

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350244

研究課題名(和文) 里山を活用した生物多様性教育の学習モデル開発

研究課題名(英文) A model for learning process of satoyama biodiversity in school education

研究代表者

小南 陽亮 (Kominami, Yohsuke)

静岡大学・教育学部・教授

研究者番号：30221980

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本課題は、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、1) 簡易な樹木センサスによって得られるデータを用いて種の多様性や調節的サービスを多岐に探求できること、2) 樹木のサイズ分布にみられる傾向を読みとることで第2の危機が進行していることを学習できること、3) 鳥類や哺乳類による種子散布を観察することで生物間の相利共生的な関係を学習できることを示した。これらの成果から、4) 生物多様性を学習するモデルを考案し、学術目的の森林センサスデータを利用した森林模型の制作によって生物多様性を科学的に探究する方法を開発した。

研究成果の概要(英文)：This study considers satoyama as teaching materials for biodiversity education. We showed 1) 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, 2) methods of analyses of size distribution seem to be feasible in learning of the second aspects of threat to biodiversity, and 3) observations of seed dispersal by birds and mammals can contribute to learning the significance of mutualism in the ecosystem. This study presented a model case for learning process of biodiversity in school education and developed a method of researching biodiversity by making a forest diorama from scientific data of tree census.

研究分野：植物生態学、理科教育

キーワード：生物多様性 理科教育 環境教育 森林 里山 種子散布 ナラ枯れ 探求活動

1. 研究開始当初の背景

(1) 生物多様性国家戦略 2012-2010 (環境省 2012) では、生物多様性に配慮した社会システムやライフスタイルへの転換を図る「生物多様性の主流化」を実現する上で、人々が生物多様性の重要性を共通認識し、具体的に行動してゆくことが必要としている。そのためには、学校教育では自然とのふれあいを通じた生物多様性教育を進めることが大事であると、生物や地学などを含めた環境教育と教員を対象とした環境教育や体験学習に関する研修などの推進を求めている。

(2) 新学習指導要領では、生物多様性は重要な学習内容として充実を図られた。例えば、高等学校学習指導要領 (文部科学省 2011) 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」内容を盛り込み、「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」を示した。

(3) 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、種の多様性、遺伝子の多様性という3つのレベルの多様性からなり、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。

(4) 野外での観察・調査による生物多様性の探究を行うのに適した環境として、里山があげられる。生物多様性国家戦略 2012-2010 は、自然に対する働きかけの縮小による生物多様性の危機 (第2の危機) が生じている環境として里山を中心的にとりあげ、生物多様性の持続可能な利用の対象として重視している。また、里山の多くは現在では市街地や住宅地に隣接するようになり、学校教育においても生物や環境の学習を行う「身近な自然」のひとつとなっている。

2. 研究の目的

本研究は、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することを目的として、次の3点を明らかにする。

(1) 自然に対する働きかけの縮小による里山二次林の変化について学習可能な内容：人間による利用の低下に伴う里山二次林の変化には、潜在自然植生を構成する種の回復、ナラ枯れなどの病虫害の影響、隣接する竹林拡大の影響など様々な要因が関与し、それぞれの作用は地形などの立地条件によっても異なる。そのような複合的な現象の中から、生物多様性の変化に関してどのような内容が学習可能であるかを明らかにする。そのため

にまず、中学校・高校の生徒が実施することを想定した簡易な樹木センサスや動物センサスを里山二次林の様々な立地環境で行い、学習できる内容を検討する基礎データとする。得られた基礎データから、里山二次林の群集構造、群集動態、動植物間相互作用、ナラ枯れと竹林拡大の影響、およびそれらと立地条件との関係について、学校教育での実施を想定した解析を行い、その結果の中から里山二次林の具体的な変化について学習できる内容を検討・選択する。

(2) 里山二次林の変化による生態系サービスへの影響について学習可能な内容：里山二次林における生物多様性がどのような生態系サービスと結びついているのかについて学習可能な内容を明らかにする。(1)で得る基礎データを用い、里山二次林の構成樹種それぞれについて建築、工芸、緑化における用途を整理して、生物多様性と供給サービスの質・量との関係を解析する。調節的サービスについては、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) で用いられる森林の炭素蓄積量の推定式を参考にして、里山二次林の二酸化炭素蓄積量を立地条件やナラ枯れの影響などが異なる林分間で比較する。これらの結果から、里山二次林の変化と生態系サービスとの関係について学習できる内容を検討・選択する。

(3) 学習を可能にする基本モデル：本研究で実施する野外観測では、中学・高校の生徒が実施することが可能な簡易な方法を検討する。特に観測を行う面積については、測定に要する労力と面積との関係を記録し、学校教育で実行する上で無理のない面積を明らかにする。学習内容では、得られたデータからの解析・作図について、実施可能な解析方法と結果の図表の例を示す。また、結果と面積との関係を検討して、正確な結果が得られるのに必要な面積を明らかにする。これらの検討に基づき、簡易な測定手法によって生物多様性を学習する授業計画のモデルを作成する。また、航空写真と衛星写真による里山二次林の分布を解析し、作成したモデルを実行可能な里山二次林の現状を東海地方を例にして示す。

3. 研究の方法

(1) 里山二次林の分布把握と調査地の設定：静岡県と愛知県の対象地域において、航空写真と衛星写真を解析して里山二次林の空間分布を広域的に把握する。その際に、それぞれの里山二次林におけるナラ枯れ発生と隣接する竹林からのタケの侵入の有無についても検出する。その結果をもとに、ナラ枯れが多発しはじめた森林、タケが侵入しはじめた森林、どちらもみられない森林のそれぞれから調査地を設定する。調査地内には、樹木センサスを行う調査区を設ける。調査区的面積は、学校教育で実施することを想定して最大で 30m×30m とする。

(2) 樹木センサス：中学校・高校の生徒が測

定可能な方法を想定して調査区内に生育する樹高 1.3m 以上の樹木の種名、胸高直径、樹高、調査区内の位置を記録するセンサスを行う。

(3) ナラ枯れ発生の有無・程度：樹木センサスの際に、ナラ枯れ発生の有無と被害の程度を野外調査で把握する。

(4) 哺乳類・鳥類群集の変化：哺乳類と鳥類の群集の変化を主にカメラトラップ法で把握する。

(5) 種子散布相互作用系の変化：堅果を中心とした種子散布相互作用系の変化を、堅果の生産量測定と、マーキングした堅果を追跡する手法を用いた動物による堅果の被食量・散布量の測定により把握する。

(6) 作業量の記録：全ての観測において、要した作業量（人・時間）を記録する。

(7) 得られた結果をもとに、里山二次林の群集構造と供給サービスについて学習できる内容、ナラ枯れとタケの侵入が里山二次林に及ぼす影響について学習できる内容、調節的サービスとしての二酸化炭素固定能力について学習できる内容、哺乳類・鳥類の多様性と種子散布相互作用系について学習できる内容をそれぞれとりまとめる。とりまとめた内容から、人間による利用の低下に伴う生物多様性と生態系サービスの変化について学習できるモデルを作成する。

4. 研究成果

(1) 里山二次林を対象とした簡易な樹木センサスを行う調査面積については、20m×20m または 30m×30m 程度の面積を扱うのが、学校教育における作業量や結果の確かさの点で現実的であることがわかった。

(2) 簡易な樹木センサスによって得られるデータでも、種の多様性について具体的に学習できることを示した。特に、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と見込まれた。例えば、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。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、種順位曲線の作成によって探求できる重要な内容であると考えられた。

(3) 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探究する学習過程を示した。「生物多様性はなぜ劣化しているのか」を学習する方法を検討した結果、調査地における樹木のサイズ分布にみられる傾向から、今後は主要樹種が衰退する一方で、潜在自然植生への推移は不確実であると推定できた（図 1）。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。このように、1 回のセンサスデータを解析するだけでも、里山において第 2 の危機が進行していることを探究できることが示された。

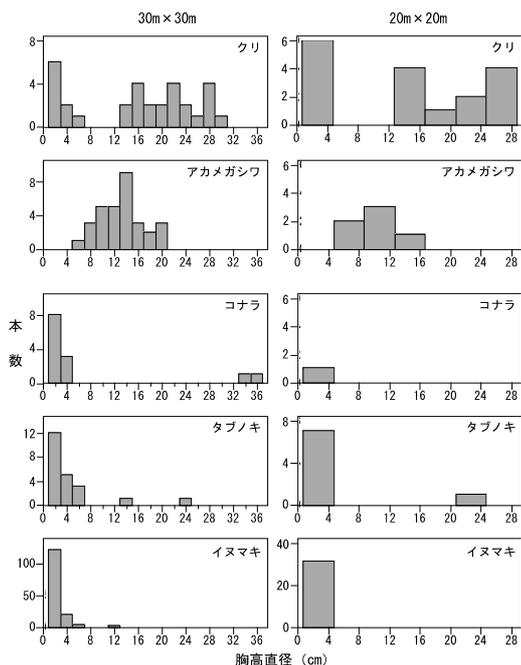


図 1 里山二次林の調査区における主要樹種の胸高直径によるサイズ分布。左は 30m×30m の範囲で観測したデータ、右は 20m×20m のデータから作成

(4) 調節的サービスについては、樹木センサスのデータから、学校教育において、里山二次林が蓄積する二酸化炭素量を推定できることを示した。本課題の調査地では、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た。そのような 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する、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と考えられた。本課題では、複数年にわたるデータが得られれば、二酸化炭素蓄積量の増減速度を生徒が計算できることも示した。本課題の調査地では、二酸化炭素蓄積量は年間 5% 増加していると計算され、二酸化炭素蓄積能力において里山二次林の機能は向上していることを探究できる事例となった。

(5) 50 年近く大規模な伐採が行われていない愛知県西部の里山二次林では、多数の樹木にナラ枯れが発生した。ナラ枯れ発生と森林動態との関連を微地形ごとに解析した結果、ナラ枯れ被害とそれに伴う森林動態が微地形

と関連することを解明した。静岡市内の調査区については、航空写真の解析により、1970年前後に皆伐された後、放棄状態となり、およそ45年の天然更新によって現在の二次林が成立したこと、毎木調査結果の解析により、伐採の履歴によって小スケールで林分構造が異なることを明らかにした。これらの解析結果は、里山二次林の種組成や空間構造が、数年～数十年のオーダでダイナミックに変化し、微地形などの物理的な環境条件とナラ枯れなどの生物的要因によって多様に異なることを学習できる資料となった。

(6) 移動が速いなどの理由により従来は学校教育における観察が容易ではなかった鳥類について、秋冬季に樹木の果実を採食する鳥類を対象とすれば、地域の鳥類と樹木の多様性とそれらの季節変化を観察することが可能であること、それらの観察は種子散布に関わる生物間相互作用を体験できる内容を含むこと、それらの観察と学習によって自然界における生物どうしの結びつきについて理解を深めるきっかけとなることを提示した。中学校理科の学習では、自然界における食う－食われるの関係は、1本の食物連鎖のみで表されるものでなく、多数の食物連鎖が組合わさった食物網であることが要点となる。校庭の結実木を多様な鳥類が訪れて果実を採食する様子を短時間でも観察できれば、生物の結びつきが単純な1本の食物連鎖だけではないことに考えを進めるための具体的な事例となる。校庭のような最も身近な環境において、様々な果実が様々な鳥によって採食されることを小学校で観察・習得しておき、中学校においてその現象を複雑な食物網の理解に結びつけておけば、高等学校では相利共生なども含めた相互作用網の理解に発展させることが期待できる。

(7) クリやコナラの果実である堅果を中心とした種子散布相互作用系の状況を観測し、暖温帯域に位置する静岡県の里山においても、冷温帯域での先行研究が示す結果と同様に、森林棲のネズミ類と堅果の間に強い相互作用があることを明確にした。また、森林棲のアカネズミによる堅果の選択や運ばれた堅果の空間分布が里山の森林タイプによって異なることを明らかにした。これにより、里山二次林における堅果の種子散布に関して学習できる内容と教材を開発するために必要なデータを収集でき、学校教育における探究活動で使用できるデータベースを作成した。さらに、哺乳類と鳥類の群集の変化を把握するためのカメラトラップ法による観測から、哺乳類や地上棲鳥類の群集組成も里山の森林タイプに影響されることも明らかとなり、これらについても教材開発に結びつく基礎資料としてまとめることができた。このようなデータを活用し、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探究すると、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。堅果は様々な動物にとって重要な食物となっており、堅果をめぐる生物種間の関わりを検討することによって、生徒は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。(8) 以上の成果から、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ることで結論を導く指導計画を提示し、種の多様性、調節的サービス、第2の危機について学習するモデルを作成した。樹木群集の推移、炭素固定速度と蓄積量の推移については、学習モデルを具体的に示し、その実践も行なった。実践の結果から、作成したモデルは、中学校、高校での探究活動で実施できる可能性が高いことを検証できた。里山の森林構造の多様性についてのモデルでは、学校教育では実際の森林に入って探求することが時間等の制約により容易でない現状を考慮し、研究によって得られた実物の観測データを用いて森林モデルを作成し、里山林と自然林を対象としたモデルを観察、比較するという従来には無い新たな手法を考案した(図2)。この考案した手法を用いて中学生を対象とした実践を行い、中学校の生徒が森林の構造、動態、生物多様性の理解に結びつく様々なテーマを発見できることがわかった。このことは、森林モデルを作成する手法は、森林の構造や動態についての探求活動を可能にし、森林に対する能動的な学習に活用できることを実証した。さらに、堅果を中心とする種子散布相互作用系に関する学習モデルと、鳥類・哺乳類の生物多様性の構造を能動的に学習するモデルを作成できるデータも構築できたことから、里山二次林における動植物を対象として、その生物多様性を探究する総合的なモデルを作成する基盤を構築できた。

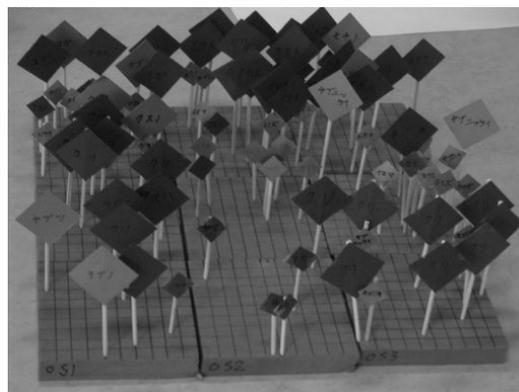


図2 探究活動で作成した森林模型

(9) 学習モデルを作成する中で、それを学校教育に普及する上での課題も検出した。本課題で行った樹木センサスの方法は簡易なものであり、中学校・高校の教員が指導可能であると考えられるが、調査地の確保、授業時間の確保、安全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。本課題が提示した学術的に観測された森林のデータを活用する学習モデルは、生物多様性についての科学的な思考を育成する多様なプログラムが実現する可能性を示した。その実現のためには、学校教育で利用できるデータの提供が不可欠である。研究機関によって観測された森林のデータが学校で利用しやすい形で提供され、学校の教員が地域の森林のデータを選んで利用できるようになると、日本の自然環境についての能動的な学習に大きく貢献できることが提言される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計4件)

(1) 小南陽亮、村松悠矢、樹木センサステータを活用した生物多様性教育の方法 森林模型制作による探究テーマの発見、教科開発学論集、査読有、4号、2016、pp.81-88

(2) 小南陽亮、青木啓一郎、校庭において秋冬季の果実木を訪れる鳥類を観察する方法と観察による学習内容、教科開発学論集、査読有、3号、2015、pp.101-112

(3) 小南陽亮、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、教科開発学論集、査読有、2号、2014、pp.75-83

(4) 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、査読有、1号、2013、pp.173-182

〔学会発表〕(計3件)

(1) 宮崎静里奈、藤本潔、小南陽亮、立地環境と履歴の異なる里山間での植生構造の比較研究-愛知県海上の森と静岡県遊木の森の事例-、日本地理学会、2017年3月28日-29日、筑波大学(茨城県つくば市)

(2) 藤本潔、小南陽亮、愛知県「海上の森」におけるナラ枯れ被害およびその後の森林動態と微地形との関係、日本地理学会、2015年3月27日-28日、日本大学文理学部(東京都世田谷区)

(3) 村松悠矢、中村圭佑、小南陽亮、毎木データを活用した里山二次林の構造と生物多様性の学習、日本生態学会中部地区会、2014年12月6日、信州大学教育学部(長野県長野市)

〔図書〕(計1件)

(1) 藤本潔、小南陽亮、古今書院、微地形学人と自然をつなぐ鍵、第1部・論説1、中部日本太平洋岸の里山植生の現状と微地形-ナ

ラ枯れ被害を受けた愛知県「海上の森」の事例-、2016、pp.105-121

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小南 陽亮 (KOMINAMI, Yohsuke)

静岡大学・教育学部・教授

研究者番号：30221980

(2) 研究分担者

藤本 潔 (FUJIMOTO, Kiyoshi)

南山大学・総合政策学部・教授

研究者番号：50329752