SURE 静岡大学学術リポジトリ
Shizuoka University REpository

里山二次林において生物多様性に対する第2の危機を学習する方法と内容

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2014-04-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小南, 陽亮 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/7736

【 論文 】

里山二次林において生物多様性に対する第２の危機を学習する方法と内容

小　南　陽　亮

静岡大学教育学部

要約

里山二次林を生物多様性教育の教材として利用できる可能性を明らかにすることを目的として、「生物多様性はなぜ劣化しているのか」について学習可能な内容と方法を検討した。身近な環境で生じている現象であるが具体的な探究活動の例が普及していない第２の危機に焦点をあて、里山二次林から収集可能なデータを分析して第２の危機を検出する方法と得られた結果から学習できる内容を示すことを目指した。分析では、学校教育で生徒が測定可能なデータとして里山二次林の樹木センサスのデータを用いた。１回のセンサスデータで里山二次林の変化を探究できる方法として、胸高直径の度数分布図を樹種間で比較することによって衰退する樹種と増加する樹種を把握することを検討した。樹木センサスデータを得た 30m × 30m の調査区における５種の樹木のサイズ分布が示す傾向から、里山二次林の代表的な樹種であるクリとコナラの世代交代が停滞する一方で、潜在自然植生の主要樹種であるタブノキの個体群は成長する可能性が高いとみなせた。しかし、自然植生を主に構成する他の樹種はみられず、周辺に植栽された樹木からの急速な侵入・定着も検出された。これらの結果から、樹木のサイズ分布にみられる傾向を読みとることで、里山二次林において未利用放棄後はかっての主要樹種が衰退する一方で、今後の自然植生への推移は不確実であると推定でき、第２の危機が進行していることを学習できる可能性が示された。その学習の過程では、定量的な分析結果に加えて、関連する定性的な情報をできるだけ組み合わせて結論を導く指導計画が望ましいと考えられ、本研究はそのモデルケースとなる例を提示した。

キーワード

生物多様性、環境教育、里山、二次林、理科

序

生物多様性の劣化が地球規模での環境問題となり、日本でも国が取り組むべき重要な問題として認識される中、高等学校の生物に生物多様性に関する内容が新たに盛り込まれるなど、学校教育において生物多様性は重要な学習内容になりつつある（小南ほか 2013）。生物多様性は、種の多様性、遺伝子の多様性、生態系の多様性という３つのレベルの多様性からなる包括的な概念であり、人間が生態系から得られる利益（生態系サービス）の見地から、人間との関わりをも含めてとらえるべきものである。そのため、学校教育において生物多様性について学習する内容は多岐にわたる。

高等学校学習指導要領（文部科学省 2011）が示す「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究し、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」（生物基礎）ことと、「生態系における生物多様性に影響を与える要因を理解し、生物多様性の重要性を認識すること」（生物）を教育する上で、生徒が習得する内容として次のことが想定される。

１）生物多様性とは何か。

２）生物多様性はなぜ劣化しているのか。

３）生物多様性をなぜ保全しなければならないのか。

４）生物多様性をどのようにして保全すればよいのか。

これらのことを学習する方法としては、既存の資料・映像の活用やインターネット上での調べ学習が選択肢として考えられる（浅島ほか 2012、吉里ほか 2012）。しかし、高等学校学習指導要領（文部科学省 2011）において「生物基礎」と「生物」の目標として共通して示されている「生物や生物現象に対する探究心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、生物学的に探究する能力と態度を育てる」ことを実現するためには、身近な環境を対象にデータを収集し、そのデータを分析した結果を解釈することによって上記の 1）～4）のいずれかについて探究するという方法が理想である。

里山は生物多様性に関する探究活動の対象となる身近な自然のひとつであり、薪や炭などの燃料や堆肥づくり

のために人間が利用してきた半自然の森林(里山二次林)が代表的な植生となる。里山二次林において学校教育で実施可能な方法で収集したデータから、「生物多様性とは何か」については種の多様性を学習する内容、「生物多様性をなぜ保全しなければならないのか」については調節的サービスを学習する内容が検討されている（小南ほか 2013)。その検討では、「生物多様性とは何か」を探究できるデータを実際の里山二次林で収集できる可能性は高く、データを解析する方法も生徒にとって困難なものではないことが示された。調節的サービスについては、解析方法が生徒には難しい可能性があるものの、工夫次第では探究可能であることが示唆された。

本研究では、学校教育において里山二次林を生物多様性教育の教材として利用できるか否かをさらに明確にすることを目的として、「生物多様性はなぜ劣化しているのか」について学習可能な内容と方法を検討する。

生物多様性国家戦略 2012-2020（環境省 2012）は、生物多様性の劣化をもたらしている要因を、開発など人間活動による危機（第１の危機)、自然に対する働きかけの縮小による危機（第２の危機)、外来種など人間により持ち込まれたものによる危機（第３の危機)、地球環境の変化による危機（第４の危機）に分類している。このうち第１の危機は、乱獲による個体数減少や開発による生息地の破壊が生物種を圧迫することをさしており、生物多様性を劣化させる原因としては４つの危機の中で最もわかりやすい。しかし、第１の危機によって絶滅の可能性が高まっている種（絶滅危惧種）を取り扱うことには慎重な配慮が必要であり、多人数で立ち入ることで生息地を攪乱したり、生息地の場所が地域に広く知られて乱獲を招くなどによって絶滅の可能性を高めてしまうことは避けなければならない。従って、絶滅危惧種への配慮について十分な知識と経験を有する教員が指導するべきであり、第１の危機について実物を対象とした学習を学校教育で展開するにはこの点を克服する必要がある。第３の危機は、人為的に移入された外来生物が在来の生物を圧迫するものであり、日本でも様々な事例が報告されている（環境省 2004 など)。在来生物や環境を外来生物が圧迫する様子は身近な環境でも観察可能であり、高等学校理科用の教科書でも、「生態系とその保全」に関する探究活動として、オオクチバス、アメリカザリガニ、セイヨウタンポポなどを対象とした外来種の影響を探究する例を掲載している（浅島ほか 2012、吉里ほか 2012)。第４の危機は地球温暖化などの地球レベルでの環境変動による影響であり、日本において具体的に想定されることとしては、代表的な自然林であるブナ林や沿岸の重要な生態系であるサンゴ礁などの衰退があげられる（井口・磯村 2012、若松ほか 2013)。第４の危機については、生物多様性の劣化と地球環境変動を関連させて学習できることから学校教育で扱う意義は大きい。ただし、その影響のスケールが身近な環境だけでは探究することが難しいものであるため、公表されている資料やインターネットによる調べ学習が主になると考えられる。このように第１の危機と第４の危機については身近な環境で実際に収集したデータを分析して探究する方法を用いることが難しく、第３の危機についてはすでに教科書等で具体的な探究活動の例が示されている。

一方、第２の危機は、里地・里山のように歴史的に長く利用されてきた半自然植生が近年は放棄されるようになったために、メダカやキキョウのようなごく普通にみられた生物の生息・生育環境として大きく変化してしまうことをさす。すなわち、身近な環境で生じている生物多様性の変化を意味するものであり、具体的な探究活動の対象にできる可能性が高い。しかし、温暖多雨な気候下にある日本では、利用しなくなった植生は自然の推移にまかせればよいとみられがちであり、第２の危機はなぜそれが危機であるのかを理解することが４つの危機の中で最も難しい。また、学校教育において、第２の危機について具体的に何を探究すればよいのかが明確になっていない。そのため、指導する教員は、第２の危機の意味を十分に理解するとともに、生徒が収集したデータから第２の危機とみなせる現象をどのようにして読み取るかを習得しておく必要がある。

これらのことから、「生物多様性はなぜ劣化しているのか」について学習できる内容と方法を検討する上で、第２の危機に焦点をあて、1）里山二次林から収集可能なデータを分析して第２の危機を検出する方法を明らかにし、2）得られた結果からどのような内容を学習するかを示す。これらの点を明確にできれば、第３の危機と同様に第２の危機についても、教科書等で具体的な探究活動を例示することが可能になると見込まれる。

方法

データ

学校教育で生徒が測定可能なデータを使用して分析するため、小南ほか（2013）が報告した里山二次林の樹木センサスのデータを用いた。この樹木センサスでは、静岡市郊外の静岡大学キャンパス内に残存する里山二次林に 30m × 30m の方形調査区が設けられ、方形区内に生育する樹高 1.3m 以上の全樹木を対象に種名、胸高直径、樹高を記録するセンサスが 2008 年、2009 年、2011 年にそれぞれ行われている。小南ほか（2013）は、樹木センサスの方法は生徒自ら測定可能な簡易なものであるとした。また、作業量については 20m × 20m の面積であれば学校教育で実施できる可能性は高く、30m × 30m では参加人数や作業の効率化次第では実施可能であると報告している。

分析方法

里山二次林において第2の危機が生じていることを検出するためには、薪、炭、堆肥などの採集で利用されていた時には生育・生息していた生物が近年の未利用放棄に伴って減少していることを分析する。小南ほか(2013)は、2008年～2011年の3回分のセンサスデータを用いて、里山二次林を主に構成していた落葉広葉樹が減少する一方で潜在自然植生を構成する常緑樹は増えつつあることを示し、3年程度継続してデータを収集できれば里山二次林が変化していることを探究可能であるとした。学校の近くに継続して観測可能な里山二次林を確保できる等の条件が整った学校では、例えば気象観測と同様に学年間で引き継いで樹木センサスを数年間継続できる可能性はある。しかし、里山二次林を対象にそのような観測体制をとることができる学校が多いとは考えにくい。

そこで、本研究では1回のセンサスデータで里山二次林の変動を探究でき、かつ高等学校の生徒が分析可能な方法を検討した。樹木は生存している間は肥大成長を続けて年輪を形成することは広く知られており、そのことから太さと樹齢の間に相関があることを生徒が理解するのは難しくはないと考えられる。樹木センサスのデータから作成できる太さの度数分布図（ヒストグラム）は概ね年齢構成を表しているとみなし、そのヒストグラムの形状（サイズ分布）から樹木の繁殖や世代交代の状況を推定する方法は、樹木個体群や森林群集の変動を解析する手法として多く用いられている（Tanouchi and Yamamoto 1995、永松ほか2002など）。この手法を用いれば1回のセンサスデータからでも生徒が里山二次林の変化を探究できる可能性がある。ここでは、小南ほか（2013）のセンサスデータから2011年に観測されたデータを用いて胸高直径のヒストグラムを作成し、そのサイズ分布を樹種間で比較することによって衰退する樹種と増加する樹種を簡易に把握できるか否かを検討した。また、必要な調査面積を明らかにするために30m × 30mの面積で記録したデータと20m × 20mのデータを対象に同じ分析を行って比較した。

結果

調査区内に生育していた36種の樹木のうち、30m × 30mの面積で10本以上の樹木が記録された高木樹種5種を対象に胸高直径を階級値とするヒストグラムを作成した（図1）。

30m × 30mの面積で記録したデータから作成したヒストグラムでは、階級値の幅を2cmとしても各樹種に明瞭な傾向がみられた。クリについては、胸高直径12～30cmの範囲でサイズが連続する22本がみられ、6cm未満のサイズも9本記録されたが、6～12cmの個体が全くみられなかった。アカメガシワは、31本が4～20cmの範囲で連続し12～14cmにピークをもつ一山形のサイズ分布を示した。コナラについては、32～36cmに2本の大木がある一方で、中間的なサイズの個体は全くみられず、4cm未満に11本の稚樹が記録された。タブノキでは、12～24cmの間に2本がみられた他は、大部分(20本）が6cm未満の個体であった。イヌマキは146本全てが12cm未満であり、そのうち121本（83%）は2cm未満であった。

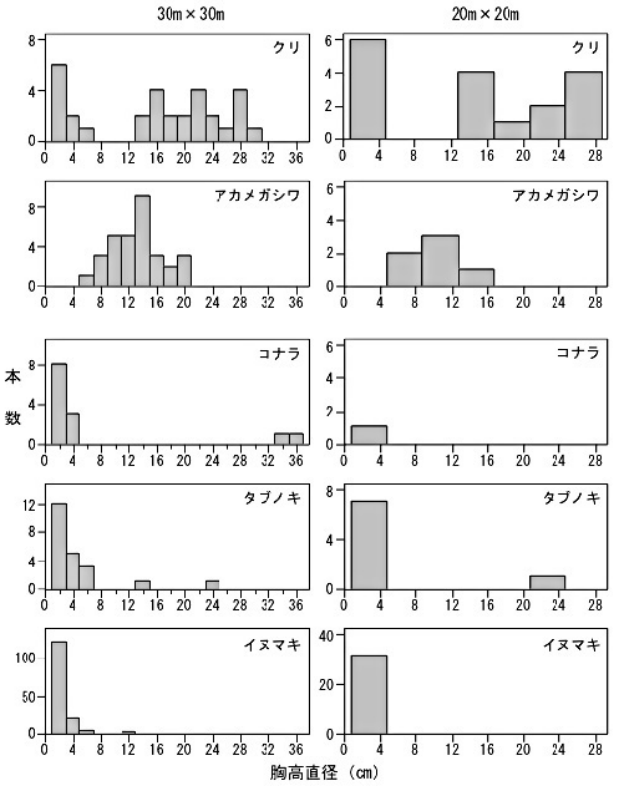


図1　里山二次林の調査区における主な樹種の胸高直径によるサイズ分布
左は30m×30mの範囲で観測したデータ、右は20m×20mのデータから作成

20m × 20mのデータによるヒストグラムでは、各樹種の本数が少なくなったためにヒストグラムの形状は粗くなった（図1）。30m × 30mと同じ階級値の幅にするとほとんどの階級で度数が2本以下となり、ヒストグラムが示す傾向が不明瞭になった。そのため20m × 20mでは階級値の幅を4cmとしたところ、サイズ分布に以下のような傾向がみられた。クリについては、階級値の幅を広くしたヒストグラムでも30m × 30mとほぼ同じサイズ分布を示した。アカメガシワについても、ピークは不明瞭になったが一山形のサイズ分布は同様であった。コナラは1本のみとなり、サイズ分布の傾向をみることができなくなった。タブノキとイヌマキについては、4cm未満の階級に集中する傾向は同じであった。

考察

サイズ分布から読みとれる里山二次林の変動

30m × 30mで記録した樹木センサスのデータから作

成したヒストグラムを分析することで、対象とした里山二次林で生じている変動を次のように推定することができる。

クリは、果実や木材が人間によく利用されるため日本の里山二次林を構成する代表的な樹種であり（谷口 2009）、調査地の里山二次林でも胸高断面積合計では最優占種となる（小南ほか 2013）。秋季には調査区全体に落下した多数のクリ果実が観察されたことから、胸高直径 12〜30cm でサイズ分布が連続する個体の多くは結実木であると考えられる。クリの果実は堅果であるため調査区ではアカネズミなどの貯食習性をもつ動物によって散布（貯食散布）される可能性があるが（谷口 2009）、貯食散布では鳥に採食されて運ばれる種子散布（鳥散布）よりも散布距離は数十 m 程度と短い（Iida 1996）。このことから、調査区内で記録された胸高直径 6cm 未満の個体の多くは調査区内の結実木を親木とする稚樹であると推定される。クリの世代交代については、1）結実木サイズの個体が 22 本あるにもかかわらず稚樹サイズは 6 本のみであったこと、2）6〜12cm の個体が全くみられなかったこと、3）胸高直径 30cm 近くの個体が樹高も 10m 以上に達していることから、調査地のクリはかなり前から果実生産を続けているにもかかわらず、生育できた稚樹は少なく、その稚樹も胸高直径 6cm 以上には成長できない現状にあると推定される。自然林におけるクリの世代交代には、台風や病虫害など植生を破壊する攪乱によって高木が倒れたり枯死し、森林内に明るい場所（林冠ギャップ）が形成されることが必要であることが知られている（Masaki 2002）。調査地におけるクリのサイズ分布は、この里山二次林が未利用になることで上層がうっ閉し、クリが果実を生産しても次世代の個体を残すのは難しい環境になりつつあることを示している。

アカメガシワは、日本では本州〜九州に広く分布し、攪乱を受けて明るくなった環境に早期に定着・成長する先駆樹種である。調査区におけるアカメガシワのサイズ分布は明瞭な一山形であった。このことは、過去のある期間に定着・成長した個体群が現在でも残っているが、これらの個体が現時点では調査区内に次世代の個体を全く定着させていないことを示している。すなわち、人間に利用されていた時か未利用になった直後の現在よりも明るい状態の時に多数が定着・成長し、明るい環境を好む先駆樹種であるために上層がうっ閉した現状では世代交代は困難になっていると考えられる。

コナラは、クリと同様に里山二次林を構成する代表的な樹種である（横井 2009）。調査区におけるサイズ分布は、30cm 以上の大木 2 本と 4cm 未満の稚樹 11 本のみがみられ、4〜30cm の個体は全く存在しないという極端な傾向を示した。このことは、調査区ではコナラはクリよりも世代交代が難しい状況にあり、少数残っている大木が台風等で倒れると調査区内からはほぼ消滅する可能性が高いことを示している。

タブノキは、東海地方の丘陵地における潜在自然植生であるヤブツバキクラス域の常緑広葉樹林（照葉樹林）を構成する主要樹種であり（山中 1979）、海岸から 1.6km に位置する調査地では優占種となることが多い（小南 2009）。調査区では、胸高直径 12cm 以上の 2 本は樹高も 12m に達していたが、樹高 20m 以上に成長するタブノキとしては若い木でありまだ結実はみられなかった。そのため、胸高直径 6cm 未満の稚樹 20 本は調査区外の親木に由来することは明らかである。タブノキは鳥散布される果実をつけることから、調査区外の親木から鳥に運ばれて散布された種子が発芽・成長し、それによって多くの稚樹が定着しつつあると推定される。常緑広葉樹であるタブノキは、クリやコナラよりも耐陰性が高く、調査区では稚樹の蓄積がさらに増えるとともに、その一部が上層に成長する可能性も高い。

イヌマキは、調査地のある丘陵地において農地の境界に生垣として植栽されていることが多くみられる。調査区内のサイズ分布では、2cm 未満だけでも 121 本と多くの稚樹が記録され、一部は胸高直径 10cm 以上に成長していた。調査区内やその周辺には結実木は全くみられなかったことから、記録された稚樹は調査区外の植栽木から鳥や哺乳類によって種子が散布されて定着したものであると考えられる。その稚樹の数は、ここで検討した他の種よりも桁違いに多く、イヌマキの侵入・定着が急速に進んでいることを示している。

調査区における 5 種の樹木のサイズ分布が示す傾向から、里山二次林の代表的な樹種であるクリおよびコナラと先駆性の樹木であるアカメガシワは世代交代が停滞しており、このままの傾向が続けば 3 種とも個体数を減少させると推定される。一方で、潜在自然植生の照葉樹林を主に構成する樹種であるタブノキの個体群は今後成長する可能性が高いとみなせた。しかし、タブノキと同様に照葉樹林の主要構成種であるスダジイやカシ類が調査区には全くみられなかったことから、自然の推移にまかせれば自然植生に移行するとはいえない。また、周辺地域に植栽されているイヌマキが急速に侵入・定着している状況は、自然植生とは異なる構成の森林に移行する可能性もあることを示している。

このように、30m × 30m の調査区で行った樹木センサスのデータから主な樹種のヒストグラムを作成し、それらのサイズ分布にみられる傾向を読みとることで、調査を行った里山二次林で第 2 の危機が進行しつつあることが示唆された。すなわち、未利用放棄後はかっての主要樹種が衰退する一方で、放置したままで自然林と同様な植生に推移するか否かは不確実であることが推定できた。

ここまで検討してきたように、１回の樹木センサスのデータから主要樹種のヒストグラムを作成し、サイズ分布の傾向を分析することによって、里山二次林の変化を検出することは可能である。ただし、その変化を第２の危機として理解するには、里山二次林を構成する種の繁殖や世代交代についての知識、結実の有無など観察による記録、調査地周辺の植生の状況なども加えて、過去から現在までの推移と今後の変化を読みとることが必要である。そこで、学校教育での探究活動として行うためには、生徒が定量的なデータの測定と分析を実行できるようにするだけでなく、分析結果の解釈に必要な定性的な観察や知識の収集も含めた探究の過程をしっかりと計画しておく必要がある。

探究の過程と学習内容

里山二次林における第２の危機を探究する活動を指導する教員は、樹木センサスのデータが示すサイズ分布をここまで記述したきたように解釈できることをまず理解する必要がある。その上で、生徒の理解がこのような解釈にできるだけ近づくことを目標として、定量的な分析結果に加えて関連する定性的な情報も可能な限り収集して結論を導く指導計画をたてなければならない。

里山二次林がおかれている状況は様々であり、最適な探究の過程も一律ではないと考えられる。ここではひとつのモデルケースとして、本研究と同様な里山二次林を対象とした場合の探究過程と学習内容を検討する。

探究の過程は、1）背景の学習、2）目的の設定、3）方法の検討、4）データ収集（野外調査）、5）データの集計と作図、6）結果の解釈とまとめの順になると想定される（表1）。

探究を始めるにあたって、背景については少なくとも次の点を学習しておく必要がある。

表1　本研究をモデルケースとして想定される探究過程と学習内容の要点

１．背景の学習
既存の資料から事前に学習しておくべき内容
・地球環境問題としての生物多様性
・生物多様性を劣化させている４つの危機
・里山利用の歴史と近年の未利用放棄
特に、1950〜1970年にかけて里山二次林の利用が急速に減少したこと
・里山の代表的な植生としての二次林の特徴
特に、クリやコナラが切り株からの萌芽して更新できる特性を利用してきたこと
２．目的の設定
身近にある里山二次林において第２の危機が実際に進行しているのかを明らかにする
３．方法の検討
(1) 調査面積の検討
・30m×30m程度が望ましい
(2) 樹種の識別
・全種を識別するのが基本であるが、事情によっては主要な樹種のみを対象
４．データ収集（野外調査）
(1) 調査区の設置
(2) 調査：樹高1.3m以上の樹木を対象に種名と胸高直径を記録
※ 可能ならば測定した樹木の開花・結実や調査地周辺に植栽されている樹木を観察・記録
５．データの集計と作図
(1) 胸高直径を階級値として階級毎の本数を集計
(2) ヒストグラムを作図
６．結果の解釈とまとめ
(1) 解釈に必要な理解
・胸高直径が樹齢と相関すること
・サイズ分布から齢構成を検討できること
(2) ヒストグラムの見方の基本
・一山形のサイズ分布や不連続なサイズ分布：繁殖・世代交代が抑制されている可能性
・若齢の個体をピークとする連続的なサイズ分布：繁殖・世代交代への制限は小さい
(3) サイズ分布にみられる傾向を分析
・里山二次林において生じている樹木の変動を推定
(4) 推定した樹木の変動が第２の危機であることを理解し、結論をまとめる
・測定したデータ以外の情報を収集・整理
対象樹種の生態について既存資料で調べる
測定した樹木の開花・結実の観察記録
調査地周辺に植栽されている樹木の記録
・答えるべき問いの提示
里山二次林の主要構成種の個体群は維持されるか否か
自然植生の構成種の定着がみられ、その個体群が成長する可能性はあるか
植栽された樹木や外来種の顕著な侵入・定着がみられるか
・問いの答えを考察
第２の危機が進行しているのかについて結論をまとめる

・地球環境問題としての生物多様性
・生物多様性を劣化させている４つの危機
・里山利用の歴史と近年の未利用放棄
・里山の代表的な植生としての二次林の特徴

これらについては、参考となる書籍（根本 2010 など）がある他、ネットワーク上でも環境省関連のサイト（例えば、http://www.biodic.go.jp/biodiversity/）でもわかりやすく解説されている。このうち里山の未利用放棄については、1950～1970 年にかけて燃料や堆肥生産のために里山二次林を利用することが急速に減少した点（恒川 2001）を必ず知っておく必要がある。それによって、短期間で利用放棄されてから数十年を経た里山二次林において第２の危機が日本全体の規模で生じていることを理解できる。また、里山二次林の特徴については、クリやコナラが切り株からの萌芽によって更新できる特性を利用して短いサイクルで薪や炭を生産してきた経緯（根本 2010）からクリやコナラが必然的に主要な樹種となったことは、結果の解釈において重要な判断材料となるため把握しておきたい。

学習の目的としては、身近にある里山二次林において第２の危機が実際に進行しているのかを明らかにすることが基本となる。

データ収集の方法と実施については、小南ほか(2013)は、里山二次林の種の多様性や二酸化炭素蓄積能力を学習する場合には、結果の確かさと実行可能な作業量の点からみて 20m × 20m 程度の面積を扱うのが現実的であると報告している。本研究の結果は、樹木のサイズ分布を解析して第２の危機を検出するためには 30m × 30m 程度の面積を対象とすることが望ましいことを示した。20m × 20m でも 30m × 30m と同様な結論が得られると考えられるが、ヒストグラムが粗くなるためにサイズ分布の傾向がやや読みとりにくくなる。また、調査区の位置によっては、解釈に含めたい樹種のデータが不足することもある。種の識別については、生物多様性の探究であることを考慮すると、出現した全ての樹木について種を同定するのが理想である。しかし、指導者の識別能力や作業量の点で全種の同定が難しい場合は、地域の里山二次林を構成する主要樹種（特に人間の利用に依存して優占性を保ってきた種）と潜在自然植生の主要樹種のみを識別することもやむえない。里山二次林の主要構成種としては、本研究が対象としたコナラとクリ以外に、クヌギやアカマツなどが地域によっては対象となる。潜在自然植生が照葉樹林であれば、本研究が対象としたタブノキの他にアカガシ、ウラジロガシなどのカシ類やスダジイなども識別できたほうがよい。また、本研究におけるアカメガシワのように明るい二次林によくみられる先駆性の樹種や、イヌマキのように近隣の植栽木からの侵入・定着が多く観察される樹種についてもできれば対象としたい。あまり推奨できる方法ではないが、30m × 30m 程度の面積を測定するのが労力的に難しい場合は、あらかじめ識別方法を習得した上記のような樹種のみを対象に測定するという方法も選択肢となる。

収集したデータの分析は、ヒストグラムの作成が中心となる。生徒がヒストグラムを作成する意味を理解するためには、階級値となる胸高直径が樹齢と相関すること、ヒストグラムが示すサイズ分布から齢構成を検討できること、従ってサイズ分布の傾向をみることで個体群の過去の変動と今後の推移を推定できる可能性があることを指導する。本研究では 30m × 30m での分析に用いた樹木は 243 本であり、イヌマキ（146 本）以外の樹種は 13～31 本であった。これらの本数を参考にすると、30m × 30m 程度の面積における主要な樹木で測定した胸高直径の値をヒストグラムの階級毎に計数する集計作業については、生徒が分担して行えば長い時間を要しないと見込まれる。階級毎の度数が集計できれば、手書きでヒストグラムを作図することは難しくはなく、あるいは表集計ソフトウエアの棒グラフを作成する機能を使って簡易に作図することもできる。

作成したヒストグラムの見方については、次のような推定が基本となる。

１）本研究のアカメガシワにみられたような一山形のサイズ分布やクリにみられたような結実（繁殖）個体と稚樹（幼個体）の間のサイズが存在しない不連続なサイズ分布は、その種の繁殖・世代交代が何らかの原因で抑制されている可能性を示す。
２）タブノキにみられたような最も若齢の個体をピークとする連続的なサイズ分布は、その種の繁殖・世代交代が強くは制限されていないことを示す。

これらの推定は、サイズ分布が齢構成を表していることを理解していれば難解ではなく、生徒自らがヒストグラムを検討してこのような推定に至ることが望ましい。もし、生徒が上記のような推定になかなか至らない場合は、日本の人口ピラミッドをみると少子高齢化のために今後は人口が減少すると予測されることを例示すれば、生徒の考察を補助できると考えられる。

このように、ヒストグラムを作成してサイズ分布にみられる傾向を分析するだけでも、生徒が里山二次林において生じている樹木の変動を推定することは可能であると考えられる。さらに、その変動が第２の危機であることを具体的に理解するためには、結実の有無などの定性的な観察結果や対象種の生態について文献やインターネットなどで調べた情報も含めて検討することが望ましい。個々の樹種について推定できる内容は様々であり、例えば、本研究のクリについては生徒が次のように推定することが期待される。

・多数の果実をつける親木が胸高直径 12～30cm の範囲

内にみられる。これらは人間に利用されて明るい林であったころに成長したものではないか。
・これらの親木から落下した果実は発芽し、その一部は胸高直径 6cm 未満の稚樹となっているが、親木の数からみてその密度は低い上に、それより大きなサイズには成長できずにいるようである。
・このまま利用されないまま常緑樹の数が増えた場合、明るい環境を好むクリの世代交代はさらに制限され、その個体数は減少すると予想される。

このような樹種ごとの状況を生徒にできるだけ推定させた上で、対象とした里山二次林の全体に生じている変化について、次の点に対する答えるように指導する。
・里山二次林の主要構成種の個体群は維持される傾向にあるか、または衰退する傾向にあるか。
・自然植生の構成種の定着はみられるか、またその個体群は成長する可能性があるか。
・人為的な影響の強い樹木（植栽された樹木や外来種）の顕著な侵入・定着がみられるか。

これらに答えることができれば、対象とした二次林において第２の危機が実際に進行しているのかについて結論をまとめることができる。

さらに、里山二次林の主要構成種と他の生物との関わりにまで踏み込んで検討すると、生物種間の連鎖反応によって地域の生物群集や生態系に広く影響が広がる可能性についても考察でき、第２の危機が「危機」であることをより深く理解することができると考えられる。例えば、クリやコナラの果実である堅果は様々な動物にとって重要な食物となっており、ネズミ類やカケスなどの鳥類とは種子の貯食散布において相利的な関係にある（斎藤 1999）。このような堅果と動物との関係は様々な書籍で解説されている（斎藤 2000 など）。これらの動物はさらに他の生物と関わっていることから、堅果をめぐる生物種間の関わりを検討するだけでも、生徒がクリやコナラの衰退による影響が生態系に広く波及することを考察できる。

おわりに

本研究は、里山二次林での樹木センサスのデータから、人間の利用によって維持されてきた樹種が衰退する可能性が高いことと未利用放棄状態で自然植生に推移するとは限らないことを推定できることを示した。また、生徒が里山二次林を対象とした探究活動によって自らそのような推定を行うことで、身近な自然における第２の危機を具体的に学習する過程を提示した。小南ほか（2013）は、本研究と同じ樹木センサスデータから、種の多様性を学習する内容と調節的サービスを学習する内容を示した。それらの内容と比べて、本研究が検討した第２の危機に関する内容は、独自の分析結果と既存の知識とを組み合わせた複合的な検討をより必要とする。すなわち、すでに述べてきたように、定量的に測定したデータ、定性的な観察の記録、既存の資料から得られる知識を組み合わせることで、第２の危機をより深く理解することができる。それゆえに、できるだけ多くの関連する情報を集めることが必要という難しさがあるかもしれない。しかし、本研究の狙いと方法が生徒に理解されれば、この探究活動は生徒にとって十分興味深い内容になると予想される。そのためにも、探究活動として里山二次林における第２の危機を把握する学習を学校教育に取り入れる上で、本研究が示した過程を試行的に実践することが必要である。

ひとつの定量的なデータセットだけなく関連する様々な情報を組み合わせて解釈しなければ信頼できる結論が得られない現象は、生態学や環境科学などのマクロなスケールを扱う科学では多くみられる。また、同じような過程を必要とする分析は科学のみならず社会全般にも広くみられる（例えば、商品や生活に関するアンケート結果の分析など）。里山二次林における第２の危機を探究する学習は生物多様性を理解することが目的であるが、様々な要因が複雑に影響するデータや情報から目的とする内容を的確に読みとる力の向上にも貢献できると考えられる。

謝辞

本研究の現地調査では、静岡大学教育学部の学生の皆さんに協力をいただきました。また、原稿については３名の査読者に有益なご助言をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。本研究は JSPS 科研費 25350244 の助成を受けたものです。

引用文献

井口亮・磯村尚子．造礁サンゴの環境変化に対する順応機構と適応の可能性．海の研究 21．2012. 147-158

Iida, S. Quantitative analysis of acorn transportation by rodents using magnetic locator. Vegetatio 124. 1996. 39-43

環境省自然環境局野生生物課．ブラックバス・ブルーギルが在来生物群集及び生態系に与える影響と対策．自然環境研究センター．2004

環境省．生物多様性国家戦略 2012-2020．生物多様性センター．2012

小南陽亮．タブノキ．日本樹木史．日本林業調査会．2009．459-477

小南陽亮・平賀大地・加藤理絵・瀬戸賀代．生物多様性教育における教材としての里山の利用：樹木センサスによる種多様性と調節的サービスの学習．教科開発学論集 1．2013．173-182

Masaki, T. Structute and Dynamics. Diversity and interaction in a temperate forest community. Springer. 2002. 53-65
文部科学省．高等学校学習指導要領．東山書房．2011
永松大・小南陽亮・佐藤保・齊藤哲．綾照葉樹林の個体群構造と更新．九州森林研究 55．2002．50-53
根本正之．身近な自然の保全生態学　生物の多様性を知る．培風館．2010
斎藤新一郎．リスやカケスが森をつくる．種子散布　助け合いの進化論 2 動物たちがつくる森．築地書館．1999．86-103
斎藤新一郎．木と動物の森づくり 樹木の種子散布作戦．八坂書房．2000
谷口真吾．クリ．日本樹木史．日本林業調査会．2009．243-274
Tanouchi, H.and Yamamoto, S. Structure and regeneration of canopy species in an old-growth evergreen broad-leaved forest in Aya district, southwestern Japan. Vegetatio 117. 1995. 51-60
恒川篤史．里地自然を保全するための長期戦略．里山の環境学．東京大学出版会．2001．204-238
若松伸司・斎藤正彦・神田勲・岡﨑友紀代．ブナ林の大気環境．森林科学 67．2013．10-13
山中二男．日本の森林植生．築地書館．1979
横井秀一．コナラ．日本樹木史．日本林業調査会．2009．287-341
吉里勝利（ほか 17 名）．高等学校生物基礎．第一学習社．2012
湯島誠（ほか 20 名）．生物基礎．東京書籍．2012

【連絡先　小南　陽亮
E-mail:eykomin@ipc.shizuoka.ac.jp】

Methods and Contents for Learning in the Second Aspects of Threat to Biodiversity by Using Satoyama as Teaching Materials

Yohsuke KOMINAMI
Faculty of Education, Shizuoka University

Summary

This study considers methods and contents for learning mechanisms of the deterioration of biodiversity. Objectives of inquiry activity to learn biodiversity were focused on the second aspects of threat to biodiversity. The second aspects of threat to biodiversity are effects of recent underuse by human on secondary vegetation that have been used in long-term human activity. Size distribution of major five species of tree could be analyzed from a simple data set by easy methods of tree census in a secondary forest. The size distribution of tree species showed decrease of population of dominant species in secondary vegetation and positive population growth of species of potential natural vegetation. The analyses also found the invention of tree species that have been planted by human in the surrounding area. The methods of analyses of size distribution seem to be feasible in learning of the second aspects of threat to biodiversity. In the process of the learning, it is necessary to consider not only quantitative data but also qualitative observation. This study presents a model case for such learning process.

Keywords

Biodiversity, Environmental education, Satoyama, Secondary forest, Science