

四国の森を知る

No.16 Aug 2011



「豪雨・急傾斜地帯における低攪乱型人工林管理技術の開発」のスタートにあたって

四国支所長 今富 裕樹

本年4月より、森林総合研究所交付金プロジェクト「豪雨・急傾斜地帯における低攪乱型人工林管理技術の開発」（主査機関：四国支所）がスタートしました。本研究の目的は、豪雨・急傾斜地域において今後導入が検討されている欧州型の森林管理手法やわが国の従来の施業法が、生産性（収益性）や林地保全という特性にどのような違いがあるのかということをはっきりしながら、これらの特性の影響を評価できる施業シミュレーションシステムを開発し、立地条件に応じたいくつかの施業案を提示することによって、林業経営者等がそれらを選択・組み立てて適正な人工林管理ができる技術開発を行うことです。

本研究プロジェクトの目的を達成するために、（1）欧・日施業の違いが豪雨・急傾斜地の木材生産や林地保全に及ぼす影響の解明、（2）豪雨・急傾斜地に対応した低コスト型作業システムの構築、（3）立地条件に応じた施業方法選択手法の開発と成果の普及、といった3つの課題を立てました。実施期間は平成23年度から26年度の4年間、実施機関は、四国支所、本所林業工学研究領域、高知大学、高知県立森林技術センターです。

課題（1）では、わが国における従来の施業、長伐期施業、欧州型施業（非皆伐低攪乱型）管

理手法を対比することにより、これら各施業の特性を生産量、表土保全・生産力維持、林木被害リスクの各方面から明らかにします。

課題（2）では、タワーヤードを想定した林業専用道の整備のための適地判定手法や施工技術開発、林業専用道の規格にあう地形条件の検討と路線選定技術開発、基幹的路網とタワーヤード等の組み合わせによる作業システムの適応条件の明示および低コスト作業システム構築を行います。

課題（3）では、課題（1）および（2）の成果を利用して、立地条件に応じた施業コストおよび林分成長をシミュレーションするシステムの開発、これを用いた林分レベルの最適な主伐・間伐方法および地域レベルの最適な伐採スケジュール探索手法の開発、最適施業案を参照しながら適正な施業方法を選択する手法開発を行います。

研究成果の公表や普及については、主査機関が主体となり、普及先が想定される森林組合等協力機関と共に、講習会・フォーラムの開催やアプリケーション・マニュアルの頒布等、新たな人工林管理に関する知見や技術の普及を推進します。試験、調査等にあたっては関係機関のご協力・ご支援をいただくことになるとは思いますが、よろしくお願い申し上げます。



2011・国際森林年



独立行政法人 森林総合研究所 四国支所
Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute

極限環境に生きる森林の姿 —アラスカ内陸部の永久凍土上に 広がるマリアナトウヒ林—

森林生態系変動研究グループ 野口享太郎

■ アラスカ内陸部の気象条件

アメリカ合衆国・アラスカ州は、北米大陸の最北端に位置しています。このアラスカ州の内陸部にフェアバンクスという町があります。高緯度に位置するこの町では、冬には気温が -20 ～ -30°C 、時には -50°C 近くになることもありますが、夏の気温は意外と高く、日中の気温は $+20$ ～ $+25^{\circ}\text{C}$ 、時には $+30^{\circ}\text{C}$ を超えることもあります。年間の降水量は 250 ～ 300mm 程度で、森林総合研究所四国支所のある高知県の年間降水量（ 2500 ～ 3000mm ）の10分の1です。

■ アラスカ内陸部のマリアナトウヒ林の分布

アラスカ内陸部の気候は生物にとっては厳しいものですが、フェアバンクス周辺には広大な森林が広がっており、豊かな自然環境に恵まれています。これらの森林をよく見ると、南向きの斜面にはカンバやポプラなどの落葉広葉樹林、北向きの斜面や土地の低い湿地帯には常緑針葉樹林が広がっています。この常緑針葉樹林がマリアナトウヒ林です（図1）。

マリアナトウヒ（学名は*Picea mariana*）はクロトウヒ（Black spruce）とも呼ばれ、北米大陸の北部（アメリカ北東部、カナダ～アラスカ）に広く分布する常緑針葉樹です。アラスカ内陸部のマリアナトウヒ林は北向きの斜面と湿地に分布しますが、これは永久凍土の分布と一致しています。

永久凍土とは、1年中凍ったままの土のことです。実際には、春から夏にかけて気温が上がると地表に近い土の一部が融けますが、私たちが調査を行ったマリアナトウヒ林では、土を掘ると、夏であっても深さ 10cm 程度で凍った土にぶつかることもありました。このような条件では、植物の根はほとんど土の中に伸びることが



図1 アラスカ内陸部のマリアナトウヒ林（手前の緑色に見える部分）と落葉広葉樹林（奥の褐色に見える部分）（2010年9月撮影）

できません。では、このような極限環境に存在するマリアナトウヒ林とは、どのような林なのでしょう？

■ アラスカ内陸部のマリアナトウヒ林の特徴

実際にアラスカ内陸部のマリアナトウヒ林を訪れてみると、日本でよく目にする森林とはだいぶ様相が違うことに気づきます。まず、木のサイズは、林齢が 100 年以上になっても高さは数mから 10m を少し超える程度です。私たちが行った調査では、樹齢が 180 年を超えるマリアナトウヒの幹の直径が 9.7cm 、木の高さが 7.2m という例がありました。また、枝葉が少なく、個々の木が離れて生育しているので、これらのマリアナトウヒ林は全体として“すかすか”な疎林になっています（図2a）。

次に地表に目をやると、蘚苔類や地衣類などの植物（以下、林床植生）にびっしり覆われています（図2b）。これらの林床植生とその下にある植物遺体の層はかなりの厚みを持っており、私たちが調査を行った例では平均して 30cm もありました（図2c）。なお、この林床植生～植物遺体の層は、断熱効果を発揮して地下部を低温に保つことにより、永久凍土の維持に一役買っています。

さらに、普段は地下部に隠れて目に見えないマリアナトウヒの「根」を掘り起こしてみると、枝葉が少なく“マッチ棒”のようにも見える地

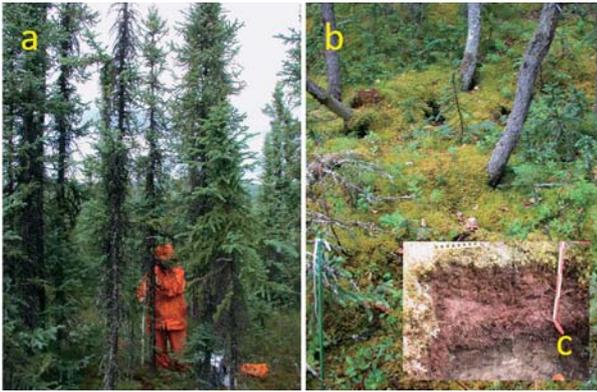


図2 アラスカ内陸部のマリアナトウヒ林の地上部 (a)、林床植生 (b)、林床植生+有機物の層 (c) の様子



図3 アラスカ内部に生育するマリアナトウヒの根系。白い線は2m.

上部とは対照的に、根は地表をはうように水平方向に密に大きく広がっていました (図3)。

このように、永久凍土上のマリアナトウヒ林は、地上部が小さく相対的に根が大きい特徴を持っています。実際にマリアナトウヒ林 (林齢180年以上) において、地上部と根系のバイオマス (単位面積あたりの乾燥重量) を測ってみると、地上部のバイオマスは 4.1 kg m^{-2} 、根系のバイオマスは 3.6 kg m^{-2} でした (図4 a)。

これに対して日本の森林を見てみると、高知県の49年生ヒノキ人工林では、地上部のバイオマスが 18 kg m^{-2} 、根系のバイオマスが 5.7 kg m^{-2} と報告されています (西村ら1980、高大演報8、35-44)。また、高知県の天然モミ林 (モミの樹齢100-150年) では、地上部のバイオマスが 50 kg m^{-2} 、根系のバイオマスが 15 kg m^{-2} と報告されています (Ando et al., 1977, JIBP Synthesis 16, 213-245)。このように、日本の森林と比べ

ると、アラスカ内陸部のマリアナトウヒ林は、かなりバイオマスが小さいことが分かります (図4 a)。

また、これらのヒノキ人工林、モミ林では根系のバイオマスが全体の25%近くを占めますが、これは森林の地上部と根系の比率としては一般的な値と言えます。それに対して、アラスカ内陸部のマリアナトウヒ林では、根系のバイオマスが極めて大きな割合 (50%近く) を占めています (図4 b)。このような根系への高いバイオマス分配が見られる森林は限られていますが、中央シベリアの永久凍土上に成立するカラマツ (*Larix gmerinii*) 林において、同様の結果が報告されています (Kajimoto et al., 1999, Tree Physiol 19, 815-822)。

このように、アラスカ内陸部のマリアナトウヒ林はバイオマスが小さく、全体に占める根系の割合がかなり大きいことが分かってきました。永久凍土は一年中凍っているため、植物は土壌へ根を伸ばして養分を獲得することができず、必要な養分のほとんどを土壌の上にある植物遺体の層 (堆積有機物層) から獲得していると考えられます。マリアナトウヒの根系のバイオマスが大きく、水平方向に密に広がっているのは、このように限られた資源を有効に利用し、永久凍土の上で何とか生き延びるための重要な特性であると思われます。

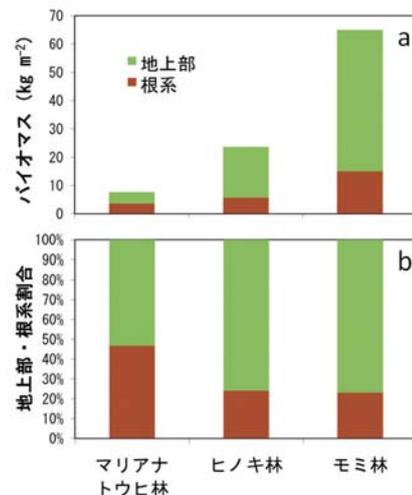


図4 アラスカ内陸部のマリアナトウヒ林、高知県内のヒノキ林、モミ林の地上部・根系バイオマス

ヒノキ林の伐採は、土壌のメタン吸収能をどう変える？

森林生態系変動研究グループ 森下 智陽

■ 地球温暖化とメタン

「二酸化炭素が、地球温暖化に影響をおよぼす温室効果ガスである」ということを様々な場面で、ごく普通に耳にするようになりました。しかし、大気に存在するメタンが、二酸化炭素と同様に、温室効果ガスであることは、まだまだ知られていません。

現在、大気中のメタン濃度は、二酸化炭素の200分の1程度であり、とても低い濃度です。しかし、メタンの温室効果は、二酸化炭素の約20倍と非常に高く、地球温暖化への寄与は決して小さくありません（図1）。

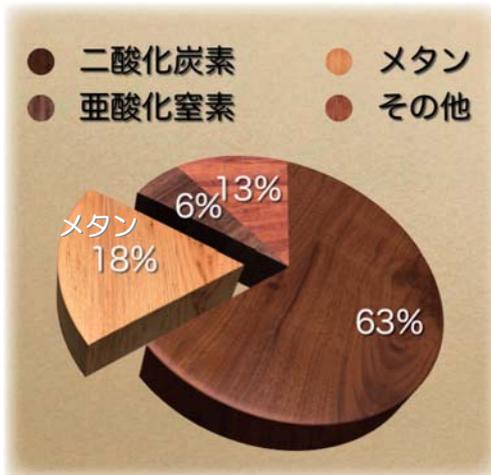


図1 各温室効果ガスの温暖化への寄与度

■ メタンを吸収する森林土壌

適度に酸素を含む通常の森林土壌は、大気中のメタンを吸収しています。これは、メタンを栄養源とする好気性微生物（メタン酸化菌）が、土壌中に住んでいるからです。一方で、水田や湿地のような酸素が少ない土壌からは、大気中へメタンが放出されています。これは、土壌中にメタンを作り出す嫌気性微生物が住んでいるためです。メタンには、こうした土壌以外にも様々な吸収源と発生源があります（表1、※出典は2007年IPCC報告書）。

表1 メタンの発生源と吸収源

		Tg yr ⁻¹
発生源	自然	
	湿地	100 - 231
	シロアリ	20 - 29
	海洋	4 - 15
	メタンハイドレート	4 - 5
	地下深部	4 - 14
	野生動物	15
	火災	2 - 5
	人為	
	エネルギー	74 - 77
	石炭	30 - 48
	ガス、工業	36 - 68
	廃棄物埋立地	35 - 66
	反すう動物	76 - 92
水田	31 - 112	
バイオマス燃焼	14 - 88	
C3植物	27	
C4植物	9	
合計	503 - 610	
吸収源	土壌	26 - 34
	対流圏での光分解	428 - 511
	成層圏での光分解	30 - 45
	合計	492 - 581

■ 日本の森林土壌が持つメタン吸収能

私たちがおこなってきた全国的な観測により、森林土壌のメタン吸収量は、欧米よりも日本の方が大きいことがわかってきました（図2）。しかも、日本の森林では、火山灰の影響を強く受けた黒色土と呼ばれる土壌でメタン吸収量がとても大きいことがわかりました。火山灰の影響を受けた土は、通気性がよいため、大気中のメタンが土壌中に住むメタン酸化菌に吸収されやすいと考えられます。また、日本を代表す

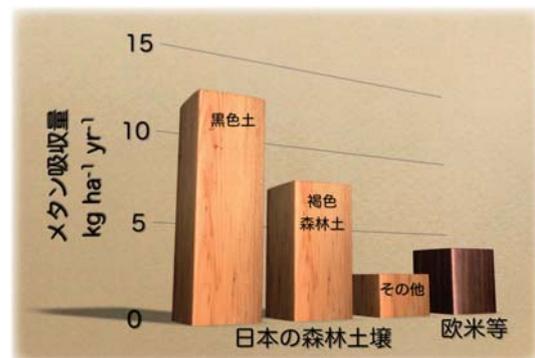


図2 土壌タイプ別の1ヘクタールあたりの年間メタン吸収量

る褐色森林土も火山灰の影響を受けている場合が多く、このことが日本の森林土壌全体のメタン吸収量を大きくしていると考えられました。

■ ヒノキ林の伐採とメタン吸収能の関係

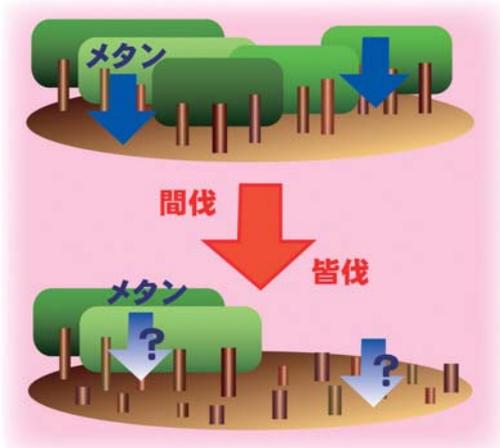


図3 伐採がメタン吸収能におよぼす影響

続いて、「間伐あるいは皆伐等の森林施業をおこなったら、森林土壌のメタン吸収量はどのように変化するのか？」(図3) …このことを明らかにするために、愛媛、高知、愛知のヒノキ林で、伐採区と非伐採区を設けて、伐採後、2年間にわたり、メタン吸収量を観測した研究を紹介します。

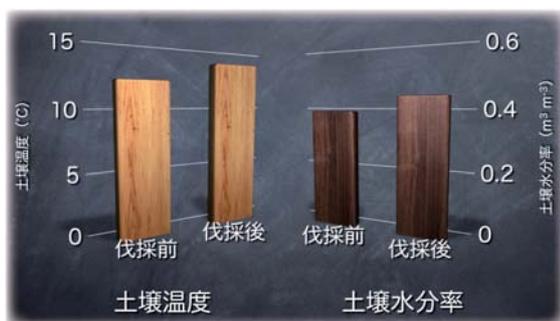


図4 伐採前後における土壌温度 (左) および土壌水分率 (右) の変化

伐採前と伐採後の土壌温度と土壌水分率を比較すると、その両方について、伐採後に上昇がみられました (図4)。

メタン吸収量は、伐採前に比べて、伐採後に低下する傾向が見られました (図5左)。また、

土壌水分率とメタン吸収量の関係についてみると、土壌水分率が高いほどメタン吸収量が小さくなる傾向が見られました (図5右)。

先ほど、通気性がよい土壌で、メタン吸収量が大きいことを紹介しました。伐採後、メタン吸収量が低下したのは、土壌水分率が上昇することで、土壌の通気性が低下して、大気から土壌中へメタンが流入しづらくなったことが原因として考えられます。また、メタン酸化菌は、酸素が多い環境を好む好気性微生物ですので、土壌中の水分量が多くなったため、メタン酸化菌の働きが低下したことも原因と考えられます。

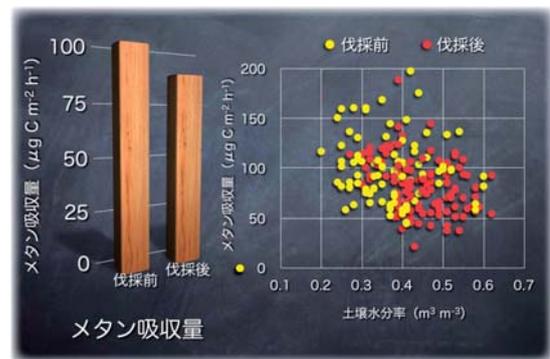


図5 伐採前後におけるメタン吸収量の変化 (左) とメタン吸収量と土壌水分率の関係 (右)

■ まとめ

ヒノキ人工林では、間伐や皆伐後、土壌水分率が上昇することで、メタン吸収量が低下することを紹介しました。しかしながら、間伐や皆伐によって、必ずしも、土壌水分率が上昇するとは限りません。

したがって、「ヒノキ林を伐採すると、森林土壌のメタン吸収能が低下してしまう」わけではなく、ヒノキ林の伐採が、どれくらい土壌の水分環境に影響をおよぼしているかに着目して、土壌のメタン吸収能への影響を評価することが重要です。

立地特性を生かした森林の ゾーニング

流域森林保全研究グループ 光田 靖

■ はじめに

森林のゾーニングとは、木材生産機能、水土保持機能、生物多様性保全機能といった森林の多面的な機能が高度に発揮されるように、重視する機能をそれぞれの森林に区分していくことです。これまでは全国一律に「水土保持林」、「森林と人との共生林」、および「資源の循環利用林」という3つの区分が設定され、全ての森林をいずれかに区分していました。しかし、農林水産省がとりまとめた「森林・林業の再生に向けた改革の姿」（平成22年11月）の中で、これまでの全国一律のゾーニングから、地域主導のあらたなゾーニングへの転換が示されました。つまり、地域の実情や要望にあわせて自由に地方自治体がゾーニングできるようになったのです。一方で、ゾーニングに対する負担や責任も地方自治体へと委譲されます。地域の森林を適正にゾーニングして森林資源を有効に活用するための意志決定支援ツールが必要になるのではないのでしょうか。そこで、我々の研究グループが開発したゾーニング支援ツールを紹介いたします。

■ ゾーニングの基本的な考え方

ゾーニングを行う際に、様々な森林の機能について同時に考慮することは非常に難しい問題です。そこで、より明快な「どこでスギ・ヒノキ人工林による林業を重点的にするのが良いのか？」という問題を考えることにします。これは逆に、「どこで人工林林業をやめるのか？」という問題とも言えます。四国地方は人工林率が高く、スギ・ヒノキの人工林が多く存在します。林業活動が停滞している現状から、全ての人工林が手入れをされているわけではありません。地域の生物多様性保全を重要と考えれば、人工林林業を撤退し、天然林へと戻すという選択肢

もあり得ます。

ゾーニングは土地をどのように利用していくのかという計画であり、長期的な計画と短期的な計画が必要です。長期的なゾーニングにおいては、理想的な森林配置を目指して広い範囲を粗い区画で区分していき、短期的なゾーニングにおいては、現実的な森林の取り扱いについて狭い範囲を細かい区画で区分していきます。長期的なゾーニングだけだと、机上の理論を中心として進めることから現実的な森林計画と乖離する危険性もあります。短期的なゾーニングだけだと、現在の森林資源分布に依存するその場しのぎの計画になりがちです。長期的（理想的）ゾーニングと短期的（現実的）ゾーニングを上手く組み合わせることが必要です。

ここでは長期的な計画を取り扱います。数千ヘクタール規模の流域を範囲とし、この流域を構成する百ヘクタール規模の小流域を単位として、各小流域に木材生産型、保全・再生型、および調和型といった管理目的を設定していきます。木材生産型とは人工林による木材生産を重点的に進めるという管理目的、保全・再生型とは林業から撤退し人工林から天然林へ再転換していくという管理目的、調和型とは両者の中間的な管理目的を意味します。どの小流域にどの管理目的を与えてゾーニングしていくのかを考える要因として、土地の特性（立地特性）を使います。長期的理想的ゾーニングが目的ですので、いまだどこにどのような人工林があるのか、林道があるのかというような人間が関与している情報は考慮せず、樹木の成長の良さ、自然災害の受けやすさなど、気象や地形によって決まる自然条件による立地特性を評価し、これに基づいてゾーニングを行います。基本的には樹木の成長が良く、自然災害を受けにくい小流域に木材生産型を設定し、樹木の成長が悪い小流域に再生・保全型を設定していくのが合理的です。しかし、樹木の成長が良い土地を本来の生息域とする動植物もあり、そのような土地に保全・再生型が設定されない場合には、そのような生物が生息する天然林が確保されず、流域全体の

生物多様性が保全されたとは言えません。流域全体でバランスをとることが必要です。では、どのようにバランスをとるのか、具体的に開発したツールを見ながら説明したいと思います。

■ ゾーニング支援ツールの具体例

まず、地形データを使って対象流域を設定し、小流域に区分します。次に、立地特性として樹木の成長の良さを示す土地生産力、台風災害による風害危険度、生物多様性保全の指標として天然林が存在した場合のブナ優占度を用いました。土地生産力は温度、降水量および地形によって決定されます。風害危険度は過去の台風による強風データとその時の風向きに対する地形によって決定されます。対象地が冷温帯に属することから代表樹種であるブナの優占度を用いましたが、ブナだけが特別に重要であるという意味ではなく、立地特性によって変化する潜在的な樹種構成の違いを表現しています。この指標も気温、降雪量および地形によって決定されます。

次に、小流域の立地特性を使ってグラフを描きます。ここで、先に述べた生物多様性保全のために、小流域をブナ優占度でグループ分けし、

そのグループの中でゾーニングを行います。このことは、流域全体で見たとき人工林から転換された天然林が多様な種構成になることを狙っています。土地生産力と風害危険度のグラフ上にしきい値を設定してゾーニングするわけですが、このしきい値の設定は地域住民との合意の上でなされていくことになります。最後に、各グループのゾーニング結果を統合して、ゾーニングの完成となります。

■ おわりに

今回ご紹介したゾーニング意志決定支援システムを用いれば、様々なしきい値を設定しながら、その結果をすぐに図化することが可能です。このことは地域的な合意形成を行っていく上で、より合理的な議論を可能にできるのではないかと期待しています。今後はシステムに改良を加え、地域の森林管理計画の策定を担っていくべく今年度より制度化されたフォレスターや様々な関係者がゾーニングを行う際のツールとして活用できるようにし、本開発ツールがよりよい森林管理に貢献できるようにしていきたいと思っています。

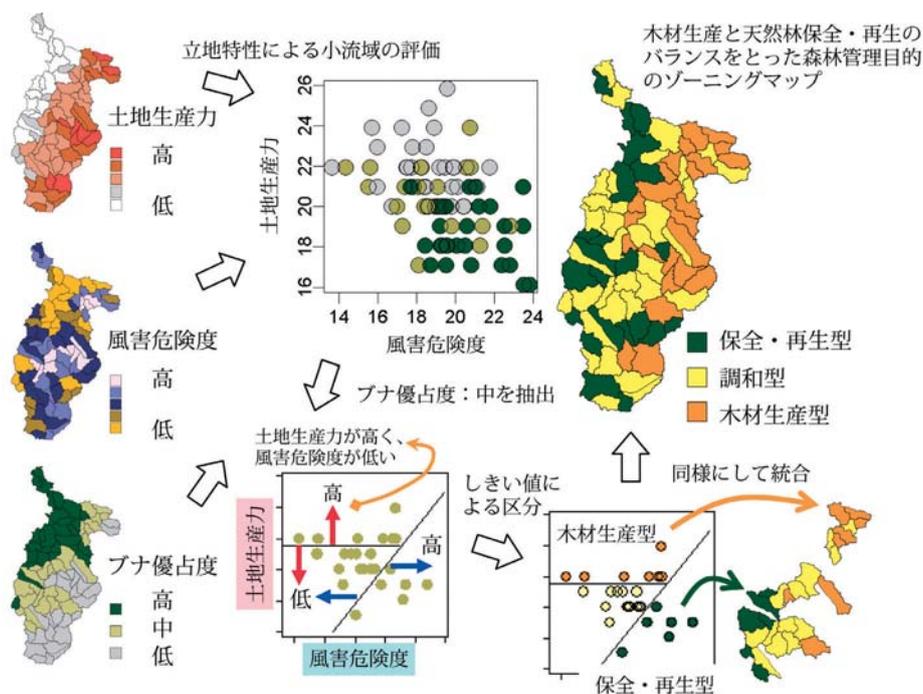


図 ゾーニング意志決定支援システムの流れ

