

2006. 8 No. 6

四国の森を知る

森林総合研究所四国支所

農林水産省プロジェクト「自然共生」特集号の発刊によせて

四国支所長 楠木 学

内閣府は、昭和55年から数年おきに、国民が森林にどのような働きを期待しているかについて世論調査をしています。それによりますと過去5回の調査で、いずれも第1位は山崩れや洪水などの災害を防止する働き、2番目は地球温暖化防止、3番目は水資源涵養となっています。これらの働きのことを私たちは公益的機能と呼んでいますが、これらは、適正に森林が管理されてはじめて発揮できるものです。木材生産が上位に出てこないのは、この時期は海外から大量の木材が安価に輸入され、住宅用木材が安値で推移していたためと思われます。

一方、海外からの安い木材の相当な量が、再生の難しい熱帯雨林などの森林資源に支えられています。化石燃料の大量消費や熱帯雨林の消失が地球温暖化に拍車をかけているようなことが頻繁にマスメディアで報道されるようになり、また、北極や南極地域での氷河の後退や南太平洋パラオ諸島での海面の上昇など、温暖化の前触れとも思われる深刻な事象もメディアに相次いで取り上げられるようになりました。こうしたことから、人々に二酸化炭素の吸収源としての森林の重要性が実感として認識されるようになり、過去の反省から、持続的に森林管理が行われている地域からの正規の木材（違法に伐採されたものではない）のみを利用しようと

言う世界的な合意が生まれたと思われます。

わが国においては、温暖多雨な気候条件の下で長年森林の循環利用がされてきました。しかし海外からの安い木材におされて、国内産の木材も安値で推移し、生産コストが販売価格を上回るいわゆる採算割れが各地で発生し、間伐遅れや強度間伐、あるいは伐採後に植林しない更新放棄が各地で見られるようになりました。こうした新たな側面や従来型の森林施業は、伐採跡地の植生の回復、森林に涵養される水質や水量、生物多様性にどのような影響を与えているのでしょうか？

これらの疑問に答えるため平成14年から18年までの5年間、農林水産省のプロジェクト「流域圏における水循環・農林水産生態系の自然共生型管理技術の開発」略称「自然共生」と呼ばれる研究課題に参加し、四国支所では「高度に人工林化された流域圏における森林機能変動モデルの開発」に取り組みました。限られたスタッフで行った研究ですから、すべての分野に十分な時間と手間をかけるわけにはいきませんが、興味ある知見がいくつか得られていますので、ご高覧いただきたいと思います。また今後の私どもの研究の発展のために、忌憚の無いご意見をいただければ幸いです。

特集 「自然共生」プロジェクト

「流域圏における水循環・農林水産生態系の自然共生型管理技術の開発」研究の概要

流域森林保全研究グループ長 平田 泰雅

森林、農地、沿岸域は河川によって結ばれており、河川の下流、河口域に広がる都市での生活は、流域圏を形成するこれらの景観要素と密接な関係を持ちながら営まれています。流域圏において、水・物質の健全な循環を維持することは、人間の生活を維持することにつながります。そのため、森林、農地、沿岸域の一体的な管理手法を確立することが求められています。

平成14年度より農林水産関係研究機関が大学等と共同して実施してきた「流域圏における水循環・農林水産生態系の自然共生型管理技術の開発（「自然共生」プロジェクト）も18年度で最終年度を迎えます。私たち森林総合研究所四国支所においても、自然環境研究センターと共同で、特に木材価格の低迷に起因する伐採後の再植林放棄地において、森林がどのように再生するのかを予測するための調査・研究に取り組んできました。

我が国では、これまで身近に森林が存在していたことから、人工林を伐採した後に再度植林をしなくても、森林が自然に回復してくるものと信じられてきました。確かに、かつて薪炭林として利用していた広葉樹林が周囲に残っているような里山地域では、比較的早く森林植生の回復がみられます。しかしながら、果たして奥山において広い斜面一面に植林されたスギやヒノキの人工林の真ん中で伐採が行われた場合にも、同じように森林植生の回復がみられるでしょうか。

森林が伐採された後の土地では、樹木の種子がどこからか運ばれてこないと森林に戻ることはあ

りません。周囲を人工林に囲まれた場所と、種子をたくさん生産している成熟した天然林に隣接した場所では、その再生の仕方が異なり、標高や斜面傾斜の違い、種子供給源となる天然林の面積や質の違いによっても差があるでしょう。森林の再生メカニズムを理解するためには、種子を供給する側の天然林と供給される側の人工林や伐採地がどのような配置になっているのか、天然林の構造はどのようなになっているのか、伐採地にはどのようにして種子が運び込まれるのか、運ばれた先の環境で種子はどのように定着するのかといったことを知る必要があります。

本研究では、「森林の配置と構造を知る」、「再生メカニズムを調べる」、「森林の再生を予測する」という3つの観点から研究を進めてきました（図1）。本特集ではこの研究の流れに沿って、これまでに得られた成果を紹介します。

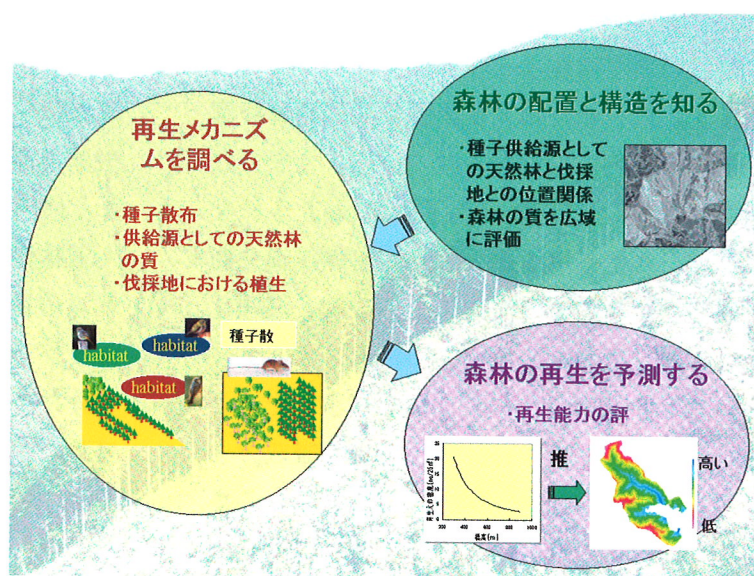


図1 本研究の流れ

高分解能衛星データによる 森林配置の把握

流域森林保全研究グループ長 平田 泰雅

遠くからは緑一色に見える森林も、よく見ると林齢や樹種の異なる人工林、あるいは沢沿いに残る広葉樹の一群、尾根沿いの保残帯、分断され僅かに残る天然林など、モザイク状のパッチに分かれていることが分かります。木材生産の目的で、森林が伐採されたあと再植林がなされず放棄された土地において、森林がどのように再生するかは、この森林のパッチがどのように配置されているのか、特に、種子を供給する役割を果たす保残帯や天然林と伐採地との位置関係が重要になってきます。

我が国の場合、森林は森林基本図（縮尺5千分の1）とよばれる地図と森林簿とよばれる管理簿により管理されています。また、数枚の基本図をまとめて森林計画図（縮尺2万分の1）が作成されています。これらの情報は通常小班という施業単位で管理されていますが、この施業単位が必ずしも、森林のパッチに対応しているわけではありません。例えば、人工林の中の沢沿いに生育する広葉樹の一群はその周囲の人工林の小班に含まれたり、人工林の伐採時に保残帯の一部が伐採されても、その形状の変化が必ずしも基本図に反映されているとは限りません（図1・上図）。

高分解能衛星データによるリモートセンシングは、森林の現況を把握するための有力なツールとして期待されています。現在では、地上分解能が1m以下のデータが利用可能となっています。また、人間の目で判断するのと同様に、光の反射の情報だけでなく、空間内での均一性やまとまりを捉えるオブジェクト指向型分類という手法が開発され、森林のパッチの配置を捉えることが容易になってきました。

高分解能衛星データを用い、四万十森林管理署管内中津川流域の森林を対象にオブジェクト指向型分類を行った結果を図1（下図）に示し

ます。人工林内の沢沿いに残る広葉樹のまとまりがよく捉えられています。

種子の供給源から種子が散布され、散布された種子が定着するには、標高、斜面の傾斜角、斜面の位置などの地形因子が大きく関係しています。そこで、森林のパッチが3次元空間でどのように配置されているかを、デジタル標高モデル（DEM）と重ね合わせることで表現しました（図2）。我が国では、森林が主に山岳地域に生育するため、このような3次元での森林配置を把握することが、放棄地での森林の再生を考える上で非常に重要です。

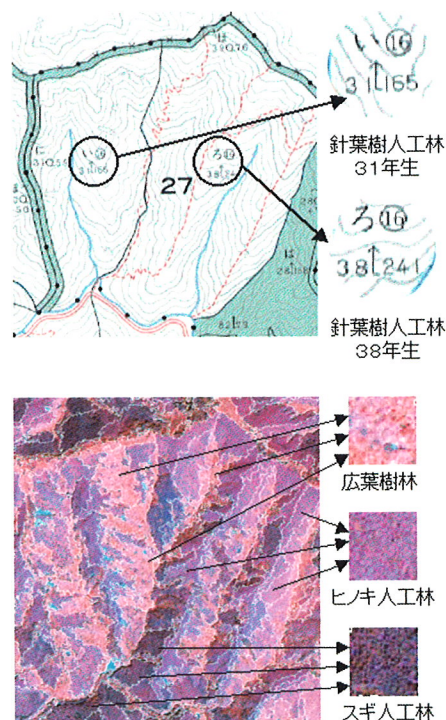


図1 森林計画図と衛星データの分類結果の比較



図2 森林パッチの分類とDEMとの重ね合わせ。
水色は伐採地を茶色は森林を表し、茶色の色調の違いは、林分の樹種、林齢の違いを表している。

人工林周囲に残る天然林 一樹種と直径構造からみた 種子供給源としてののはたらき

森林生態系変動研究グループ 倉本 恵生

人工林の林班界や尾根筋にはしばしば帯状の天然林（保残帯）が残されています。こうした天然林から種子が人工林内に運ばれ伐採後の植生発達に影響を及ぼしています。樹木はおおまかには直径20～30cm以上で結実するといわれており、木の種類と大きさによって、保残帯の種子供給源としてののはたらきは変わってきます。

典型的な保残帯は幅10～20m程度の狭小なものです。なかには広大なものもあります。また、数十haの大面積天然林が人工林に接している場合もあります。天然林の面積が小さく幅が狭くなると、明るくなり乾燥するなど外側の環境の影響を受けやすくなり、特定の樹種の増減が予想されます。つまり、保残帯は大面積林とは木の大きさや樹種構成が異なり、保残帯の大きさなどにも左右されるでしょう。それは、人工林への種子供給源としてののはたらきの違いにつながってきます。

四国西南部の標高の異なる4地域（標高50～1,040m）で様々な天然林を対象に径級ごとに樹種構成を調べました。多変量解析の結果、標高だけでなく天然林の面積・幅、および林齢が、木の大きさや樹種構成の変化に関係することが明らかになりました（表1）。

中程度の標高帯（平均標高750m）の例では、天然林は直径と樹種構成から5タイプに分かれます（表2）。この5つは、林分面積と保残幅、および、稜線からの距離が大きく異なります。稜線からの距離は、小さいほど尾根に近いので、その林分の地形上の位置を表しています。つまり、林分の面積と地形上の位置が、樹種構成や木の大きさに影響していると考えられます。

具体的にみると、タイプ1を特徴づけるのは小径木ばかりです。種子供給源としての機能が低いと考えられるこのタイプは、稜線に位置し

幅20m、面積5ha以下の狭小な保残帯に共通してみられます。一方タイプ2～5は、カシ類（2・3）やモミ・ツガ（4・5）の大径木の存在を特徴とします。人工林内や伐採跡地でのモミ・ツガの進入には近接天然林からの種子供給が不可欠ですが、それらの種子を供給できる天然林（タイプ4・5）の条件は限られており、稜線から斜面にわたって10ha以上の天然林が残っていることが重要といえます。稜線部に十分な面積で天然林が保残されていれば（タイプ2）周囲の人工林へのアカガシの種子供給源としてののはたらきが期待できます。

表1 天然林の樹種・径級構成に関する環境要因。
（非計量多次元尺度法（NMS）軸に対する相関係数を示す）

	NMS軸1	NMS軸2
林齢（年）	0.26	-0.41
林分面積（ha）	0.50	-0.01
保残帯の幅（m）	0.48	-0.16
標高（m）	0.47	0.38
林縁の齢（年）	0.30	-0.47

NMSの3軸で77%を説明。

表2 中標高域の天然林タイプ。数値は指標種分析による指標値を示す。統計的に違いが認められた径級と樹種を示してある。

直径*1	樹種	タイプ				
		1	2	3	4	5
極小	アカガシ	76	5	4	6	4
	ソヨゴ	82	1	9	0	0
	イヌツゲ	72	0	0	2	1
	ヤマザクラ	61	0	0	3	4
	ウラジロガシ	60	3	15	12	10
	イスノキ	57	1	0	0	0
	タブノキ	73	0	0	3	1
	リョウブ	51	2	14	0	2
	アカガシ	57	11	9	9	7
	アカマツ	79	0	0	0	0
小	ウラジロガシ	36	10	23	22	7
	アカガシ	1	42	32	8	7
	〃	0	59	1	6	0
中	〃	0	71	0	19	0
	〃	0	71	0	19	0
大	サカキ	5	24	39	7	14
	シキミ	11	19	51	7	10
	ミズキ	0	0	55	0	0
極小	ウラジロガシ	0	3	57	2	12
	アカマツ	0	0	55	0	0
小	カゴノキ	2	8	14	49	9
	ハイノキ	6	1	3	65	10
	コシアブラ	4	4	0	71	0
中	ツガ	0	0	1	63	0
	モミ	0	0	2	91	0
極大	イタヤカエデ	0	0	0	0	50
	ツガ	0	2	0	19	60

*1: 極小; DBH5-10cm, 小; 10-20cm, 中; 20-40cm, 大; 40-60cm, 極大; >60cm. 樹種名の青塗りは風散布樹種、赤塗りは堅果類を示す。有意に高い指標値を太字で示す

人工林のどの部分に種子が 散布されやすいか —鳥によって散布される場合—

源流域森林管理担当チーム長 佐藤 重穂

スギやヒノキの人工林を伐採したあと、自然に任せておくと、さまざまな植物が生えてきます。こうした伐採地の植生を調べると、それを構成する樹種には、伐採前から林床植生として成育していた樹種と、伐採前には土壤中に埋土種子として休眠していて伐採後に発芽してくる樹種が含まれています。このような樹木の種子がどのように散布されるか、区分してみると、動物被食散布型と呼ばれるタイプの樹種がもっとも多く、次いで重力散布型、風散布型などが占めます（図1）。動物被食散布型とは、植物の果実を鳥類や哺乳動物が食べて、果肉を消化したあと、種子を糞とともに散布するというものです。これまでに、四国の人工林ではおもに鳥類が樹木の種子を被食散布していることが明らかになってきました。そこで、人工林内のどのような場所に種子が散布されやすいかを調べるために、人工林の立地条件別に鳥類の利用頻度を比べてみました。

高知県中部・西部のスギ・ヒノキ人工林25箇所を調査地としました。調査地の標高は200～1,000mであり、天然林に隣接している林分から、最寄りの天然林から1 km以上離れた林分まで含まれました。温帯域の鳥類には渡り鳥がきわめて多く、同じ場所でも季節によって生息す

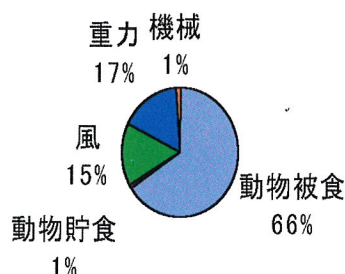


図1 伐採後の植生の構成樹種の種子散布型による区分（機械：機械的散布・熟して実が破裂して、果実内の種子を飛ばす散布方法）

る鳥の種類が違うので、夏と冬に鳥類の調査を実施しました。林分ごとの鳥類の利用頻度を調べて、確認された鳥類のうち、猛禽類、種子食の鳥、昆虫食の鳥のように植物の種子を散布しない種類を除外し、それ以外の種類を果実食の鳥類として集計しました。

調査地全体で夏は35種、冬は30種の鳥類が確認され、このうち果実食の鳥類は夏が15種、冬が17種でした。果実食の鳥類の林分当たりの利用頻度を、標高、天然林からの距離、斜面位置との関係について調べてみると、果実食の鳥類の観測回数は、標高や天然林からの距離との間には意味のある関係はみられませんでした。一方、斜面位置の違いでは、夏には沢の方が尾根よりも観測回数が高いことが分かりました（図2）。この原因として、人工林内でも沢筋には広葉樹が入り込んで成育しやすいことや、沢には多くの昆虫が生息して、雑食性で果実だけでなく昆虫も食べるような種類の鳥類にとって餌条件がよいことなどが考えられます。

人工林内に生息する果実食の鳥類の大半は、渡りの時期を除けば、通常の行動範囲が数百m以内であり、何kmにも及ぶような長距離の種子の散布は期待できないものの、風散布や重力散布に比べれば広い範囲に種子が鳥類によって運ばれます。鳥類の利用頻度を考慮すると、標高や天然林からの距離に関わらず、人工林の中に広く鳥類によって種子が散布され、地形的には尾根よりも沢に多い偏った散布となると推測できます。こうした知見をもとに、よりよい森林管理の方法を考えていくことができるものと思います。

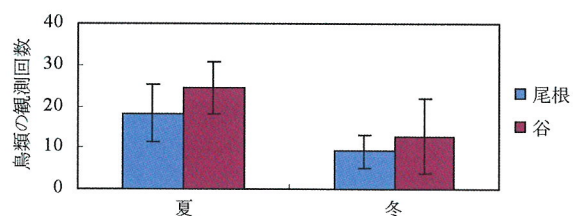


図2 尾根と谷における果実食の鳥類の人工林での観測回数

針葉樹人工林における 稚樹の空間分布

森林生態系変動研究グループ 酒井 敦
流域森林保全研究グループ長 平田 泰雅
北海道支所 森林育成研究グループ 倉本 恵生

四国支所ではこれまでに、人工林が皆伐されて自然植生が回復するメカニズムを明らかにしてきました。その中で埋土種子が森林の回復に大きく寄与する一方で、天然林を構成するような樹種は前生樹としてすでに人工林の林床に存在していること、稚樹の発生パターンは、伐採地の標高や周りの森林の構成によって変化することを明らかにしてきました。しかし、稚樹の分布が種子の供給源である天然林の質や距離によってどのように変化するのは、よくわかっていませんでした。

そこで、「自然共生」プロジェクトでは、種子供給源となる天然林に接した人工林で長さ100～200mのトランセクト（帯状の調査区域）を設定し（図1）、天然林で優占する樹種の出現状況を調べました。調査は高知県四万十町の標高約700～800mの地域で行いました。

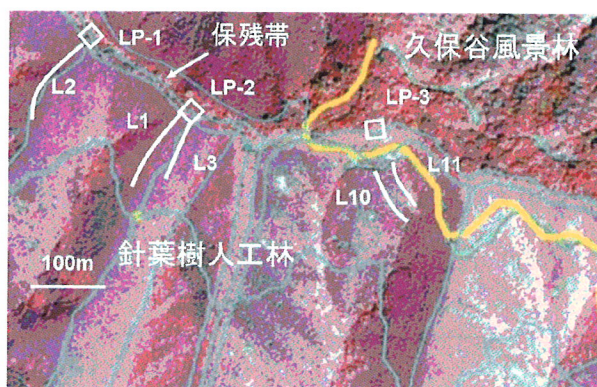


図1 四万十町中津川に設置した調査地。白いラインは稚樹調査用トランセクトを、四角い枠は毎木調査用のプロットを示す。LP-1とLP-2は天然林（非残帯）にLP-3は若い二次林に設置した。

成熟した天然林に接した人工林での結果を図2に示します。風散布種子であるモミ、ツガ、カエデは天然林から遠ざかるにつれて稚樹の本数が少なくなりました。一方、鳥類によって種子が散布されるサカキ、シキミの稚樹は、尾根にある種子供給源からの距離とは関係なく発生し、遠く離れた場所でも見られました。これに対して、若い二次林に接した人工林では全体に稚樹の発生が少なく、特に風散布種子の稚樹はほとんど見られませんでした。若い二次林ではモミ、ツガが種子を生産できるほど大きくなっておらず、種子供給源としての機能をまだ発揮していないと考えられます。

こうした結果から、鳥散布種子を持つ樹木は、比較的離れた場所まで散布されますが、風散布種子は限られた範囲にしか散布されないことや、隣接する天然林の質が人工林の稚樹分布に大きな影響を与えることがわかりました。またそれは、人工林を伐採した後に成立する植生にも反映されます。「自然共生」プロジェクトによる一連の調査によって、人工林を伐採した後に回復する植生は一様ではなく、特に高標高帯で保残帯が乏しい場所では植生回復能力が低いことが明らかにされました。

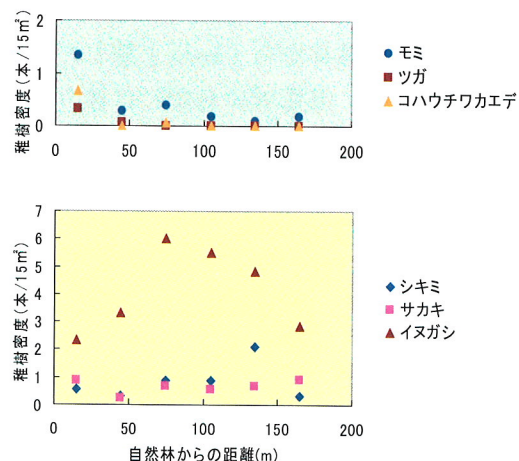


図2 成熟した自然林に隣接した人工林における稚樹の発生状況。上は風散布種子、下は鳥散布種子。

森林伐採後の再植林放棄地における 森林の再生能力の評価

流域森林保全研究グループ長 平田 泰雅
 源流域森林管理担当チーム長 佐藤 重穂
 森林生態系変動研究グループ 酒井 敦
 北海道支所 森林育成研究グループ 倉本 恵生

本研究で実施してきた、森林の再生メカニズムを解明するための流域レベルでの生態系の調査は、その調査結果そのものにも重要な意味がありますが、それを用いて広く生態系のメカニズムを推定するモデルを作成する、あるいはそのモデルを政策などに活かすことによって一層その価値が高まります。そこで、ここで紹介した調査の結果をもとに、四万十川の支流である中津川流域を対象として、森林が伐採された後に放棄された場合の森林の再生能力についての評価を行いました。なおこの流域では、伐採後の再植林放棄地が見られなかったため、伐採地における森林の再生能力についての評価を行いました。

まず、高分解能衛星データを用いて種子供給源となる天然林や保残帯を抽出し、そのサイズ構造を把握しました。次に、対象となる流域に

おいて標高データと尾根筋、中腹、沢筋などを表す斜面位置指数から天然生の主要樹種の芽生えの数を推定しました。芽生えの数が多いほどより早く植生が回復すると考えられます。さらに天然林の境界からの距離を算出し、この距離と斜面位置指数を因子として、種子がどの範囲まで散布されるのかを推定しました。これらの推定結果をもとに、伐採地における森林の再生能力を評価しました（図1）。

この評価に基づき森林が再生する速度が遅いと考えられる箇所では、林地を保全のために森林の再生を促進するための手段を講じる必要があると考えられます。また、森林の再生が十分に期待されない箇所では、伐採面積や伐採方法などに配慮することも重要です。このようなモデル化により生態系調査がその価値を増すことになります。

残り少なくなった原生林の面影をとどめる自然林をいかに保全し、放棄された伐採地においていかに森林を再生させるかは、現在の下流域・都市での生活を改善し、次の世代によりよい環境を残す上で重要な課題です。この森林の再生を予測するモデルの開発を通して、森林の機能を最大限に発揮する適正な森林管理方策を考えていく必要があります。

種子供給源と伐採地の抽出

地形因子の把握

森林植生の再生能力の推定

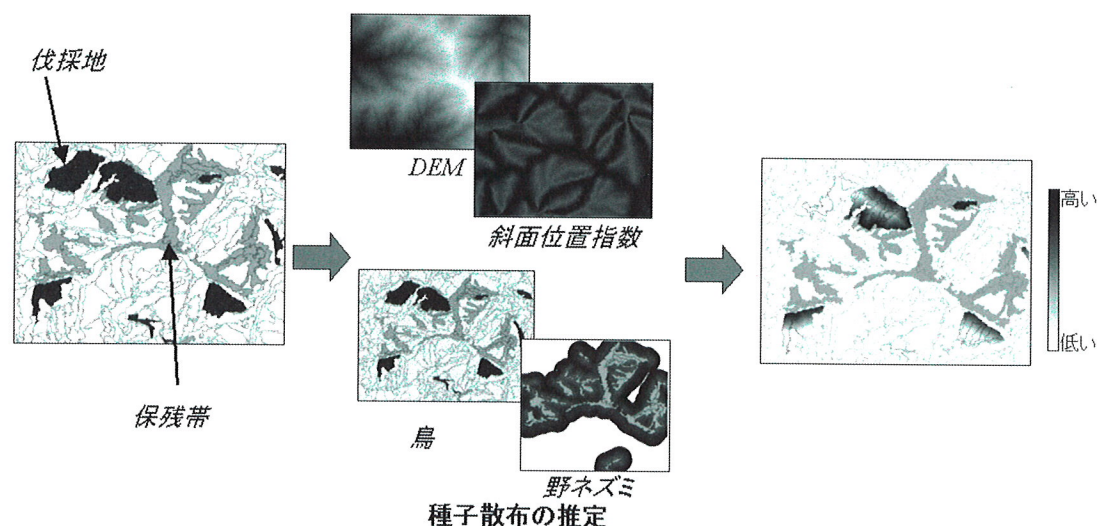


図1 森林の再生能力の評価

四国の博物誌（５）

ヒノキ

(*Chamaecyparis obtusa* (Sieb. et Zucc.) Endl.)

ヒノキ科 ヒノキ属

森林生態系変動研究グループ 酒井 武

ヒノキはご存じの通り、日本ではスギと並び造林樹種の代表格です。ヒノキ属の樹種は世界に6種、日本にはヒノキとサワラの2種が分布し、台湾に生育するタイワンヒノキはヒノキの変種とされています。ヒノキの天然分布の北限は福島県赤井岳、南限は屋久島です。天然ヒノキ林は日本三大美林のひとつの木曽ヒノキ林が有名ですが、かつて四国でも、太平洋側の山間部にヒノキが広く天然分布していました。しかし、現在までに天然林は大部分が伐採され人工林に置き換わっています。その過程で高価な天然ヒノキ材は土佐藩や国有林の財政に貢献してきました。今現在、四国でまとまった天然ヒノキ林をみることができるのは、保護林として残されている白髪山、高知県西部の久保谷風景林や市ノ又風景林などがあります。白髪山では蛇紋岩がある地域で他の広葉樹が育ち難いため、純林状のヒノキ林がみられます。久保谷や市ノ又では常緑広葉樹やモミヤツガと混交してヒノキが尾根筋で優占しています。

また、標高1500mを超える石鎚山系でも生育しており、生育できる環境条件はかなり広いことがうかがえます。これらの天然ヒノキの分布をみると、条件の良い場所では他の樹種との競争に負けてしまい、ヒノキの優占する立地は条件の悪いところが多いようです。

四国支所では、天然ヒノキが優占する市ノ又風景林に1haの調査地を設定して、森林の長期観測を行っています。ここではヒノキの実生が根株上や根返り跡の鉱物質土壌の露出する場所で定着しているのがみられますが、林内には小径のヒノキ更新個体や定着している実生はほとんどみられません。長期モニタリングによりヒノキ林の維持機構を解明していきたいと考えています。



写真1 市ノ又風景林のヒノキ優占林分

お知らせ

★四国支所一般公開の開催

四国支所では、平成18年度一般公開を、平成18年10月28日(土) 10:00~16:00に行います。以下のプログラムを予定していますので、皆様のご来場をお待ちしております。

○ミニ講演会

- ①「シカはなぜ増える～森とシカと人のかかわりを考える」
- ②「森林の動態を調べる～市ノ又風景林の長期モニタリングからわかってきたこと」

○実験林案内、標本展示館公開

○溪流の水質を測ってみよう！

○木の葉の葉を作ってみよう！

○苗木等の配付

詳細につきましては、当支所のホームページやパンフレット等をご覧ください。

四国の森を知る No. 6

平成18年8月発行

編集・発行 独立行政法人森林総合研究所四国支所
〒780-8077 高知市朝倉西町2丁目915

電話 088-844-1121 FAX 088-844-1130

URL: <http://www.ffpri-skk.affrc.go.jp>