

【論文】

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

小南 陽亮、平賀 大地、加藤 理恵、瀬戸 賀代

静岡大学 (教育学部)

摘要

本研究は、平地の農業的環境に隣接する丘陵地の二次植生が構成する里山を対象に、生物多様性教育の教材として里山がどのように利用できるかを検討した。里山二次林を対象とした簡易な樹木センサスによって得られる単純な構成のデータでも、種の多様性や調節的サービスに関する多岐にわたる具体的な学習内容を提供した。調査方法については 20m×20m 程度の面積を扱うのが学校教育では作業量や結果の確かさの点で現実的であることが示された。群集構造に関する基本的な解析方法のほとんどは学校教育でも指導可能であるが、二酸化炭素蓄積量の推定式では特に中学生には難しいと考えられる点がみられた。このように里山を生物多様性教育の教材として活用できる可能性を見いだすことができたが、その教材開発には遺伝的多様性、生態系の多様性、生態系サービスについての学習内容も含めた検討をさらに行う必要がある。

キーワード

生物多様性、環境教育、里山、樹木センサス、二次林

序

生物多様性の劣化は、気候変動と同じく地球規模で解決すべき大きな環境問題となっている。日本は第1回の地球サミットにおいて採択された生物多様性条約を1994年に締結し、生物多様性の保全と持続可能な利用に関する基本計画として生物多様性国家戦略を1995年に暫定的に策定した。その後は、生物多様性国家戦略を充実・強化するとともに、生物多様性基本法を中心とする関連法を整備してきた。

生物多様性国家戦略2010(環境省2010)では、生物多様性の保全と持続可能な利用の重要性を社会に浸透させる上で、生物多様性にふれる行動、生物多様性を守る行動、生物多様性を伝える行動を体感することが重要としている。このような考え方を基本として、学校教育については、児童生徒が生物多様性を含む環境を深く理解した上で環境を守る主体的な行動がとれるようになることが大切であるとし、そのための方策として学習指導要領において理科などの各教科における環境教育の充実を図ることに言及している。

高等学校学習指導要領(文部科学省2011)においては、「生物基礎」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」内容が盛り込まれ、「生物」では「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」が示されている。中学校と小学校の学習指導要領では、生物多様性という言葉は登場しないが、例えば「自然界における生物相互の関係や自然界のつり合いについて理解させるとともに、自然と人間のかかわり方について認識を深め」ること(文部科学省2008)や「動物や植物の生活を観察したり、資料を活用したりして調べ、生物と環境とのかかわりについての考えをもつこと」(文部科学省2009)など、生物多様性の理解に結びつく学習内容が多くとりあげられている。

このように学校教育において生物多様性は重要な学習内容として位置づけられるようになった。さらに、国だけでなく地方自治体でも生物多様性地域戦略の策定が相次いでいることから、学校教育における生物多様性の重要性は今後も高まると考えられる。生物多様性は、単に多種の生物がみられることだけを意味するのではなく、生態系の多様性、種間(種)の多様性、種内(遺伝子)の多様性という3つのレベルの多様性からなり、人間が生態系から得られる有形無形の利益(生態系サービス)を通じた人間との関わりをも含む概念である。このような包括的な概念である生物多様性の内容を効果的に教育

するためには、3つの多様性と生態系サービスのそれぞれについて学習するとともにそれら相互の関連性も深く理解することができる新たな教材や指導法の開発が必要であると考えられる。

生物多様性に関して野外での観察や調査を通じた探究を行う場合、それに適した環境のひとつとして里山があげられる。里山は集落に接する丘陵地にみられる二次林や草地などの生態系からなる景観を意味する(武内ほか2001)。自然植生とは異なり、人間が燃料用の薪炭や堆肥となる落葉落枝を採集・生産するなどの利用を長期的に継続することによって成立した半自然植生を主とする環境である(深町2004)。生物多様性国家戦略2010(環境省2010)は、生物多様性に対する「第2の危機」、すなわち自然に対する働きかけの縮小による危機が生じている環境として里山を中心的にとりあげている。また、里山は国土のおよそ2割を占め、歴史的にも人間との関わりが深い環境であることから、生物多様性の持続可能な利用の対象としても重要視している。学校教育の面では、かつては農村に隣接していた里山の多くが現在では市街地や住宅地に接するようになり、生物や環境の学習を行う「身近な自然」(文部科学省2008; 2009)のひとつになっている。

これらを背景として、本研究では、学校教育において生物多様性を学習するための教材として里山の生物や環境がどのように利用可能であるかを解明し、里山を利用した生物多様性教育の教材を開発することを目指す。そのためまず本論では、里山の主たる植生である二次林(里山二次林)を対象として、一定範囲内の樹木の大きさや生死を個体毎に観測する方法(樹木センサス)を簡易に行うことによって得られるデータから、1)種の多様性に関してはどのような内容を学習することができるか、2)生態系サービスのうち調節的サービスとしての二酸化炭素固定能力についてどのように学習することができるか、3)調査と解析の方法は学校教育で実施可能であるかの3点を明らかにすることを目的とした。森林は国土の66.5%を占める日本の主たる植生であり(環境省自然環境局2004)、森林環境を教材とした学習の方法が向上することは、日本の自然環境を理解する上でも大きな貢献になると考えられる。

方法

調査地

里山二次林を対象に学習できる内容を検討するデータを収集するために、静岡市郊外の丘陵地に位置する静岡大学構内の二次林に調査地を設けた。調査地の植生はコナラとクリが林冠層で優占する落葉広葉樹二次林であり、アカマツ林などとともに里山二次林の代表的な植生に含まれる(宮脇1977; 深町2004)。調査地内の標高90m付近にある頂部平坦面(広い尾根)に30m×30mの方形調査区を設け、調査区内を10m間隔のメッシュ状に分割した。

樹木の計測

中学校・高等学校の生徒が測定可能な方法を想定し、次のように樹木センサスを行った。調査区内に生育する樹高1.3m以上の樹木を対象に、種名、胸高直径、樹高、調査区内の位置を記録した。胸高直径については地表から1.3mの高さで測定し、直径が概ね5cm未満の場合はノギスを用いて直径を計測し、5cm以上の場合は巻尺を用いて周囲長を計測し直径に換算した。樹高については、調査区内で最も高い木を基準としてその樹高をレーザー距離計で計測し、林冠を構成する高木では基準木との樹高差を目測で測定した。樹高が数mの小高木と低木の樹高は3mの測棒を用いて測定した。調査区内の位置については、調査区のひとつの角を原点とする平面の座標系を設定し、調査区をメッシュ状に分割したラインを利用して、各樹木の調査区内での座標を測定した。最初の計測は2008年の10月~11月に行い、2009年と2011年の同時期に同じ方法で再測定を行った。また、それぞれの調査において計測に要した人数と時間を記録した。また、記録は表1に例示した調査用紙を用いて行った。

解析

樹木センサスのデータから学習できる内容を検討するために、調査区で収集したデータを用いて以下の解析を行った。解析では、表集計ソフトウェア(本研究ではMicrosoft Excel)を用いて調査用紙(表1)と同じフォーマットの電子ファイルに計測値を入力し、表集計ソフトウェアが標準装備する機能のみを用いて解析・作図を行った。

表1 樹木センサスに用いる調査用紙の例

位置		番号	和名	樹高 (m)	胸高周囲長 (cm)	胸高直径 (cm)	備考
X	Y						
0.5	3.0	A21	アカメガシワ				
0.5	3.5	A31	タブノキ	2.6		1.7	
0.5	6.5	A37	イヌマキ	1.8		0.9	
0.5	7.0	A34	ヤブツバキ	10.0	48.5		
1.0	8.5	A35	イヌマキ	2.0		1.4	
1.0	9.0	A36	サカキ	2.0		1.3	
1.5	5.5	A32	クリ	2.0		1.2	
2.0	5.0	A33	クリ	1.6		0.7	
4.0	0.5	A602	タブノキ	12.0	73.2		
4.5	1.0	A28	イヌマキ	2.0		0.9	
5.0	0.0	A30	イヌマキ	2.0		1.3	
5.0	8.0	A8	クリ	10.0	41.4		
5.5	6.0	A27	クリ	11.0	82.0		
.	
.	
.	

* 対象の太さによって胸高周囲長と胸高直径のどちらかを計測する。

* 継続的に調査する場合は、可能ならばナンバーテープ等で各樹木に番号をつけたほうが測定の効率がよくなる。

種の多様性については、まず調査地の樹木群集全体の特徴を把握する解析として、樹種毎に本数と胸高断面面積の合計を算出し、それぞれを順位の評価値とする種順位曲線を作成した。この種順位曲線を調査区全体 (30m×30m)、調査区内の座標の原点を角にする 20m×20m の範囲、同じく 10m×10m の範囲それぞれの面積を対象に作成し、調査面積による結果への影響を検討した。学習に適した面積を検討する材料として、各樹木の種名と方形区における位置 (座標) のデータを使用して、種数と面積および本数と面積の関係を解析した。自然に対する働きかけの縮小による変化が生じていることを検出する解析としては、記録された樹種の生育型を階層の観点から高木、小高木、低木の3タイプ、葉の形質から落葉広葉樹、常緑広葉樹、常緑針葉樹の3タイプに分類し、生育型毎に2008年から2011年にかけての本数の増減を算出した。これらの解析についても 30m×30m、20m×20m、10m×10m のそれぞれで行った。

二酸化炭素固定能力については、樹木の本数、種名、胸高直径、樹高のデータから、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) に報告される日本の炭素蓄積量の推定に用いられる次式によって算出した (松本 2001)。

炭素蓄積量 = 幹材積 × 拡大計数 × 容積密度 × 炭素含有率

ここで、幹材積 (樹木の幹部分の体積) については樹木毎の胸高直径と樹高より林野庁計画課(1970)による山梨・静岡地方の広葉樹の材積推定式を用いて計算した。また、松本 (2001) を参考に、拡大係数 (枝・葉・根を含む材積への換算値) には針葉樹 1.7 と広葉樹 1.8、容積密度 (材積に対する乾重量の比) には針葉樹 0.37t/m³、広葉樹 0.49t/m³ をあてはめた。炭素含有率 (乾重量に対する炭素の比) は IPCC のガイドラインで用いられている 0.50 をあてはめた。さらに、算出した炭素蓄積量を 44/12 を乗じて二酸化炭素量に換算した。このようにして調査区の樹木が蓄積している二酸化炭素量の 2008 年から 2011 年にかけての変化を 30m×30m、20m×20m、10m×10m のそれぞれで算出し、調査地の里山二次林がもつ二酸化炭素固定能力の変動を分析した。

結果

種構成

調査区全体 (30m×30m) に生育する樹高 1.3m 以上の樹木は 36 種であった (附表 1)。調査区全体のデータを用いた本数による種順位曲線では、ヒサカキとイヌマキは優占的に多く、次いでガマズミ、アカメガシワ、クリ、イボタノキ、タブノキ、ヤブニッケイ、コナラが 10 本以上みられた (図 1)。胸高断面面積合計による種順位

曲線では、クリとアカメガシワが優占的であり、次いでヒサカキ、コナラ、カキ、クスノキ、ヤブニッケイ、タブノキ、イヌガシの順となった(図2)。対象範囲を20m×20mにした場合、本数による種順位曲線ではヒサカキとイヌマキが優先的な傾向は変わらず、上位10種の構成も2種が入れ替わっただけであった。胸高断面積合計による種順位曲線では、最優占種のクリは同じであったが、2位はアカメガシワからヒサカキに変わった。また、上位10種の構成は3種が入れ替わった。対象範囲を10m×10mにした場合、本数による種順位曲線では調査区全体では優占的であったヒサカキが下位になり、胸高断面積合計による種順位曲線では全体では優占的であったアカメガシワとヒサカキが下位になる等、調査区全体とは大きく異なる点を含む結果となった。

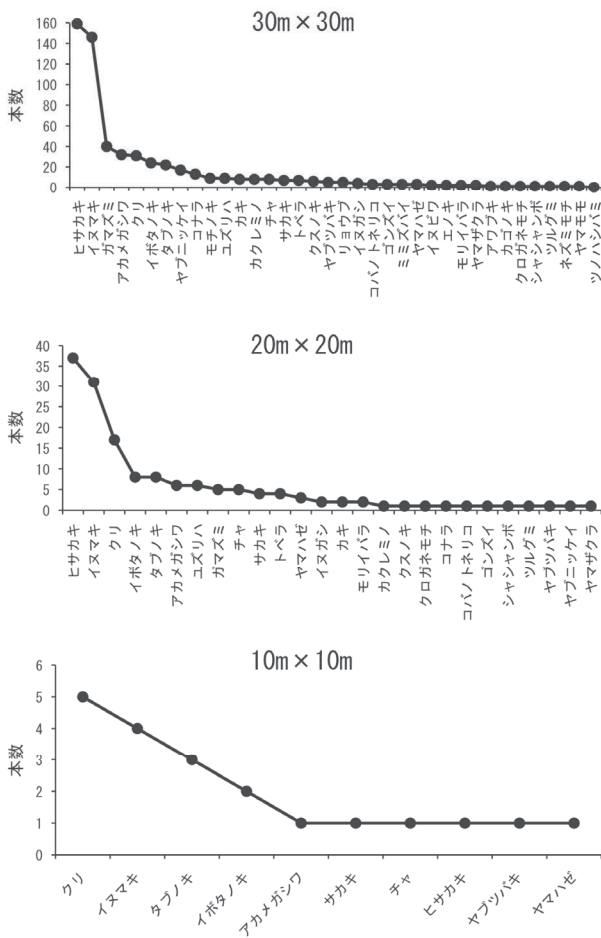


図1 調査区全体 (30m×30m)、20m×20m、10m×10mの範囲における本数による種順位曲線

種数—面積曲線では、400 m² (20m×20m) 以上で種数の増加が鈍化する傾向がみられた(図3)。調査区全体の種数(37種)に対して、20m×20mの範囲では70%(26種)を検出することができたが、10m×10mの範囲で検出できた種は35%(13種)であった。本数と面積にはほぼ直線的な相関関係がみられ、調査区全体では662本、20m×20mの範囲では180本、10m×10mの範囲で

は40本であった。

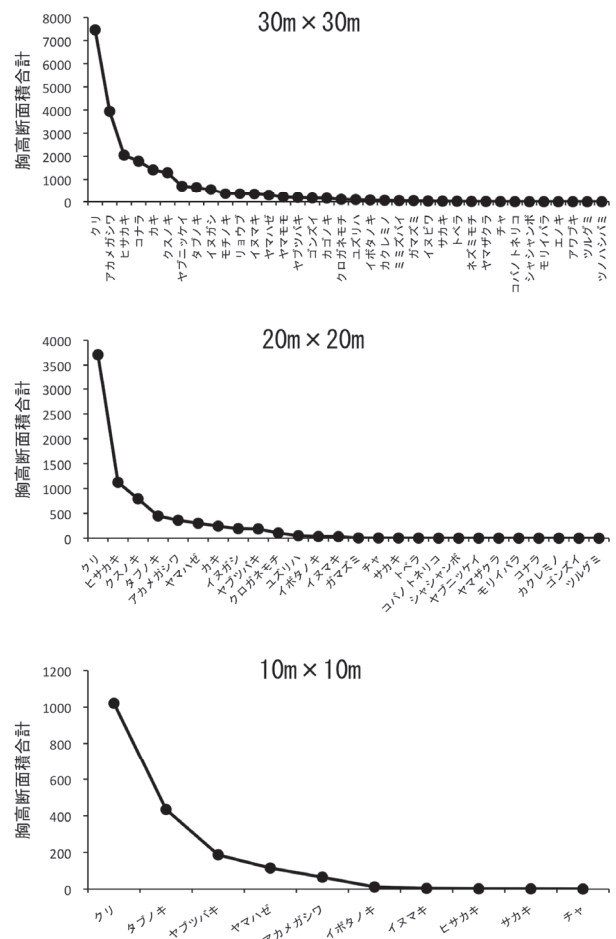


図2 調査区全体 (30m×30m)、20m×20m、10m×10mの範囲における胸高断面積合計 (cm²) による種順位曲線

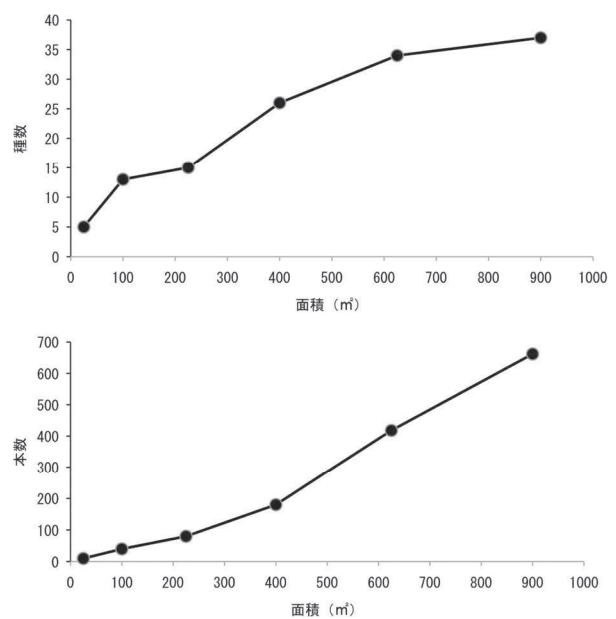


図3 種数および本数と調査面積との関係

生育型構成の年変動

調査区全体に出現した樹種のうち未同定の1種を除いた36種について階層3タイプと葉の形質3タイプを組み合わせた9タイプに区分した結果、常緑針葉樹小高木と常緑針葉樹低木を除く7タイプがみられた(表2)。

表2 調査区に生育していた樹木の生育型構成(数値は種数)

	落葉広葉樹	常緑広葉樹	常緑針葉樹	計
調査区全体 (30m×30m)				
高木	11	12	1	24
小高木	2	3	0	5
低木	4	3	0	7
計	17	18	1	36
20m×20m				
高木	8	9	1	18
小高木	0	2	0	2
低木	3	3	0	6
計	11	14	1	26
10m×10m				
高木	3	3	1	7
小高木	0	2	0	2
低木	1	0	0	1
計	4	5	1	10

そのうち種数が多いのは落葉広葉樹高木と常緑広葉樹高木であった。20m×20mの範囲では落葉広葉樹小高木が検出されなくなったが、落葉広葉樹高木と常緑広葉樹高木の種数が多い傾向は調査区全体と同様にみられた。10m×10mの範囲ではさらに常緑広葉樹低木が検出されなくなり、最も種数が多いタイプでも3種であった。

調査区全体では、常緑針葉樹(本研究ではイヌマキ1種)の本数が顕著に増加し、常緑広葉樹高木と常緑広葉樹小高木もやや増加していたのに対し、落葉広葉樹高木と落葉広葉樹低木は2009年から2011年にかけて減少していた(図4)。常緑広葉樹低木と落葉広葉樹小高木は本数が少なく明確な傾向はみられなかった。20m×20mの範囲では、常緑広葉樹小高木が2009年から2011年にかけてやや減少したこと以外は、調査区全体とほぼ同じ傾向がみられた(図4)。10m×10mの範囲では傾向は大きく異なり、増加傾向が検出された生育型は無かった(図4)。

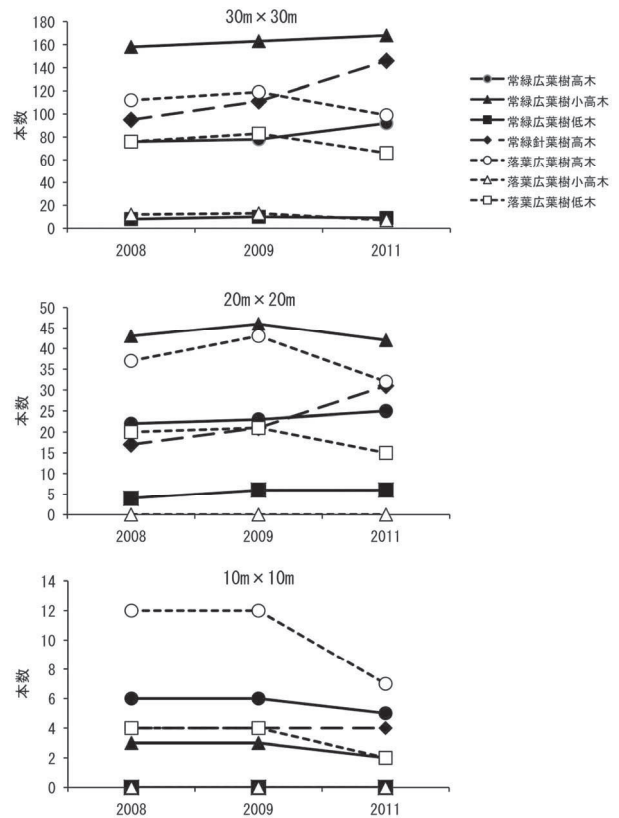


図4 調査区全体(30m×30m)、20m×20m、10m×10mの範囲における2008年から2011年にかけての生育型毎の本数変化

二酸化炭素固定能力

調査区全体のデータからは2008年には163t/haであった二酸化炭素蓄積量が2011年には187t/haに増加していた(図5)。20m×20mの範囲と10m×10mの範囲のデータからは、蓄積量の評価値が全体よりも低くなったが、2008年から2011年にかけてゆるやかに増加する傾向は同様に検出された(図5)。

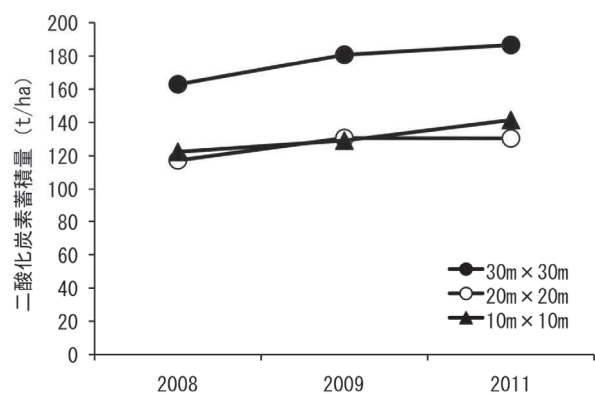


図5 調査区全体(30m×30m)、20m×20m、10m×10mの範囲における2008年から2011年にかけての二酸化炭素蓄積量(t/ha)の変化

測定に要した労力

本研究では、胸高直径の計測者、樹高の計測者、記録者の3人をひとつのチームとして測定を行った。ひとつのチームによる時間当りの作業量を労力の単位として、各調査年において樹木の計測に要した労力（チーム・時間）を算出した（表3）。この労力と計測した樹木の本数

表3 樹木の測定に要した労力（1チームは3人）

年	a チーム・時間	b 本数	b/a
2008	31	537	17.3
2009	17	577	33.9
2011	24	588	24.5

から、1チームが1時間に計測できる本数を算出すると、2008年は17.3本、2009年は33.9本、2011年は24.5本であった（表3）。これらの値から20m×20mの範囲で計測する場合の労力を算出すると、2008年は8.3チーム・時間、2009年は4.7チーム・時間、2011年は6.2チーム・時間となった。同様に10m×10mでは、2008年は1.7チーム・時間、2009年は0.9チーム・時間、2011年は0.8チーム・時間となった。

考察

実施可能な調査方法

本研究で用いた樹木センサスの方法は簡易なものであり生徒自らが測定することが可能な方法であるが、実施するには適切な計画と指導が必要である。巻尺で周囲長またはノギスで直径を測る胸高直径の計測では、巻尺やノギスの読み取り方を練習し、測定する高さを一定にすることに注意すればよい。樹高の測定には厳密には難しい点があるが、1m単位の精度で測定するならば本研究で行ったように高さの基準となる木との差を目測する方法で可能である。ただし、基準となる木の樹高は正確に測定しなければならない。最近では安価になっているレーザー距離計などを用いて測定者から対象木までの水平距離とその梢を見上げた角度を測って算出するか、樹高測定用の10m程度の測棒を用いて直接測るなどの方法がある。生徒には難しいようであれば基準木の樹高を指導者があらかじめ計測しておく選択肢もある。測定方法において最も難しいのは種の同定である。植物に詳しい指導者がいない場合は、調査地の樹種についてあらかじめ指導者が調べておくか、生徒が樹種を調べるところから学習を始めるなどの工夫が必要となる。本研究で示した種順位曲線（図1、図2）の上位に位置する樹種はいずれも全国的に分布する種であり、少なくともこれらの種については指導者は識別の要点を習得しておいたほうがよ

い。

調査区の設定では検討すべき点が多い。学校から無理なく移動できる安全な場所に里山二次林があり、所有者の了解が得られることがまず条件となる。本研究のように年による変化を調べる場合は、調査区を正確に再現できるように杭などの目印を設置する許可も得る必要がある。さらに、調査面積を決める上では十分な検討を要する。同一の植生内であれば面積が大きい方がデータの精度は高まるが、学校教育で実施する場合は調査地確保と労力の点で本研究が行った調査区（30m×30m）の大きさがほぼ限度であろう。本研究では3人1チームとして、初年度（2008年）は調査区全体を測定するのに延べ31チーム・時間を要した。本研究と同じ労力が必要とすると、初年度は10チーム（30人）による約3時間の作業を要すると見積もられ、学校教育では安易に実施できる作業量ではないと推察される。ただし、本研究では面積による結果への影響を解析するために調査区内での各樹木の位置（座標）を初年度に記録しており、その分の作業量が多くなっている。2年目以降では、新たに記録された樹木以外は位置の測定は不要となったため、測定に必要な労力は延べ17～24チーム・時間（10チームで2時間前後の作業量）となった。このように、樹木の位置を記録する必要があるならば、作業量についての困難さはやや緩和する。調査面積を20m×20mにすると、初年度でも述べ8チーム・時間程度の労力となり、8チーム（24人）なら1時間程度、4チーム（12人）では2時間程度で測定できる作業量であった。2年目以降では、延べ5～6チーム・時間程度の労力となり、5チーム（15人）で1時間余りの作業量と見積もられた。10m×10mでは3回の調査いずれも述べ2チーム・時間以内の作業量となった。これらのことから、作業量の点では20m×20m以内であれば実施できる可能性は高いと考えられる。ただし、本研究に参加したのは大学生であり、中学校・高等学校の生徒が行う場合は必要な労力がやや異なる可能性がある。また、学校教育では急傾斜地を対象にすることはないと考えられるが、緩斜面で行う場合は本研究よりは作業時間が若干長くなると想定したほうがよい。本研究の結果はひとつの目安にはなるが、適切な調査面積については生徒が参加した測定例を含めてさらに検討を加える必要がある。

解析における課題

本研究で示した種順位曲線（図1、図2）、種数—面積曲線（図3）は、生物群集の特徴を把握するための解析としては古くから用いられて確立されたものである。いずれも表集計ソフトウェアを用いれば短時間で解析・作図することが可能であり、データの量にもよるが手計算と手書きの作図でも困難ではない。本研究の例では20m

×20m の面積であれば 150 本程度のデータになるので、10 人で分担すれば一人 15 本程度のデータを集計すればよい。

生育型の区分 (表2、図4) については、図鑑の中には (例えば、佐竹ほか 1989) 種毎に生育型が記載されている。本研究の調査区全体でも出現種数は 37 種であり、図鑑が用意できれば生育型を調べるのに多くの時間は要しない。また、データの集計や作図についても種順位曲線と同様に難しい点はないと考えられる。

二酸化炭素蓄積量の算出については検討を要する。方法で記したように二酸化炭素蓄積量の算出では計算量が多くなるため、本研究における 20m×20m の 150 本程度のデータでも、計算を多人数で分担できない場合は表集計ソフトウェアを活用したほうがよいかもしれない。計算に用いる幹材積、拡大計数、容積密度、炭素含有率それぞれの定義については、生徒への説明が難しいものはない。しかし、どのような数値を使用するかについては、値がほぼ固定されている炭素含有率以外にはやや複雑な理解が必要となる。まず、拡大係数と容積密度については、本研究ではそれぞれ広葉樹と針葉樹の平均値をあてはめたが、樹種や樹齢で異なることが知られており、厳密にはそのような違いを考慮する必要がある (松本 2001)。種毎の容積密度については種間で異なり、林業試験場 (1982) のデータを引用できれば種毎の値を使用できる。しかし、種によって値を変えなければならないため計算の作業はその分煩雑になる。拡大係数については、同じ種でも樹齢や生育地の密度によって変わるため、厳密には樹齢と密度による数学モデルで推定するのが望ましい (松本 2001)。このように拡大係数と容積密度について高い精度を追求すると学校教育では扱いにくいものとなる。例えば容積密度は IPCC のガイドラインでも全樹種の平均値 (0.45 t/m^3) を用いていることから (松本 2001)、学校教育で扱う精度としては本研究と同様に広葉樹と針葉樹の平均値で十分であると推察される。このような精度に関する事情を生徒に詳しく説明する必要があるか否かは一概には言えないが、少なくとも指導者は知っておいたほうがよい。幹材積については、本研究のように材積推定式を用いて算出するのが一般的であるが、この材積推定式にも樹種や地域によって異なるという難しさがある。本研究のように該当する樹種・地域の推定式を引用できれば、表集計ソフトウェアによる計算自体は難しくはない。該当する樹種・地域の推定式が得られなければ、平均的な推定式 (林野庁計画課 1970) を用いるという選択肢もある。学校教育の場合に考慮すべきは、この幹材積の算出法を生徒にどのように説明するかである。推定式には対数計算が含まれるので、中学校では推定式自体を説明するのは難しい。樹木の大きさに関する多くのデータの分析によって得られた推定式を使

うことを簡略に説明し、幹材積の計算自体は指導者がしなければならないケースもあると予想される。

種の多様性について学習できる内容

本研究の調査区全体での種順位曲線 (図1、図2) からは、この森林が優占的な 3~4 種、量が中程度の数種、多数の低密度種から構成されていることが示された。このような種順位曲線を作成することによって、単に種数を数えるだけではわからない、量的に異なる種の組み合わせによって森林が構成されていることを知ることができる。また、順位を決める値を本数 (密度) にした場合と胸高断面積合計 (太さの総量) にした場合の結果を比較することによって、サイズは大きい本数は少ない種とその逆の種があることもわかる。前者は少数の大木が枯死することによって近い将来に優占性が失われる可能性があるのに対して、後者は個体群としては安定しているという考察に発展させることもできる。さらに、森林の外観では優占的な種が目立つが、少数しか生育していない多くの種が種多様性を高めていることも学んでほしい重要な点である。

調査区全体での種順位曲線では以上のような傾向を明確に読み取ることができた。20m×20m では部分的には傾向が変わるが、調査区全体とほぼ同じ傾向がみられた。しかし、10m×10m では全体的にもかなり異なる傾向となったことから、結果の正確さにおいて十分なデータとはいえない。特に低密度種をほとんど検出できなかったのは重大な欠点となる。種数と面積の関係では、20m×20m の範囲では調査区全体の 70% の種を検出することができたが、10m×10m では 35% のみであった。これらのことから、本研究で行った手法によって里山二次林における種の多様性について正確に学習するためには、20m×20m 程度の調査面積は必要であるといえる。

里山二次林において自然に対する働きかけの縮小による変化が生じていることを検出するためには、本研究のように数年にわたるデータが必要である。従ってひとつの学年のみでデータを収集することはできないが、例えば気象観測と同じように学校として長期的な観測に取り組めば、過去のデータに自らのデータを加えることで自然の変化を探究することが可能となる。本研究では、調査地の里山二次林において落葉広葉樹が少しずつ減少し、常緑樹の個体群が成長しつつあることを示した (図4)。調査地のある東海地方の丘陵地では潜在自然植生はヤブツバキクラス域の常緑広葉樹林 (山中 1979) であることから、自然に対する働きかけの縮小による変化として、東海地方の多くの里山二次林において上記と似た変化がみられると推定される。森林の変化は緩やかであるが、里山二次林は成長の早い樹木で構成されていることが多く、本研究が示したように 3 年間程度でも変化を検

出することは可能と考えられる。また、種順位曲線と同様に調査面積が20m×20m程度であれば大きな誤差のない傾向がみられることも示された。生物多様性国家戦略が指摘する第2の危機については、かつては普通にみられたメダカやキキョウが絶滅危惧種に指定されるようになったことなども学習すべき題材となりうる。一方で、本研究のような手法によって、身近な自然がゆるやかに変化していることを独自のデータで探究する活動も第2の危機についての効果的な学習となるはずである。

二酸化炭素固定能力について学習できる内容

二酸化炭素固定能力は、水質浄化機能などとともに、直接的に計測することができる調節的サービスのひとつである。気候変動の問題にも結びつけることができるため、生物多様性について学習する際にはできれば取り上げたい内容である。本研究では、調査地の里山二次林が蓄積する二酸化炭素量を推定することができた(図5)。その精度を評価するのは難しいが、概ねヘクタール当たり100~200トン程度の蓄積量であるとみなせる。20m×20mと10m×10mで計算した値は、調査区全体の値よりやや低くなったが上記の範囲内であった。1年だけの推定値であっても、例えば人工林や熱帯雨林など他のタイプの森林で計測された値と比較したり、日常生活のエネルギー使用で排出される二酸化炭素量と比べて考察するなど、里山二次林がもつ機能について様々な視点から具体的に探究することができるはずである。本研究のように年変動を示すデータが得られれば、二酸化炭素蓄積量の増減速度を計算することもできる。調査地全体では、2008年の蓄積量に対して2011年には15%増加しており、1年当たりでは5%の増加に相当した。この結果をみる限りでは、二酸化炭素蓄積能力において調査地の里山二次林の機能は向上していると考えられる。しかし、既に述べたとおり二酸化炭素蓄積量の算出には精度の問題が大きく、本研究が対象とした面積における変化を学習でとりあげて考察しようとする場合には慎重な姿勢が必要かもしれない。森林における二酸化炭素の蓄積や吸収については、学校教育でも確実に用いることができる測定法や計算法の開発が待たれる。

今後の課題

本研究では、里山二次林を教材として生物多様性を教育する上での調査方法、解析方法、学習内容について検討した。調査方法では、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ことを示した。これについては生徒が行った場合の作業量を評価するなどの検証がさらに必要である。解析方法については、いずれの方法も指導可能であることを示唆したが、二酸化炭素蓄積量の算出では生徒にとつ

ては計算式が難しい可能性があるという課題が残った。学習内容については、樹木の種、本数、サイズという単純な構成のデータからでも、種の多様性や調節的サービスに関する多岐にわたる具体的な探究が可能となることを示した。

本研究で行った樹木センサスの方法は簡易なものであるが、実際に森林で生徒を指導して行うには、指導者には同様な調査の経験の積み重ねが当然必要である。また、既に述べたような調査地を確保する上での難しさの他にも安全確保や授業時間の確保など学校教育で実施する上で解決すべき事柄は多い。また、本研究では、種の多様性については群集構造と生育型構成の変動、調節的サービスについては二酸化炭素固定能力について学習できる内容を検討したが、生物多様性が包括する3つの多様性と生態系サービスについて学習できる内容をさらに網羅的に検討することが必要である。

謝辞

本研究の調査に参加した静岡大学教育学部の学生の皆さんに厚く感謝します。

引用文献

- 深町加津枝. 里山とは 一その構造と地域性一. 森林科学 42. 2004. 4-9
- 環境省自然環境局. 日本の植生II. 自然環境研究センター. 2004
- 環境省. 生物多様性国家戦略. ビオンティ. 2010
- 松本光朗. 日本の森林による炭素蓄積量と炭素吸収量. 森林科学 33. 2001. 30-36
- 宮脇昭. 日本の植生. 学研. 1977. 276-277
- 文部科学省. 高等学校学習指導要領. 東山書房. 2011
- 林野庁計画課. 立木幹材積表東日本編. 日本林業調査会. 1970
- 佐竹義輔・原寛・亙理俊次・富成忠夫. 日本の野生植物 木本I. 平凡社. 1989
- 武内和彦・鷺谷いづみ・恒川篤史. 里山の環境学. 東京大学出版会. 2001
- 文部科学省. 中学校学習指導要領 平成20年3月告示. 東山書房. 2008
- 文部科学省. 小学校学習指導要領 第4版一平成20年3月告示. 東山書房. 2009
- 山中二男. 日本の森林植生. 築地書館. 1979

【連絡先 小南 陽亮

E-mail: eykomin@ipc.shizuoka.ac.jp】

附表1 30m×30mの調査区で記録された樹高1.3m以上の樹木の種、調査区内での本数、および胸高断面積合計 (cm²)

和名	学名	本数	胸高断面積合計
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i> Thunb.	159	2054
イヌマキ	<i>Podocarpus macrophyllus</i> (Thunb. ex Murray) Sweet	146	353
ガマズミ	<i>Viburnum dilatatum</i> Thunb. ex Murray	40	49
アカメガシワ	<i>Mallotus japonicus</i> (L.f.) Müll.Arg.	32	3945
クリ	<i>Castanea crenata</i> Siebold & Zucc.	31	7467
イボタノキ	<i>Ligustrum obtusifolium</i> Siebold & Zucc.	24	80
タブノキ	<i>Machilus thunbergii</i> Siebold & Zucc.	22	647
ヤブニツケイ	<i>Cinnamomum japonicum</i> Siebold ex Nakai	17	706
コナラ	<i>Quercus serrata</i> Thunb. ex Murray	13	1790
モチノキ	<i>Ilex integra</i> Thunb.	9	368
ユズリハ	<i>Daphniphyllum macropodum</i> Miq.	9	96
カキノキ	<i>Diospyros kaki</i> Thunb.	8	1415
カクレミノ	<i>Dendropanax trifidus</i> (Thunb.) Makino	8	64
チャ	<i>Camellia sinensis</i> (L.) O. Kuntze	8	7
サカキ	<i>Cleyera japonica</i> Thunb.	7	25
トベラ	<i>Pittosporum tobira</i> (Thunb. ex Murray) Aiton	7	20
クスノキ	<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J.Presl	6	1292
リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i> Siec. et Zucc.	5	366
ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i> L.	5	192
イヌガシ	<i>Neolitsea aciculata</i> (Blume) Koidz.	4	551
ヤマハゼ	<i>Rhus sylvestris</i> Siebold & Zucc.	3	300
ゴンズイ	<i>Euscaphis japonica</i> (Thunb. ex Murray) Kanitz	3	169
ミミズバイ	<i>Symplocos glauca</i> (Thunb.) Koidz.	3	51
コバノトネリコ	<i>Faxinus lanuginosa</i> Koidz. f. <i>serrata</i> (Nakai) Murata	3	3
イヌビワ	<i>Ficus erecta</i> Thunb.	2	31
ヤマザクラ	<i>Prunus jamasakura</i> Siebold ex Koidz.	2	11
モリイバラ	<i>Rosa jasminoides</i> Koidz.	2	1
エノキ	<i>Celtis sinensis</i> Pers. var. <i>japonica</i> (Planch.) Nakai	2	1
ヤマモモ	<i>Myrica rubra</i> Siebold & Zucc.	1	212
カゴノキ	<i>Litsea coreana</i> H.Lév.	1	162
クロガネモチ	<i>Ilex rotunda</i> Thunb.	1	107
ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	1	12
シャシャンボ	<i>Vaccinium bracteatum</i> Thunb.	1	1
アワブキ	<i>Meliosma myriantha</i> Siebold & Zucc.	1	1
ツルグミ	<i>Elaeagnus glabra</i> Thunb.	1	0
ツノハシバミ	<i>Corylus sieboldiana</i> Blume	0	0

* 本数と胸高断面積合計は2011年測定時の値。2011年までに全個体が枯死した種は0となっている。

Use of satoyama as teaching materials for biodiversity education: Learning in species diversity and regulating services by tree census

Yohsuke KOMINAMI, Daichi HIRAGA, Rie KATO, Kayo SETO

Faculty of Education, Shizuoka University

Summary

This study considers satoyama as teaching materials for biodiversity education. Satoyama is a landscape, which is composed of secondary vegetation in foothills adjacent to agricultural flatlands. Simple data set by easy methods of tree census in a secondary forest presented various learning contents for species diversity and regulating services of ecosystem. The fieldwork in the area of 20m X 20m quadrat was suitable for school education: The quantity of work for the tree census was realized in the learning and the results were consistent with those in larger area. The basic analyses of community structure were also feasible in the learning, however, the calculations of carbon dioxide retention seemed to be difficult for junior high school students. In order to develop teaching materials in satoyama, it is also necessary to consider learning contents for genetic diversity, ecosystem diversity, and ecosystem services.

Keywords

Biodiversity, Environmental education, Satoyama, Tree census, Secondary forest