ISSN 1349-7154

日本熱帯生態学会ニューズレター No. 130

Tropical Ecology **Letters**

日本熱帯生態学会 Japan Society of Tropical Ecology February 25, 2023

「樹木のリン利用特性と熱帯林生態系のリン循環」
【5 ページ】

掲載記事

1 事務局通信
JASTE33 のお知らせ
5 樹木のリン利用特性と熱帯林生態系のリン循環
辻井悠希
11 第 1 回若手交流セミナー開催報告
原 将也

事務局通信

JASTE33のお知らせ

第33回日本熱帯生態学会年次大会（高知）

日程： 2023年6月23日（金） 編集委員会，評議会
6月24日（土） 口頭・ポスター発表，総会，吉良賞授賞式・講演，懇親会
6月25日（日） 口頭・ポスター発表，サテライトイベント，公開シンポジウム

大会・委員会：オーテピア（高知新図書館等複合施設）
〒780-0842 高知市大手筋2-1-1

現地参加とオンライン参加の両方によるハイブリッドで開催する予定です．口頭発表はハイブリッド，ポスター発表はオンライン開催のみの予定です．ただし，学会会場にポスター掲示スペースを設けますので，ポスターを持参した方は掲示していただくことができます．新型コロナウイルス感染症の状況により，全てオンラインでの開催に変更になる場合は 4 月末までにウェブサイト上でアナウンスいたします．また，懇親会を中止する場合は，6 月 16 日（予定）までに決定し，ウェブサイト上でお知らせします．中止の場合は，前納でお支払いいただいた懇親会費を返金いたします．

大会ウェブサイト：https://sites.google.com/view/jaste33
地図，交通，最新情報，英語での情報は，上記ウェブサイトをご参照ください．大会当日まで随時更新していきます．

大会事務局：〒783-8502 高知県南国市物部乙200
高知大学農林海洋科学部内 JASTE33実行委員会
Email: jaste33kochi@gmail.com
TEL: 088-864-5149（市栄智明）

公開シンポジウム:『熱帯研究の活かしかた・拡げかた(仮題)』

日時:2023年6月25日(日)13:00〜16:30(予定)

会場:オーテピア・4階・ホール

日本では昨今,とくに若者の内向き志向が高まっています.熱帯で研究に携わろうという若手も減ってきているようです.未知の領域が広い熱帯での研究は,たとえば生態の基礎的研究でも興味は十分に喚起されるでしょう.一方で,純粋に科学を深めていく方向とは別に,基礎的研究を生かして社会課題の解決に適用していく研究,あるいは熱帯を越えてグローバルに拡がっていく研究があります.そのような研究は,今日の社会に疑問をもち,自らのあり方に悩む若者を引き付けるのではないでしょうか.地球環境問題を含むグローバル・イシュウが課題となっている今日,どう熱帯研究を活かし,拡げていけるのでしょうか.より魅力的な熱帯研究を目指して本シンポジウムを企画します.

学会間連携:

第 33 回日本熱帯生態学会年次大会では,関連分野の研究者との交流を深めるために,次の 8 つの学会と連携して大会を実施します:日本アフリカ学会,日本サンゴ礁学会,日本マングローブ学会,日本タイ学会,日本島嶼学会,日本熱帯農業学会,日本泥炭地学会,東南アジア学会(これら連携学会の会員は,当学会の会員と同条件で研究発表できます)

優秀発表賞:

学会長による優秀発表賞を,口頭発表・ポスターの双方で設定します.複数のレフェリーによる厳正な審査を行います.審査基準など詳細は,大会ウェブサイトで後日公開します.同制度へエントリーする場合には,大会参加申し込みの際に所定欄にチェックをお願いします.

参加申し込み:

大会ウェブサイト https://sites.google.com/view/jaste33 からお申し込みください.ウェブサイトからの申し込みが難しい場合は,実行委員会までご相談ください.なお,発表者は日本熱帯生態学会会員と上記の連携学会会員に限ります.これらに該当しない方で,研究発表を希望する場合は,4 月 27 日までに JASTE 会員管理窓口(jaste@soubun.org)に連絡し,事前に会員登録を行ってください.研究発表される方は大会参加申し込みを **4 月 28 日(金)17 時**までに済ませてください.要旨提出締め切りは **5 月 26 日(金)17 時必着**です.

講演要旨:

研究発表をされる方は,講演要旨を 1 ページにまとめ,5 月 26 日(金)17 時までに大会事務局<jaste33kochi@gmail.com>あて電子メールで添付ファイルとしてお送りください.ファイル形式は PDF または MS Word(.docx)を用いてください.講演要旨は,以下の様式で作成願います(テンプレートを大会ウェブサイトからダウンロード可能です).レイアウトの修正は行いませんので,下記様式にご留意して作成・提出願います.要旨集はデジタル版のみとし,冊子での配布は行いません.図表写真はカラーで提出いただいて構いません.

・余白は上下左右とも 25mm.
・タイトル(第 1 行)と氏名・所属(第 2 行)は,更に 25mm 下げる(用紙左端からは 50mm).
・発表者の氏名の前に〇印をつける.
・本文と氏名・所属(第 2 行)の間は 1 行あける.
・図表を挿入する場合,余白からはみ出ないように貼り込む.

参加費(オンライン参加でも現地参加でも同額):

前納大会参加費(5/26 まで): 一般 6,000 円/学生 3,000 円
前納懇親会費(5/26 まで): 一般 6,000 円/学生 3,000 円
大会参加費(それ以降): 一般 7,500 円/学生 3,500 円
懇親会費(それ以降): 一般 7,500 円/学生 3,500 円
公開シンポジウムのみ: 無料

発表参加申し込みと前納送金の締め切り：

・発表参加の申し込みは **4** 月 **28** 日（金），参加費・懇親会費の前納締め切りは **5** 月 **26** 日（金）とします．
・お支払い頂いた参加費はお返しできません．
・前納期間以降の大会参加費のお支払いの場合でも，オンライン参加の方はアクセス権発行の関係上，6 月 16 日（金）までに支払いを完了してください．

参加費の支払方法について

【JASTE 会員の方】

JASTE33 より会員管理システムを介した参加費支払いが可能となります．コンビニ支払い・Pay-easy・クレジットカードでの支払いを希望される方は，学会オンライン会員管理システムにアカウントを作成いただく必要があります．別途，学会からの案内をご確認の上，アカウントを作成してください．
従来通り，郵便局・銀行からの送金を希望される方は【郵便局・銀行からの送金】を参照ください．

【連携学会員・非会員の方】

JASTE33 より学会オンライン会員管理システムを介した参加費支払いが可能となります．コンビニ支払い・Pay-easy・クレジットカードでの支払いを希望される方は，学会オンライン会員管理システムにアカウントを作成いただく必要があります（大会参加者用アカウントの作成は無料です）．アカウント作成を希望される連携学会員・非会員の方は学会 WEB サイト（https://www.jaste.website/）からお申し込みください．現在システムを準備中です．システムが稼働したら，メールや学会 WEB サイトでお知らせします．
アカウントを作成せず，郵便局・銀行からの送金を希望される方は【郵便局・銀行からの送金】を参照ください．

【郵便局・銀行からの送金を希望される方】

従来通りの支払方法を希望される方は，①・②いずれかの方法でお支払いください．この場合，参加費支払いに係る領収書は，「払込取扱票の受領書」もしくは「銀行等の受領書/領収書」などをもってかえます．

①郵便局から郵便振替による送金：

口座番号: 00750-5-12412　　口座名:日本熱帯生態学会　　口座名（カナ）: ニホンネッタイセイタイガクカイ
店番:079　預金種目:当座
※郵便局で青色の払込取扱票を使用して下さい．

②銀行からの振込みによる送金：

銀行名: ゆうちょ銀行　　店名: 〇七九店（ゼロナナキュウ）店（079）
口座種類: 当座　口座番号: 0012412　　口座名（カナ）: ニホンネッタイセイタイガクカイ
※銀行送金の場合には，必ず振込時にメールで振り込み者氏名を大会事務局に連絡してください．
メールの件名は「JASTE33 送金」としてください．

PayPal での決済：

会員管理システムを介したクレジットカードによる参加費支払いが可能になったことから，本大会ではPayPalによる参加費納入は受け付けておりません．海外から送金される場合は会員管理システムのアカウントを作成してください．

託児サービス：

本大会では，会期中の託児サービスを提供する予定です．詳細は，大会ウェブサイトに随時掲載予定です．

サテライトイベント：

JASTE32 に引き続き，本大会では，通常の研究発表および公開シンポジウムのほかに若手イノベーション委員会企画のイベントを計画しております．

詳細は，大会ウェブサイトならびにメーリングリストで随時お知らせします．

The 33rd Annual Meeting of the Japan Society of Tropical Ecology (JASTE33)

Schedule:

June 23 (Fri) 2023, Council Meeting
June 24 (Sat) 2023, Oral Session, Poster Presentation, General Meeting, Kira Award Ceremony & Lecture, Banquet
June 25 (Sun) 2023, Oral Session, Satellite Program, Public Symposium,
* The banquet may be cancelled depending on the status of COVID-19.

Venue:

OTEPIA 2-1-1 Otesuji, Kochi City, Kochi 780-0842
JASTE33 is planned to as a hybrid event. Oral presentation is planned to be hybrid. However, if the meeting will be held online only due to the status of COVID-19, we will announce it on the website by the end of April.
Public Symposium is in Japanese.

Web Site:

Information in English is available on the website.
https://sites.google.com/view/jaste33

Executive Committee:

JASTE33 Executive Committee, Faculty of Agriculture and Marine Science, Kochi University
200 Otsu, Monobe, Nankoku city, Kochi 783-8502 Japan
E-mail: jaste33kochi@gmail.com Phone: +81-88-864-5149

Collaborative Associations

To foster interdisciplinary interactions among researchers, JASTE33 will collaborate with the following 8 academic societies: Japan Society for Southeast Asian Studies, Japan Association for African Studies, Japanese Coral Reef Society, Japanese Society for Thai Studies, Japan Peatland Society, Japanese Society for Tropical Agriculture, Japan Society for Mangroves, Japan Society of Island Studies.
Members of the above societies will have the same right to present at JASTE33 as JASTE members.

Best Presentation Awards

The best presentation in oral and poster category will be recognized based on peer evaluation by multiple judges. Please indicate on the registration form if you would like to be considered. Presentations registered for the award will be reviewed by anonymous referees.

樹木のリン利用特性と熱帯林生態系のリン循環

Phosphorus strategy of trees as a regulator of phosphorus cycling in tropical rainforests

辻井悠希（九州大学理学研究院，マッコーリー大学自然科学科，
ウェスタンシドニー大学ホークスベリー環境研究所）
Yuki Tsujii (Faculty of Science, Kyushu University; School of Natural Sciences, Macquarie University; Hawkesbury Institute for the Environments, Western Sydney University)

はじめに

私が熱帯研究を志したのは，北山兼弘教授（京都大学；学生時代の指導教官）の調査に同行しキナバル山（マレーシア）を訪れたことがきっかけである．キナバル山はボルネオ島の最高峰（4095m）で，低地から森林限界まで原生林が保存されている．堆積岩や花崗岩土壌に加えて，貧栄養な蛇紋岩土壌がモザイク状に分布し，標高と土壌の交互作用を反映した多様な生態系を形成する（Kitayama 1992; Aiba and Kitayama 1999，図 1）．環境に応じて劇的に変化する生態系を目の当たりにした私は，「何が生態系を大きく変化させるのか」，「多様な生態系はどのように維持されるのか」など様々な疑問を抱いた．当時のわくわくする気持ちが現在も研究を続ける原動力となっている．貴重な機会を与えて頂き，大変感謝している．本稿では，私がキナバル山で行った研究を中心に，植物の適応戦略と熱帯林生態系内の元素循環動態の関係を議論したい．

モデルシステムとしての熱帯林

リンは，遺伝や呼吸，膜構造等，全ての生物活動に関わる元素である．植物では光合成基質（糖リン酸等）にも使われるので，リン欠乏は植物の生産速度を制限して生態系への選択圧になりえる（Wardle et al. 2004）．植物はリン欠乏に対する適応機構を進化的に獲得してきたと考えられるので，その適応機構の解明は生態系動態を理解する上で必須である．

私が熱帯林を研究対象にするのは，土壌が極めてリン欠乏であり（Yang et al. 2013），生物のリン欠乏への適応を理解する上で最適なモデルだと考えるからである．熱帯では，高温多湿な気候下で土壌が強く風化されている．こうした強風化土壌では，溶脱や土壌鉱物との吸着（吸蔵化）によって植物の利用可能なリンが欠乏する（Walker & Syers 1976）．熱帯林は高いリン利用効率（土壌から獲得した単位リン当たりの有機物生産量；Vitousek 1982）を持つので，低リン土壌上でも高い生産性とバイオマスが維持されると考えられている（Kitayama 2005）．

リン利用効率の上昇機構は，樹木の生産におけるリン利用様式を中心に研究が進められてきた．単位リン当たりの光合成速度の上昇，落葉時のリン再吸収，長い葉寿命などが関わることが指摘されている（Berendse & Aerts 1987）．しかし，これら仕組みの生理生態学的背景は未解明な部分が多い．繁殖などリン要求性の高い機能は数多く存在するため，リン利用効率化機構の全貌を明らかにすることが難しいのも一因である．本稿では，生産と繁殖の機能を中心に議論するが，その他の機能（貯蓄，栄養獲得など）もリン利用効率に関わることを強調したい．

生産におけるリン利用効率化の生理生態メカニズム

生産におけるリン効率化機構に関して，(1) 落葉時のリン再吸収；及び (2) リン当たりの光合成速度に関わる生理生態メカニズムの例を紹介する．

(1) 落葉時のリン再吸収：落葉時のリン再吸収は，老化葉内の有機態リンを分解して無機化したリンを樹木内に引き戻す仕組みである．再吸収したリンを新しい葉や他の器官に転流することで，樹木内でリンが再利用される．リン再吸収効率は，落葉時に生葉から再吸収されるリンの割合として定義される（式 1；Killingbeck 1996）．

$$\text{リン再吸収効率(\%)} = \frac{\text{生葉のリン濃度} - \text{老化葉のリン濃度}^{\dagger}}{\text{生葉のリン濃度}} \times 100 \quad (\text{式1})$$

†老化に伴う葉重量の減少はリン再吸収効率を過小評価する．従って，本稿では老化葉のリン濃度をカルシウム濃度で補正している（Vitousek & Sanford, 1986）．

リン再吸収効率は一般的な樹木で 60%程度だが（Vergutz et al. 2012），低リン環境では 80%を超える（e.g. Tsujii et al. 2017b； Hidaka and Kitayama 2011）．

図 1. キナバル山の多様な植生:標高 3100m の花崗岩上(a)及び蛇紋岩上の植生(b), 標高 700mのフタバガキ林(堆積岩上;c), 標高 2700m の雲霧林(堆積岩上;d).

リン再吸収効率の違いはどのように生じるのだろうか. 私は, 再吸収時のリン化合物の分解過程に着目してこの課題に取り組んだ. 葉のリンは, DNA や生体膜, 無機態リンなどとして含まれ, それぞれ分解性が異なるので再吸収のコストが異なる. 例えば, 無機態リンは分解なしに再吸収されるが, 生体膜などは分解が必要である. 樹木は最小のコストで最大量のリンを再吸収するために, 分解コストの低い化合物から順に再吸収すると予測される. そうであれば, 再吸収効率が高い樹木は, 無機態だけでなくコストのかかる難分解性のリン化合物も再吸収する可能性がある. この仮説を検証するために, キナバル山の土壌リン濃度の異なる 3 つの森林において優占樹種 22 種から生葉と老化葉を採集し, 4 つのリン画分(易溶性, 核酸, 脂質, 残渣画分; Kedrowski (1983) の手法を一部改変 (Hidaka & Kitayama 2011))からのリン再吸収効率を推定した.

図 2 に示されているのが, 各森林におけるリン再吸収効率である. 落葉時のリン再吸収効率は, 低リン環境の樹種ほど大きく最大 93%まで上昇していた. これは, リン再吸収効率の上昇が低リン環境の高いリン利用効率に寄与することを示唆している. 画分レベルでリン再吸収率を比較したのが図 3 である. 化合物間では, 脂質画分や核酸画分の再吸収効率が高く(図 3b, 3c), これらの画分が優先的に再吸収されることが示唆された. 一方, 残渣画分は低分解性化合物を含む

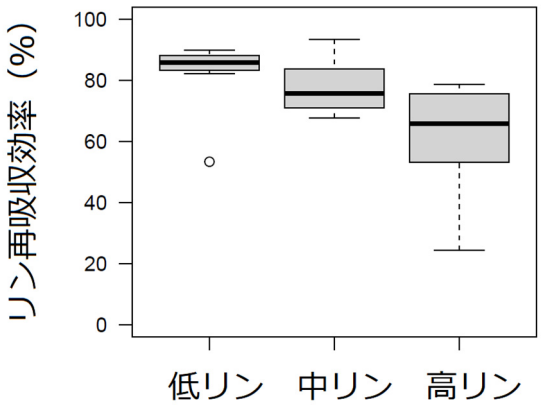

図 2. キナバル山の 3 つの森林における優占樹種(22 種)の老化葉からのリン再吸収効率. 中央の箱は第 1 及び第 3 四分位数, 中央の実線は中央値を示す. 髭は四分位数の 1.5 倍もしくは最大値(最小値)の範囲を示す. 外れ値は○で示されている. 各サイトの種数は 7, 7, 8 種(低リン, 中リン, 高リンサイト)で, 種数をサイト内反復として扱っている.

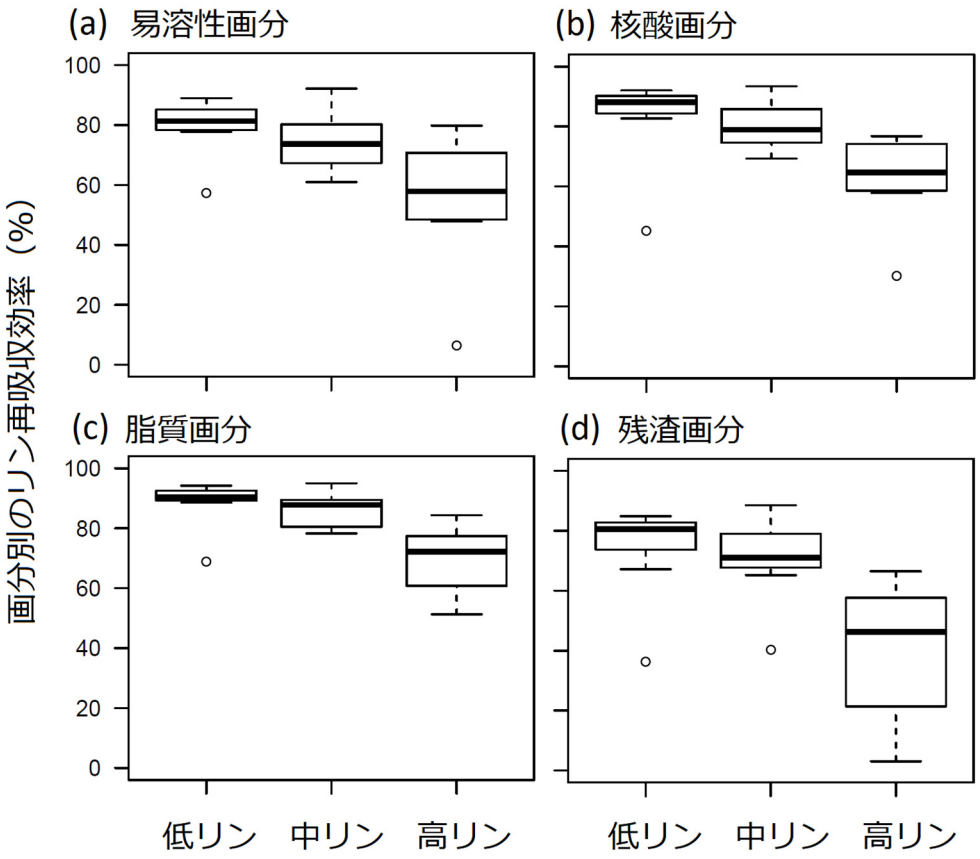

図 3. キナバル山の 3 つの森林における優占樹種の各リン画分からのリン再吸収効率．中央の箱は第 1 及び第 3 四分位数，中央の実線は中央値を示す．髭は四分位数の 1.5 倍もしくは最大値（最小値）の範囲を示す．外れ値は○で示されている．各サイトの種数は 7，7，8 種（低リン，中リン，高リンサイト）で，種数をサイト内反復として扱っている．

ため再吸収効率は概して低いが，低リン環境の樹木では他の画分と同様に高い値を示した（図 3d）．これにより，低分解性の化合物の分解が再吸収効率の上昇に寄与することが示唆された（Tsujii et al. 2017a）．易溶性画分の低いリン再吸収率は，分解産物が含まれることによる過小評価のためだと解釈された（図 3a）．

画分間のリン分配率も重要な視点である．易溶性リン画分はリン再吸収コストが低いと考えられるので，易溶性画分へのリン分配率（葉の全リンに対する比率）が大きいほど葉リン当たりの再吸収コストが低いと予測される．したがって，易溶性リン画分へのリン分配率の大きい種ほど，リン再吸収効率が高い可能性がある．キナバル山のデータでは，画分間のリン分配率とリン再吸収効率には有意な関係が見られなかったが，中国北西部の湿地では，葉内の全リンにおける無機態リン（易溶性画分の主成分）の割合が大きい植物ほどリン再吸収効率が高いことが報告されている（Mao et al. 2015）．近年，地球規模で葉内リン分配のデータが収集され始めているので，リン再吸収効率と葉リン画分の関係は今後明らかにされていくだろう．

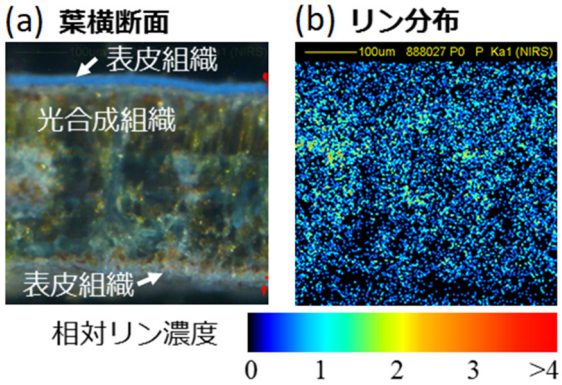

図 4. キナバル山の低リン土壌上の樹種の葉横断面の蛍光顕微鏡写真（a）とリン分布（b）．パネルbに関して，相対リン濃度は大きいほどリン濃度が高いことを示す．

（2）光合成組織へのリン偏在化：低リン環境の樹木は，葉リン濃度が低いにも関わらず高い光合成速度を維持している．すなわち高いリン当たりの光合成速度を示す（Hidaka & Kitayama 2009）．リン当たりの光合成速度の上昇機構はよく分かっていないが，葉内における組織間でのリン濃度の不均一性が関わる可能性

がある．葉は光合成組織（柵状組織や海綿状組織）と非光合成組織（光合成をほとんど行わない表皮組織やクチクラ層など）から構成されるので，非光合成組織のリン濃度を薄め光合成組織にリンを偏在化させることで，高いリン当たりの光合成速度を両立している可能性がある．この仮説を検証するために，キナバル山の低リン土壌上の優占樹種について葉横断面のリンの空間分布を解析した．

図 4 が葉内のリン分布の一例である．葉内のリンは各組織にある程度一様に分布していたが，柵状組織の一部でリン濃度の高い部分が見られた．これまでの研究では，双子葉植物の葉内のリンは主に表皮組織に集中して分布することが示唆されている（Conn & Gilliham 2010）．こうした植物とは対照的に，キナバル山の樹木では表皮よりもむしろ光合成組織にリンが偏在することが明らかになった（Tsujii et al. 2017a）．同様の傾向は，オーストラリアやアフリカのリン欠乏土壌上の樹木でも観察されており（Hawkins et al. 2008; Hayes et al. 2018），低リン土壌上での高いリン当たりの光合成速度と関係することが指摘されている．

繁殖におけるリン利用の効率化

次に，繁殖に関する研究を紹介したい．リンは，DNA や RNA に含まれるので，細胞分裂が活発な繁殖器官（花や果実）に多く分配される．低リン環境では，樹木中の 50%ものリンが繁殖器官に投資される場合もあり（Witkowski & Lamont 1996），樹木の繁殖様式はリン欠乏下で強い選択を受けると考えられる．しかし，熱帯樹木における繁殖動態はほとんど研究が進んでいない．熱帯樹木の繁殖が数年に一度と不規則（Appanah 1985; 一斉開花現象）なことが一因である．不規則な開花現象の観測には，熱帯林の継続的な観測が必須である．Kitayama et al. (2015)は，キナバル山の 8 つの森林において，繁殖リター（花序や果実など）を 10 年間継続採集し，低リン土壌上の森林ほど繁殖器官のリン濃度が低下することを明らかにした．しかし，次世代へのリン投資がどのように維持されるのかは未解明であった．私は Kitayama et al. (2015)と同じ森林の優占樹種から繁殖器官を採集し，花序や果実など器官別でのリン濃度を測定した．

図 5 に結果を示す．低リン環境の樹種では，種子や果皮のリン濃度はある程度維持される（図 5b, 5c）が花序のリン濃度が低い（図 5a）ことが明らかになり，花へのリン投資が削減される一方で種子へのリン投資が維持される可能性が示唆された（Tsujii & Kitayama 2018）．さらに興味深いことに，低リン環境の森林ほど，種皮へのリン投資の少ない朔果をつける種（*Leptospermum* 属や *Tristaniopsis* 属）が優占する傾向を示し，果実タイプ（液果や朔果など）の違いが繁殖におけるリン利用効率と関係することも示唆された（Tsujii & Kitayama 2018）．繁殖はこれまで着目されてこなかったがリン要求性の極めて高い機能であり，さらなる研究が必要である．

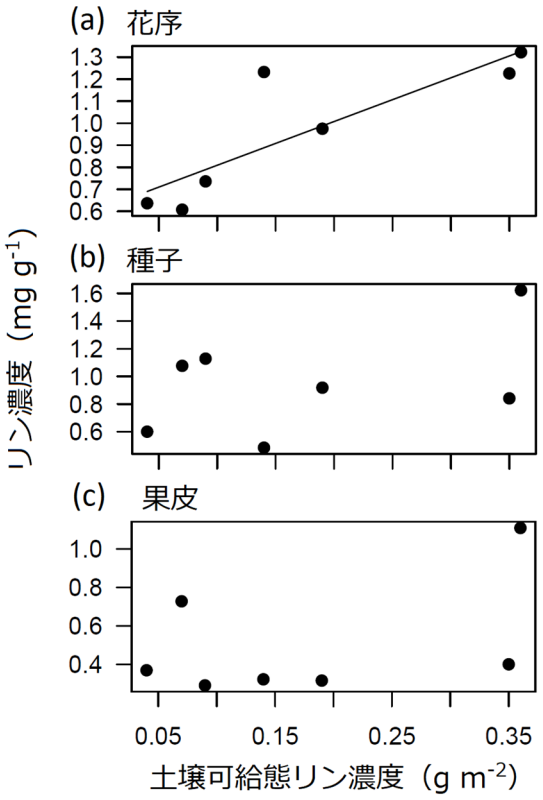

図 5. キナバル山の土壌リン濃度の異なる 7 つの森林における優占樹種の繁殖器官のリン濃度．各点は優占樹種の群集平均値を示す．集平均値は，種の値を相対胸高断で重荷付けして計算している．実線は有意な相関関係を示す（$P < 0.05$）．

樹木のリン利用特性によるリン循環の制御

最後に，樹木のリン利用効率化が生態系のリン循環にどのように影響するのか議論する．低リン環境では，落葉前のリン再吸収によりリン損失が抑制されるため，樹木内でのリン滞留時間が長い種が適応的だと考えられている．そうであれば，低リン環境ほど樹木内のリン滞留時間は増加するのだろうか．この仮説は林冠の葉を対象に示唆されてきたが（Gleason et al. 2009），木部（幹等）を含む樹木全体には拡張されていなかった．そこで，私は葉と木部間のリン分配を考慮した理論モデルを新規に構築し，キナバル山の 7 つの森林で樹木地上部のリン滞留時間を推定した．この結果，リン滞留時間（2.7–9.8 年）がバイオマスの滞留時間（19.8–48.8 年）の 5 分の 1 と短いことが明ら

かになった．これは，葉へのリン分配率（樹木地上部内のリンの 11–46%）がバイオマスの分配率（地上部バイオマス中の 2–5%）より大きいためであった．葉は木部より寿命が短いため，葉へのリン分配はリン滞留時間を減少させる．葉へのリン分配率は低リン土壌ほど増加し，リン滞留時間を低下させることが予測された．一方，落葉時のリン再吸収率は低リン土壌ほど増加し，リン滞留時間を最大で 2 倍以上増加させていた．葉へのリン分配によるリン滞留時間の低下（図 6 灰色点線）を，落葉時のリン再吸収が相殺することで（図 6 黒矢印），土壌リン可給性に関わらず一定のリン滞留時間が維持されることが示された（図 6 黒実線）（Tsujii et al. 2020）．この成果は，樹木のリン利用特性が生態系内のリン循環速度を制御することを示している．

展望

熱帯林から得られる知見は，他の地域にも適用できるのだろうか．現在私は，リン欠乏が卓越するオーストラリア大陸に滞在し，この課題に挑んでいる．一般理論の構築とリン利用機能の多様性の解明が，人類の持続的な発展に不可欠だと考えている．リン資源に関わる課題は，リン鉱石の枯渇（Cordell et al. 2009）や生態系への人為的なリンの過剰供給（Steffen et al. 2015）など，多岐にわたる．熱帯樹木から得られる知見が，こうした課題の解決に貢献することを願ってやまない．

謝辞

本稿は第 26 回日本熱帯生態学会吉良賞奨励賞受賞業績「Tsujii et al.（2020）Phosphorus allocation to and resorption from leaves regulate the residence time of phosphorus in above-ground forest biomass on Mount Kinabalu, Borneo. Functional Ecology, 34（8）: 1702–1712」を中心にこれまでの研究成果をまとめたものである．本機会を与えてくださった吉良賞選考委員に心から感謝申し上げる．本研究の実施にあたり，京都大学大学院農学研究科 北山兼弘教授をはじめ，多くの共同研究者に指導，支援，貴重な助言を頂いた．サバ公園局には，本調査の実施おける全面的な支援を賜った．この場を借りて，厚くお礼申し上げる．一連の研究は日本学術振興会海外特別研究員制度，日本学術振興会特別研究員奨励費ならび科研費（JP22255002，JP16J11435）を受けて実施された．

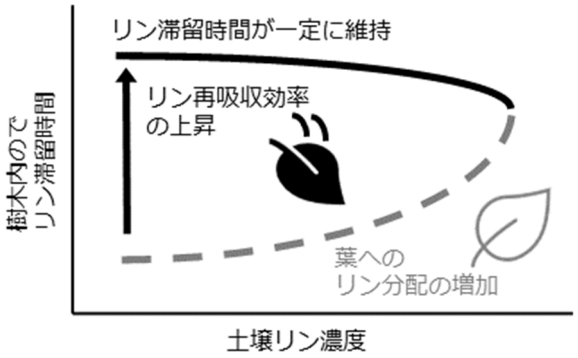

図 6. 樹木内のリン滞留時間を決定する理論モデル．葉へのリン分配とリン再吸収の効果が相殺しあうので，土壌リン濃度に関わらずリン滞留時間がある程度一定に維持される．

参考文献

Aiba S, Kitayama K. 1999. Structure, composition and species diversity in an altitude-substrate matrix of rain forest tree communities on Mount Kinabalu, Borneo. *Plant Ecology* 140: 139–157.

Appanah S. 1985. General flowering in the climax rain forests of South-east Asia. *Journal of Tropical Ecology* 1: 225–240.

Berendse F, Aerts R. 1987. Nitrogen-use-efficiency : A biologically meaningful definition？ *Functional Ecology* 1: 293–296.

Conn S, Gilliham M. 2010. Comparative physiology of elemental distributions in plants. *Annals of Botany* 105: 1081–1102.

Cordell D, Drangert JO, White S. 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change* 19: 292–305.

Gleason SM, Read J, Ares A, Metcalfe DJ. 2009. Phosphorus economics of tropical rainforest species and stands across soil contrasts in Queensland, Australia: Understanding the effects of soil specialization and trait plasticity. *Functional Ecology* 23: 1157–1166.

Hawkins H-J, Hettasch H, Mesjasz-Przybylowicz J, Przybylowicz W, Cramer MD. 2008. Phosphorus toxicity in the Proteaceae: A problem in post-agricultural lands. *Scientia Horticulturae* 117: 357–365.

Hayes PE, Clode PL, Oliveira RS, Lambers H. 2018. Proteaceae from phosphorus-impoverished habitats preferentially allocate phosphorus to photosynthetic cells: An adaptation improving phosphorus-use efficiency. *Plant Cell and Environment* 41: 605–619.

Hidaka A, Kitayama K. 2009. Divergent patterns of photosynthetic phosphorus-use efficiency versus

nitrogen-use efficiency of tree leaves along nutrient-availability gradients. *Journal of Ecology* 97: 984–991.

Hidaka A, Kitayama K. 2011. Allocation of foliar phosphorus fractions and leaf traits of tropical tree species in response to decreased soil phosphorus availability on Mount Kinabalu, Borneo. *Journal of Ecology* 99: 849–857.

Kedrowski RA. 1983. Extraction and analysis of nitrogen, phosphorus and carbon fractions in plant material. *Journal of Plant Nutrition* 6: 989–1011.

Killingbeck KT. 1996. Nutrients in senesced leaves: Keys to the search for potential resorption and resorption proficiency. *Ecology* 77: 1716–1727.

Kitayama K. 1992. An altitudinal transect study of the vegetation on Mount Kinabalu, Borneo. *Vegetatio* 102: 149–171.

Kitayama K. 2005. Comment on 'Ecosystem properties and forest decline in contrasting long-term chronosequences'. *Science* 308: 633b.

Kitayama K, Tsujii Y, Aoyagi R, Aiba S. 2015. Long-term C, N and P allocation to reproduction in Bornean tropical rain forests. *Journal of Ecology* 103: 606–615.

Mao R, Zeng D-H, Zhang X-H, Song C-C. 2015. Responses of plant nutrient resorption to phosphorus addition in freshwater marsh of Northeast China. *Scientific Reports* 5: 8097.

Steffen W, Richardson K, Rockström J, Cornell SE, Fetzer I, Bennett EM, Biggs R, Carpenter SR, de Vries W, de Wit CA, Folke C, Gerten D, Heinke J, Mace GM, Persson LM, Ramanathan V, Reyers B, Sörlin S. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347.

Tsujii Y, Aiba S, Kitayama K. 2020. Phosphorus allocation to and resorption from leaves regulate the residence time of phosphorus in above-ground forest biomass on Mount Kinabalu, Borneo. *Functional Ecology* 34: 1702–1712.

Tsujii Y, Kitayama K. 2018. Relationships of phosphorus concentration in reproductive organs with soil phosphorus availability for tropical rain-forest trees on Mount Kinabalu, Borneo. *Journal of Tropical Ecology* 34: 351–363.

Tsujii Y, Oikawa M, Kitayama K. 2017a. Significance of the localization of phosphorus among tissues on a cross-section of leaf lamina of Bornean tree species for phosphorus-use efficiency. *Journal of Tropical Ecology* 33: 237–240.

Tsujii Y, Onoda Y, Kitayama K. 2017b. Phosphorus and nitrogen resorption from different chemical fractions in senescing leaves of tropical tree species on Mount Kinabalu, Borneo. *Oecologia* 185: 171–180.

Vergutz L, Manzoni S, Porporato A, Novais RF, Jackson RB. 2012. Global resorption efficiencies and concentrations of carbon and nutrients in leaves of terrestrial plants. *Ecological Monographs* 82: 205–220.

Vitousek PM. 1982. Nutrient Cycling and Nutrient Use Efficiency. *The American Naturalist* 119: 553–572.

Vitousek PM, Sanford RL. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 137–167.

Walker TW, Syers JK. 1976. The fate of phosphorus during pedogenesis. *Geoderma* 15: 1–19.

Wardle D, Walker LR, Bardgett RD. 2004. Ecosystem properties and forest decline in contrasting long-term chronosequences. *Science* 305: 509–513.

Witkowski ETF, Lamont BB. 1996. Disproportionate allocation of mineral nutrients and carbon between vegetative and reproductive structures in Banksia hookeriana. *Oecologia* 105: 38–42.

Yang X, Post WM, Thornton PE, Jain A. 2013. The distribution of soil phosphorus for global biogeochemical modeling. *Biogeosciences* 10: 2525–2537.

「第 1 回若手交流セミナー」開催報告

日本熱帯生態学会　若手イノベーション委員会
原　将也（神戸大学）

若手イノベーション委員会では，若手研究者の効果的な支援を目的とし，若手会員を中心に活動しています．コロナウイルス感染症のパンデミックにより，研究や教育活動が制限されました．最近では社会情勢が安定しはじめ，今年度より国内外でのフィールドワークを再開される会員の方々も多いことと存じます．しかしながら日本熱帯生態学会の年次大会は，2020 年と 2021 年にはオンライン，2022 年にはハイブリッドでの開催を余儀なくされました．関連する研究会などのイベントもオンラインでの開催が多く，学界でネットワークをもたない大学院生などの若手会員の情報交換や勉強，交流の機会が失われたことが心配されています．そこで若手イノベーション委員会では，若手会員をはじめとし，幅広い世代，分野の研究者の交流を活性化し，研究成果の公表だけでなく，熱帯にまつわる情報交換，交流の機会を設けることとしました．

このような経緯から，2023 年 1 月 20 日（金）20:00～21:30（日本時間）に「JASTE 第 1 回若手交流セミナー」をオンラインで開催しました．セミナーの冒頭に，中林雅委員長より趣旨説明がありました（写真 1）．前半には中米パナマを舞台とした熱帯研究の紹介，後半には ZOOM ブレイクアウトルーム機能を用いた参加者同士の交流を企画しました．前半の研究紹介では，現在オランダ・ワーヘニンゲン大学に滞在中の藤澤奈都穂会員（日本学術振興会／京都大学）と現在パナマのスミソニアン熱帯研究所に滞在する中村亮介会員（京都大学）にご発表いただきました．今回はオランダとパナマと日本をつなぐ必要があり，セミナーの時間を日本時間の夜に設定しました．コロナ禍で対面での研究会は減りましたが，オンライン会議システムの浸透のおかげで，世界各地をリアルタイムにつなぐことが容易になったことは喜ばしいことです．カメルーンのフィールドから参加してくださった方もいらっしゃいました．参加者は，発表者と若手イノベーション委員を含め，合計で 23 名（非学会員 9 名含む）でした．熱帯研究に関心をもつ非学会員の学部生や大学院生だけでなく，若手研究者，ベテランの方々にご参加いただき，世代内，世代間，分野間の交流を目指す当初の目的が果たされました．

藤澤会員には，「パナマのコーヒー農村はコロナ禍をどう乗り越えたか」というタイトルで，コロナ禍のパナマ農村の変容についてお話しいただきました（写真 2）．パナマの農村では換金用のコーヒーや自家消費用の穀物，イモ類など多様な作物が栽培され，それがアグロフォレストリーの多様な景観に反映されています．コロナ禍では世帯の食事のなかで，購入品である肉や乳製品を食する割合が減り，スープの材料として好まれるイモ類の消費が増えたことが報告されました．また，インタビューから，コロナ禍においてみずからの食料を生産する自給要素の強い農業形態が，世帯の食料確保を支えるセーフティーネットとして，地域住民に再認識された状況が指摘されました．最

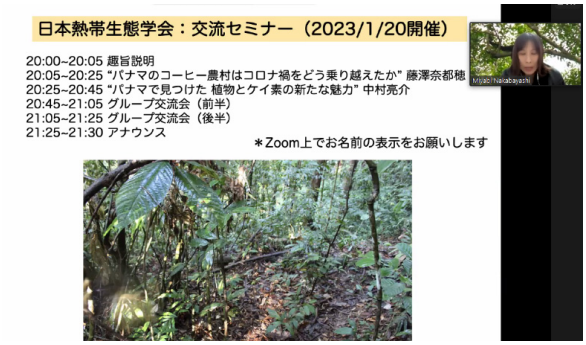

写真 1．第 1 回若手交流セミナーのプログラム．

写真 2．藤澤会員による発表．

写真 3．中村会員による発表．

後に，地域の生態環境や景観と食料に関する国際共同研究について紹介されました．

中村会員には，「パナマで見つけた植物とケイ素の新たな魅力」というタイトルで，熱帯林におけるケイ素循環と新天地パナマでの試みについてご紹介いただきました（写真 3）．中村会員は，これまでマレーシアのボルネオ島キナバル山をメインのフィールドとして，熱帯林において標高や母岩という環境要因と植物群落のケイ素濃度の関係性について研究してきました．マレーシアでは母岩に関係なく，標高が高くなるとケイ素濃度が下がる傾向が明らかになっています．このことをより広範な熱帯地域で検証するべく，パナマに研究滞在されています．パナマでは，さまざまな母岩，標高の環境で群落のケイ素濃度を調べており，最新の分析結果の一端が紹介されました．

後半の参加者交流では，4～5 名ずつのグループに分かれ，自己紹介や研究にまつわる情報交換を実施しました（写真 4）．学会員，非学会員を問わなかったことで，熱帯研究に関心をもつ大学院生や学部生に参加していただけたことが印象的でした．世代や分野にばらつきが出るよう，事前に若手イノベーション委員会で参加者のグループ分けをおこないました．時間の関係で 20 分×2 ターンしか実施できませんでした．どのグループも活発に交流しており，時間の足りないグループもありました．自己紹介と質問だけで終わってしまうこともあり，少人数で深く交流できるよう，時間配分や仕掛けなどにさらなる工夫が必要だと思っています．

セミナーの最後には，保坂哲朗前幹事長より「JASTE33 第 33 回日本熱帯生態学会年次大会（高知）」についてアナウンスがありました．対面とオンラインを組み合わせたハイブリッドでの開催，非学会員でも参加できることが説明され，積極的な参加が呼びかけられました．最後に全体で集合写真（写真 5）を撮影し，セミナーを締めました．今回のセミナーは，おふたりによる研究紹介から参加者交流まで，終始和やかに進み，熱帯に関係するさまざまな分野の話題が飛び交い，まさに日本熱帯生態学会らしい会となりました．

なお，参加者の方々より写真の本稿掲載のご了承をいただきました．この場を借りて，改めて御礼申し上げます．

【関連ウェブサイト】

日本熱帯生態学会

若手イノベーション委員会ウェブサイト

https://jastewakateinnovation.weebly.com/

写真 4. 参加者交流（ブレイクアウトルーム）の様子．

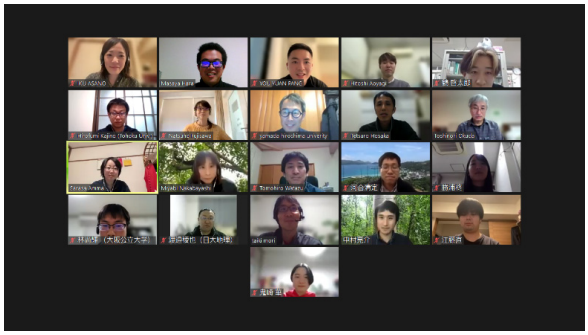

写真 5. 参加者全員で集合写真．

日本熱帯生態学会事務局
日本大学生物資源科学部国際地域開発学科
〒252-0880　神奈川県藤沢市亀井野 1866
Email: jaste.adm@gmail.com

The Japan Society of Tropical Ecology General Office
c/o College of Bioresource Sciences, Nihon University
1866 Kameino, Fujisawa, Kanagawa 252-0880, Japan
E-mail: jaste.adm@gmail.com

日本熱帯生態学会ニューズレター 130 号
編集　日本熱帯生態学会編集委員会
NL 担当：北村俊平（石川県立大学）
百村帝彦（九州大学）

NL 編集事務局
〒921-8836　石川県野々市市末松 1 丁目 308 番地
石川県立大学　生物資源環境学部
環境科学科　植物生態学分野（C210）

発行日　2023 年 2 月 25 日
印刷　株式会社ソウブン・ドットコム
電話 03-3893-0111