

航空レーザ測量及び水源林土壌保全基礎調査について

水源環境保全課

1 水源林林況等基礎調査業務委託の概要

(1) 調査概要

かながわ水源環境保全・再生施策に必要な基礎データを得ることを目的として、水源林林況等基礎調査業務委託により、県内水源保全地域の民有林全域*で航空レーザ計測を実施し、計測データと精度の検証を行うための現地調査結果に基づいて、人工林現況調査と土壌保全基礎調査の2つの解析を行った。

人工林現況調査では、水環境モニタリングの一環として、対象地域内の民有林のスギ、ヒノキ等人工林の全立木の樹高・胸高直径・材積等を把握する森林資源解析に加えて、5年ごとに実施している人工林の整備状況の調査により手入れの進み具合の推移を概括的に把握するとともに、今後の水源環境保全・再生施策の推進及び森林・林業行政の推進に資するための基礎データを取得した。

土壌保全基礎調査では、航空レーザデータの解析による広域な下層植生の分布状況の把握に加えて、様々な要素から土壌流出のリスクについて総合的に評価し、広域に把握する土壌流出リスク分布図の作成を行った。また、これらの解析結果を踏まえて水源林の管理上のリスクを小班ごとに評価し、効率的な巡視を行うための基礎資料として巡視優先度評価図の作成を行った。

(2) 調査範囲

航空レーザ測量：県内水源保全地域（国有林、市街地等を除く）*

人工林現況調査：航空レーザ測量対象範囲のスギ及びヒノキ等の針葉樹人工林 ⇒ **森林再生課**

土壌保全基礎調査：航空レーザ測量対象範囲の広葉樹も含む民有林全域 ⇒ **水源環境保全課**

※令和元年度 県西地域（502.52 km²）

令和2年度 県央・湘南地域（438.73 km²）

※調査対象地は一部まとまった市街地や国有林を除く

水源の森林エリア
 地域水源林エリア

県内水源保全地域

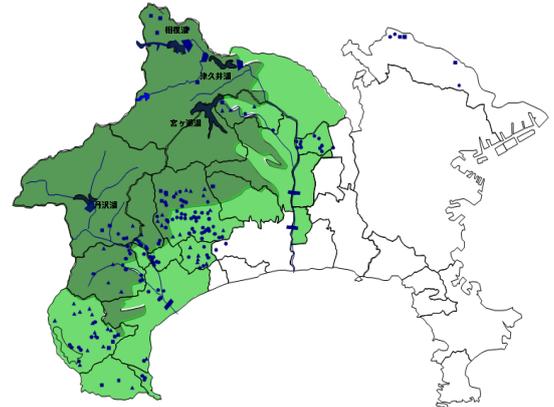
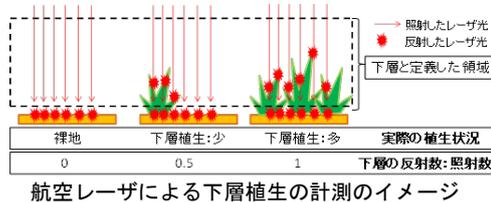


図1 県内水源保全地域

<航空レーザ測量について>

- ・航空機から地上にレーザ光を照射し、地上から反射するレーザ光との時間差より得られる地上までの距離と、航空機の位置情報より、地上の標高や地形の形状を調べる測量方法
- ・レーザの反射強度により、地面の形状だけでなく、森林の状況（樹高、樹種、下層植生等）の把握が可能



2 土壤保全基礎調査の内容と結果

(1) 実施項目

- ・ 下層植生分布の評価
 - ・ 土壌流出リスクの評価
 - ・ 巡視実施優先度評価図の作成
- ※上記項目を実施するため、補足現地調査（52 地点）を実施した。

(2) 下層植生分布の評価

ア 下層植生による植被率等の推定

航空レーザ測量データおよび補足現地調査データから下層植生の植被率・被覆率を推定した。

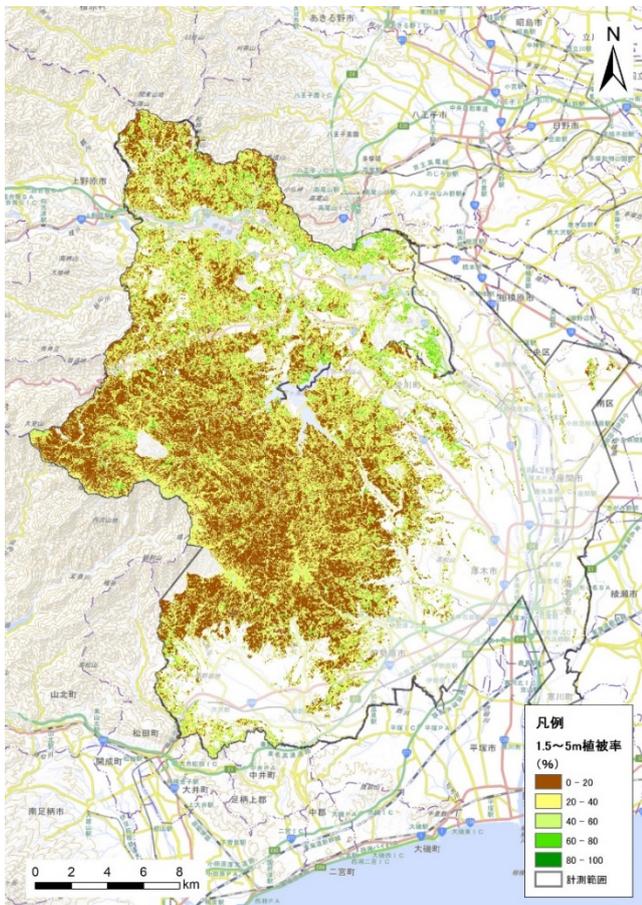


図2 高さ 1.5~5m における下層植生の植被率
【県央・湘南地域】

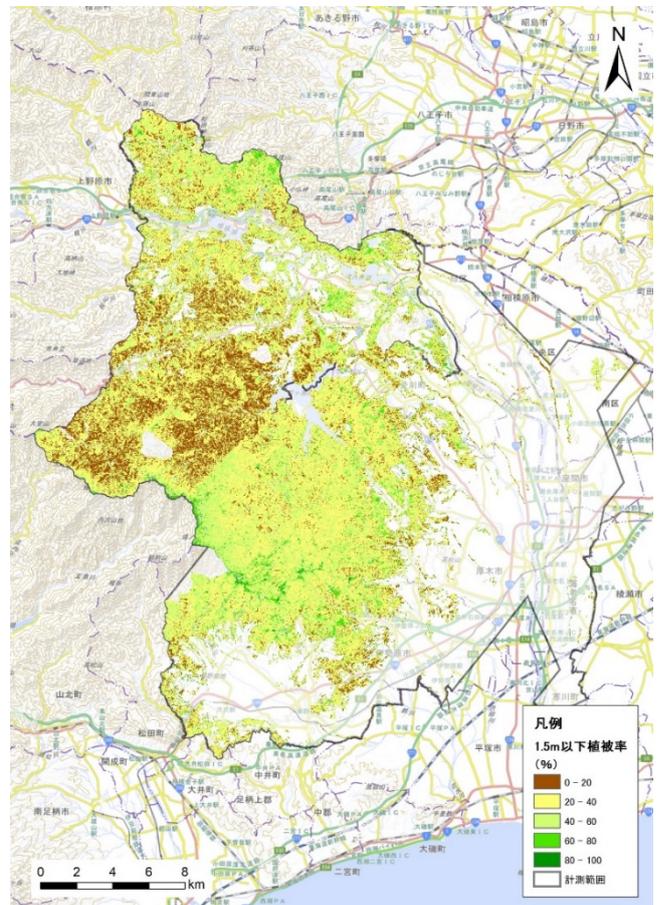


図3 高さ 0.2~1.5m における下層植生の植被率
【県央・湘南地域】

航空レーザ計測実施期間：2020年7月20日～10月19日（相模原市緑区以外；11日間）
2020年5月7日～6月10日、9月4日（相模原市緑区；5日間）

相模原市緑区と清川村の境界を挟んで、1.5m 以下植被率に明瞭な違いが生じていた。これについては、別業務（令和元年度航空レーザ測量及び山地災害重点地域全体計画策定業務委託）で行った相模原市緑区の計測時期が、清川村を含めた本業務での計測時期よりも早かったことが影響した可能性がある。相模原市緑区の南側における航空レーザ測量は、下層植生が展葉しているがピークを迎えていなかった6月上旬に実施された。一方、清川村周辺の航空レーザ測量は7月中旬から実施したことから、この地域での下層植生植被率推定結果に季節による差異が生じていた可能性がある。

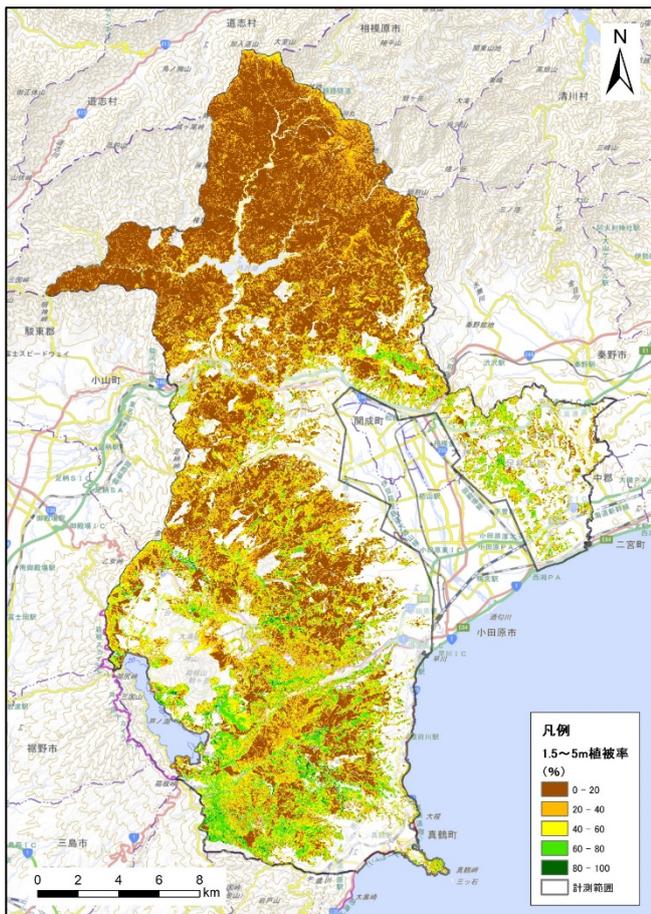


図4 高さ1.5~5mにおける下層植生の植被率
【県西地域】

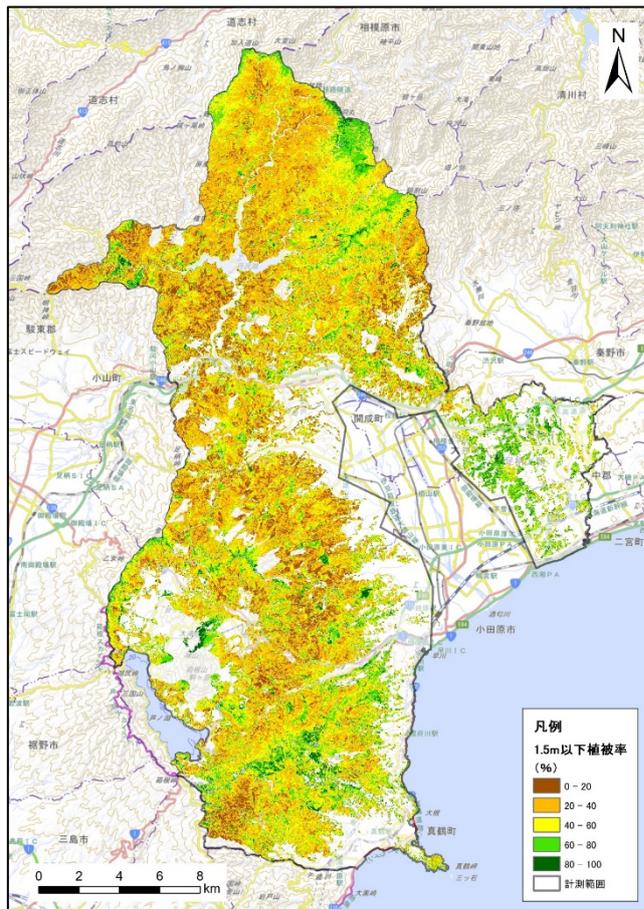


図5 高さ0.2~1.5mにおける下層植生の植被率
【県西地域】

航空レーザ計測実施期間：2019年7月26日~11月1日（15日間）、2020年3月6日~13日（補備計測；3日間）

イ 下層植生のタイプ区分図の作成

下層植生の植被率を推定した結果を用いて、下層植生の分布や繁茂状況をタイプ区分した図を作成した。

表1 下層植生の分布状況のタイプ区分

区分	概要	例
タイプⅠ	樹冠が鬱閉し下層植生が貧弱な状態	今後施業が必要な樹林など
タイプⅡ	樹冠が鬱閉しているが、下層植生が豊かな状態	陰性の草本等が多いか、シカ対策工が効果を発揮している樹林など
タイプⅢ	樹冠が開放しているが、下層植生が貧弱な状態	間伐直後の樹林やシカによる食害を受けた樹林など
タイプⅣ	樹冠が開放し下層植生が豊かな状態	適度な光が下層に差し込み、豊かな下層植生が繁茂している樹林

下層植生のタイプ区分結果では、タイプⅡ（樹冠が鬱閉しているが、下層植生が豊かな状態）が最も多く、半数以上を占めていた。また、施業が必要と考えられるタイプⅠ（樹冠が鬱閉し下層植生が貧弱な状態）の森林も約3割あった。

水源施策上はタイプⅣの森林が最も好ましい状況と言え、理論的には森林整備（特に間伐による光環境の確保）を進めることで、タイプⅠからタイプⅣへ誘導することが可能である。

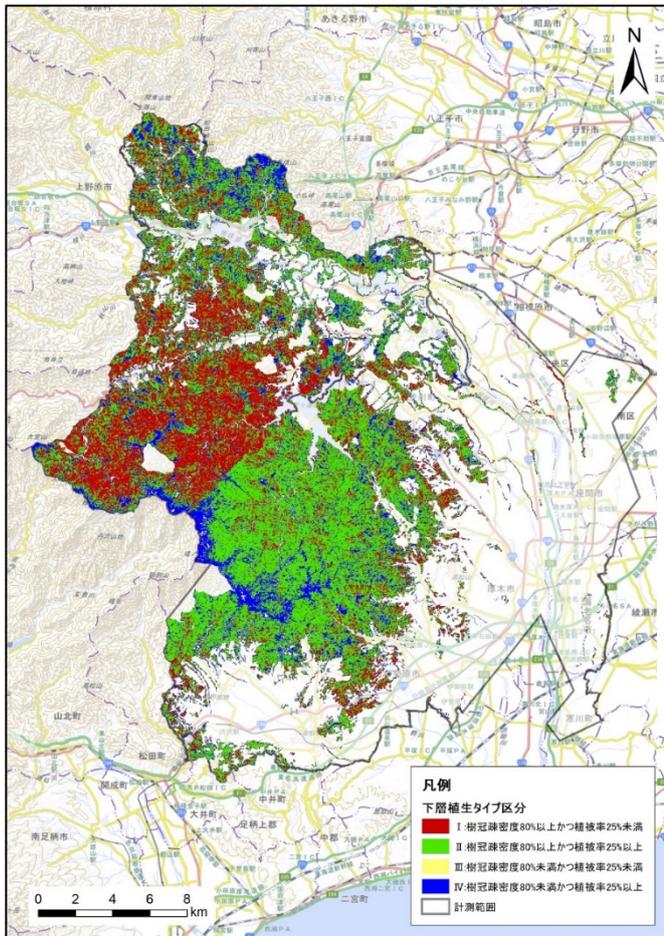


表2 下層植生繁茂状況タイプ区分集計表
【県央・湘南地域】

市町村名		タイプ区分				合計
		I	II	III	IV	
愛川町	メッシュ数	8,972	20,129	51	6,973	36,125
	割合	24.8%	55.7%	0.1%	19.3%	4.1%
伊勢原市	メッシュ数	11,543	29,421	66	10,795	51,825
	割合	22.3%	56.8%	0.1%	20.8%	5.9%
海老名市	メッシュ数	226	261	2	327	816
	割合	27.7%	32.0%	0.2%	40.1%	0.1%
厚木市	メッシュ数	14,318	33,120	67	13,095	60,600
	割合	23.6%	54.7%	0.1%	21.6%	7.0%
秦野市	メッシュ数	15,955	72,709	166	29,468	118,298
	割合	13.5%	61.5%	0.1%	24.9%	13.6%
清川村	メッシュ数	20,996	111,568	31	26,104	158,699
	割合	13.2%	70.3%	0.0%	16.4%	18.2%
相模原市	メッシュ数	177,590	182,032	1,012	84,146	444,780
	割合	39.9%	40.9%	0.2%	18.9%	51.1%
合計	メッシュ数	249,600	449,240	1,395	170,908	871,143
	割合	28.7%	51.6%	0.2%	19.6%	100.0%

図6 樹冠疎密度と下層植生の分布状況タイプ区分図 (1.5m以下植被率を使用)【県央・湘南地域】

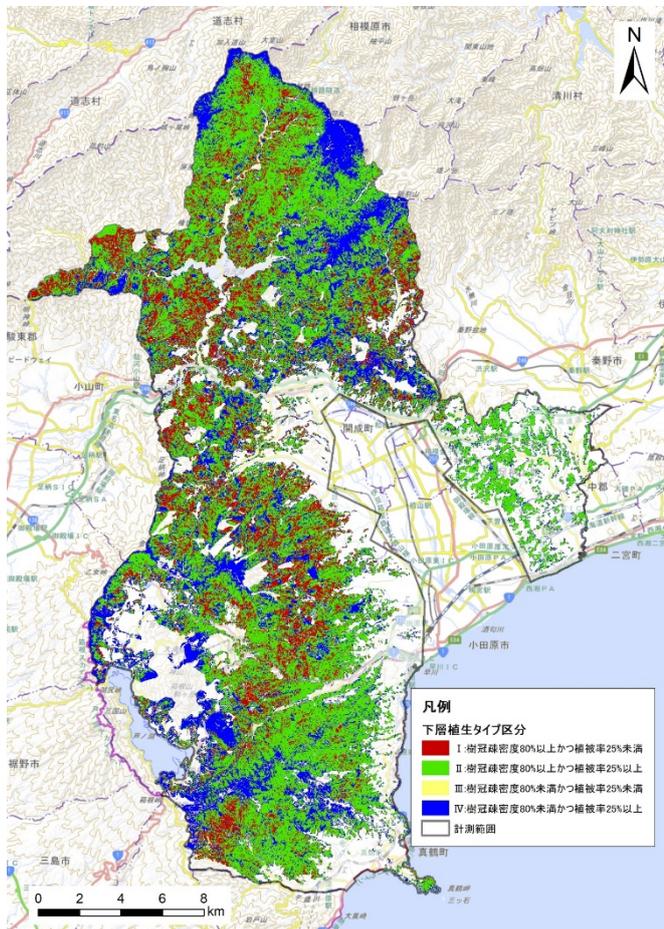


表3 下層植生繁茂状況タイプ区分集計表
【県西地域】

市町村名		タイプ区分				合計
		I	II	III	IV	
山北町	メッシュ数	70,971	192,481	205	79,396	343,053
	割合	20.7%	56.1%	0.1%	23.1%	38.9%
小田原市	メッシュ数	16,173	71,265	214	20,087	107,739
	割合	15.0%	66.1%	0.2%	18.6%	12.2%
松田町	メッシュ数	15,054	33,931	109	23,088	72,182
	割合	20.9%	47.0%	0.2%	32.0%	8.2%
真鶴町	メッシュ数	690	4,690	9	2,100	7,489
	割合	9.2%	62.6%	0.1%	28.0%	0.8%
大井町	メッシュ数	294	5,928	1	2,085	8,308
	割合	3.5%	71.4%	0.0%	25.1%	0.9%
中井町	メッシュ数	331	11,448	4	3,489	15,272
	割合	2.2%	75.0%	0.0%	22.8%	1.7%
湯河原町	メッシュ数	10,115	41,522	1,053	19,605	72,295
	割合	14.0%	57.4%	1.5%	27.1%	8.2%
南足柄市	メッシュ数	31,849	60,647	536	28,518	121,550
	割合	26.2%	49.9%	0.4%	23.5%	13.8%
箱根町	メッシュ数	20,026	66,628	1,864	45,179	133,697
	割合	15.0%	49.8%	1.4%	33.8%	15.2%
合計	メッシュ数	165,503	488,540	3,995	223,547	881,585
	割合	18.8%	55.4%	0.5%	25.4%	100.0%

図7 樹冠疎密度と下層植生の分布状況タイプ区分図 (1.5m以下植被率を使用)【県西地域】

ウ 下層植生の分布状況と地理的条件等による影響について

(ア) 市町村別集計

県央地域では平均値に大きな差が見られなかったが県西地域ではバラツキが見られた。中井町、大井町、真鶴町、湯河原町で比較的植被率が高い状況から、シカの生息密度の違いが要因であると考えられる。

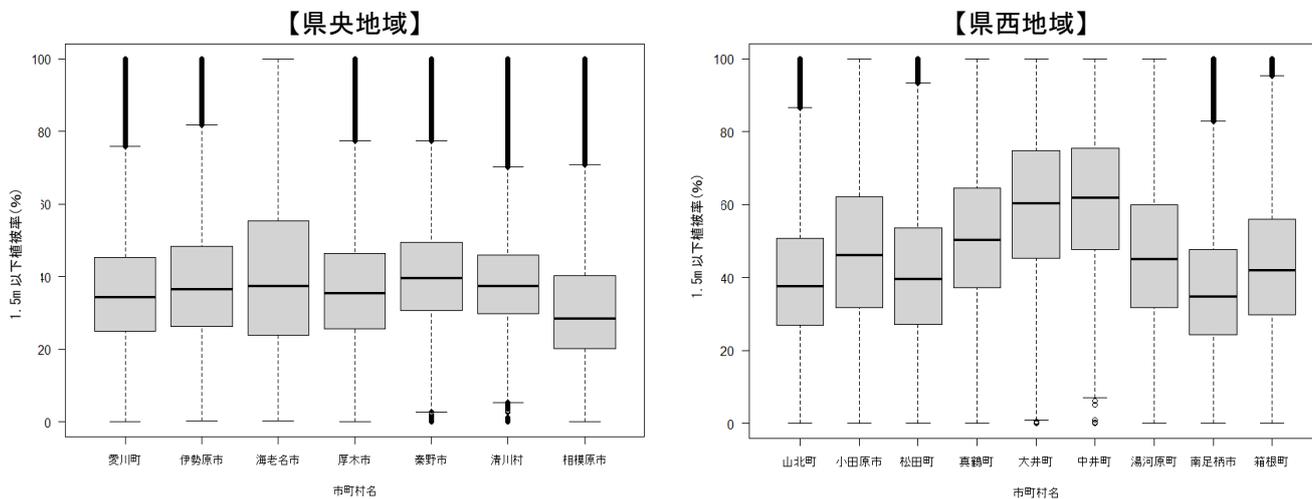


図8 市町村別下層植生植被率

(イ) 標高別集計

標高0~1,400mまでは植被率は横ばいの傾向を示した。サンプル数は少ないが、標高1,400m以上では植被率が高くなる傾向が示された。尾根付近の地域では、光環境が確保されていることや、シカの食圧にある程度耐えられるミヤマクマザサが繁茂する等、植生タイプの違いなどが要因と考えられる。

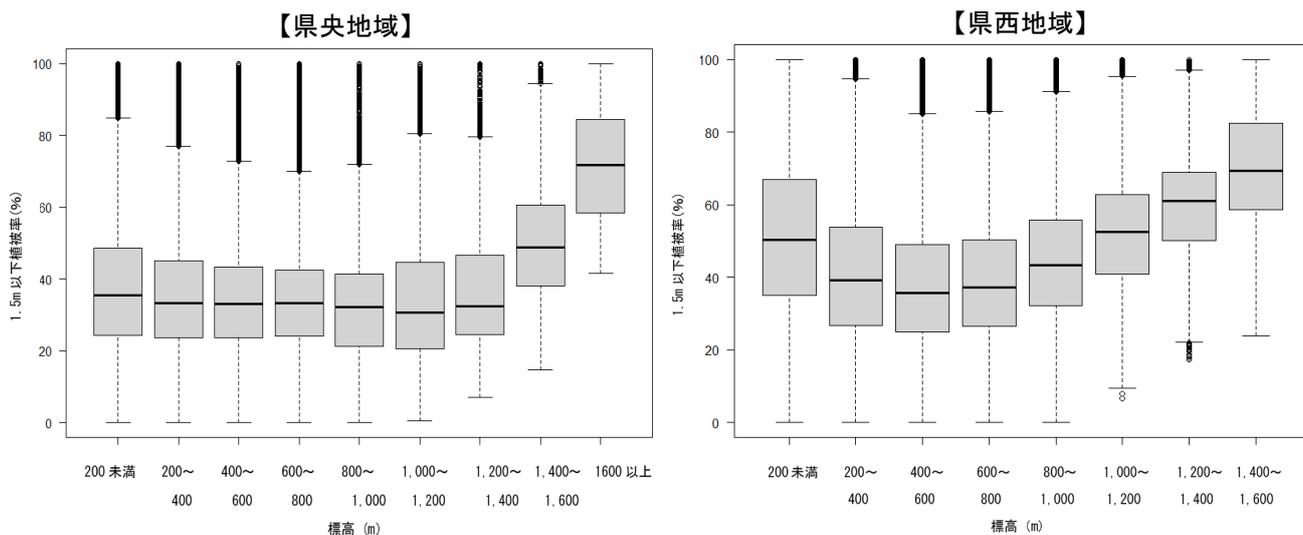


図9 標高別下層植生植被率

(ウ) 樹冠疎密度別

樹冠疎密度と植被率の間には $R=-0.8$ 程度の負の相関がみられた。したがって、樹冠疎密度 80%以上の範囲については、間伐を行い、樹冠疎密度を低下させることで、植被率が向上する可能性が考えられる。

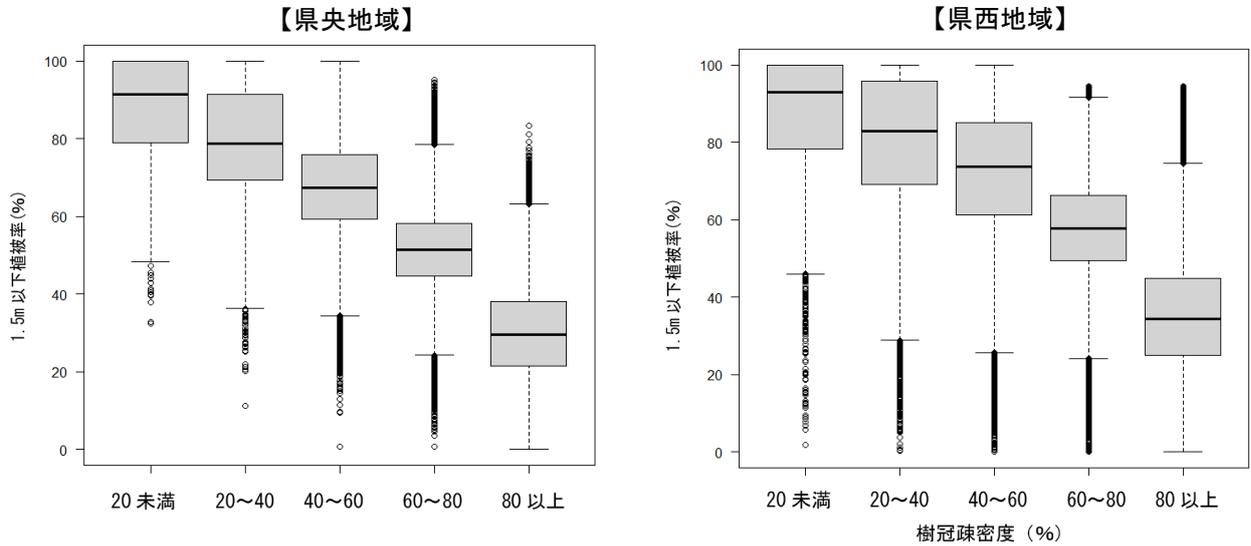


図 10 樹冠疎密度別下層植生植被率

(エ) 植生保護柵の有無別

植生保護柵の shp データと 20m メッシュのデータを重ね、交差した部分とそうでない部分の植被率を集計した。集計の際は、糞塊密度が同程度の地域内で保護柵の有無による影響について比較できるように実施した。なお、糞塊密度の図形がない範囲については、集計対象から外した。

保護柵のあるサンプル数は少ないが、糞塊密度と保護柵の有無について、糞塊密度が 5 以上 10 未満、ならびに 20 以上においては、保護柵のあるメッシュの方が保護柵のないメッシュよりも植被率が高い傾向であることが明らかとなった。

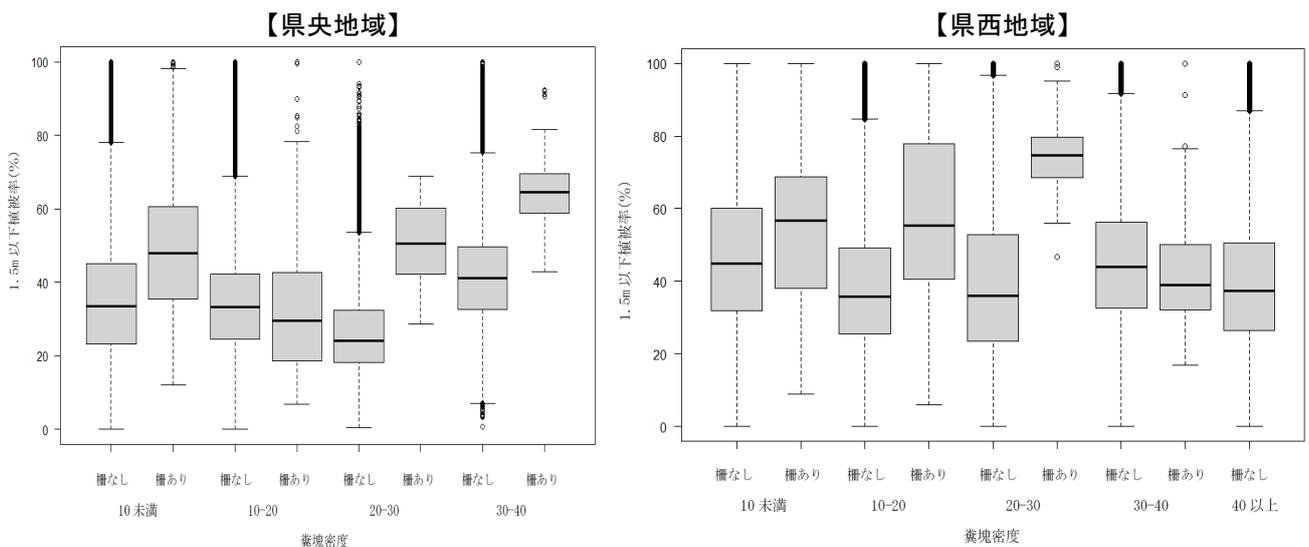


図 11 シカの糞塊密度別・植生保護柵有無別における下層植生植被率

(3) 土壌流出リスクの評価

森林資源解析結果、下層植生解析結果、地形解析結果等を組み合わせ、土壌流出の可能性が高いエリアを解析・抽出し、土砂流出危険箇所をランク分けした分布図を作成した。

ア 解析方法

土壌流出リスクに影響する可能性がある要因（雨量、土壌、斜面長、傾斜、植被、保全工等）がある程度網羅された指標である USLE 値を算出し、土壌流出リスク評価のベースとした。

※USLE 値 (USLE: Universal Soil Loss Equation; 土壌侵食ポテンシャル)

USLE による侵食量の算出式・・・ $A=R \times K \times L \times S \times C \times P$

(A: 年侵食量 (t/ha)、R: 雨量係数、K: 土壌係数、L: 斜面長係数、S: 傾斜係数、C: 植被係数、P: 保全係数)

このモデルはアメリカの農地で作成されたものであるが、国内でも活用事例が多く、平成 26 年度業務でも、植生の生育ポテンシャルの指標として解析に用いられた。

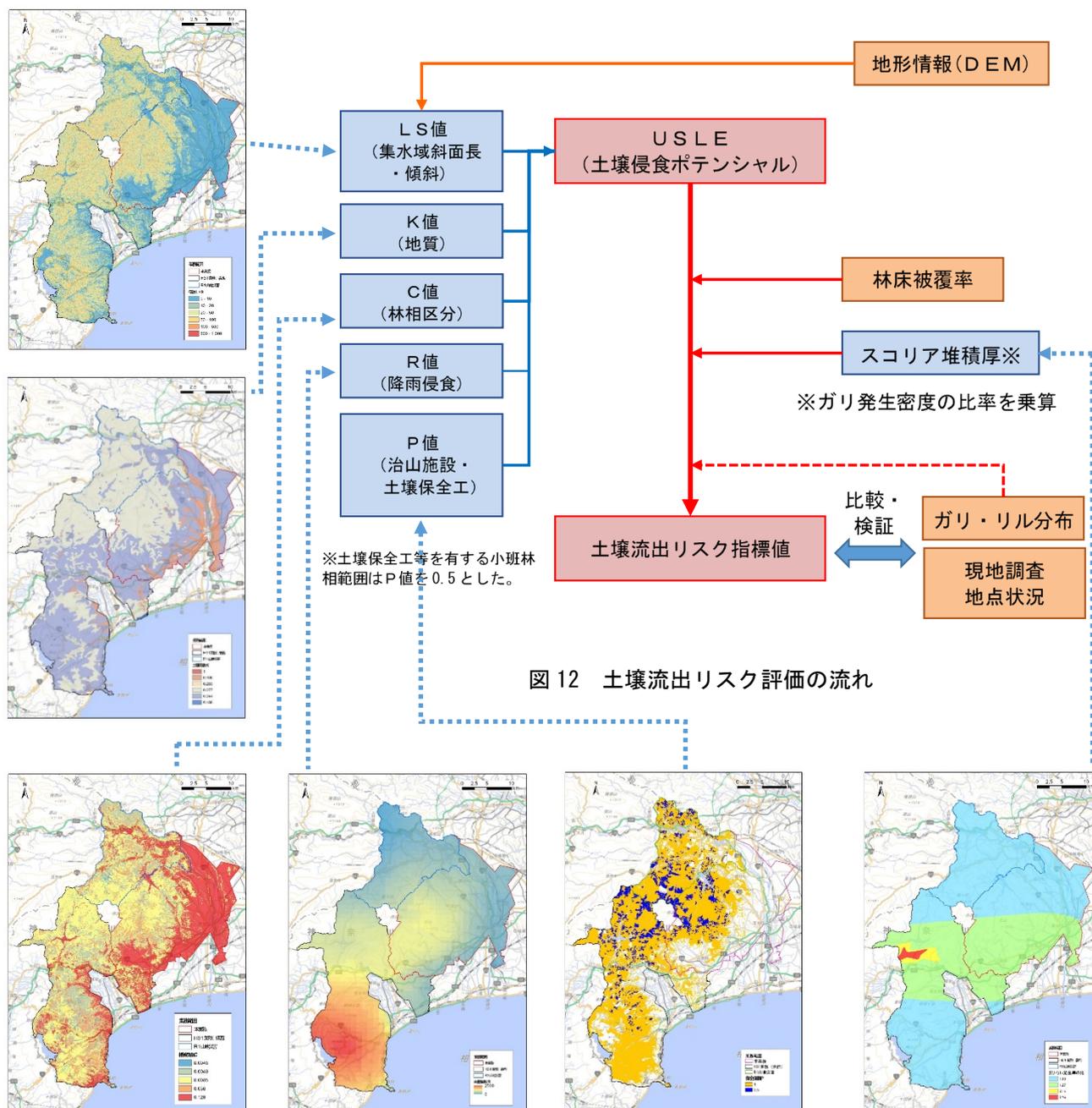


図 12 土壌流出リスク評価の流れ

イ 傾斜区分図の作成

土壌流出リスクの判定のため、傾斜角を4区分した傾斜区分図を作成した。

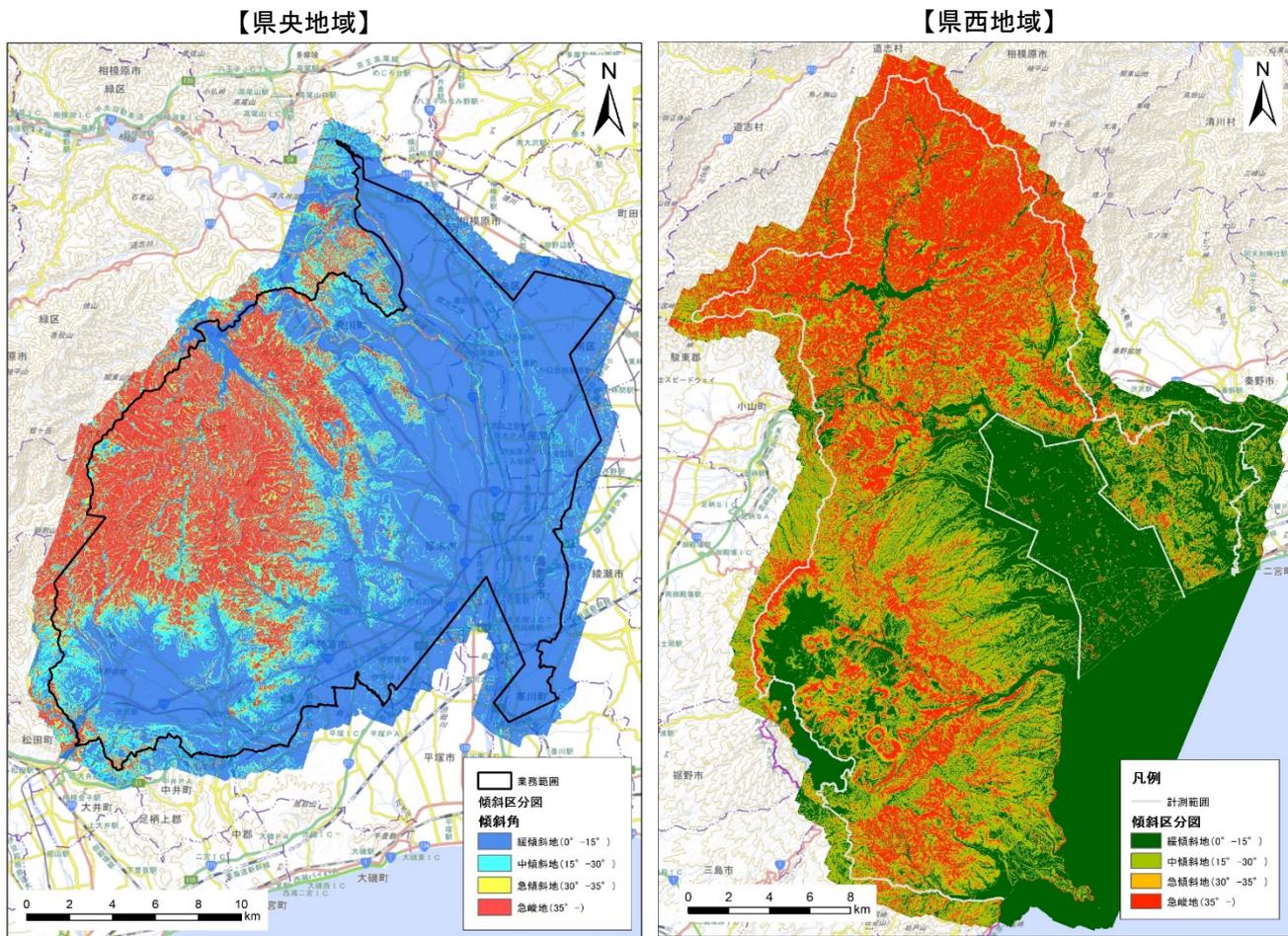


図13 傾斜区分図

ウ 土砂流出箇所抽出図の作成

微地形表現図の1つである赤色立体地図を作成し、ガリやリル等の小規模な土砂流出箇所を判読し、土砂流出箇所位置図を作成した。ガリ・リルの分布について解析を行った結果、斜面傾斜が高い小班林相ほどガリ・リルが発生しやすい傾向があった。

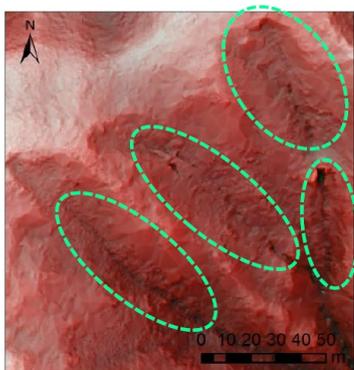


図14 赤色立体地図上でガリ・リルと判読した例

沢の源頭部付近に生じた幅5m未満の溝状の地形

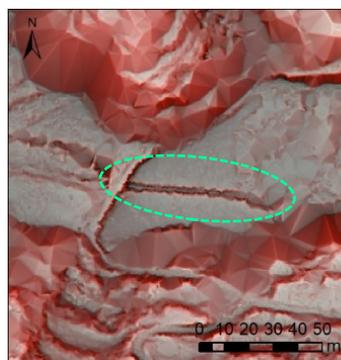


図15 赤色立体地図上でガリ・リルと判読しなかった例

幅が一定で等高線に平行な溝状の地形(水路等)

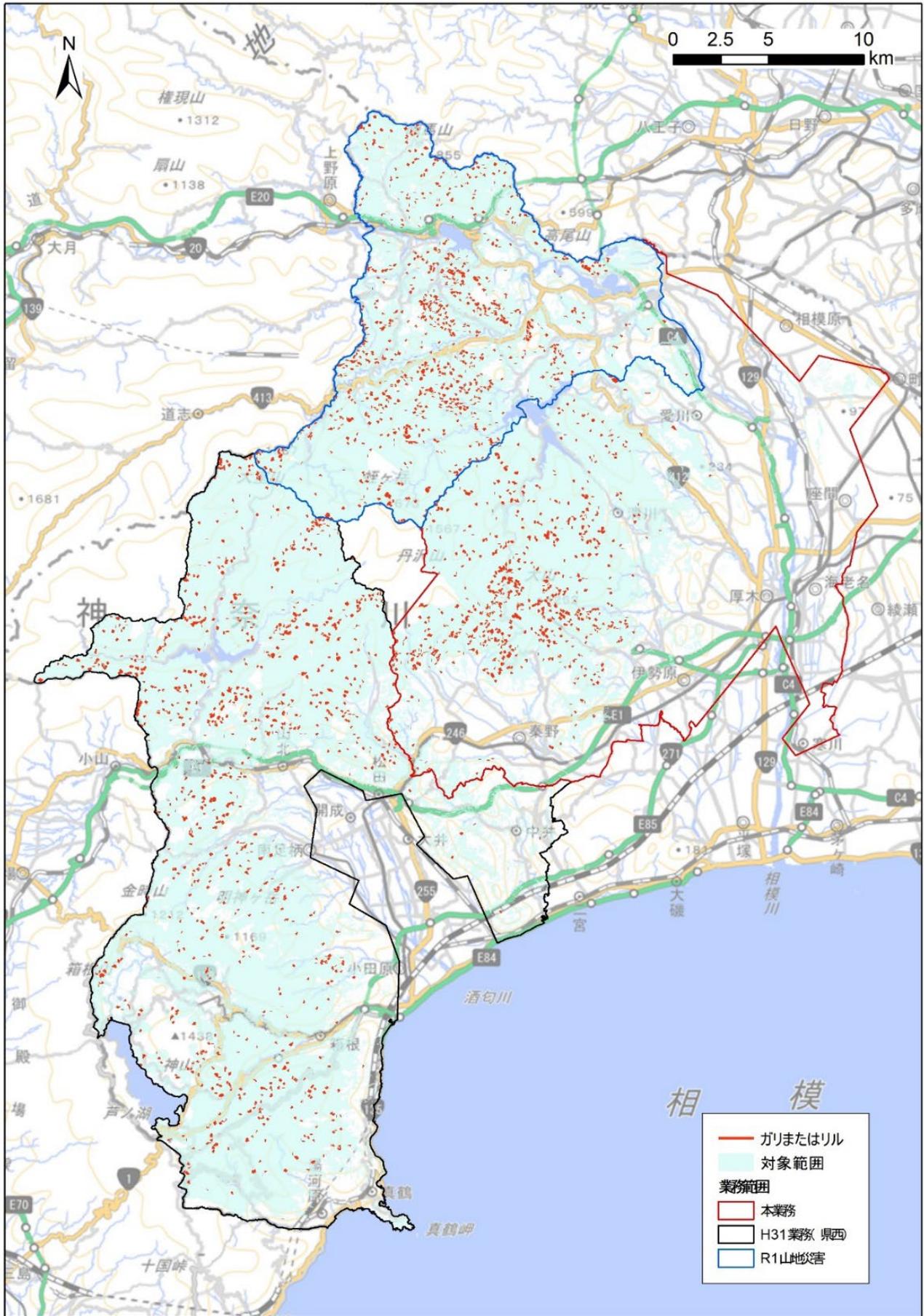


図 16 業務範囲内におけるガリまたはリルの分布図

エ 土壌流出リスクの評価

土壌流出リスクは、USLE 値および下層植生の植被率・被覆率、スコリア体積厚の影響を加味して判定した。現地調査地点の土壌流出状況と比較すると、現地で土壌流出の徴候があった地点では土壌流出リスクも高い結果となっており、概ね整合していた。

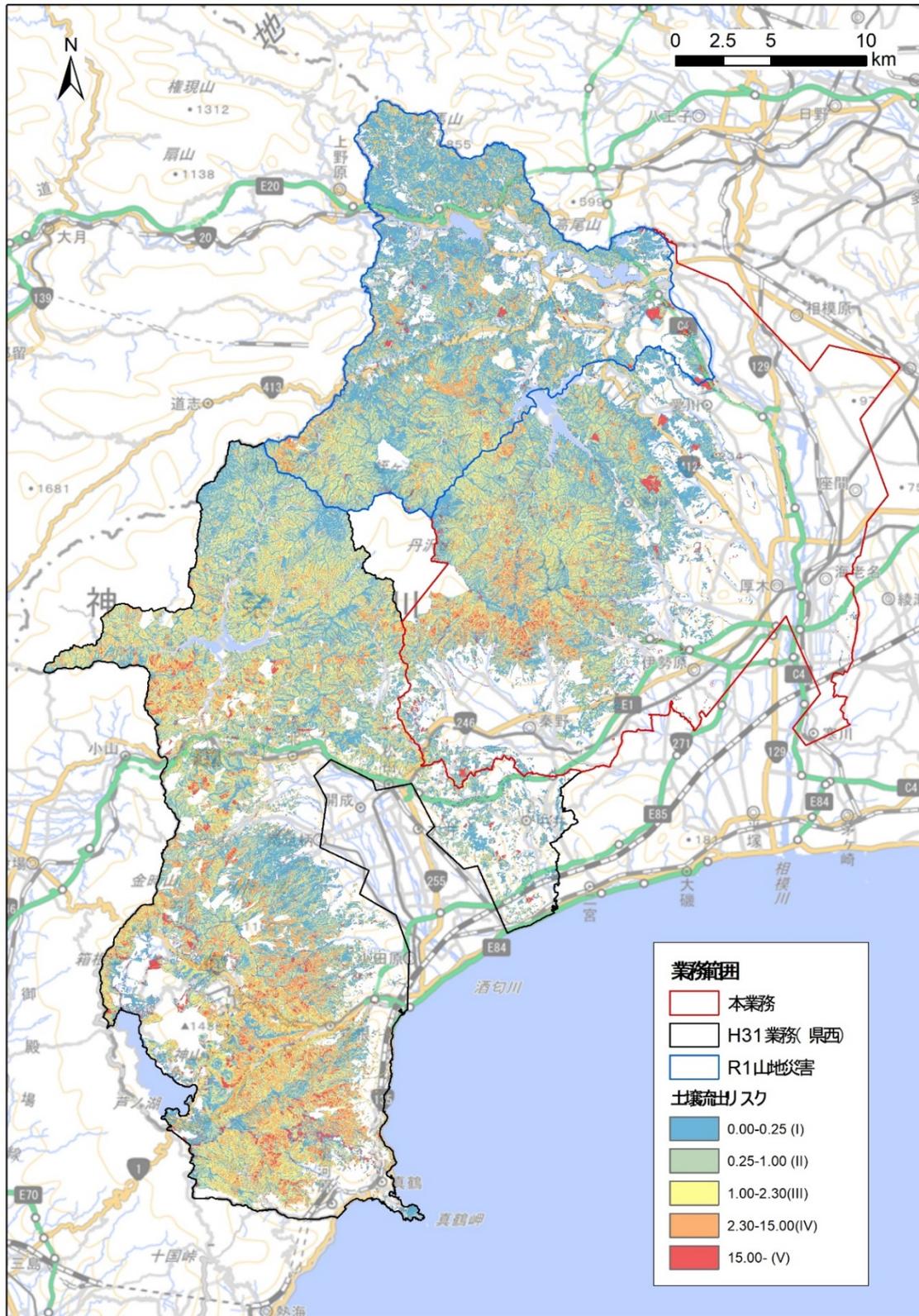


図 17 土壌流出危険度分布図

(4) 巡視実施優先度評価図の作成

土壌流出や林分荒廃等の水源林管理上のリスクが高い場所を早期に把握できるよう、巡視による確認が必要な場所を抽出した「水源の森林づくり事業地巡視実施優先度評価図」を作成した。

巡視実施優先度は、土壌流出に関するリスクと森林管理上のリスクのそれぞれについて評価シランク区分した。土壌流出に関するリスクでは、ガリ・リルの発生箇所、下層植生の植被率、土壌流出リスク指標値を元に評価した。森林管理上のリスクについては、形状比、人工林手入れ度評価値を元に評価した。

表4 水源林管理上のリスク毎の巡視優先度の配点

土壌流出リスク要因	配点	根拠となる資料
ガリ・リルの発生箇所やその周辺	1	土壌流出箇所抽出図
下層植生がない、もしくはレーザで取得できていない箇所	1	林床植被率の分布図
土壌流出リスク指標値が高い森林	1	土壌流出リスク指標値

森林管理上のリスク要因	配点	根拠となる資料
形状比が高い森林	0.6	森林資源情報解析結果（形状比等）
手入れが遅れている人工林	0.4	人工林手入れ度評価値（A～D）

また、土壌流出及び森林管理上の各リスクを積算して巡視優先度評価図（統合版）を作成した。

巡視優先度スコア（統合版）は1点から最大4点満点の間で変動する指標値であるが、スコアの最大値は2.43点、平均値は1.12点、中央値は1.04点であった。スコアが1.6点を超えるIV～Vランクの林分はごく一部であり、相模湖の南側や宮ヶ瀬湖の北西側、県西地域の山北町西部や松田町中央部、小田原市西部等に斑状に分布していた。スコアが高いエリアは、県央地域では他の地域と比較して少なめであった。

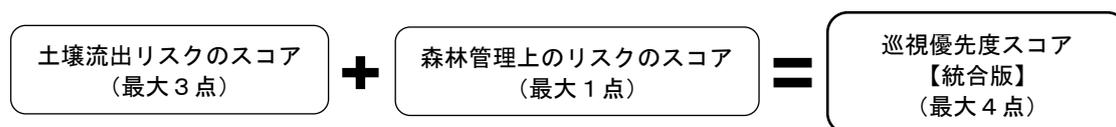


図18 巡視優先度スコア（統合版）の算出方法

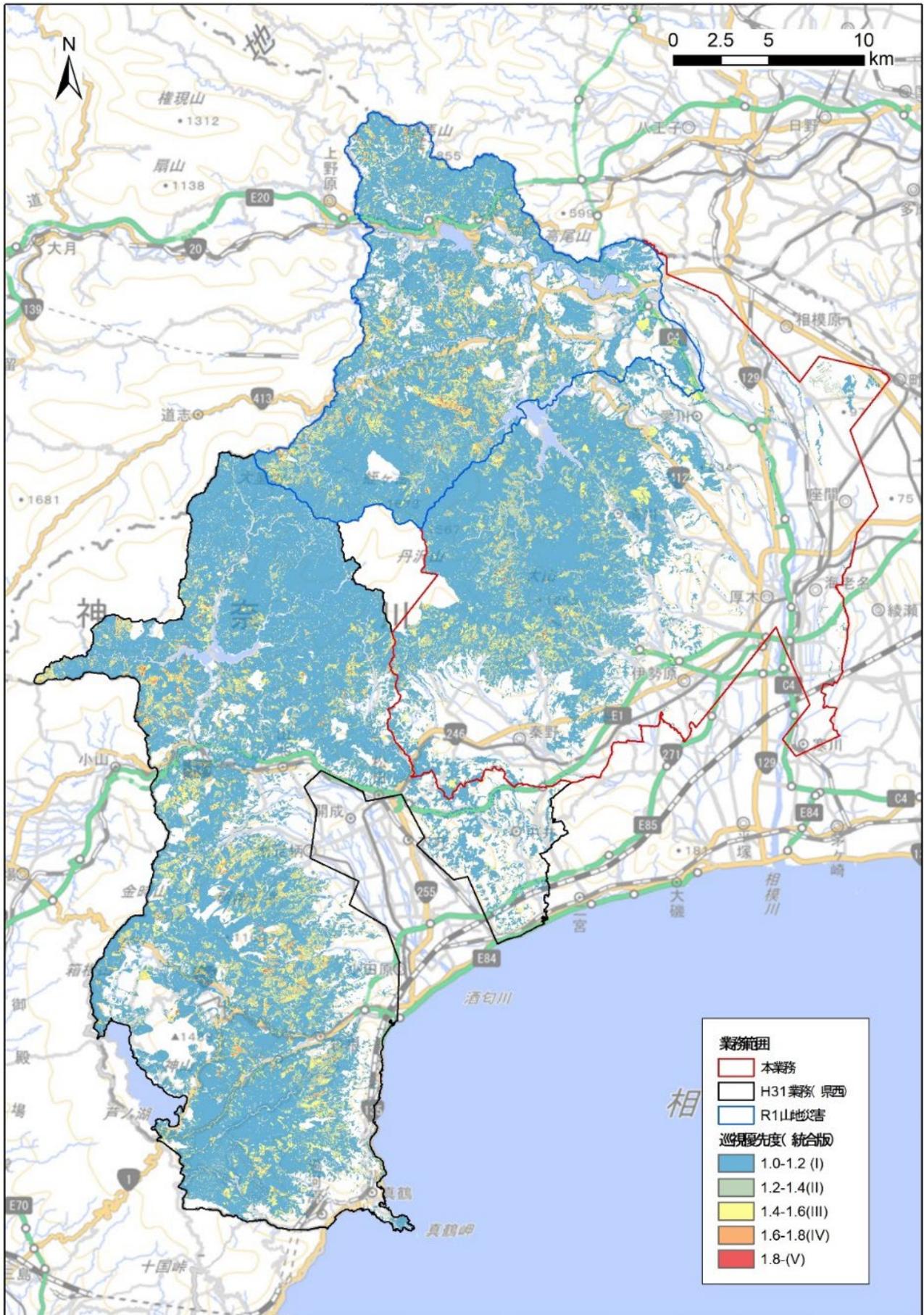


図 19 巡視優先度評価図(統合版)

3 成果

令和元年度・2年度の調査により、水源保全地域内の広域的な森林情報について、航空レーザ計測データを用いることで、現地を網羅的に調査することなく、効率的に把握することができた。また、数値地形図データを整備することもできた。

まず、航空レーザによる樹冠下の反射データを解析することで、下層植生の植被率を推定し、下層植生分布図を作成した。

次に、スコリア分布図など既存資料を組み合わせ、USLE（土壌侵食ポテンシャル）をベースとしたフローを用いて解析することで、土壌流出リスクの面的な把握を行うことができた。

また、森林資源解析、下層植生の植被率及び土壌流出リスクの解析結果を踏まえ、土壌流出や林分荒廃など森林管理上注意が必要な場所を抽出し、森林の巡視優先度の評価を行うことができた。

レーザ計測データだけではこれらの解析は困難であったが、既存の各種情報や現地調査結果と組み合わせることで、広域で様々な角度からの評価結果を得ることができた。このような取組は全国的にもあまり例がなく、レーザ計測及び解析手法は発展途上の段階にあると考えられ、技術の進歩により、今後さらなる精度の向上が期待できるものと思われる。

4 水源林土壌保全基礎調査の今後の活用方法について

本調査結果は、県民に対し水源環境保全・再生施策のこれまでの取り組みの成果を示すことのほか、森林所有者に返還した森林の公益的機能の維持やその後の管理上の課題を検討するにあたっての基礎資料として活用していく。

本業務では神奈川県内の県内水源保全地域全域の地形データや森林資源情報を取得・解析しており、治山分野においても活用され始めている。また、森林経営管理法の施行により、市町村においても森林資源情報等の必要性が高まってきており、本業務で得たデータの活用が見込まれている。

なお、航空レーザ測量で得た地形データは、砂防事業や道路事業等、森林・林業分野以外でも活用され始めている。