

受益者ニーズを反映した地域独自の森林整備計画策定のための地図整備 ：水源涵養機能に注目して

太田貴大*、橋本啓史**、竹島喜芳***

*長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科、**名城大学農学部、***中部大学国際GISセンター

1. はじめに

流域の上流と下流の交流を実現して流域全体での自然資源管理を行うことに注目が集まっている。主に上流域で森林を管理する役割をはたしてきた林業が、木材価格の低迷や高齢化による後継者不足などにより危機を迎えている。このような中、上流の森林から得られる多面的な機能を県民全体で維持するという目的で、森林環境税が導入されてきた。2000年以降地方分権が進み、地域が課税自主権を持つようになってから森林環境税が8割以上の自治体で実施されている。森林環境税は、流域全体で森林を管理して、森林から得られる恵みを楽しむ参加型の税制である。

ところで、現状の流域の森林管理の方向性は、市町村森林整備計画の総体によって決められている実情がある。市町村が作成するこの計画は、比較的狭いスケールで地域の森林あるいは林業の事情や、森林に対するニーズを反映させることができる。流域の上下流の全住民で森林管理の方向性を決定する「森林自治」を実現するためには、市町村森林整備計画が地域の森林に対するニーズをより忠実に反映できるようになる必要がある。しかし、実態としては、専門的な知識を持つ職員の不足などが原因で、都道府県の作成した森林整備計画をほぼそのまま用いており、適正な流域管理が計画されているとは言い難い（文献：1）。

森林環境税や市町村森林整備計画という、流域全体での森林自治の実現を支えるツールがそろっているにもかかわらず、多様な森林の機能を受益している住民のニーズが反映されていないまま現在の森林管理が実施されている。森林の多面的機能は、二酸化炭素を吸収・蓄積して温暖化を緩和するといった、タイムスパンの長いグローバルな機能もあるが、流域に住む住民が大きな便益を受ける洪水緩和の機能や、飲料水の利用など、受益者に切実かつ直接的な機能も多い。しかし、これまで森林から受益者が直接恩恵を受ける機能評価は十分に行うことができなかった。もし、これらの機能の受益実態を把握することが可能になれば、より公平な仕組みが構築できるとともに、住民の森林自治に対する参加の意欲も高まることが期待できる。

そこで本研究では、森林という機能の供給場所から、受益する住民の場所が地理的に離れる機能の代表として、水源涵養機能に焦点をあて、受益者のニーズを把握した形での森林整備を実現することを目標に、そのための地図提供を目指す。

2. 方法

本研究は、福岡県糸島市の瑞梅寺ダム流域をケースサイトとする。瑞梅寺ダム流域の森林には福岡県の森林環境税、福岡市水源基金などの多様な資金が投入されており、流域全体での森林自治や受益者の関与を考察するうえで適したサイトである。また、ダムの配水範囲は糸島市内と福岡市西区に限定されており、例えば福岡市内の他のダム浄水場のように、複数の浄水場の水が統合され複数の地域に配水されているという複雑さがなく、水に関連する森林の機能について、供給と受益の関係が相対的にシンプルであることも挙げられる。さらに、流域が比較的短く、全体を俯瞰しやすいといった物理的な利点もある。

本研究の流れは、まず、立木密度や胸高直径等の森林状態に関する情報と降水量等の気象に関する情報を整備し、次に瑞梅寺ダム流域を対象に分布型流出モデルを構築する。そして、渇水・豊水時の降雨パターン、また、間伐シナリオに基づいた10年後の森林状態の推定を行い、分布型流出モデルによりシミュレーションを行う。得られた流出量の推定値から流況曲線をもとめ、水源涵養機能の評価を行う。

初めに、分布型流出モデルには、水のインプットとしての降水量と、そこから地下に浸透するまでの間に失われる蒸発散量があり、これらのデータが必要になる。降水量は1kmメッシュ解析雨量（文献：2）を用いた。蒸発散量は、Komatsu et al.（文献：3）の回帰式を用いた。この文献は、過去に記録された人工林における流出量のメタ分析から、人工林の蒸発散量には、この立木密度と胸高直径が強く効いていることを明らかにした。そこで、瑞梅寺ダム流域に存在する植生（文献：4）を5つのタイプ（人工林、ブナクラス域自然植生、ブナクラス域代償植生、ヤブツバキクラス域自然植生、ヤブツバキクラス域代償植生）に分けた

上で、立木密度について、人工林部分はLidarデータ（文献：5）を用いて樹頂部を抽出して推定した。広葉樹林部分については、各植生区分（ブナクラス域自然植生：ブナ林、ブナクラス域代償植生：イヌシデ林（ササ林床）、ヤブツバキクラス域自然植生：アカガシ林、ヤブツバキクラス域代償植生：イヌシデ林）で毎木調査を行い推定した。平均胸高直径については、人工林では福岡県林分材積表（文献：6）を用いて、Lidarデータによって推定した小林班毎（文献：7）の最高樹高と森林簿の林齢から特定した。広葉樹林については、現地調査の値を用いた。

次に分布型流出モデル（文献：8）の各要素モデル（図1）として、蒸発散モデルは、ペンマン-モンティース法を用いた。気象データは、福岡・佐賀の気象データ（文献：9）を標高補正して用いた。気孔抵抗 γ_c は、気象データと立木密度、胸高直径を用いて推定した。表土層モデルは、飽和・不飽和流れを考慮した中間流・地表面流統合モデルとした（文献：10）。表土層を流れる中間流を、ゆっくり流れる領域（マトリックス部）とパイプ流のように速く流れる大空隙部に

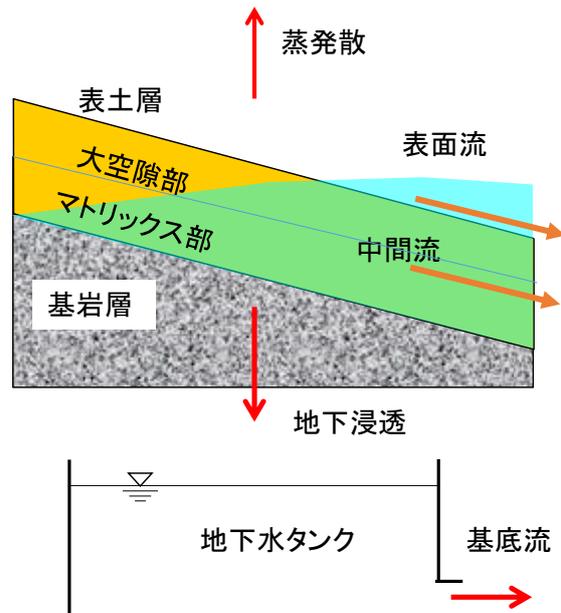


図1 分布型流出モデルの概念図

（岐阜大学・児島氏作成）

分け、降雨初期、降雨終了後の流出の挙動を再現するモデルである。地下水モデルは、基底流を再現するため、地下水タンクと表土層からの浸透モデルを追加した。表土層の土壌水分量に応じて、浸透量を決定する方式である。要素モデル内の他の変数については、土地利用ごと、あるいは、全体で一律の値を与えるなどしている。パラメータの調整は、ダム地点での流出量（文献：11）を基に行った。

最後に、構築した分布型モデルを用いたシミュレーションにより、複数の降雨パターン、森林整備シナリオのもとで、将来の流出量を推定した。シナリオは、10年後（2027年）の時点の予測として、降雨パターンは豊水年であった2006年および渇水年であった2007年のものを当てはめ、森林整備は2014年時点から無間伐（胸高直径は少し太くなり、若干の自己間引きがある）の場合と、2014年に1回25%間伐（本数密度）をした場合（平均胸高直径は大きくなる）とした。胸高直径と立木密度の推定は、福岡県の林分材積表に基づいて行った。得られた流出量の推定値を流況曲線で表し、水源涵養機能の指標として、豊水流量、渇水流量を求めた。

3. 結果

まず、間伐により変化することが考えられる蒸発散量の推定の変数として用いている、胸高直径と立木密度について、シナリオごとの差を図で示す。

図2は、間伐無のシナリオと25%間伐のシナリオでの胸高直径の分布を示している。図3は、間伐無のシナリオと25%間伐のシナリオでの立木密度の分布を示している。これら胸高直径と推定値が中心の変数となり、分布型流出モデルの蒸発散量部分が算出されている。

図4は、流況曲線である。間伐無と間伐有のシナリオ間では蒸発散量では1%程度の違いしかなかった。豊水年、渇水年ともに、この傾向は同様であった。

図5は、豊水年、渇水年を一つのグラフとして、豊水流量や渇水流量の値を示したものである。豊水年と渇水年でそれぞれ異なる値が得られた。

4. 考察

本研究では、福岡県糸島市瑞梅寺ダム流域を対象に、分布型流出モデルを構築し、間伐の有無のシナリオを想定して流出量の変化をシミュレーションした。

シミュレーションの結果、間伐の有無によって蒸発散量はほとんど変化しなかった。これは間伐を森林整備の中心にすえて、多様な森林の機能の発揮に効果的であるという仮説に反する結果である。ただし、分布

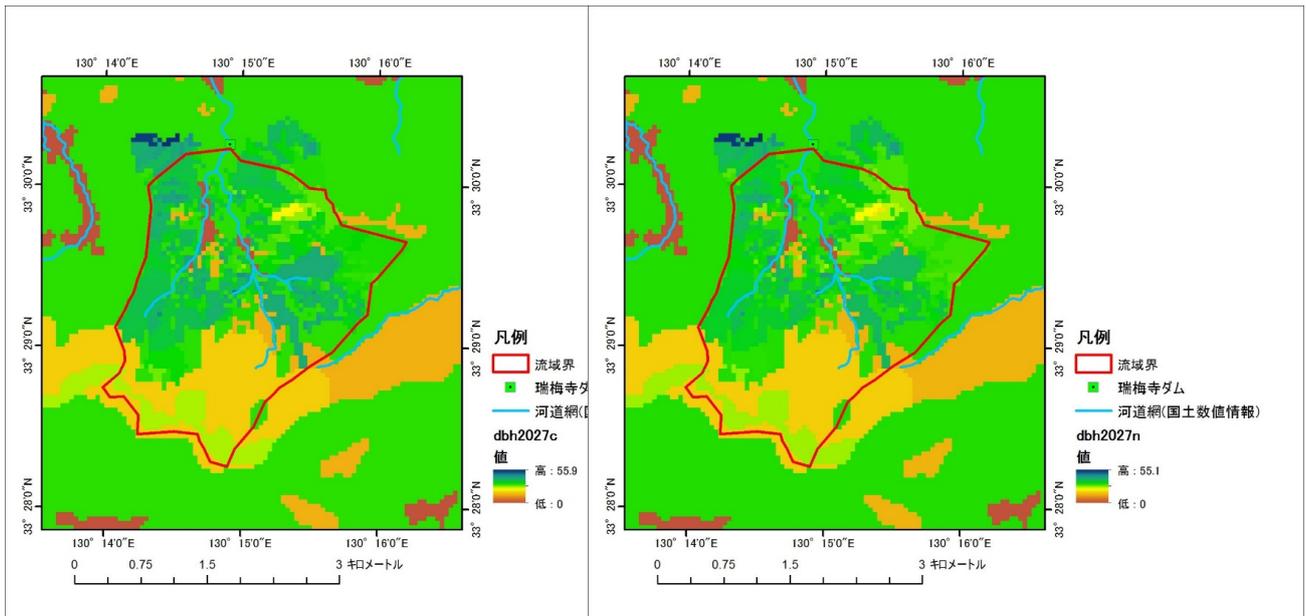


図2 間伐無シナリオ（右）と間伐有シナリオ（左）の2027時点での胸高直径

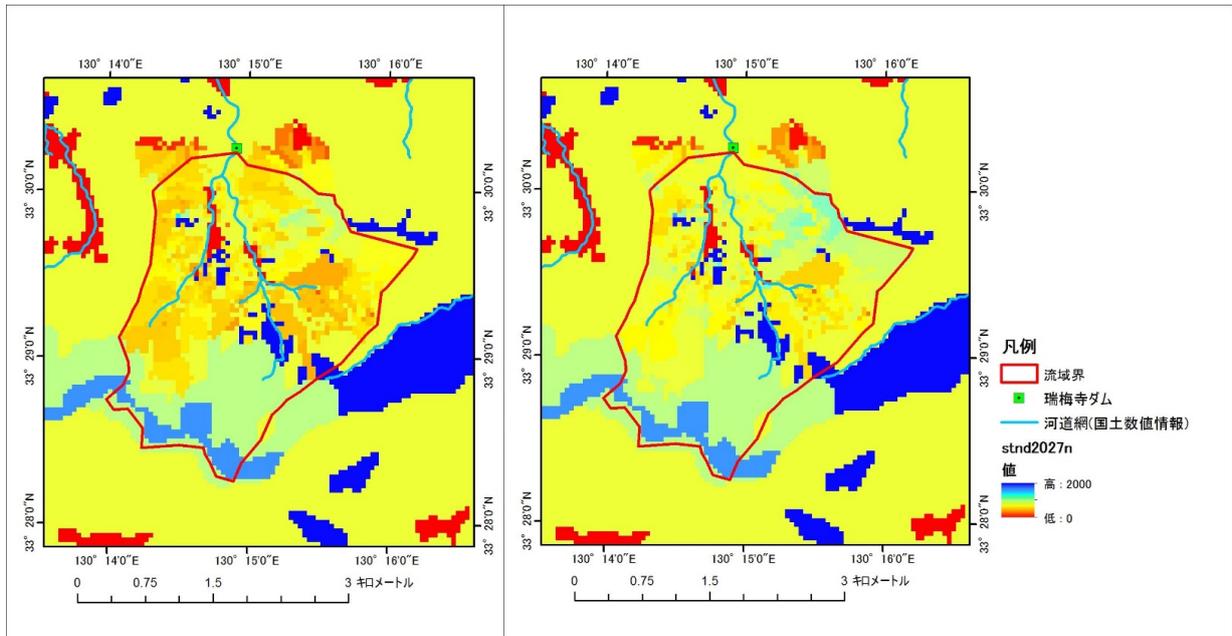


図3 間伐無シナリオ（右）と間伐有シナリオ（左）の2027時点での立木密度

型モデルの推定精度の問題を考慮する必要があるため、必ずしも間伐の効果がなかったとはいえない。間伐による蒸発散の減少と、樹木の成長による胸高直径の増加での蒸発散増加が相殺された可能性も考えられる。また、今回は、ダム流域の上流は国有林の広葉樹林帯であり、密度変化などは想定しておらず、森林状態が変化した面積が流域面積の2/3程度と比較的狭かったことも要因と考えられる。さらに、分布型モデルでは、間伐による下層植生の回復による蒸発散量や浸透能の変化を十分に再現できていない。また、流量や気象データの精度を向上させることで、推定値が変化する可能性もある。

本研究では、水源涵養機能として、流況曲線の形を一つの指標として用いた。豊水流量が減少することは洪水の緩和を意味し、渇水流量が上昇することは安定的な水供給が達成されていることを意味する。このような流況曲線となるような森林整備が求められる。ただし、水源涵養機能の評価方法としては、渇水の連続日数を評価したり、降雨イベント後のピーク流量からの流量の減衰度合の評価など、様々なものが想定される。受益者のニーズを把握する際に、どのような方法が理解を得やすいか、今後の調査が必要である。

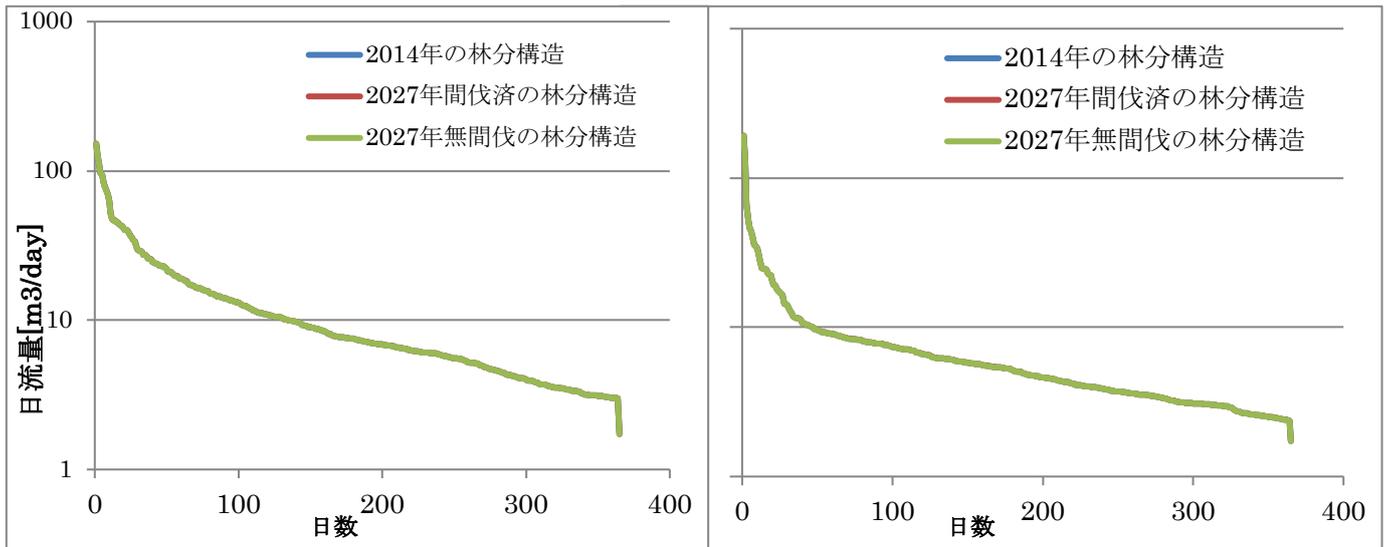


図4 豊水年（左）と渇水年（右）の流況曲線

また、今後は、上記のような分布型モデルの精緻化とともに、今回は十分に扱えなかった広葉樹林や竹林の蒸発散量、間伐シナリオだけでなく、間伐率や場所、広葉樹林化、さらには木質エネルギー向けの新規樹種の植林なども考慮する必要がある。

今回の基礎的な分布型モデルの構築と森林情報の整備により、受益者のニーズを把握して、シナリオを構築し、シミュレーションを行う体制が整ったといえる。これにより、受益者側のニーズを反映させるためにどの林班でどのような施業を行う必要があるか、提示することが可能となる。これは、森林所有者や林業経営体にとって、流域全体の福利につながる施業のあり方が明らかとなることも意味する。一方で、モデルゆえに生じる不確実性を、ステークホルダーにどのように提示し受け入れてもらうかといった課題もある。

最後に、デジタルアースへの本研究の開発要素を投入する際の課題を挙げる。今回は、国土地理院や環境省のオープンなデータも積極的に用いた。これらのデータは、必ずしも解像度が高くない場合があるため、今後の改善が期待される。地方自治体が所有しているデータについては、自治体ごとに整備の程度が大きく異なることが予測されるため、同様の分析を実施できない可能性もある。分布型モデルについては、CommonMPなどの公開の場が存在するが、現段階では複雑なモデルの公開までには至っておらず、今後の積極的なモデル共有が期待される。

5. 謝辞

本研究は中部大学問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究 IDEAS201618 の助成を受け

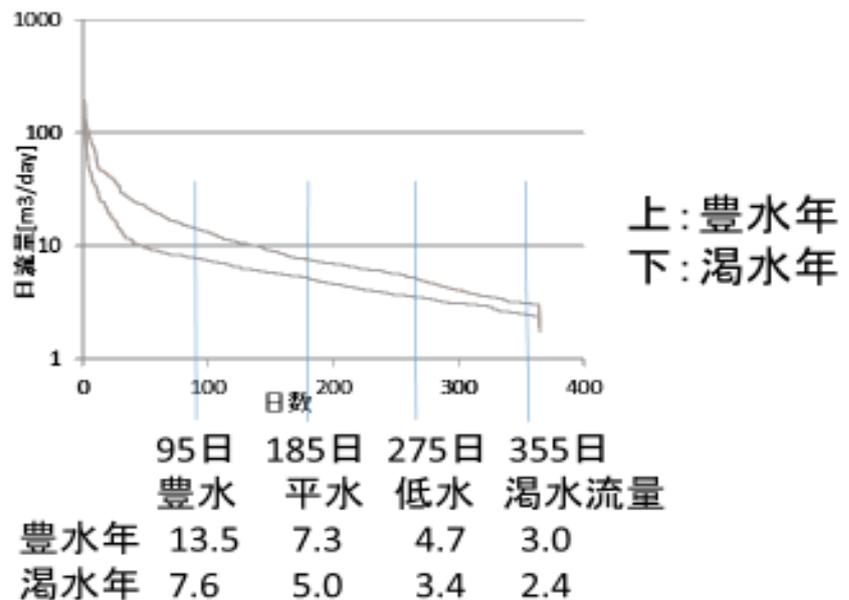


図5 流況曲線と各流量値 (m³/day)

た。分布型流出モデルの構築では、岐阜大学流域圏科学研究センターの児島利治氏に多大な協力を受けた。各種データについては福岡県、糸島市より提供を受けた。ここに深く感謝の意を表す。

参考文献・データ

1. 柿澤宏昭, 川西博史 (2011) 市町村森林行政の現状と課題：北海道の市町村に対するアンケート調査結果による. 林業経済. 64(9):1-14.
2. 解析雨量：気象業務支援センター
3. Hikaru Komatsu, Yoshinori Shinohara, and Kyoichi Otsuki (2015) Models to predict changes in annual runoff with thinning and clearcutting of Japanese cedar and cypress plantations in Japan HYDROLOGICAL PROCESSES. 29: 5120-5134.
4. 植生図：平成 6～10 年度に修正された「自然環境保全基礎調査 植生調査(植生自然度調査) 第 5 回調査 1/5 万現存植生改変図」、環境省生物多様性センター
5. Lidar データ：2014 年時点、糸島市
6. 森林簿、林班境界：福岡県
7. 福岡県林分材積表：<http://www.pref.fukuoka.lg.jp/contents/sugi-yosoku.html>
8. 標高データ：国土地理院
9. 気象データ：気象庁
10. 立川康人, 永谷言, 寶馨 (2003) 分布型洪水流出モデルにおける空間分布入力情報の有効性の評価. 京都大学防災研究所年報. 46(B):233-248.
11. 瑞梅寺ダム放流量、貯水位：福岡県