地球環境戦略機関 国際生態学センター・神奈川県立産業技術総合研究所）



佐倉 統著『科学とはなにか 新しい科学論、いま必要な三つの視点』Blue Backs B-2158, 講談社、2020年12月刊
ISBN 978-4-06522142-6

書の構成【もくじ】：

はじめに—新しい科学論が必要な理由

第1章 「なぜ」「どのように」科学について語るのか？

第2章 科学の事実と日常の事実—科学技術の方法論

第3章 科学技術は誰のものか—（1）近代科学の誕生以前は

第4章 科学技術は誰のものか—（2）「科学のあり方」が変質していくなかで

第5章 科学知と生活知—科学技術の飼い慣らし方・理論編

第6章 「二正面作戦」を戦い抜くために—科学技術の飼い慣らし方・実践編

第7章 「今」「ここ」で科学技術を考えること

終章—科学技術を生態系として見る

『JISE Report』の書評として、私が佐倉氏の著書を取り上げた理由は、2つある。

第一に、佐倉氏が、霊長類の動物行動学、すなわち生態学分野の研究を振り出しに、進化論さらには科学論に関する著書・論文を発信してきているからである。本書においても、随所に生態学・生態系概念を用いた科学論が語られている。第二に、450年前までの日本では、科学者が企業・社会の実践的活動に対して一定の距離感を持っていた。そんな時代・1970年代から JISE 終身名誉センター長・宮脇昭先生は、企業・社会の実践的活動（象徴的に言えば環境保全林創造）に積極的に寄与し、生態学、特に植生学分野での研究者として高い評価を受けるだけでなく、社会的にも高い評価を受けている。社会のなかにおける科学や技術の扱われ方・科学と社会のかかわり方について、佐倉氏が明確に論じており、宮脇理論・宮脇哲学の価値を理解する一助となると思ったからでもある。そのこともあり、単なる書評にとどま

らず、書き過ぎとなっている点はお許しいただきたい。

総務省の統計（2016）によれば、日本の研究者数は84万7100人、10年間で3.3%増加している。経済産業省の統計（2013）によれば、研究人材は、企業に66.6万人、大学に38.9万人、公的研究機関等に8.6万人としている。研究者を科学者全般まで広げれば、100万人をはるかに超える人数となる。生活の糧あるいはライフワークとして、科学者を目指している若者・研究者の多くは、自らの科学研究の成果だけが尺度となり、安定的な職・地位が得られ、社会的評価が高くなるとは思っていない。当然ながら、時代的背景、研究テーマ、人脈、偶然などの存在を考えざるを得ず、どうすれば自らの研究成果が社会的評価となるかという点に強い関心を持っている。それは、工学など応用科学に限ることではなく、これまで基礎科学・純粋科学とされていた分野でも当てはまるように

なっている。例えば、基礎科学として位置づけられていたにもかかわらず、近年、企業社会が求めている情報科学・データサイエンス分野に共通する基盤科学として、数学が脚光を浴びている。したがって、本書に示されている、科学あるいは科学技術を歴史・社会という環境との関係（後述の生態系）という視点でとらえることは、21世紀の科学のあり方を考えることにもなる。その意味でも、自らの研究がどのようにして職に結び付く評価に繋がってくるかについて、示唆に富んだ答えを提供してくれている。

新しい科学論を論じる原点として、「科学者の社会的評価が科学的な尺度によってのみ決まらべきだと考えるのであれば、それはあまりにも単純で、不遜な科学至上主義でしかない」（p.7）。また、「社会と日常生活が科学技術にどっぷりと頼っている」（p.10）にもかかわらず、専門的な学会と社会一般とでは、距離がどんどん遠くなっているのも事実であるとしている。確かに、2020年に顕在化した学術会議のあり方も、政治問題としてだけでなく、学問と社会との関係が変化しているから生じた問いかけととらえることができる。また、2020-21年の新型コロナウイルス感染症対策において、科学と政治の役割分担があいまいなまま、社会活動を制限する緊急事態宣言が出されたことへの不信感があり、中途半端という印象も強い。言葉の定義として、自然界の成り立ちを知ることが「科学」であり、人工物をつくるのが「技術」であり、両者の融合領域が「科学技術」であることを確認しており（第1章）、拡大する「科学技術」を論じることで、「今」と「これから」の『科学とはなにか』という課題の答えを導いている。

第2章では、科学技術の「社会的デザイン」について論じている。佐倉氏の考え方を解釈するに、環境保全林を実践することは技術であって、潜在自然植生の概念と植生図というツールを持った植物社会学という科学は、自然環境の復元と環境保全になる環境保全林と繋がることによって、社会に実装される科学技術に踏み込むことができた、私は考える。そこで、第3、4章の「科学技術は誰のものか」という問いかけにつながってくる。

ヨーロッパでは、科学的な知識獲得法が確立したのが16-17世紀であり、科学者が社会的な職階と認識された18世紀以降、「科学の成果」として「世に役立つこと」が注目されてきた（役に立つ科学、p.68）。そして、20世紀にはいると、科学

研究は国家・戦争と結びつきが強固になっていった。象徴的な例がある。戦争を早く終わらせるという大義名分により、1945年に広島と長崎に投下された原子爆弾の開発リーダーを務めたオッペンハイマーは、当初の協賛がいたたまれぬ批判へと変わり、後悔の念に苛まれて、絶望の晩年を送ったとされている。

ルネッサンス期の学術活動を支えたのは、イタリアの富豪や教皇などのパトロンであった（p.75）。コペルニクス時代の「科学」から現代の「科学技術」にいたる470年、科学と社会との関係（知識の生態系）は、いくつかの転換点があったことも指摘している。科学的な知識獲得法が確立した16-17世紀、科学者が社会的な職階となった18-19世紀、科学研究が国民国家・専制と結びつきが強固になった20世紀前半、民間企業が科学技術の推進者となった20世紀後半の4つに区分している（p.84）。200年前、人様の役に立つ科学が良い科学という考えであった。そして、自然科学が実用的な価値から切り離されて、真理を追求し、知識を増やす活動そのものとして意義があると考えられるようになったのは、19世紀後半であるとしている（p.95）。しかし、科学史的に見ると、科学が時代に利用され過ぎていて、知識を追求することが科学者の責務となり、「知識のための科学」「科学のための科学」が優先されたり、社会が科学者の射程から抜け落ちる（p.69）動きも度々あった。確かに、私の学生時代（20世紀後半）と現在を比較するだけでも、揺り戻しではないが、最近の自然科学は社会を強く意識する傾向が堅調である。

科学が持っている独特の説得力を国家の発展に活用（利用）したのが、19世紀後半から20世紀初頭にかけてのドイツと日本であり（p.103）、国家が大学や研究開発に介入した結果が世界大戦という負の遺産を生んでいる。その後、負の遺産を払しょくするために進められたアメリカのアポロ計画により、コンピュータ制御、防災技術などの格段の進展を促した。また、生命科学や情報科学を中心に国家プロジェクトと民間企業とが科学技術の推進役を担っている。今では、基礎研究を含めて科学の成果が企業利益に直結する傾向が強固になるに伴い、「知識の公共性」を侵食してきている。すなわち、科学が駆動する原理が、知識獲得や国家への貢献から、経済の原理に変わった（p.130）と結論付けている。

第5章では、これまで科学は自然界の成り立ち

を調べる活動であったが、科学技術の領域すなわち科学における対象に人が含まれるようになったと説明している。20世紀後半以降、生命科学などの研究では、受け取り手として人との関係性が大きな課題となっている。科学の知識に頼らざるを得ない一方で、科学だけでは良し悪しが決められなくなっている。この点について、科学知と生活知という概念を用いて、具体的な例を挙げながら、説明をしている。科学的知識・専門知・科学的成果・科学技術を総括した「科学知」は、社会が技術を導入する際の最も有用なよりどころである。しかし、「生活知」は固有性・多様性に富む社会・個々人が受け入れるかどうかの判断をする基準のことである。科学知だけで社会に受け入れられ、実装されるわけではないとしている。

21世紀の科学技術が一般社会、生活者、社会のためのものであるとしたことから、第6章では、「科学技術の飼いや慣らし方」という章のタイトルをつけている。「科学技術の飼いや慣らし方」として、尊大な専門家主義と傲慢な反知識主義の、両方に戦いを挑む新しい「第二正面作戦」すなわち「第三の道」の戦略を提案している。原爆や残酷な殺戮兵器という形で科学技術が果たしてきた悲惨な歴史を繰り返さないため、また、世界中がゼロサムゲームに熱中し、分断化されつつある社会を解消するためには、佐倉氏は、正面から戦いを挑むのではなく、専門家・生活者の両陣営の共鳴者・同通者と連携をする「第三の道」を提案し、新しい「野の学問」、市民科学、当事者研究などの戦略をあげている。当事者研究の例では、最初の一步は「科学知から始まり、当事者たちが科学的知識を自分のものとして咀嚼(そしゃく)し、使いこなし、飼いや慣らす作業が必要である」(p.183)としている。また、民俗学者・柳田国男が唱えた「野の学問」の思想と方法論が、自然科学にとっても重要としている。「野の学問」は、生態学の分野においてもフィールド・サイエンスとして一般的な手法であり、宮脇昭先生が、企業、公共団体などが計画する環境保全林に関して、計画地周辺の残存する自然植生の調査が必須と主張し続けていることが当てはまる。

第7章では、明治時代の「お雇い外国人教師」、エルヴィン・フォン・ベルツの『ベルツの日記』を取り上げている。日本人は科学を仕事する機械とし、成果のみを手に入れようとしていると批判したベルツの著書から、「西洋の科学の正解は決して機械ではなく、一つの有機体でありまして、

その成長には他のすべての有機体と同様に一定の気候、一定の大気が必要なのであります」という個所を引用している。佐倉氏は、ベルツの考え方を進化させ、科学を有機体以上の広がりを持った生態系としている。また、「科学技術は歴史的な産物であり、生態系である。その多様な成立条件や経緯を無視して、近視眼的にシステムの一部だけを変えても、決してうまく機能しない」(p.216)としている。

終章では、科学技術を歴史的に俯瞰し、科学技術と社会との関係を生態系ダイナミクスとしてまとめている。また、佐倉氏が進化論の研究者であることから、科学の知識や技術の産物の変化と、生物進化との類似性についても書かれている。生物進化の特徴として環境への適応があり、結果的に生物と生態系の多様性が増し、細分化される方向での進化となる。学問研究も、学際性・総合化が必要とされつつも、放っておけば自然と同じように細分化していく類似性がある。時間軸に沿った歴史的経緯を踏まえつつも、発想などでは今までにない新しい「突然変異」を採り入れることで学問が進歩する。生物の進化における変化と不変との絶妙なバランスと共通する (p.244) とも言っている。

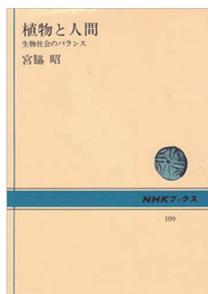
生態学が生き物とその環境に関する研究をする分野であり、その代表的概念が生態系である。主たる構成員である生き物とその環境が量的にも質的にも絶えず消長と変化を繰り返しており、まったく同一でない。にもかかわらず、相互依存性が高いため、生態系は一定の調和・まとまりを持ったシステムを構築できている。科学技術の総体に対するシュンペーターの経済発展理論や情報技術に対するケリーのテクニウム (p.237) の考え方もあり、動的均衡を保ちつつ、絶えず変化している生態系の概念は、イノベーションのツールとしても用いられている。一定の課題を解決することや進化させるために、異業種の人々がオープンに科学技術を共有・協働する仕組みは「エコシステム(生態系)」と称されており、イノベーションのキーワードの一つになっている。佐倉氏の言を用いるなら、今およびこれからの社会は「人と社会と科学技術は、複雑な生態系をなしている」(p.119)のである。

最後に、宮脇先生が「野の学問」(第6章)にこだわった生態学者であることに誇りを持っていることは、接した多くの人々が感じることである。

ご高齢になっても、環境保全林の指導のために訪れた地で、鎮守の森の植生調査にこだわっている。その土地での潜在自然植生を自らが確認するという科学至上主義的な側面もある。しかし、「野の学問」の現場や環境保全林の創造に関心のある企業幹部や担当者に対して懇切丁寧に宮脇理論の説明をする姿は、「社会のための科学」を実践する、佐倉氏が論じている「第三の道」に他ならない。植生学・生態学のツールを使って、企業や社会が求めている環境再生・環境保全林形成を誘導・指導することは、自らの理論を実証する壮大な実験の場でもある。同時に、地球環境時代・SDGsが求めている自然環境に守られ、持続的に世界が連携しあう人間社会の形成、自然に回帰する社会の伝道師となることでもある。こう考えると、宮脇先生が、科学者としてだけでなく、社会的にも高い評価を得ていることに納得させられる。横浜国立大学に籍をおいていたこともある佐倉氏にとって、1970年に『植物と人間』(NHKブックス)を上梓された宮脇昭先生が興味深い研究対象であることは間違いない。

追記：佐倉統氏の主な著書

- 『人と「機械」をつなぐデザイン』東京大学出版会（編著、2015.2）
 『「便利」は人を不幸にする』新潮新書（2013.11）
 『進化論の挑戦』角川ソフィア文庫（2013.9）、角川選書（1997.11）
 『科学の横道 -サイエンス・マインドを探る12の対話』中公新書（編著、2011.3）『知識ゼロからのダーウィン進化論入門』幻冬舎（2010.10）
 『進化という考えかた』講談社現代新書（2002.3）
 『遺伝子v s ミーム -教育・環境・民族対立』廣済堂（2001.8）
 『生命をめぐる冒険 -進化・ミーム・コンピュータ』河出書房新社（1998.2）
 『生命の見方』法蔵館（1995.7）
 『動き始めた人工生命 生命に回帰するコンピュータのゆくえ』同文書院（1993.11）
 『現代思想としての環境問題 脳と遺伝子の共生』中公新書（1992.11）



宮脇昭著『植物と人間 生物社会のバランス』NHK出版（1970.3）
 -1970年、42歳の生物学者であった宮脇昭先生が「人間」をサブタイトルに入れた著書を刊行されたことは、人里の雑草研究ということから始まったことと無縁ではない。

寄稿：生物多様性の確保・自然共生^{*1}

矢ヶ崎 朋樹 (IGES 国際生態学センター / 自然資源・生態系サービス領域)
武田智子 (東京大学 理学部)

1 | 身近な暮らしと生物多様性の恵み

私たちは日常的にどのような恩恵を受けているか、身近な家畜（飼育動物）から見てみよう。今年の干支、ウシ。オクラホマ大学¹⁾によると家畜化された牛は紀元前 6,500 年の遺跡から見つかり、データベースには「赤牛」や「和牛」を含む 300 種類以上の品種が登録されている。食品売り場には日本各地の様々な味の牛肉や牛乳、乳製品が並んでいる。他にもニワトリ、ブタ、ヒツジ、ダチョウ、スッポンなど食用にされている動物たちの肉や、組織から抽出されるコラーゲンなどの物質に日々恩恵を受けている。ヒツジは肉だけでなくウールという繊維を提供し、私たちを温めてくれている。繊維といえばカイコである。シルク製のマスクや下着、美容液など多様な製品に形を変え、私たちの生活に寄り添ってくれている。カイコは種類によってつくる繭の大きさや形など多様である。遺伝情報をデータベースで保存しているナショナルバイオリソースプロジェクト²⁾では、米やメダカ、トマトと並んでカイコの系統保存も行われている。ウェブサイトには色とりどりの繭の写真が並び、同じカイコとは思えないほど多様となっている。アヒルやミンク、ワニは羽毛や皮が布団や衣類、鞆などに重宝されている。乗り物として昔から人のパートナーだったのが、ウシのほかにもウマ、ロバ、ラクダなどがある。力持ちで、車の通れないような過酷な環境でも進むことができる。私たちのかわりに食料を取ってきてくれるのが、鵜飼のウミウ（魚）や養蜂のミツバチ（蜂蜜）である。近年の農薬問題でミツバチが激減してしまっていることから、養蜂のみならず果樹や花きの農家など受粉が必要な人たちはもちろん、生態系全体へ広く被害が及んでしまっている。家畜には実験動物も含まれる。ワクチンの

開発にはハツカネズミが大活躍している。ペットも家畜に含まれるが、日本では子どもより犬猫の数が多いため³⁾ 計り知れない安らぎをもたらしてくれている。コイやキンギョ、メダカなどの魚類も長い愛玩の歴史を誇る。このように一重に家畜と言っても様々な側面から私たちの生活を支えてくれている。長い歴史の中で、家畜なしには現代社会は築かれなかったであろう。



図 1. 2021 年にちなんで 20 種 21 頭の家畜がヒトの歴史を支えてきた様子を描いてみた。すべて見つかるだろうか？ [絵：武田]

また、近年は、生物の構造や機能、生態からヒントを得て、モノづくりに応用する「生物模倣技術（バイオミメティクス）」が注目され、生物学、自然史（博物）学、工学、情報科学など複数分野にまたがる領域で研究・開発が進められている⁴⁾。

カワセミのくちばしが新幹線のデザインに、“ひつつき虫”と呼ばれるオナモミの果実が面状ファスナーに、カタツムリの殻が外壁材に、ハスの葉の表面構造が超撥水性繊維の開発にそれぞれ応用された事例は有名である（写真1, a-d）。生物模倣技術はヒトの暮らしを豊かにする画期的な科学技術であり、その発想・アイデアの源となるのは生物である。地球上から生物種を絶滅させてしまうことは、すなわち、将来の私たちの暮らしを豊かにする可能性のある資源を失うことに他ならない。

2 | 生物多様性のとらえ方

生物多様性とは、「地球上あるいは特定の地域の中に多様な生物が存在していること」をいう。地球上の生物は、およそ40億年前の「生命の誕生」以降、環境の変化とともに世代交代や生存競争、複雑な進化の過程を経て現在に至っている。生物の進化は結果として、生物の種類の多様化をもたらしている。

一般に、生物多様性は「種の多様性」、「遺伝的多様性」、「生態系の多様性」の3つのレベルで把握される。これらの3つの多様性が関わり合い、地球上の生命の多様さ、複雑さが生み出されている。

「種の多様性」は生物分類の基本的単位である「種」(species)に基づくものである。生物分類学

は、生物の形態や遺伝子交流の実態（交配できるかどうか）などを考慮して、生物の「種」の概念を発展させている。そのおかげで、私たちは生物を「種」の定義にしたがって1種、2種のように数えることができ、「科」(Family)や「属」(Genus)のような分類学的階級群によって、似た者同士をまとめることができる。「種の多様性」は具体的な数字（種数）で表すことができるため、最もわかりやすく、注目されやすいものである。現在の地球上の生物の種類数は、既知のもので175万種⁵⁾と推定されている。未知なものを含めると500万種から3,000万種⁶⁾とも言われているが、正確な数はよくわかっていない。

「遺伝的多様性」は種内の遺伝情報（遺伝子）の多様さを意味している。それぞれの生物種は、親から子へ受け継がれる独自の遺伝情報（遺伝子）を持つ個体が集まって構成されている。しかし、同じ種であっても、長い進化の過程の中で遺伝情報のなかに大なり小なりの変異が生じて異なる遺伝子を持つ個体が生まれ、それらがさらに交配により組み合わせることで種内に個性が生まれていく。このようにして種内に生じた個性は、外見上識別できるもの/できないものと様々であるが、なかには環境への適応能力の違いとして表れ、種の存続に影響してくる可能性が考えられる。例えば、ある特定の種がどれも同じような遺伝子をもつ個体で構成されている（＝遺伝的多様性が低い）場合、環境の変化や病気が生じたときに壊滅的な影響を受け、結果として、種全体としての生存適応能力（耐性）が低下することになりうる。同じ種であっても様々な個体群を保存する必要があるとされるのは、このような理由で遺伝的多様性を守る必要があるためである。

「生態系の多様性」は特定の地域における生態系の多様さのことで、上記の2つの多様性を保つための基盤となる。生態系とは、生物種の集団（生物群集）とそれをとりまく大気、水、土壌などの非生物的要素から成るシステムのことを言う。生態系のなかでは物質・エネルギーが循環し、システムを構成する生物は、生産者、消費者、分解者という固有の地位を占めている。地球上には、森林生態系、湿地生態系、土壌生態系、海洋生態系のように、立地環境や構成要素、規模の違いにより多様な生態系が発達している。生態系が多様であるほど、生物にとっての多様な住処（地位）が確保され、それぞれの生態系に適応できる様々な生物が維持される。

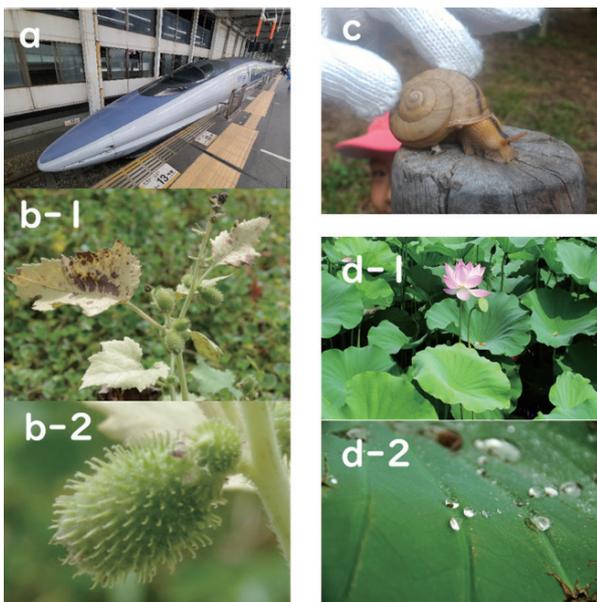


写真1. 実用化された生物模倣技術と生物の例。カワセミのくちばし形状を参考にデザインされた新幹線(a), オナモミの果実(b-1,b-2), カタツムリ(c), ハスの葉(d-1,d-2)。[写真: 矢ヶ崎]

3 「生物多様性の危機」を回避するために

近年、生物多様性を脅かす悪影響（生物多様性の危機）への懸念が高まってきている。国際自然保護連合（IUCN）は、世界や地域における生物の絶滅危惧度の科学的評価に貢献し、レッドリスト⁷⁾の作成を通して急速に失われつつある生物多様性の現状を世界に知らしめている。世界130カ国以上の政府が参加する「生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム」(IPBES)は、「人間活動の影響により、世界の推計100万種の動植物が絶滅の危機に瀕している」とする報告書⁸⁾を公表している。「生物多様性の危機」には「開発や乱獲による種の減少・絶滅、生息・生育地の減少」のほか、「人間により持ち込まれた外来生物による生態系のかく乱」などがあげられており⁹⁾、すべてが人間活動によるものである。

このような事情から、生物多様性の保全と生物資源の持続可能な利用を世界が共に推し進めていくために、国連のもとで生物多様性条約（CBD）が1993年から発効しており、2021年現在、196カ国が締結している¹⁰⁾。その生物多様性条約の目的を達成するために、2010年に愛知県名古屋市で開催された生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）では「戦略計画2011-2020」が定められ、「2050年までに”自然と共生する世界”を実現すること」を目指して、20の個別目標が設定されている。この個別目標は「愛知目標¹¹⁾」と呼ばれ、日本の都市名がついている数少ない国際的な取り決めである¹²⁾。いま世界的に生物多様性が注目を集めている理由の一つに、今年この戦略計画が更新される予定であることが挙げられる¹⁰⁾。

4 「自然と共生する」とはどういうことか

日本には、農林漁業などにより長い年月をかけて形成・維持されてきた二次的自然地域¹²⁾（里山里山、里海¹³⁾）が広がっており、近年その価値・重要性が注目されている。その理由には、「これらの地域が暮らしに欠かせない多様な資源の育成・生産の場であること」、「自然と対峙し、自然資源を活用する知恵や技術が豊富に存在すること」、「ヒトに健康や安らぎ・快適さをもたらす自然体験の場であること」などが挙げられる。私たちの暮らしに役立つ優れた点をあわせもつ二次的

自然地域は、人間活動と自然とが調和した“現代人の「自然と共生する」暮らしのあり方”を模索する上で多くのヒントを与えてくれることが期待されている。しかし、既存の二次的自然地域の環境収容力には限界があり、人口の集中する都市的地域を含め、現在の全人口の暮らしを支えるには、異なる地域や離れた地域から資源を補完し合うことが必要となっている。2018年4月に閣議決定された「第五次環境基本計画」¹⁴⁾では、「地域資源の最大限の活用」や「地域間での資源の補完」、「地域間におけるパートナーシップ強化」を通して革新的な問題解決と持続可能な社会の実現を目指す「地域循環共生圏」¹⁵⁾の概念が提唱されるようになってきている。

いま、私たちは、気候変動の時代に生きている。人間活動による温室効果ガスの排出を減らし、脱炭社会をいち早く築き上げることが喫緊の課題となっている¹⁶⁾。「カーボン・ニュートラル」はその挑戦のひとつで、環境中の物質・資源循環に着目した場合の「炭素の吸収量と排出量が同じで、総量として変化しない（中立的な）状態」を言う。カーボン・ニュートラルを実現するために、バイオ燃料やバイオマス由来の新素材など、生物由来の資源の活用が期待されている。生物多様性の恵みを最大限に活かす暮らしの知恵と技術が今後ますます重要になってくる。

注釈

*1: 本稿は、神奈川県環境科学センターウェブサイト「環境まなび舎」への投稿原稿（矢ヶ崎・武田共著）に基づき一部（文体）を再編集したもので、初出（原典）は次の通りである。

・神奈川県ウェブサイト

<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/b4f/kankyougakushu/documents/manabiya2020iges.html> [2021年4月7日参照]

*2: 他には、生物多様性条約COP10で採択された「名古屋議定書」や第3回国連防災世界会議の成果文書「仙台防災枠組2015-2030」がある。

・環境省「名古屋議定書について」(<http://abs.env.go.jp/nagoya-protocol.html>) [2021年4月13日参照]

・国連防災機関（UNDRR）「仙台防災枠組2015-2030」(<https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>) [2021年4月13日参照]

・国連児童基金（UNICEF：ユニセフ）子ども

ものための「仙台防災枠組」(<https://www.unicef.or.jp/news/2017/0038.html>) [2021年4月13日参照]

謝辞

本稿を草するにあたり、ご助言を賜った鈴木邦雄 IGES 国際生態学センター長、神奈川県環境科学センター原島ゆり氏に御礼申し上げます。

引用文献

- 1) オクラホマ大学 Cattle (<http://afs.okstate.edu/breeds/cattle/>) [2021年4月13日参照]
- 2) ナショナルバイオリソースプロジェクト (<https://nbrp.jp/>) [2021年4月13日参照]
- 3) 一般社団法人ペットフード協会「全国の犬猫の飼育頭数(推計)」(<https://petfood.or.jp/>) [2021年4月13日参照]
※トップページより「統計・資料」から「犬猫飼育率全国調査」を選択し、「令和2年(2020年)全国犬猫飼育実態調査」の「主要指標サマリー」を参照のこと。
- 4) 科学技術振興機構. 2013. 進化する生物模倣の世界. JST news 2013-8 : 3-7. (<https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/backnumber/2013/201308/index.html>) [2021年4月13日参照]
- 5) Hawksworth, D.L. and Kalin-Arroyo, M.T. 1995. Magnitude and Distribution of Biodiversity. pp.107-191. In Heywood, V. (ed.) Global biodiversity assessment. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- 6) Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C. and Stuart, S.N. (eds.) 2009. Wildlife in a Changing World-An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species. 180pp. IUCN, Gland, Switzerland. (<https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/RL-2009-001.pdf>) [2021年4月13日参照]
- 7) IUCN. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-3 (<https://www.iucnredlist.org/>) [2021年4月13日参照]
- 8) IPBES. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Diaz S. *et al.* (eds.) . 56pp. IPBES secretariat, Bonn, Germany.
環境省・IGES (訳) IPBES 生物多様性と生態系サービスに関する地球規模評価報告書 政策決定者向け要約 (<https://www.iges.or.jp/jp/pub/ipbes-global-assessment-spm-j/ja>) [2021年4月13日参照]
- 9) 環境省生物多様性ウェブサイト「生物多様性に迫る危機」(http://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/biodiv_crisis.html) [2021年4月13日参照]
- 10) Convention on Biological Diversity (CBD) (<https://www.cbd.int/>) [2021年4月13日参照]
- 11) 環境省生物多様性ウェブサイト「愛知目標」(<http://www.biodic.go.jp/biodiversity/about/>) [2021年4月13日参照]
- 12) 国連大学「SATOYAMA イニシアティブ・コンセプト」(<https://satoyama-initiative.org/ja/concept/>) [2021年4月13日参照]
- 13) 環境省・里海ネット「里海とは」(<https://www.env.go.jp/water/heisa/satoumi/01.html>) [2021年4月13日参照]
- 14) 環境省「第五次環境基本計画」(<http://www.env.go.jp/press/files/jp/108982.pdf>) [2021年4月13日参照]
- 15) 環境省「地域循環共生圏」(<https://www.env.go.jp/seisaku/list/kyoseiken/index.html>) [2021年4月13日参照]
- 16) 環境省. 2020. 「令和2年版環境白書」(<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r02/index.html>) [2021年4月13日参照]



JISE REPORT No.6

2021年6月14日印刷
2021年6月18日発行

発行：公益財団法人地球環境戦略研究機関国際生態学センター：IGES-JISE

<https://jise.jp/jp/>；E-mail: jise@iges.or.jp

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-14-27

新横浜第一ビルディング 3階

TEL: 045-548-6270 FAX : 045-472-8810

印刷：株式会社彩流工房

〒231-0862 神奈川県横浜市中区山手町 24-11 徳永山手ビル 201号

TEL : 045-222-7611 FAX : 045-222-7612
