

# 水源環境保全・再生施策に関する普及啓発資料の再収録について

本田美里\*・内山佳美\*\*・増子和敬\*

## Reprints of awareness building materials concerning water source conservation and restoration measures

Misato HONDA\*, Yoshimi UCHIYAMA\*\*, Kazuyoshi MASUKO\*

### I はじめに

神奈川県では2007年(平成19年)より、「水源環境保全・再生施策」(以下、水源施策)に基づいた事業を展開しており、その中で当センターは森林関係事業のモニタリングを担ってきた。水源施策の事業評価の枠組みとしては「評価の流れ図」(センター報告第19号 p.6 図3)が示され、それに準拠してモニタリングを進めてきた。

「評価の流れ図」に沿って見た各事業から施策全体の目的までの流れは、アウトプット(事業量)とアウトカム(事業効果)を区別し、さらにアウトカムを1次、2次に分けて検討するなど、いくつかの段階を経て評価を行うやや複雑な構造となっている。また、モニタリングの結果を理解し、それらを順応的管理につなげていくためには、森林の水循環や山地の特性に関する基礎知識が必要となる。したがって、モニタリングのねらいとその結果を、県民及び職員へわかりやすく伝える普及啓発の取組は必要不可欠であった。

モニタリング業務の普及啓発を目的として、当課ではWebサイト上で「対照流域法による森林の水源かん養機能調査」のねらいや進捗について周知を行い、必要に応じて解説を掲載してきた。また、モニタリング調査の結果得られた知見については、県職員自らが事業に活用できるよう報告会及び研修会を開催して情報共有を行うほか、学識関係者へは論文

や報告書の形式で神奈川県取組に関する情報提供を行ってきた。

以上のように、森林関係事業のモニタリングに係る成果資料については、公表の場が複数にわたっていた。そのため、資料の形式が統一されておらず、さらに掲載箇所が分散しているため網羅的な参照が困難であった。そこで本稿では、本特集号の理解を深め、またモニタリング成果の活用を目的として、分散した普及啓発資料の再収集及び整理を行った。

### II 方法

収録にあたっては、当該資料を掲載時のまま再収録することを基本とし、ページ数が多数に及ぶ場合や図表のレイアウト等の変更が必要な場合は最低限の加工を行った。

Ⅲに示した収録資料のうち、「1 森林の基礎情報」には、当課のWebサイトに掲載していた水環境モニタリングに関するページの一部を収録した。(1)では森林関係事業の根幹となる森林の水源かん養機能の説明を、(2)では山域ごとに異なる水源の森林エリアの自然特性をまとめた資料を掲載している。(3)はテーマごとに1枚の紙面内で解説をした資料である。次に「2 取組み・対応実績」には、水源施策に関連して、当課が主体となって開催した報告会及び研修会の実績をまとめた。最後に「3 関連する文献一覧」には、水源環境保全・再生事業の

\* 神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課 (〒243-0121 神奈川県厚木市七沢 657)

\*\* 神奈川県自然環境保全センター研究企画部自然再生企画課 (〒243-0121 神奈川県厚木市七沢 657)

うち森林関係事業に係る文献を収録した。これは作成にあたり当課から情報提供を行った「総合的な評価（最終評価）報告書暫定版（水源環境保全・再生かながわ県民会議, 2024）」の資料編から関連の深い文献を抜粋したものである。なお、本稿の収録範囲は令和6年までの公開資料とした。

### III 収録資料

#### 1 森林の基礎情報

- (1) 森林管理と水源かん養機能と森林管理
- (2) アトラス水源林ー水源地域の山地と森林・自然環境の特徴ー
- (3) 説明用フライヤー

- ①森林管理と水源かん養機能のかかわり
- ②水源地域の山地と森林
- ③水源地域の森林の歴史
- ④森林の土壌流出と生きものへの影響

#### 2 取組み・対応実績

#### 3 関連する文献一覧

### IV 参考文献

- 神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課  
(2018) 対照流域法による森林の水源涵養機能調査([https://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web\\_taisho/mizu\\_top.html](https://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web_taisho/mizu_top.html))
- 水源環境保全・再生かながわ県民会議 (2024) かながわ水源環境保全・再生施策 最終評価報告書（暫定版）資料編。<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/pb5/kenminkaigi/zanteiban.html>

#### 1 森林の基礎情報

##### (1) 森林の水源かん養機能と森林管理

森林に降った雨は、多くは森林（土壌も含む）を経由し、いったん地中に浸透してから河川に流出します。この流出の過程では、降雨、地質などの地下の状態、森林の状態の3つが関わっています。このうち、人間が手を加え管理することができるのは”森林の状態”であり、水源かん養機能の観点から土壌の保全が重要です。

そこで、「森林の水源かん養機能と森林管理」をテーマとして、水源環境の保全・再生対策における

森林のモニタリング調査の前提となっている既存の知見について、主な内容を解説します。

※ここでは、森林の水循環の仕組みを中心に、森林の管理や水源かん養機能の発揮と関わりの深いものを中心に解説しています。（森林の水循環は、森林生態系の物質循環という視点で捉えることもできますが、ここでは、主に水循環の視点から解説しています。

##### ①森林における水循環

森林に降った雨は、一部は蒸発し、多くはいったん地中に浸み込んで地下水となり、時間をかけて下流の河川に流出します。このような水循環の仕組みによって、洪水の緩和、渇水の緩和（水資源を貯留し水量を調節する）や水質の浄化といった水源かん養機能が発揮されます。つまり、森林の水源かん養機能とは、森林の水循環による下流の水流出に与える作用のうち、人間社会にとって有用な作用を総称したものであり、古くから人々によって認識されてきたものです。

人工林（人が植えた森林）や自然林（人の手が加わっていない）といった林相に関わらず、森林の階層構造が発達し下層植生や落葉により土壌が保全されていると、森林の無くなったはげ山と比べ、水源かん養機能も基本的に維持されます。しかし、各地で森林について、その状態の違いと水源かん養機能の差異を調べてみると、地形・地質や降水量等の自然条件によってケースバイケースであることも少なくありません。これは、森林の状態に加えて、それらの自然条件が森林の水循環に大きく影響するためです。

こうしたことから、水源かん養機能を把握するためには、森林の状態に加えて降雨・地形・地質等の水循環に関わる自然条件も合わせて把握する必要があります。特に、県内の水源の森林エリアでは、これらの自然条件に地域性が認められています。現在、それぞれの地域の水循環の実態を把握しつつ、事業による水源かん養機能の効果を検証するためのモニタリング調査を行っています。

##### ②森林に降る雨

森林から流出する河川の水は、雨や雪などによって大気中からもたらされた降水です。このため、大きくは降水量が河川の流量に影響します。ただし、降った雨がすべて河川に流出するのではなく、一部は蒸発散や風化基岩への深部浸透となります。（図1）



図1 森林の水源かん養機能の仕組み

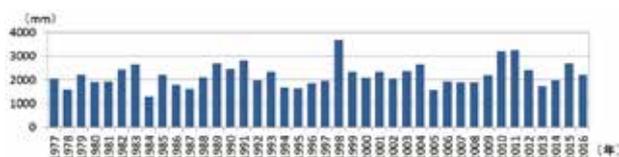


図3 アメダス丹沢湖の年間降水量の推移

(気象庁ホームページよりダウンロードしたデータを図化)

一般的に降水量は地形の影響を受け、山地で多くなります。平年の降水量の県内分布を見ると、水源地域である県西部の山地では大部分で1800mmを超え箱根山地などの多いところで3000mmを越えます(図2)。一方、平野や丘陵地である県東部や中央部では1800mmを下回ります。このように、多くの人々が住む平野や丘陵より、大部分が森林で覆われている県西部の山地のほうが雨が多く降ります。さらに県西部の山地の中でも降水量に地域差があります。

また、降水量は年によって変動します。たとえば丹沢湖アメダスの年間降水量をみると、観測データのある1977年から2016年までの平均の年間降水量は2200mm程度ですが、最大で年間3688mm(1998年)、最少で年間1286mm(1984年)と約2400mmもの開きがあります(図3)。このような渇水や豊水の変動が流域の水分状態に反映し、河川流量の変動にも密接に関係しています。

神奈川県に限らず日本列島は、豊かな森林の生育に適した豊富な降水量に恵まれる一方で、森林管理にはマイナス要因となる山崩れを誘因するような激しい降雨がもたらされることもあります。このような降雨の特性は、日本列島がアジア大陸の東側に位置し季節風(アジアモンスーン)や台風の影響を受けることに起因しており、日本列島の森林の水循環を特徴づけています。

### ③森林からの蒸発散

森林に降った雨は、すべてが河川に流出するのではなく、一部は森林の樹冠から水蒸気として大気に

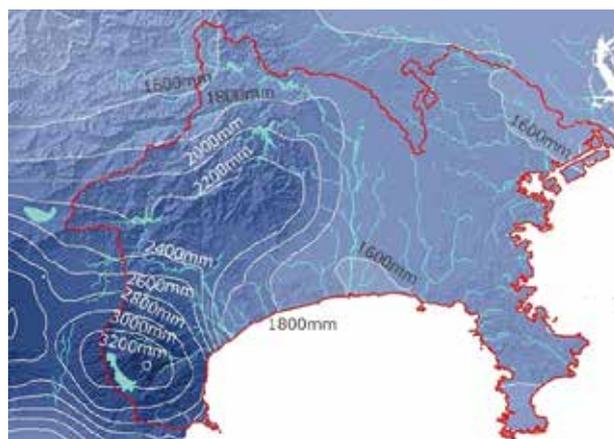


図2 県内の平年の降水量の分布  
(気象庁メッシュ平年値2010より作成)

戻ります。この作用を蒸発散と言い、降水によって葉に付着した水の蒸発(樹冠遮断)、根から吸収された水が葉の気孔から放出される蒸散の大きく2つの作用が含まれます。これらの作用は、森林による気候調節機能の中心的なものであり、地球スケールの水循環にも関わっています。

蒸発散量には、森林の状態に加えて気温や降水量等の気象条件が関係し、たとえば、関東地方の年間蒸発散量は、気候学的手法から年間600~900mmの範囲と推定されています(近藤ほか, 1992)。なお、樹種による蒸発散量の差は一般にはあまり大きくありません。また、蒸散よりも樹冠遮断のほうが量は多く、立木密度の少ない場合などは地表面からの水の蒸発量(林床面蒸発量)も加味する必要があります。

これまでに世界中で行われてきた野外観測結果の共通点は、伐採等により森林がなくなると蒸発散量が減少して河川流量が増加する、反対に植林して森林が育つと蒸発散量が増加して河川流量が減少するというものです。

人工林の管理として行われる間伐についても、基本的には、間伐によって立木密度が少なくなると蒸発散量が減少し(図4)、河川流量も増加すると考えられています。ただし、実際は、上層木の蒸発散量・下層植生の蒸発散量・林床面蒸発量のそれぞれが間伐によって連動して減少または増加し、それらの変化がトータルとして河川流量に反映するため、河川流量への影響は森林の構造によって異なる可能性があります。近年、全国的に人工林の間伐が課題になっていることもあり、各地で間伐と蒸発散量、河川流

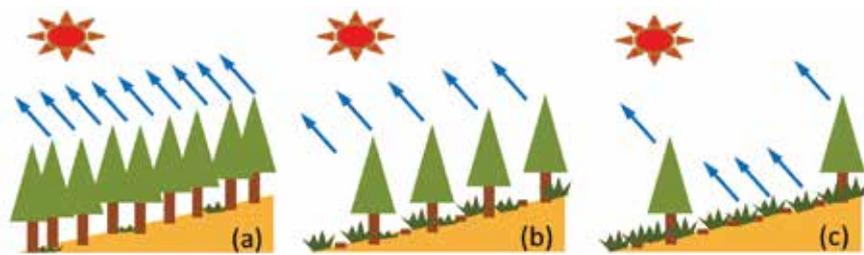


図4 間伐と蒸発散量の関係 (イメージ図)

量との関係を調べる研究が進められています。

国内の針葉樹人工林では立木密度と樹冠遮断量が概ね対応します。(立木密度が高いと樹幹遮断量も多い、密度が低いと遮断量も少ない。) このため、人工林の間伐によって立木密度を減らすと森林の蒸発散量全体も減少(し河川流量が増加)すると考えられます(図4のa→b)。ただし、立木密度がさらに低くなった場合は、上層木の蒸発散量減少と下層植生の蒸発散量や林床面蒸発量の増加が同時に起こり、蒸発散量全体ではあまり減少しない可能性があります(図4c)。

#### ④土壌から地中への水の浸透

森林内で地面に到達した雨は、土壌中に浸透します。温暖湿潤気候下にある日本列島では植物の成長が旺盛なため、通常、地表は植物で覆われています。森林では、この植物による地表の被覆と、生き物の活動で形成された多数の孔隙を持つ土壌によって、農地や裸地と比べて高い浸透能を示します。それが森林の水循環にも反映され、洪水や渇水の緩和といった水源かん養機能発揮に係る一部の役割を担っています。

しかし、森林の管理状況によっては、土壌の浸透能が低下する場合があります。たとえば、過度な森林利用によりハゲ山になった場合、または人工林の手入れ(間伐)遅れや高密度化したシカの採食影響によって下層植生が衰退し地表面の被覆が乏しくなった場合です。地表面の被覆がないと、降雨時の雨滴の衝撃により土壌の孔隙が目詰まりし、雨水が浸透しにくくなり地表流が発生します(図5)。このように、降った雨が土壌に浸透せずに地表流のまま河川に流れ込むと、“時間をかけてゆっくり流出する”という森林の水源かん養機能は発揮されません。

さらに、発生した地表流によって土壌の表層も侵食されて流出します。東丹沢堂平地区のシカの影響で裸地化した自然林で土壌侵食量を測定したとこ

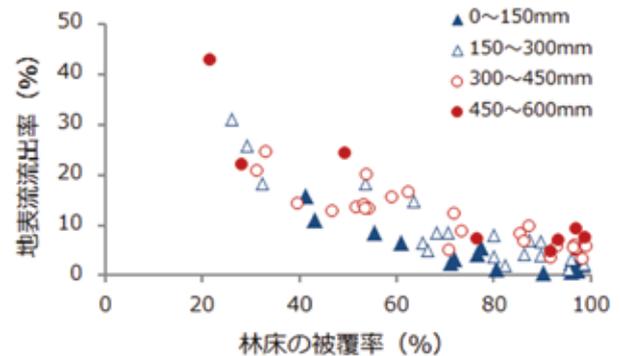


図5 林床の被覆率と地表流出率(発生した地表流量の降雨量に対する割合)の関係

横軸の林床の被覆率は植物とリターによる被覆率、凡例は一雨の降雨量(林内)。林床の被覆率が75%以下であると被覆率が低いほど、地面に到達した雨のうちの地表流量となる割合が増えます。被覆率が75%を超えると規模の大きい降雨であっても地表流は降雨量の10%程度までに抑制されます。つまり地面に到達した雨の9割が浸透します。(東京農工大学による測定結果)

ろ、年間で土壌表層の厚さ2~10mmに相当する量が侵食されていました(図6)。この測定結果は、多い年でハゲ山と同程度の土壌侵食が発生していることを示しています。このように流出した土壌は、濁水となって河川に流れ出ます(図7)。

#### ⑤風化基岩への水の浸透

土壌に浸透した水は地中をゆっくり流動し、やがて河川に流出します。森林の水循環には、土壌層だけでなく、土壌層の下の基岩の内部に浸透した水の流動も関係しています。このような土壌表層からの雨水の浸透と地中における水の浸透・貯留が、洪水や渇水の緩和といった水源かん養機能の発揮につながっています。

神奈川県に限らず複雑な地形・地質で形成される日本列島では、地質構造や岩質の影響を受けて地下水の状態も多様であり、大きくは地質によって特徴づけられます。県内の水源の森林エリアでは、小仏山地(頁岩)、丹沢山地東部(凝灰岩)、丹沢山地西

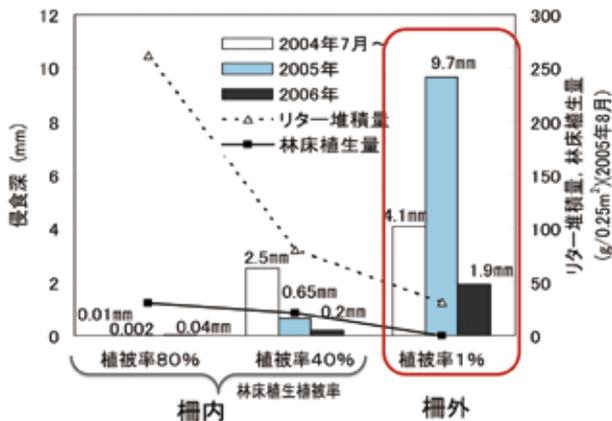


図6 植生保護柵内・外の下層植生植被率とリター（落葉）堆積量、土壌侵食深の関係  
植生保護柵の外側の下層植生植被率1%の箇所では土壌表層の厚さに換算して年間2mm～1cmの土壌が侵食されていました。一方、同一斜面の植生保護柵内の下層植生植被率80%の箇所では、複数年に渡り土壌侵食はほとんど発生しませんでした。（東京農工大学による測定結果）



図7 下層植生衰退地における土壌流出のメカニズム（左：下層植生衰退地、右：通常の森林）  
下層植生がなく地面がむき出しになっていると、降った雨が地中にしみ込みにくくなり、降雨の際に短時間に地表を流れ去る地表流の割合が増えます。地表を流れる水に土壌も流され、森林土壌は貧弱になります。流された土壌は下流で濁水となります。

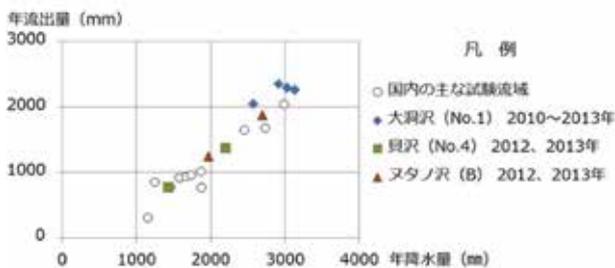


図8 年間の降水量と流出量  
国内の主な試験流域や現在モニタリング調査を実施している県内の試験流域における観測事例を見ると、年間の降水量のうち河川からの流出量は概ね6割程度ようです。（図中の「国内の主な試験流域」は、服部重昭ほか（2001）森林の水源かん養機能に関する研究の現状と機能の維持・向上のための森林整備のあり方（1）、水利科学第45巻第03号（No.260）2001年8月号 表Ⅲ-7のうち林況区分が自然放置とされている観測事例の値を用いた。）

部（深成岩）、箱根外輪山（火山堆積物）の各山地で異なった地質を持ち、それが地域ごとの水循環に反映しています。

さらに、源流の小規模の流域で見ると、基岩の風化帯の割れ目等の局所的な地質構造が、流域全体の水循環にも大きく影響します。たとえば、地中の水が基岩の割れ目を通して隣の流域やさらに基岩深部へと浸透するなどして地形上の集水域を越えて水が移動する、つまり集水域で捉えると途中で水が抜けているような場合や逆に途中で水が流入しているような場合もあります。また、地質構造ではありませんが、谷筋等に厚く堆積した砂礫の中に存在する水なども地下水と似た性質を持ちます。このため、流域の一部に存在する堆積地であっても規模によっては前述のように流域全体の水循環に影響します。

### ⑥河川への流出

河川の流量は、大きくは降水量に左右され、年間の降水量が多いと年間の河川流出量も多くなり、双方は概ね対応します（図8）。また降雨時の短期的な河川流量の変動に関しても、特に源流では、降雨の強弱に直ちに反応して河川流量も増加または減少に転じます（図9）。

雨の降らない期間でも、森林から流れ出る河川の流量がある程度維持されるのは、地中に浸み込んだ水が、土壌（と風化基岩）層の空隙に貯えられ、その中を様々な経路・速度によって移動して河川に流出するためです。特に森林の土壌は空隙に富み、それらによって発揮される透水性と保水性が河川流量の変動に複雑に影響しています。

このように、貯水ダム上流域のような規模の大きな流域で見ると、雨の降らない日が続いている時の河川流量は、主に流域の地下水流出で賄われていると言えます。地質によって地下水の保水力が異なるので、河川流量には地域性が認められます。たとえば、箱根外輪山のような新しい時代の火山噴出物から成る地質や丹沢山地西部（特に丹沢湖上流域）のような花崗岩類の地質では、河川流量は比較的多くなります。

### ⑦水質の浄化

水に様々な物質が溶け込み移動することから、森林の水循環は水質の形成とも密接に関わっています。一般に森林から下流に流出する水は、濁りがな

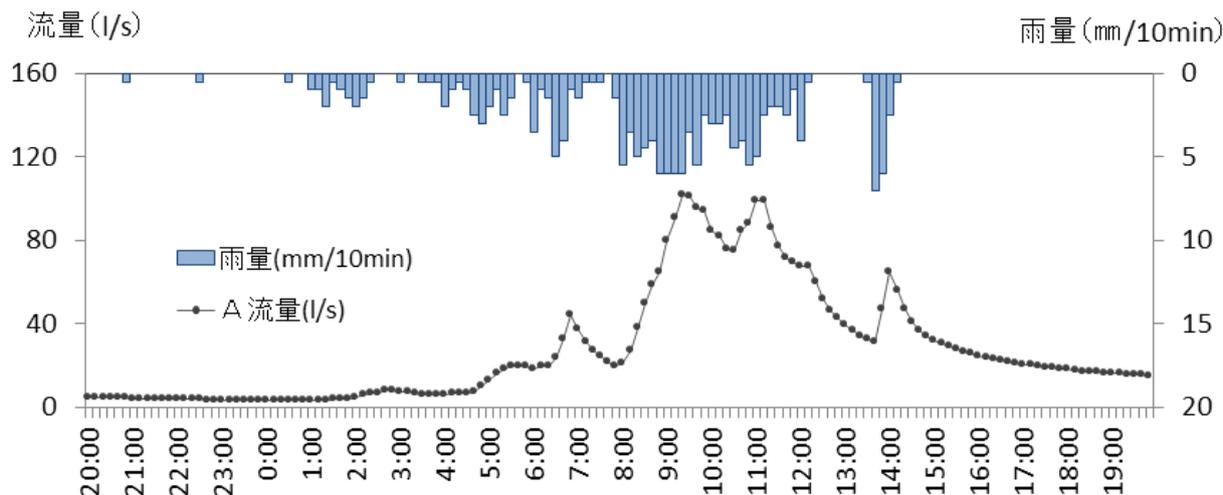


図9 源流の短期流出の例（ヌタノ沢試験流域のハイドログラフ）

2015年9月8日から9日の総降水量169mmの際の雨量と河川流量の10分ごとの推移を示しています。測定箇所は、集水区域4ha弱の源流であり、降雨の強弱に対応して河川の流量も短時間に増減していることがわかります。

い、弱酸性の降水が（土壌中での作用により）中性となり流出する、下流で富栄養化等を引き起こす窒素やリンが少ないといった特徴があります。このような特徴から、森林は水質浄化機能を備えていると言われています。

植物の生長に必要な窒素は、植物による吸収と土壌への落葉の還元・分解によって、大部分は森林内部で循環しています。このため、河川水とともに流出する量はわずかです。同様に、リンも森林内で循環しており、ほとんど森林から流出しません。ただし、森林の伐採等により、これらの森林内部の循環が崩れた時は、河川水の窒素やリンの濃度が一時的に上昇することがあります。

森林から流出する水には、植物の成長に欠かせないカルシウムやマグネシウムといったミネラルも含まれます。これらのミネラルは、基岩層の岩石の化学風化によって供給されているため、これらの水質には地質等が関係しています。

なお、生活環境における水質汚染の場合は、BOD(生物的酸素要求量)やCOD(化学的酸素要求量)といった指標が用いられますが、これらは人為的な有機物汚染に対する指標であるため、森林から流出する水では低い値となります。

### ⑧水源かん養機能から見た近年の森林の課題

#### —下層植生の衰退—

かつて県内の水源地域の森林では、関東大震災による多数の山地崩壊、戦時中の過度な森林伐採、戦後のシカの絶滅危機といった課題がありました。こ

のため、これら課題の対策が進められ、現在、外観上は豊かな森林に復旧しています。ところが、近年になり、新たな課題が顕在化してきました。

水源かん養機能の観点から見ると、近年の森林の課題は下層植生の衰退です。本来は地面に到達した大部分の雨水は地中に浸透しますが、下層植生の衰退により森林内が裸地化すると雨水が土壌にしみ込みにくくなるため、森林の水循環に影響します。地中にしみ込まなかった雨水は地表流となり、土壌を流出させ下流に素早く流れ去ります。このため、降った雨がゆっくり流出する、あるいは濁りのない澄んだ水を流出する、といった水源かん養機能が低下する恐れがあります。

下層植生が衰退する原因の一つは、スギやヒノキの人工林の手入れ（間伐）遅れによる林内の光環境悪化（暗くなる）です。自然林と異なり、人工林は植栽した木の間伐が必要です。良質な木材を収穫するために、木の成長に伴って適時に行われる間伐は、林内の光環境を改善し下層植生の生育を維持回復させる効果もあります。このように、人工林の適切な管理は、木材生産だけでなく水源かん養機能の観点からも重要です。県内の水源の森林エリアでは、小仏山地と箱根外輪山で特に人工林率が高いことから、これらの地域では大部分を占める人工林について、適時に間伐を行うことで下層植生を維持し、地域全体の水源かん養機能を維持することが重要です。

下層植生が衰退するもう一つの原因は、丹沢山地を中心に高密度化したシカの影響です。1990年代には丹沢山地の高標高域を中心としてシカの採食によ

る影響が著しく、裸地化した箇所も多くみられました。2003年からは、それまでの植生保護柵設置に加えてシカの捕獲、さらに2007年からは土壌保全対策も合わせて総合的に対策が進められています。県内の水源の森林エリアでは、地域によってシカの生息密度や累積影響が異なり、下層植生の衰退度、すなわち水循環への影響の程度も異なるため、これらの実態を踏まえた地域ごとの対策が必要です。

土壌は、森林の生育に欠かせない、水や養分を貯留し植物の生育を支える、微生物等の分解者の生息場という重要な役割を担っています。下層植生の衰退した状況が長期化すると、土壌が貧弱になり、水源かん養機能のみならず生物多様性機能をはじめとした多くの機能の低下が危惧されます。

### ⑨水・土砂・物質の循環系としての流域と流域管理

森林の水循環においては、太陽エネルギーを原動力とする蒸発散を除くと、大部分の過程は重力に支配され、水（と物質）は主に高所から低所へ、つまり流域内を尾根から斜面そして谷へと移動します。さらに、この過程において、侵食や崩壊・堆積等の土砂移動による地形の形成（変化）も水循環と相互に作用しあっています。

このような流域を単位とした水・土砂・物質の循環系（図10）において、尾根や斜面は供給源（かん養源や生産源）、谷（溪流）は集積・滞留と流出の場であり、それぞれ循環系における役割を担っています。このため、両者の相違は、物理環境や景観だけでなく、生物相（生態系）にも及びます。こうしたことから、森林（特に人工林）の管理においても、これらの相違を考慮した管理手法が必要であり、それら管理手法によって流域を一体として管理する必要があります。

さらに、水系全体をみた場合も、源流の山地の森林から下流の河川へという流れを中心に、水系ごとの水循環が構築されています。森林の管理において、個々の森林は小面積であっても、水系ごとの一体とした循環系の一部であることから、森林においても水系全体の循環系を考慮した流域管理の視点が必要です。すなわち、各地域のモニタリング調査から得られる地域ごとの水循環特性に関する知見も活用し、水系全体の水源環境保全・再生の取組みとも連携しながら、地域ごとに水循環系を踏まえて森林を管理していくことも必要です。

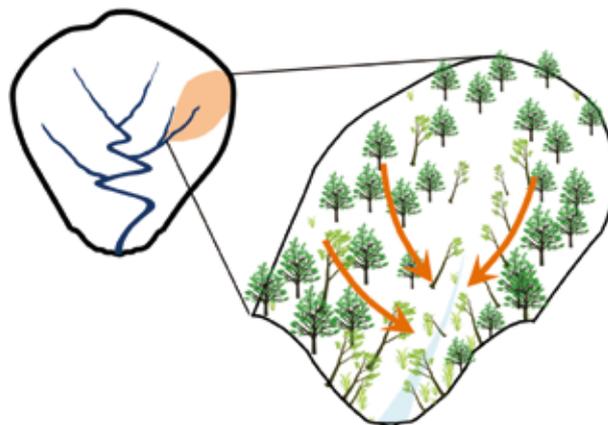


図10 源流における水・土砂・物質の循環系のイメージ  
流域（集水域）とは、尾根で囲まれる谷地形の領域です。斜面の森林から谷（溪流）に水、土砂、物質が供給されます。谷（溪流）の環境（状態）は流域内の森林（の状態）の影響を受けて形成されます。

### ▽参考文献▽

#### ③森林からの蒸発散

近藤純正・中園信・渡辺力・桑形恒男（1992）日本の水文気象（3）—森林における蒸発散量—, 水文水資源学会誌, 5, 4; 8-18

#### ④土壌から地中への水の浸透

図5 海虎、石川芳治、白木克繁、若原妙子、毕力格図、内山佳美（2012）ブナ林における林床合計被覆率の変化が地表流出率に与える影響, 日本森林学会誌 Vol. 94（2012）167-174

図6 若原妙子・石川芳治・白木克繁・戸田浩人・宮貴大・片岡史子・鈴木 雅一・内山佳美（2009）ブナ林の林床植生衰退地におけるリター堆積量と土壌侵食量の季節変化—丹沢山地堂平地区のシカによる影響—日本森林学会誌 Vol. 90（2008）No. 6

（1）森林の水源かん養機能と森林管理 全体塚本良則編（1992）森林水文学, 文永堂出版（株）  
森林水文学編集委員会編（2007）森林水文学  
森林の水のゆくえを科学する, 森北出版（株）  
佐々木恵彦・木平勇吉・鈴木和夫編（2007）森林科学, 文永堂出版（株）

恩田裕一編（2008）人工林荒廃と水・土砂流出の実態,（株）岩波書店

杉田倫明・田中正編（2009）水文科学, 共立出版（株）

服部重昭（2011）第5章森林と水循環, 水の環境学, 清水裕之・檜山哲哉・河村則行編,（財）

名古屋大学出版会

森林立地学会編 (2012) 森のバランス－植物と  
土壌の相互作用, 東海大学出版会

太田猛彦 (2012) 森林飽和 国土の変貌を考  
える, NHK 出版

木平勇吉ほか編 (2012) 丹沢の自然再生, (株)  
日本林業調査会

蔵治光一郎・保屋野初子編 (2014) 緑のダム  
の科学 減災・森林・水循環, 築地書館 (株)

谷誠 (2016) 水と土と森の科学, 京都大学学術  
出版会

## (2) アトラス水源林－水源地域の山地と森林・ 自然環境の特徴－

神奈川県の水源地である相模川と酒匂川の源流は、  
県内では丹沢山地・小仏山地・箱根山地などの山地  
であり、その大部分が森林です。(図 11) 森林の水  
源かん養機能は、これらの山地の地形・地質や植生・  
土壌などの自然条件が密接に関係して発揮されてい  
ます。

ここでは、水源の森林エリアにおける森林や自然  
環境の特徴について、既存の文献等を元に、山地ご  
とに比較して解説します。

### ①各山地の位置と面積

各山地は、北から小仏山地、丹沢山地、箱根外輪  
山の順に並んでいます。

水系で見ると、小仏山地と丹沢山地の東部（北部  
と東部）は相模川水系に属し、丹沢山地の西部と箱  
根外輪山は酒匂川水系に属します。

ここでは、水源の森林エリアの自然環境を理解す  
るため、地形や地質分布をふまえて、(図 12) のと  
おりエリアを区分しました。(相模川以北を小仏山  
地とし、丹沢山地と箱根外輪山は山北町と南足柄市  
の市町村界で区分しました。)

以降では、この区分により山地ごとの森林や自然  
環境の各種指標値を算出し、その特徴を解説してい  
ます。

### 水源の森林エリアにおける各山地の占める割合

水源の森林エリアは、県土面積の約 3 割を占め、  
734 平方キロメートルです。(水源の森林エリアの外  
郭線で囲まれた部分の全面積。一部に森林でない土  
地も含まれるため、森林面積を積み上げた事業計画  
上の面積とは異なります。)

水源の森林エリアの全面積のうち、多くを占める  
のが丹沢山地であり、全体の約 83%、小仏山地は  
約 7%、箱根外輪山は 11%を占めます。(図 13)

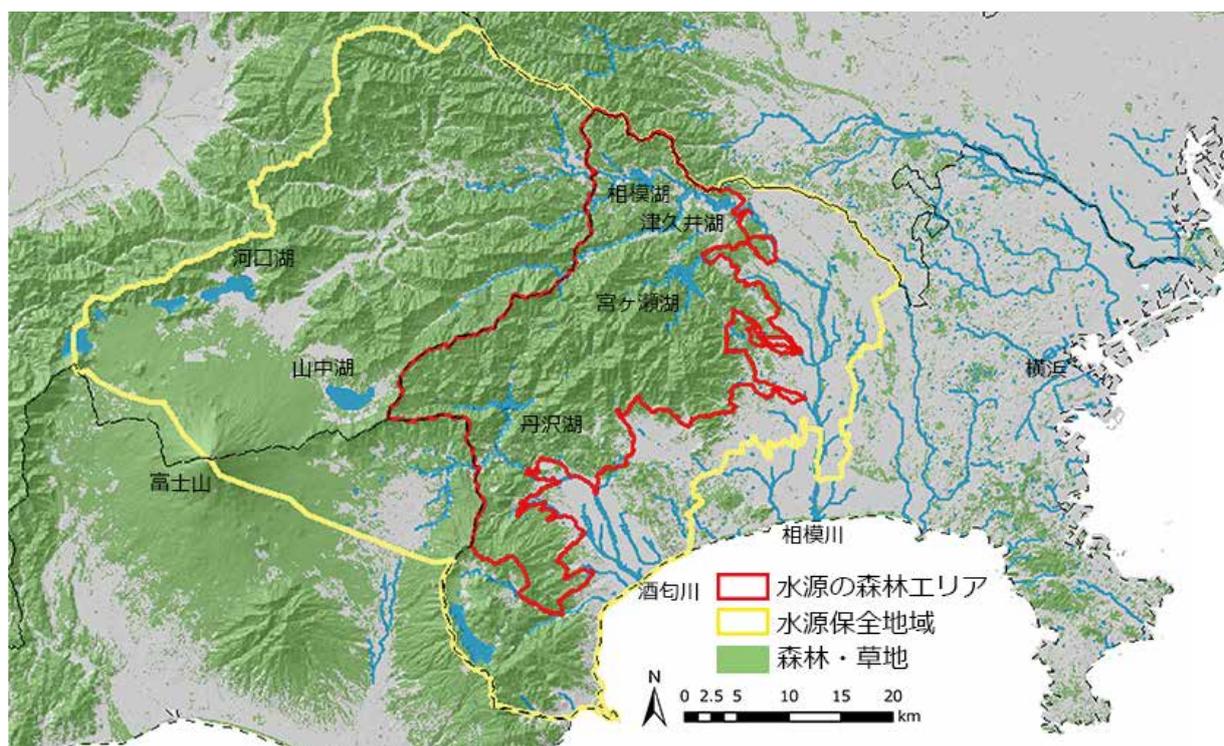


図 11 水源の森林エリア（貯水ダム水源等を保全する上で重要な森林区域）の位置図

国土地理院基盤地図情報(数値標高モデル 10m メッシュ)・国土地理院土地保全基本調査(土地利用・植生現況図)より作成



図 12 各山地の分布

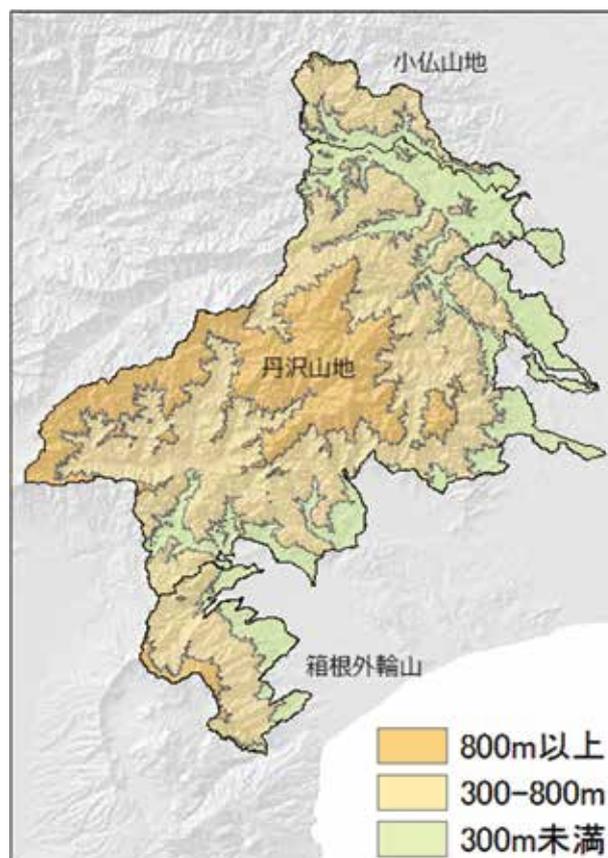


図 14 水源林の森林エリアの標高帯による区分図

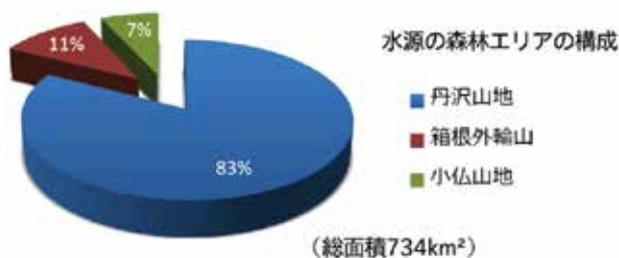


図 13 水源の森林エリアの構成

### 水源の森林エリアの標高帯ごとの分布

水源の森林エリアについて、標高 800m 以上、標高 300 ～ 800m、標高 300m 以下の 3 つの標高帯の分布を示しました。(図 14)

標高 800m 以上の森林は、丹沢山地の中央部から山梨県境にかけて集中して分布します。ここには、丹沢山地の最高峰である標高 1673m の蛭ヶ岳をはじめ、標高 1500m を超える 9 座の山々が連なり、主稜線となっています。この主稜線に沿ってブナなどの自然林が分布し、丹沢大山国定公園や県立丹沢大山自然公園の中心となっています。

また、相模川沿いをはじめ、山麓部には標高

300m 未満の森林が分布します。標高が低いということに加え市街地や農地等に近い距離にあるという立地環境です。

### 各山地の面積と標高帯ごとの内訳

水源の森林エリアの山地ごと、標高帯ごとに面積を集計しました。(図 15) 標高帯別では、最も多くの面積を占めるのが中標高(標高 300 ～ 800m)に区分されるエリアです。

さらに、山地ごとの標高帯別面積割合をみると、最も大きな割合を占めるのは標高 300m 以上 800m 未満のエリアですが、標高 300m 未満の森林も各山地の面積の 20 ～ 35% 程度を占めており決して少なくないことがわかります。(図 16)

### ②山地の地形と地質

森林に降った雨は、大部分がいったん地中に浸透してから地下水となって河川に流出しますが、この一連の過程には、地形や地質といった要因も大きく関係します。

ここでは山地の特徴として、起伏や傾斜などの地

形と、地層や構成する岩石などの地質について解説します。特に各山地の地質の特徴から、水源の森林エリアには、生まれも育ちも性格も異なるそれぞれの山地が同居しており、多様性に富んでいることがわかります。

全県の標高帯ごとの分布

全県および県外上流域（相模川、酒匂川の上流域）について、地形が立体的に見える陰影図で表示し、

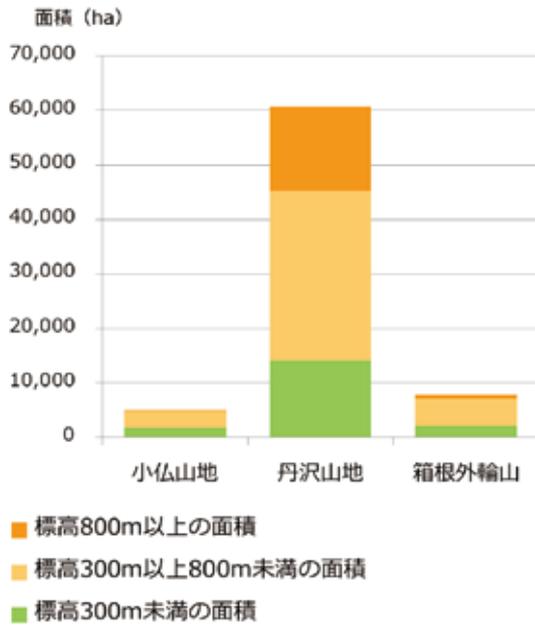


図15 各山地の標高帯ごとの面積内訳

標高帯を色分けしました。(図17)

水源の森林エリアには、標高1500mを超える丹沢山地の主稜線部から標高300m以下の山麓部までが含まれ、人々が多く住む平野や丘陵等と比べて、起伏の大きい山岳地となっています。

傾斜30°以上の箇所の分布

全県および県外上流域について10m四方のメッシュで平均傾斜30°以上の箇所を着色しました。(図18) 平均傾斜30°以上の箇所は、県内でも山岳地かつ森林地帯である水源の森林エリアに集中しています。

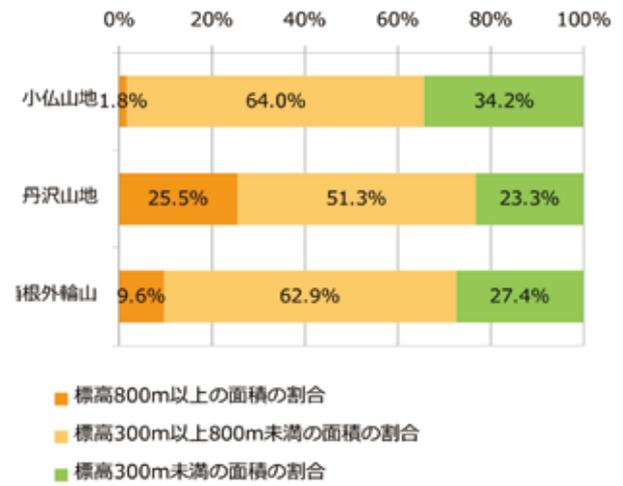


図16 各山地の標高帯別面積割合

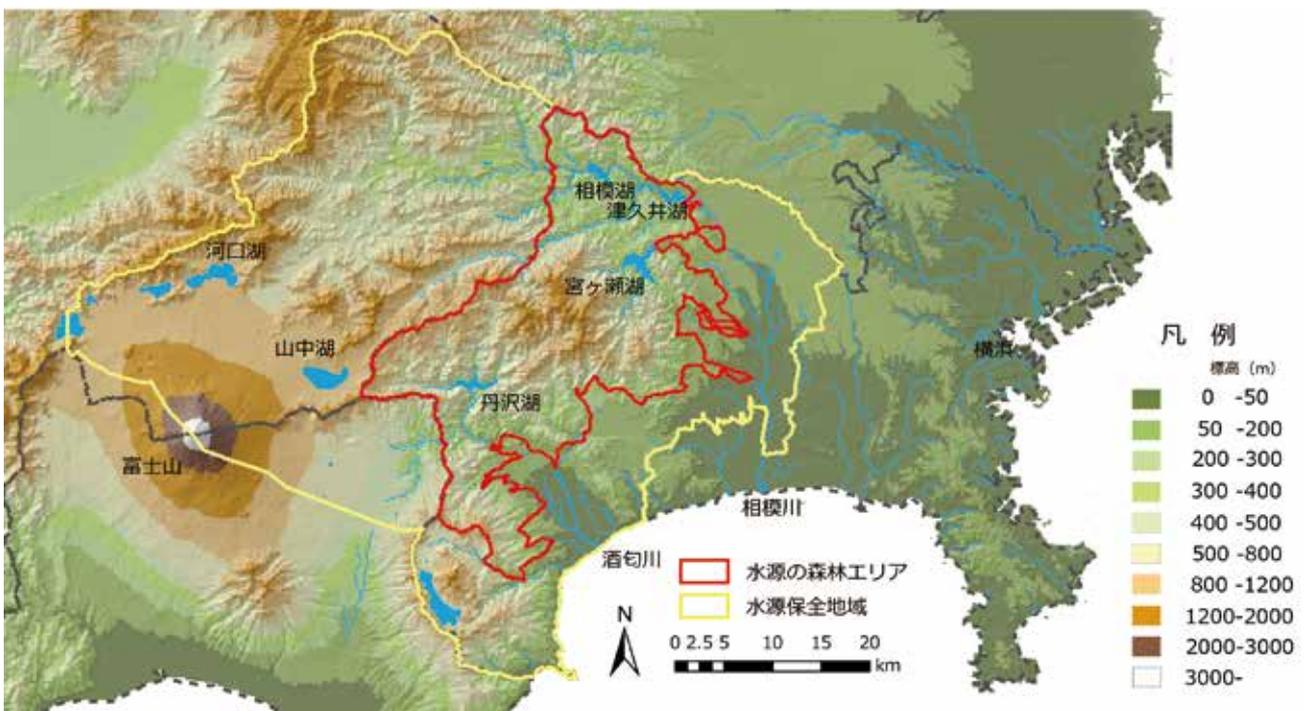


図17 全県の標高帯ごとの分布図

特に丹沢山地は、その山地のなりたち起因して急峻な地形をしています。すなわち、プレートの境界に位置し山塊は地殻変動の影響で隆起・侵食作用を受け続けたことから、断層・亀裂の発達や渓谷部の開析が進み、複雑かつ深い渓谷と急峻な斜面で構成された険しい地形となっています。

同じ山地であっても、火山噴火に伴う溶岩等の噴出物が堆積して形成された富士山や箱根火山は、比較的傾斜が緩やかです。

このような傾斜や斜面位置は、森林土壌の厚さとも関係し、たとえば傾斜 $40^{\circ}$ を超えるような急傾斜では土壌は比較的薄くなります。

### 各山地の標高帯別の平均傾斜

各山地について、標高帯ごと（標高 $800\text{m}$ 以上、標高 $300\sim 800\text{m}$ 、標高 $300\text{m}$ 以下の3区分）に平均傾斜を求めました。（図19）

いずれの山地も標高 $300\text{m}$ 未満の山麓部では平均傾斜が $20^{\circ}$ 未満であり比較的緩やかです。

標高 $300\text{m}$ 以上では、平均傾斜 $30^{\circ}$ 未満の箱根外輪山が比較的傾斜が緩やかで、丹沢山地と小仏山地はいずれも平均傾斜 $30^{\circ}$ を超え急峻です。

### 丹沢山地の東部と西部の区分

ここでは、丹沢山地の地質の特徴をわかり易く表現するため、東部と西部に区分して（図20）各種集計を行いました。東西の境は、山北町と相模原市（緑区）または清川村の市町村界並びに、秦野市内の水無川流域（金目川水系）と四十八瀬川流域（酒匂川水系）の分水嶺としました。

### 各山地の主な地層

日本列島は多様な地層で構成されていますが、神奈川県、そして水源の森林エリアも例外ではありません。

水源の森林エリアの山地ごとに代表的な地層を挙げると次のとおりです。（表1）これらの地層から、水源の森林エリアの各山地は、それぞれに生まれも育ちも異なっていることがわかります。

※地層とは、形成された年代や岩石の種類を基準に区分されたものです。

### 山地ごとの表層地質（大分類）の構成比

地層は非常に多種に分類されていますが、その地層を構成する岩石は、火成岩・変成岩・堆積岩の3つに大別されます。

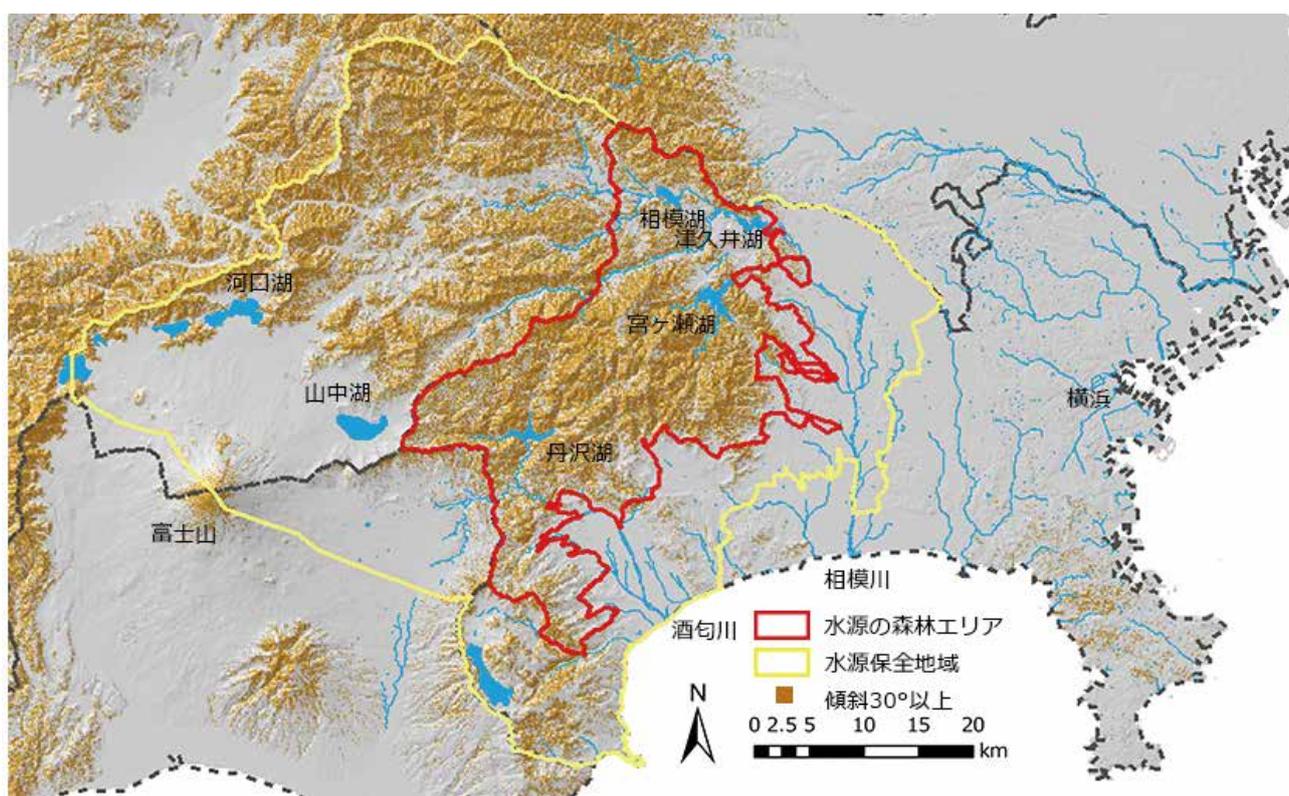


図18 全県の標高帯ごとの分布図

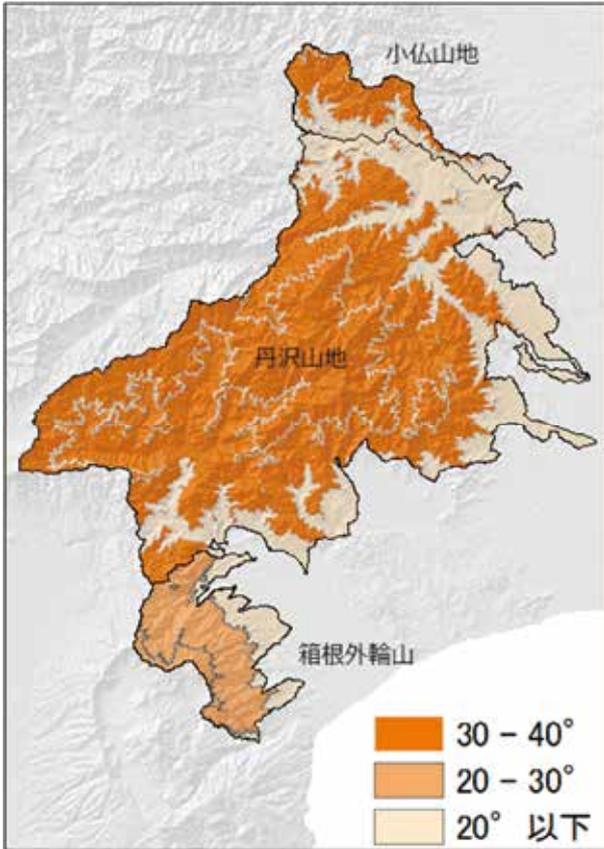


図19 各山地の標高帯別の平均傾斜



図20 丹沢山地の東部と西部の区分

火成岩：マグマが地表や地表付近で固まったもの  
 変成岩：もとあった岩石が熱などの変成作用を受けて形成されたもの  
 堆積岩：岩石の破片や鉱物片が別な場所にたまって固まったもの

ここでは、国土地理院の土地分類基本調査1/20万(表層地質図)で区分されている大分類(火山性岩石・深成岩・変成岩・固結堆積物・未固結堆積物)に従って、山地ごとに面積割合を算出し(図21)、山地ごとの地質の特徴を解説しました(表2)。前述の地層の相違から構成する岩石も山地ごとに異なり、特に透水性などの質の違いが山体の保水性に影響しています。なお、丹沢山地については、東西で表層地質の分布特性が異なるため、東西に分けて示しました。

山地ごとの表層地質(小分類)の主なもの

国土地理院の土地分類基本調査(表層地質図)の小分類に基づき、山地ごとに面積割合で上位を占めるものを抽出しました。(表3)

※図12, 14, 19は国土地理院基盤地図情報(数値標高モデル10mメッシュ)より作成

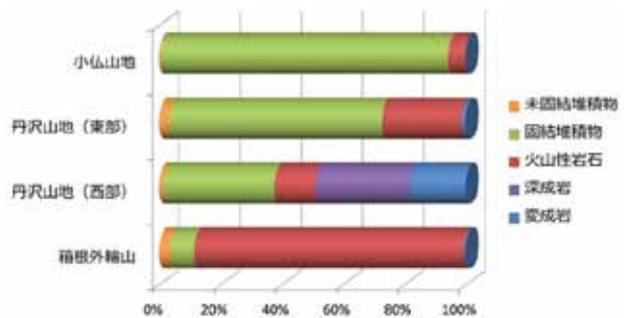


図21 山地ごとの表層地質の面積割合

③山地の気候

全国的にみた神奈川県は、温暖で雨量の多い太平洋側気候です。このような雨量をはじめとした気候は、森林の水源かん養機能を把握するために欠かせない要素です。ここでは全県及び県外上流域(相模川、酒匂川の上流域)における気温・降水量等の年値の分布特性について解説します。

全県の平均気温の分布

平均気温の分布は、概ね標高に対応します。(図22) 県東部などの低地の平均気温は大部分で15°

表1 各山地の主な地層

<p>小仏山地</p>	<p><b>小仏層群・相模湖層群</b>                  県内でも最も古い岩石が堆積した地層で、より古いのは、北側に分布するおよそ1億年前（中生代白亜紀）に堆積した小仏層群です。まだ日本列島もなかった頃、大陸から流されてきた砂・泥・礫などが海の中で静かに堆積・固結して形成された地層です。同じような地層は関東から九州まで帯状に分布し、総称して四万十帯と呼ばれます。</p>
<p>丹沢山地 (東部)</p>	<p><b>丹沢層群</b>                  相模川沿いの低地を除いた丹沢山地東部のほぼ全域に分布し、詳細にはいくつかの亜層群に分けられます。                  およそ1700万年前（新生代新第三紀）以降に、はるか南の太平洋の海底で活発に活動していた海底火山の溶岩や火山噴出物が厚く堆積・固結してできた地層です。陸から流されてきた砂や礫はほとんど含まれていません。                  かつて南方で形成された海底火山噴出物が現在の位置で標高1500mを超える険しい山地になったのは、フィリピン海プレートの移動による北上と隆起、さらに長い間の侵食・崩壊作用によります。山体に断層や亀裂が発達しているのもこのためです。                  また、一般的に新第三紀の地層では地すべりが多く見られ、丹沢山地でも丹沢山北東の堂平や黍殻山南部は過去の地すべりによって形成された地形です。</p>
<p>丹沢山地 (西部)</p>	<p><b>トータル岩・石英閃緑岩</b>                  丹沢湖上流域のほぼ北側半分に、丹沢層群に取り囲まれるように分布し、鉱物の構成割合の若干の相違によって、トータル岩または石英閃緑岩と呼ばれます。                  地下深くで花崗岩質のマグマがゆっくり冷えて固まってできた岩石（深成岩）であり、およそ700万年前までには、当時すでに堆積していた丹沢層群に下方から貫入してドーム状に固まりました。（このため、貫入岩体とも言われます。）                  風化されやすい性質があり、丹沢山地でも地表付近では風化が進んでいます。風化した石英閃緑岩類は脆いため、露岩地の浸食や表層崩壊の起こりやすさにもつながっています。</p> <p><b>変成岩類</b>                  複合貫入岩体であるトータル岩・石英閃緑岩と丹沢層群の境界周辺に分布します。主なものに貫入岩体の東側（檜洞丸、丹沢山、鍋割山といった稜線）に分布するホルンフェルス、南側に分布する結晶片岩（緑色片岩）があります。                  丹沢層群にマグマが貫入する際に、プレート運動による圧縮やマグマの熱による変成作用を受けて性質の異なる岩石になったものです。</p> <p><b>足柄層群</b>                  山北町の南部、丹沢山地と箱根山地の間に挟まれた足柄山地に分布します。                  およそ250万年前、丹沢山地に南方から伊豆ブロック（現在の伊豆半島）が付加し、押された丹沢山地は著しく隆起しました。両者の間にはトラフ（舟状海盆）ができ、そこに、約70万年前（新生代第四紀）まで丹沢山地から侵食された土砂が堆積しました。これが後に陸化したのが足柄層群の地層です。</p>
<p>箱根 外輪山</p>	<p><b>古期外輪山溶岩</b>                  火山灰、軽石、スコリヤなどの火山噴出物と溶岩が共に堆積し、箱根外輪山を構成しています。                  伊豆半島北部に続いて、およそ65万年前（新生代第四紀）から火山活動が活発化した箱根火山では、特に25万～18万年前頃の噴火が激しく、その頃の噴火によって堆積した溶岩が古期外輪山溶岩です。その後、火山の中央部にカルデラが形成されたため、現在はカルデラの外縁でのみ古期外輪山溶岩の地層がみられます。</p>

参考文献：「かながわの自然図鑑①岩石・鉱物・地層」神奈川県立生命の星地球博物館編（株）有隣堂

表2 山地ごとの表層地質（大分類）の構成比

小仏山地	<p>固結堆積物が大部分（93.8%）を占めることが特徴です。小仏山地に分布する固結堆積物とは、小仏層群や相模湖層群の岩石です。これらの岩石は透水性が低いいため、小仏山地ではどちらかというとも基岩を覆う土壌やローム層によって水源としての保水性が確保されています。</p> <p>また、固結堆積物の占める割合が最も大きいという点では丹沢山地（東部）と共通しますが、両者は同じ堆積岩でも堆積した砂礫の供給源が異なります。（表1「各山地の主な地層」を参照）</p>
丹沢山地（東部）	<p>最も多くを占めるのが固結堆積物（69.3%）、次に多いのが火山性岩石（26.0%）です。両者のうちの多くを占めるのが、いずれも丹沢層群の地層を構成する緑色凝灰岩（固結堆積物に分類）や火山角礫岩（火山性岩石に分類）です。また、全体の3.5%を占める未固結堆積物は、主に相模川などの河川沿いや河床に分布する河成堆積物の礫岩などです。</p>
丹沢山地（西部）	<p>他の山地ではわずかしは見られない深成岩や変成岩がおよそ半分を占めることが特徴です。残りの固結堆積物と火山性岩石は、丹沢山地（東部）と共通し、丹沢層群を構成する岩石が多くを占めます。丹沢山地（西部）では、特に風化した石英閃緑岩によって山体の保水性が発揮されています。</p>
箱根外輪山	<p>火山堆積物が大部分（約87.9%）を占めることが特徴で、主に箱根山地の噴火に由来する溶岩です。火山性岩石は透水性が良好であるため源流河川は地下浸透しやすく、箱根外輪山の中標高以上では涸れ沢が多くみられます。地下浸透した水は山麓で湧出、あるいは足柄平野の地下水となります。</p> <p>固結堆積物は全体の7.8%を占め、主に山北町境付近に分布する足柄層群の礫岩層などが該当します。未固結堆積物は、酒匂川沿いの低地に分布する沖積層などです。</p>

表3 山地ごとの表層地質（小分類）の主なもの

順位	小仏山地	丹沢山地（東部）	丹沢山地（西部）	箱根外輪山
1位	砂岩黒色頁岩互層44.3%	緑色凝灰岩58.5%	石英閃緑岩30.9%	安山岩質岩石64.7%
2位	泥岩26.9%	火山角礫岩11.8%	緑色凝灰岩26.5%	武蔵野ローム（関東ローム）18.5%
3位	砂岩19.2%	武蔵野ローム（関東ローム）8.1%	結晶片岩11.8%	礫岩5.0%
備考	すべて小仏層群、相模湖層群を構成する岩石です。	緑色凝灰岩と火山角礫岩は丹沢層群を構成する岩石です。武蔵野ロームは、富士山の火山灰に由来し山麓周辺に分布します。	丹沢山地の深成岩は、ここではすべて石英閃緑岩に分類されています。変成岩のホルンフェルスは6.2%であり、変成岩全体では全体の18%を占めます。	安山岩質岩石は、箱根火山の溶岩に由来し中標高以上に分布します。武蔵野ロームは富士山の火山灰に由来し山麓周辺に分布します。

※表中の色分けは、図21「山地ごとの表層地質の面積割合」の大分類（棒グラフの凡例）と対応し、緑が固結堆積物、赤が火山性岩石、紫が深成岩、青が変成岩に分類される岩石であることを示しています。

Cを超え、山岳地である水源の森林エリアでは山麓部でも概ね12～15°C程度、1000mを超えるような丹沢の高標高域では、9°Cを下回ります。このような気温の差は、特に植物相の分布に大きく関係し、さらに自然の生態系や景観の違いをもたらしています。森林の水源かん養機能の面では、気温は地面や植物の表面などからの水分蒸発や森林の物質循環や水質にかかわる有機物の分解速度などに直接影響しています。



図 22 全県の日平均気温の分布図

#### 全県の降水量の分布

降水量は、一般的に標高が高いほど多くなります。(図 23) 全県でみても、低地の県東部・中央部では平年の降水量は1800mmを下回りますが、西部の山岳地の大部分は1800mmを超え、低地のおよそ1.5倍前後です。西部の山岳地の中では、より西側かつ海側に位置する箱根山地で降水量が最も多く年間3000mmを超えます。一方、内陸の小仏山地で降水量が比較的少ない傾向です。丹沢山地は、両者の中間程度ですが、丹沢山地（東部）の大山周辺は、やや降水量が多い傾向です。

降水量は、水源のかん養源であり水利用に直結しますが、全県の分布は山岳地である西側に偏っており、これらの山岳地に降った雨が人々の水利用を支えていると言えます。

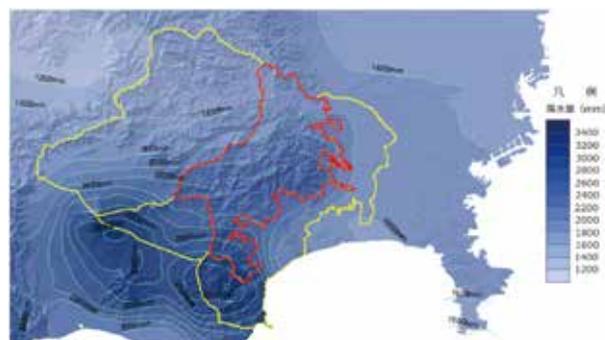


図 23 全県の年間降水量の分布図

図 22、図 23 は気象庁メッシュ平年値 2010 より作成

※気象庁の「メッシュ平年値 2010」とは、過去 30 年間の観測値から 1km 四方のメッシュで気温等の平年値が推定・算出されたデータセットで、一般にも公表されています。

#### ④森林・植生・土壌

ここでは各山地の森林・植生・土壌の特徴について解説します。これらは、地形・地質、気候といった自然条件のもと森林・植生をはじめ動物も含んだ生物相全体や土壌が相互に作用し合うことで形成されます。さらに、過去の森林利用に伴う伐採・植林、カヤ場などの土地利用も現在の森林・植生・土壌に影響しています。

#### 全県の土地利用・植生の分布

県および県外上流域について、土地利用や植生を大きく区分して分布を示しました。(図 24) このように自然林・二次林・人工林に大きく区分すると、水源の森林エリアのほぼ中央に自然林、その周囲に二次林と人工林が分布し、同じ森林であっても偏って分布していることがわかります。

森林の水源かん養機能の面からは、どの森林の機能が低い・高いといったことは一概には言えませんが、森林の管理においては通常は区別して扱われます。特に人工林では自然林や二次林と異なり、成熟した森林に育つまで間伐等の手入れが必要となります。

#### ※自然林・二次林・人工林について

自然林：人の手が加わらない自然の状態の森林。

二次林：災害や人為によって一度破壊（あるいは改変）され、その後回復途上にある森林。過去に薪炭林として利用され今は放置されているところや、過去に山崩れの起きた場所でその後自然緑化したところなど。

人工林：人為的につくられた森林で主に植林（神奈川県ではスギまたはヒノキが多い）によります。

#### 水源の森林エリアの植生区分ごとの分布と各面積割合

上記の分布図について、水源の森林エリアを拡大した図と(図 25)、各山地の標高帯ごとと植生区分ごとの面積比率を円グラフで示しました。(図 26) 自然林は、丹沢山地の高標高域（標高 800m 以上）の約 4 割強を占め、主にブナ、ミズナラ、カエデなど

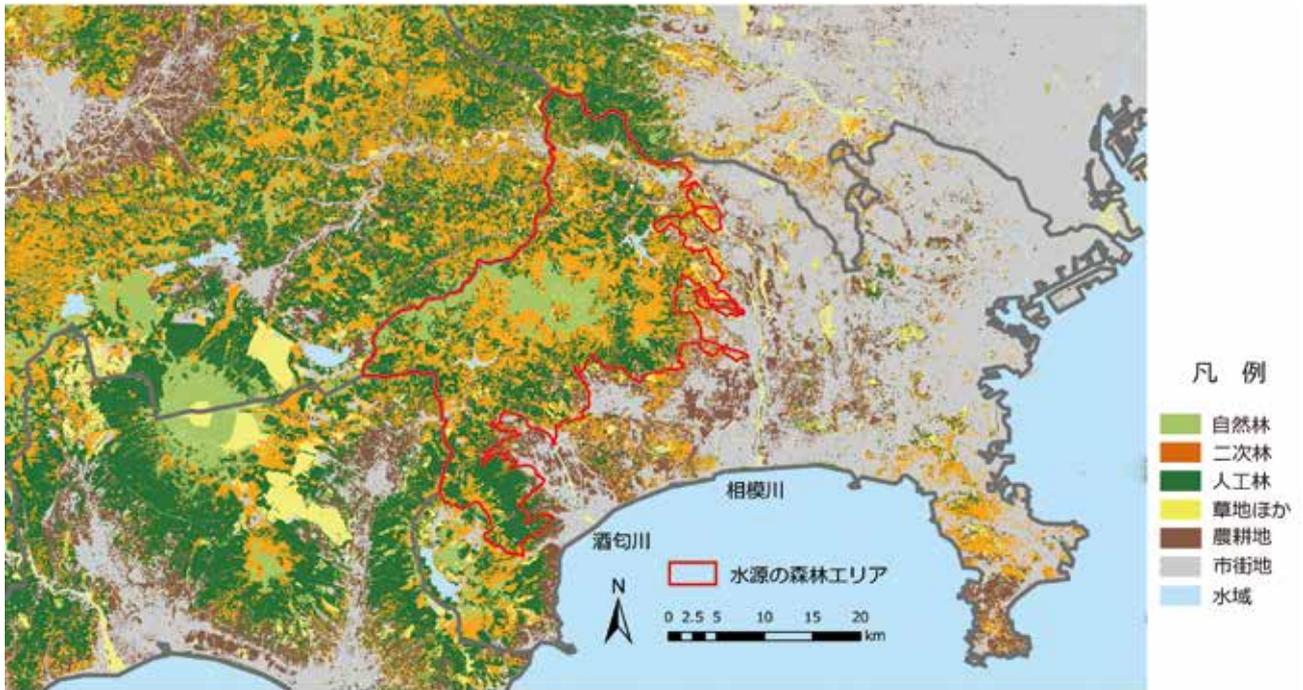


図 24 全県の土地利用・植生の分布図

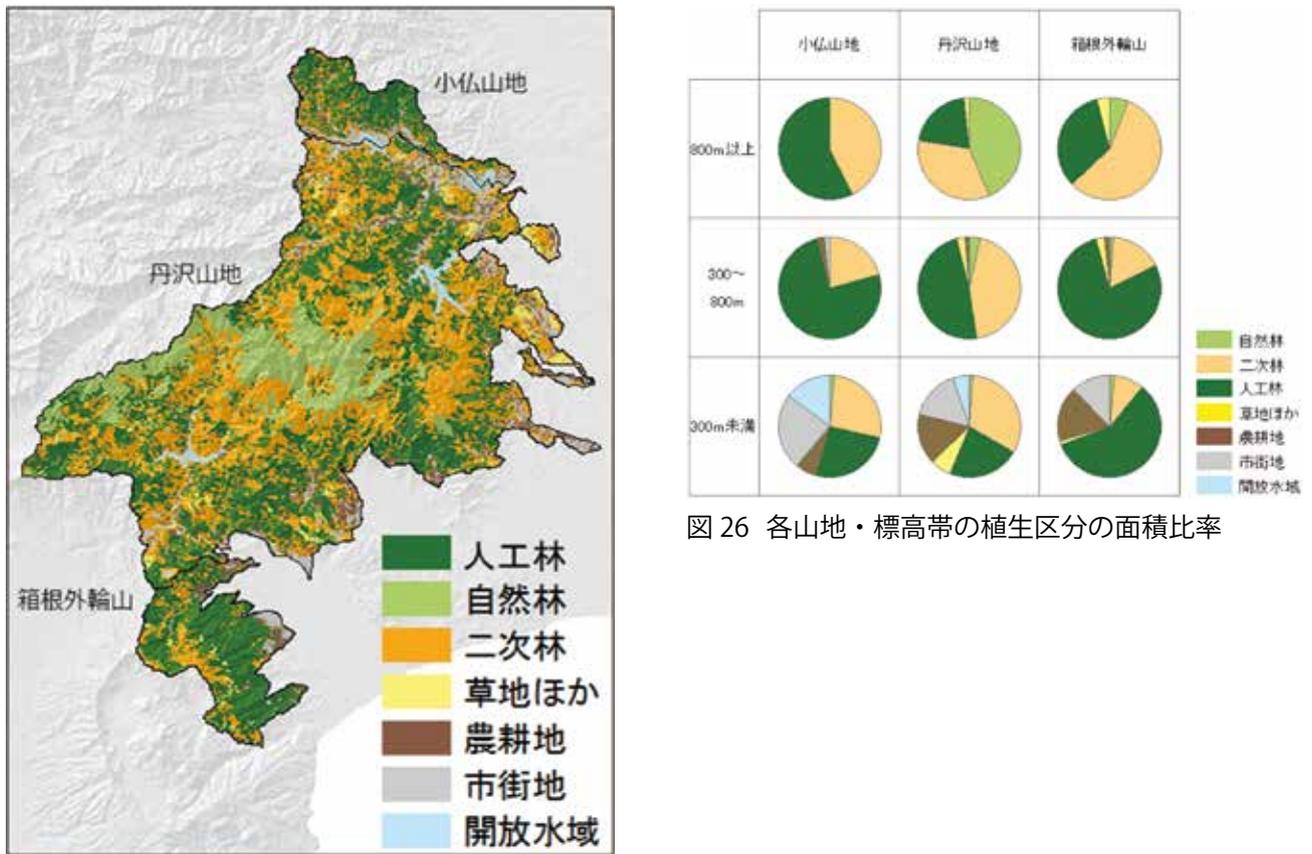


図 26 各山地・標高帯の植生区分の面積比率

図 25 水源の森林エリアの土地利用・植生の分布図

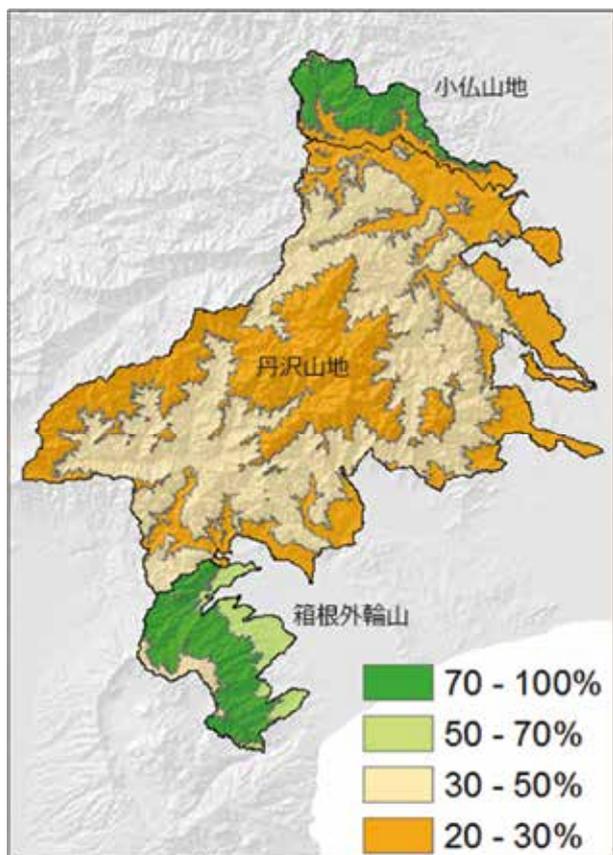


図 27 各山地の標高帯ごとの人工林面積率

図 24～27 は国土地理院土地保全基本調査（土地利用・植生現況図）より作成

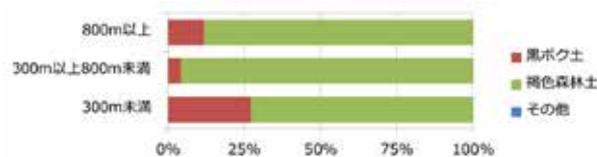
の落葉広葉樹が生育しています。丹沢山地の中標高域（標高 300～800m）以下は、本来はシイ、カシ類などの常緑広葉樹林が生育する環境条件ですが、古くから森林利用が活発であったため、現状ではコナラなどの二次林やスギやヒノキの人工林が多く分布します。人工林の占める割合が多いのは小仏山地と箱根外輪山の中標高域で、いずれも人工林が 75% を超え、残りの 25% 弱は二次林が大部分を占めます。いずれの山地でも、低標高域（標高 300m 以下）では、市街地や農耕地などの森林以外の土地利用が 3 割以上を占め、水源の環境として中・高標高域とは少し異なることがうかがえます。

#### 各山地の標高帯ごとの人工林面積率

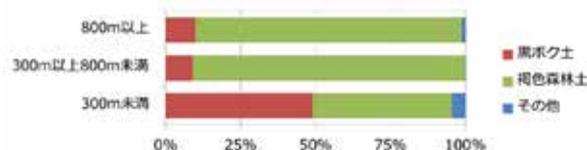
人工林は間伐などの手入れを行う必要がありますが、植林後の手入れが遅れると水源かん養機能にも影響を及ぼすことが近年明らかになってきています。

このため、水源の森林エリアにおいても、人工林がどこにどれだけ分布し、良好に管理されているのかどうかを把握する必要があります。

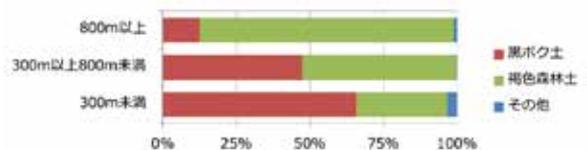
#### 小仏山地



#### 丹沢山地（東部）



#### 丹沢山地（西部）



#### 箱根外輪山

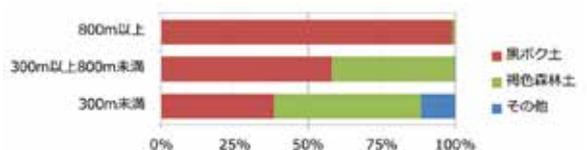


図 28 各山地・標高帯別の土壌分類ごとの面積比率

下図では、山地ごと標高帯ごとに人工林の面積率を示しました。（図 27）水源の森林エリアの中で、特に人工林がまとまって分布する山地は、小仏山地の中・高標高域と箱根外輪山の中・低標高域です。

#### 山地ごと標高帯ごとの森林の土壌タイプ

森林の土壌は、岩石やその風化物が材料（母材）となり、気温や降水量などの気候、斜面位置や標高などの地形に加え、植物等の生物相からの有機物供給や土壌動物等による有機物分解などが作用して長い間を経てつくられます。土壌は、水や養分を貯蔵して植物の成長を支えるとともに、微生物等による有機物分解の場として、森林生態系の中でも特に重要な役割を担っています。

ここでは国土地理院の土地分類基本調査 1/20 万（土壌図）に基づいて、山地別、標高帯別の土壌分類ごとの面積比率を示しました。（図 28）

いずれの山地においても、褐色森林土（※）と黒ボク土（※）によって大部分が占められていますが、箱根外輪山以外では低標高域・緩傾斜地に黒ボク土

の分布が比較的多く見られます。箱根外輪山では標高の高いほうに黒ボク土が多く分布します。褐色森林土は、尾根・斜面・谷などの斜面位置によって乾性～湿性のものまで分布します。

森林の水源かん養機能の面からは、これらの土壌分類をもとに機能が低い・高いといったことは一概には言えません。土壌に関しては土壌層の厚さが水源かん養機能に特に関係しますが、実際の森林では土壌層の厚さや土壌の下の基岩の風化帯の深さ、さらには基岩そのものの透水性などの諸条件が組み合わさって、さらに地上部の森林をはじめとした生物相全体の働きが一体となって、その場所の森林の水源かん養機能の発揮にかかわっています。

ただし、近年の水源林では、いくつかの要因によって土壌の表面を覆う下層植生が衰退し、それによって降った雨が土壌にしみこみにくくなり、水源かん養機能の低下が危惧されています。

#### ※森林土壌の分類

褐色森林土：温暖湿潤気候の森林下に多く分布する土壌のタイプで、日本列島に広く分布します。

黒ボク土：火山噴出物からできた土壌です。（水源の森林エリアでは、箱根火山あるいは富士山の過去の噴火の影響を受けています。）火山灰が母材であることに加え草原植生のもとで生成された土壌です。カヤ場などの過去の土地利用も影響していると考えられています

## 2 取組み・対応実績

### 1. 自然環境保全センター研究成果報告会・事業報告会の開催

年度	報告事項・テーマ	開催月日	開催場所
2008	「森林における水源かん養機能の評価」研究の動向と丹沢山地の取り組み	平成21年1月9日	横浜市開港記念会館
2014	「水源林再生の最前線」 水源林の再生とは 他4件	平成27年2月27日 平成27年3月16日	横浜市開港記念会館
2015	ブナ林の再生に向けて ～衰退原因の解明と再生技術の開発～	平成28年2月20日	厚木商工会議所
2017	対照流域法による森林の水源かん養機能調査の概要 他5件	平成30年3月19日	神奈川工科大学

### 2. 研究推進支援研修の開催

プロジェクト研究等重点的な研究推進のため、外部有識者からの指導・助言を受けることにより研究員の研究能力の向上を図る研修を実施した。（本特集号に関連するもののみ抜粋して掲載）

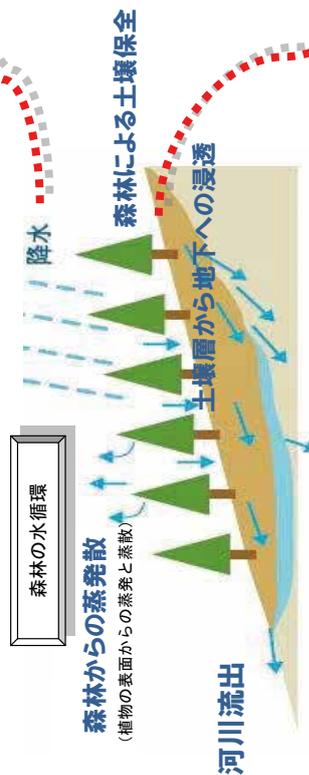
年度	報告事項・テーマ	講師	開催月日	開催場所
2006	丹沢の水と土の現状と水環境のモニタリングについて	鈴木雅一	平成18年9月11日	厚木合同庁舎
2006	水環境モニタリングの調査設計および市民参加による取り組み事例について	蔵治光一郎	平成18年12月6日	横浜西合同庁舎
2008	森林の荒廃と水源かん養機能評価について 一流域スケールの水流出と土壌流亡をとらえる一	五味 高志	平成21年1月9日	横浜市開港記念会館
2008	生態系評価と再生の考え方	中村 太士	平成21年3月12日	神奈川県中小企業センタービル
2010	公益的機能の発揮に向けた森林施業	鈴木 和次郎	平成22年11月24日	自然環境保全センター
2010	森林流域の水・土砂流出の長期モニタリングからわかること	堀田 紀文	平成23年2月25日	自然環境保全センター
2013	森林と河川底生動物とのかかわり	加賀谷 隆	平成25年8月21日	自然環境保全センター
2015	ニホンジカによる植生衰退と流域の物質循環・森林生態系機能への影響	福島 慶太郎	平成28年2月23日	自然環境保全センター
2016	諸戸北郎博士と近代砂防技術、丹沢の震災復旧工事とのかかわり	西本 晴男 阿部 拓実	平成28年11月9日	足柄上合同庁舎
2016	減流河川の付着藻類—大型藻類の生育と河川環境特性—	福島 悟	平成29年3月9日	自然環境保全センター
2017	シカの影響による下層植生衰退と土壌侵食・水源かん養機能の関係	石川 芳治	平成29年7月20日	厚木商工会議所
2018	森林の水源かん養機能における土壌の役割と岩盤地下水の関係	小杉 賢一朗	平成31年3月5日	自然環境保全センター

1 森林の基礎情報 (3) 説明用フライヤー①

**森林管理と水源かん養機能のかかわり**

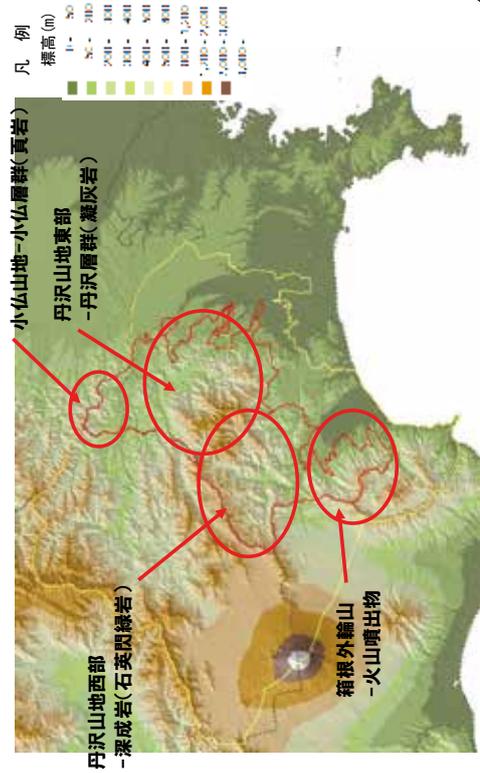
水源地域の大部分は森林に覆われた山地です。通常、山地に降った雨は、森林(土壌も含む森林生態系全体)を経由していったん地中に浸透し、河川に流出します。

森林からの水の流出には、①降雨、②地質等の地下の状態、③森林の状態の3つが関係します。森林の状態については、特に土壌の保全が重要です。



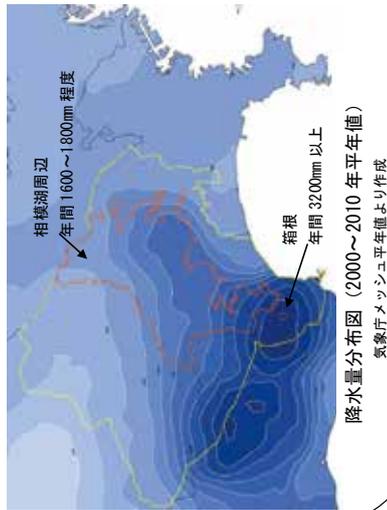
**風化基岩への浸透**

～水源地域の山地と地質～  
水源地域には、丹沢山地、小仏山地、箱根山地などいくつかの山地があります。これらの山地は、それぞれ成り立ちが異なるために地質が異なり、水の浸透しやすさや保水性も異なります。



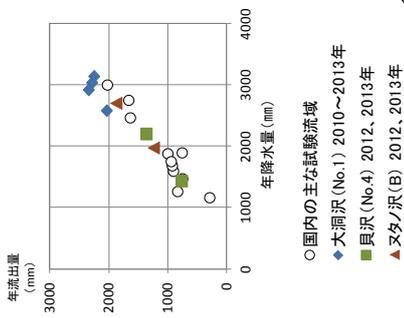
～水源地域の降水量～

年間降水量は、箱根では3200mmを超える一方、相模湖周辺では1600～1800mm程度であり、地域によって約2倍の差があります。



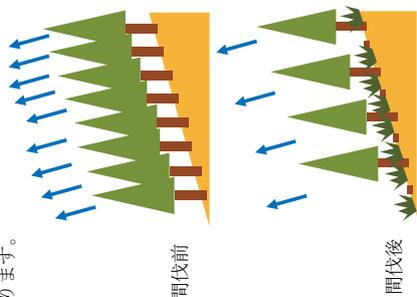
～年間の降水量と流出量～

森林流域から流出する水の量は、大きくは降水量に対応しています。



～森林からの蒸発散～

樹木は根から水を吸い上げて、葉から大気中に水蒸気を放出しています。(これを蒸散作用といいます。)たとえば人工林で間伐をして樹木の本数が減ると、森林全体の水蒸気の放出量が減ります。



～森林による土壌保全と土壌層での水の浸透～

地表面が下層植生や落葉で覆われていれば、降った雨も地中にしみ込みやすくなり、地下に保水され、土壌も保全されます。



下層植生がなく地面がむき出しになっていると、降った雨が地中にしみ込みにくくなり、短時間に地表を流れて去る水の割合が増えます。地表を流れる水に養分を含んだ土壌も流され、森林土壌は貧弱になります。流された土壌は下流で濁水となります。

1 森林の基礎情報 (3) 説明用フライヤー②

小仏山地とその森林

～堆積岩の急峻な山地のまとまった人工林～

- 津久井湖・相模湖上流（相模川流域）。
- 地質は、かつて海底であった時代の砂や粘土の堆積物を起源とする小仏層群。
- 比較的私有林が多く、スギやヒノキの人工林が広く分布。
- 山地から里地性の多種の動物が生息。シカの生息はまだ少なく、丹沢のような下層植生の衰退はみられていない。
- 過去に大規模な雪害の履歴あり。



相模原市緑区与瀬

箱根外輪山とその森林

～火山堆積物の緩やかな山地のまとまった人工林

- 酒匂川飯泉取水堰上流（狩川流域）。
- 地質は、箱根火山の噴出物に由来。
- 古くからスギの良材が産出され、現在、大雄山のスギ森林は天然記念物となっている。
- 大部分が市町村所有であり、人工林が多く分布し、林道が密に整備されている。
- シカは最近まで少なかったが、下層植生への影響が徐々にみられるようになってきている。

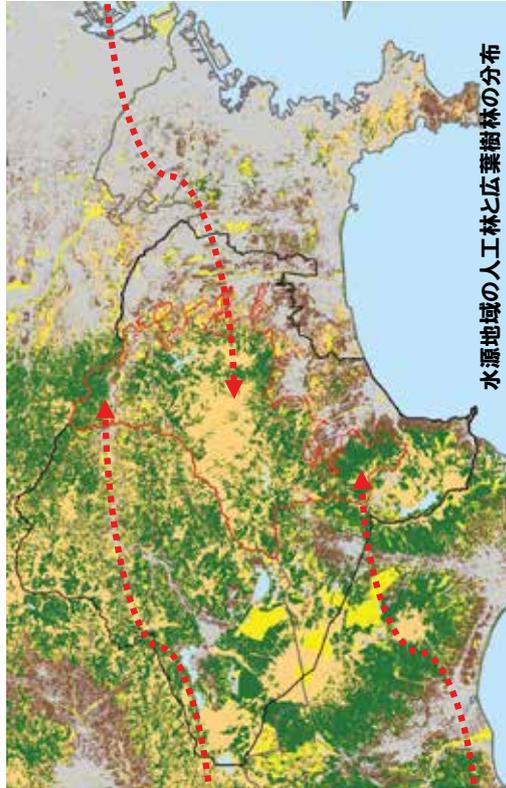


小田原市久野

水源地域の山地と森林

相模川や酒匂川の源流は、丹沢山地、小仏山地、箱根山地などの山地です。これらの山地は、大部分が森林であり、山麓の平野部における住宅地や農地等の人工的な土地利用と比べて対照的です。

近年、水源の森林では、外から見ると立派な森林であっても、林の中では土壌の流出が起こっています。その原因は、過去に植林したスギやヒノキの手入れ不足や、増えたシカの採食によって下層植生が乏しくなったためです。



人工林と自然林との違いは？（広葉樹林との違い）

- 人工林は人為的につくられた森林で植林による場合が多い。自然にできた森林（二次林を含む）は人為が加わらずに自然に育った森林である。
- 人工林と自然林の違いは、上層にある木の年齢構成、樹種構成、樹冠状態に集約される。
- 人工林の年齢構成は同齢、樹種構成は単純、樹冠がそろった状態であるのに対して、自然林は異齢、混交、樹冠は不ぞろいである。
- 人工林は最初から人為によりにつくられた森林のため、最後まで人間が手入れする必要がある。



山北町谷ヶ

丹沢山地とその森林

～急峻でもろい山地のモザイク状の森林～

- 宮ヶ瀬湖上流（東部）、津久井湖上流（北部）、丹沢湖上流（西部）
- 地質は、東部は第三紀層 丹沢層群（凝灰岩）、西部は深成岩（石英閃緑岩）。
- 過去からの地殻変動の影響で急峻でもろい。関東大震災や 47 年災害等の土砂災害の履歴あり。
- 高標高域はブナ等の自然林、中低標高域に人工林と広葉樹林がモザイク状に配置。
- ツキノワグマをはじめとした野生動物の宝庫。近年は増えたシカの採食によって、下層植生が乏しくなっている。
- 過去には中心部は御料林（皇室の財産）や西部は小田原藩領として公的管理、北部と南部は地域による入会利用中心。現在も中心部は国有林と県有林。



清川村（天王寺尾根）

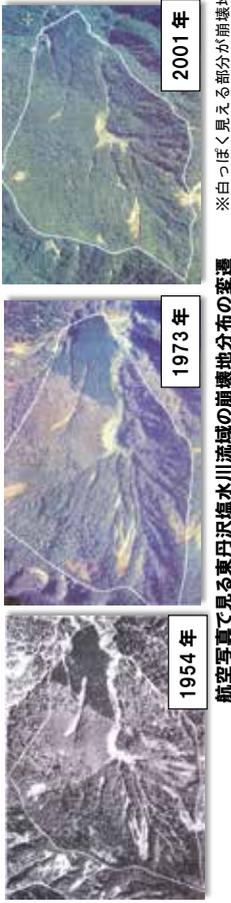


清川村（丹沢県有林）

1 森林の基礎情報 (3) 説明用フライヤー③

### 水源地域の森林の歴史

現在は、外から見ると豊かな緑に覆われている水源林。過去 100 年間の変化をみると、関東大震災で多数発生した崩壊地は減少し、森林全体の林齢は上昇、戦後に絶滅の危機にあったシカの生息数は大きく増加しました。これらの変化には、人間による様々な対策の効果に加えて、人間社会の近代化に伴う「人間と森林とのかわり方の変化」も大きく影響してきました。



航空写真で見る東丹沢塩水川流域の崩壊地分布の変遷  
※白っぽく見える部分が崩壊地

#### 戦前(1930年代)まで

- 1923年の関東大震災により多くの山崩れが発生しました。いたる所で表土がはがれ、平塚より丹沢を遡ると金山真っ白に見えたそうです。

#### 戦中・戦後(1950年代)まで

- 戦時中の木材需要の増加から、水源地域でも多くの森林が伐採されました。
- 戦後になると伐採跡地にスギやヒノキの針葉樹が植林され、1950年代半ば以降は人工林でなかつたところにも新たに植林を行う拡大造林が始まりました。これは山村振興にも貢献しました。この結果、針葉樹林は戦前より若い林が増えました。
- シカは1950年頃の狩猟人口の増加と狩猟の解禁により絶滅の危機に陥り、1955年からしばらくの間は繁殖となりました。

#### 昭和(1988年)まで

- 国及び県の事業を中心とした崩壊地復旧対策が進み、崩壊地が大幅に減少しました。
- 木材輸入の自由化による木材価格の低下、燃料革命に伴う薪炭需要の激減等により林業や森林利用が衰退し、労働力は都市部へ流出していきましました。森林の伐採が減少し、針葉樹林も広葉樹林も大きく育ち始めました。
- 1960年代半ばからシカが増え、シカの食害が植林地で激化し、植林の際に柵が設置されたため、鳥獣保護区に設定された頃に丹沢の一部が鳥獣保護区に設定されました。

#### 平成(1989年)以降

- 森林全体が大きく育ち、従来多かった表層の山崩れは起こりにくくなりましたが、極端な集中豪雨により山が崩れる事例が発生しています。
- 森林利用の衰退により、戦前は広葉樹林を中心に多くが20年生未満であった森林も40年生以上が大部分を占めるようになりました。
- シカは、鳥獣保護区となった奥山で定着・増加し、ブナなどの自然林の下層植生を衰退させ、土壌流出が顕著になりました。このため、2002年に県が保護管理計画を策定し対策を開始しました。

森林の齢級別面積 (1985年)

森林の齢級別面積 (2006年)

崩壊地面積 (ha)

森林の総面積 (千ha)

森林の総面積 (1985年)

森林の総面積 (2006年)

崩壊地面積

森林総面積

神奈川県内の森林総面積と森林の崩壊地面積の推移

※県内国有林を除く

16 参考文献：神奈川の林政史、丹沢大山総合調査報告書、気象庁ホームページ

1 森林の基礎情報 (3) 説明用フライヤー④

森林の土壌流出と水や生きものへの影響

森林土壌は長い年月をかけて森林の生きもののおかげで森林の生きものによってつくられます。この土壌が、森林の水源かん養機能の発揮や森林生態系の健全化に重要な役割を担っています。

土壌流出の原因

- ① 人工林の手入れ不足  
植林してもその後の間伐が不十分であると、林の中に日光が入らず、下層植生も衰退してしまいます。



② 増えすぎたニホンジカの影響

丹沢山地では近年ニホンジカの生息数が増え、餌となる植物とのバランスが崩れてしまつたために、地表近くの植生が衰退しています。

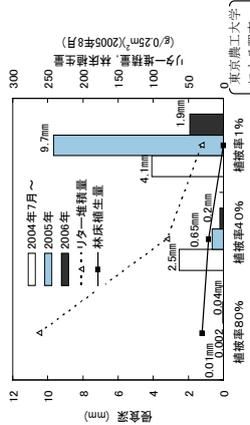


地表面を覆う植物がなくなり、地面がむき出しになることが、土壌流出の直接的な原因です。

土壌流出の現状

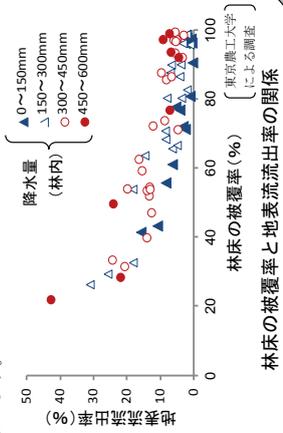
地面がむき出しになると、雨が降った時に土壌が流出します。

下層植生が地表面を80%覆っていた場所では土壌流出はほとんど発生しませんが、下層植生が地表面の1%しか覆っていない場所では年間10cmの土壌層の2mm~1cmが流出しています。これは、植生のまったくない山と同程度の流出量です。



植生被覆率と土壌侵食深の関係

むき出しになった地面では、雨が降ったときに中に水がしみこみにくくなります。下層植生や落葉による地表面の多いが少ないほど、地表流は増加します。この地表を流れる水が表層の土壌を流してしまいます。



**引き起こされる問題**

- 水源かん養機能の低下  
降った雨は地中にしみこまず、地表を流れ去っていきます。雨が降ったときにただちに流れ出る水は増えていきますが、その分だけ地中に保たれる水は少なくなります。
- 森林生態系の劣化  
森林の下層の植物が衰退することによって植物の多様性が低下します。特にニホンジカの採食による場合は、シカの好まない植物種に偏ります。このような下層の植物の多様性の低下は、昆虫、土壌動物、鳥などをはじめとした森林の生きもの全体の多様性の低下につながり、本来の自然に備わっている病害虫など各種被害への抵抗力や回復力の低下が危惧されます。

スズメケの消失

ニホンジカの好まない植物の増加



**現在すすめている土壌流出対策**

**森林・シカの一体的管理**  
間伐、植生保護、シカ捕獲を一体的に実施し、下層植生の回復を図ります。

**間伐**

**植生保護柵**

**シカ管理捕獲**

**土壌保全工**



### 3 関連する文献一覧

#### (1) モニタリング・評価に当たり参考にした文献（水源施策前の先行研究）

##### ア 書籍

- 石川芳治（2013），「シカの食害による土壌流亡を防ぐ知識と技術」，サントリービジネスエキスパート（株）水科学研究所・サントリーホールディングス（株）編『「天然水の森」を科学する』  
木平勇吉・勝山輝男・田村淳・山根正伸・羽山伸一・糸長 浩司・原慶太郎・谷川潔編（2012），『丹沢の自然再生』  
丹沢大山総合調査団編（2007），『丹沢大山総合調査学術報告書』

##### イ マニュアル

- 神奈川県自然環境保全センター（2007），『溪畔林整備指針』  
神奈川県自然環境保全センター（2008），『丹沢大山自然再生土壌保全対策マニュアル』

##### ウ 自然環境保全センター報告 ※神奈川県自然環境保全センター発行（不定期）

- 小林俊元・末次加代子・山根正伸・永田幸志・溝口暁子（2008），「2006 年度神奈川県ニホンジカ保護管理事業におけるニホンジカ（*Cervus nippon*）個体群調査報告」，『神奈川県自然環境保全センター報告』5, 25-37 頁  
越地正・谷脇徹・田村淳・山根正伸（2008），「丹沢山地における 2007 年に大発生したブナハバチ被害とこれまでのブナの衰弱枯死経過」，『神奈川県自然環境保全センター報告』5, 3-9 頁  
永田幸志・入野彰夫・細野正（2009），「清川村における野生鳥獣による農作物被害に関する調査報告」，『神奈川県自然環境保全センター報告』6, 37-46 頁  
末次加代子・池谷智志・小林俊元・川村優子・永田幸志・山根正伸・溝口暁子（2008），「2007 年度神奈川県ニホンジカ保護管理事業におけるモニタリング報告」，『神奈川県自然環境保全センター報告』6, 5-19 頁  
末次加代子・池谷智志・永田幸志・山根正伸・藤森博英（2011），「2008 年度, 2009 年度神奈川県ニホンジカ保護管理事業における丹沢山地のニホンジカ個体群調査報告」，『神奈川県自然環境保全センター報告』8, 9-26 頁  
田村淳・中川重年（2008），「設置後 10～15 年経過したツリーシェルター試験地と植生保護柵試験地における樹木の生育状況」，『神奈川県自然環境保全センター報告』5, 71-78 頁  
田村淳（2009），「シカの採食により退行した冷温帯自然林における植生保護柵による林床植生の回復」，『神奈川県自然環境保全センター報告』7, 1-108 頁  
谷脇徹・田村淳・藤澤示弘・齋藤央嗣・越地正（2008），「丹沢山地において 2006 年に落下したブナ種子の品質」，『神奈川県自然環境保全センター報告』5, 79-84 頁  
内山佳美・相原敬次・飯田勝彦・板寺一洋（2009），「 $\delta$  180 をトレーサーとした短期流出特性把握におけるサンプリング方法の検討」，『神奈川県自然環境保全センター報告』6, 63-68 頁

##### エ 論文

- 石川芳治・内山佳美（2009），「丹沢堂平におけるシカによる林床植生衰退地における土壌侵食の実態解明と対策工の開発」，『砂防学会誌』第 62 巻，第 4 号  
初 磊・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美（2010），「丹沢堂平地区のシカによる林床植生衰退地における林床合計被覆率と土壌侵食量の関係」，『日本林学会誌』92, 261-268 頁  
若原妙子・石川芳治・白木克繁・戸田浩人・宮貴大・片岡史子・鈴木雅一・内山佳美（2008），「ブナ林の林床植生衰退地におけるリター堆積量と土壌侵食量の季節変化—丹沢山地堂平地区のシカによる影響—」，『日本林学会誌』90, 378-385 頁

## (2) モニタリングから得られた情報や知見が掲載されている文献

## ア 書籍

- Gomi T, Oohira M, Hiraoka M, Miyata S, and Uchiyama Y. (2022) “Impact of Sika Deer on Soil Properties and Erosion, In Sika Deer”, Life History Plasticity and Management, 399-413
- Nagata K, Tamura A. (2022) “Deer management in the Tanzawa Mountains, Kanagawa Prefecture, In Sika Deer”, Life History Plasticity and Management, 569-588
- 大平充・五味高志・内山佳美 (2021), 「シカの食害が山地流域からの流出土砂量に及ぼす影響 神奈川県丹沢山大洞沢観測所における水と土砂動態観測」, 公益社団法人砂防学会出版プロジェクト委員会編, 『砂防の観測の現場を訪ねて2～山地河川内の複雑な土砂の動きを知る～』, 公益社団法人砂防学会, 125-133 頁
- 田村淳 (2017), 「丹沢のシカ総合管理」, 梶光一・飯島勇人編, 『日本のシカ』, 東京大学出版会, 183-202 頁
- 田村淳 (2018) 「シダ植物」(分担執筆), 神奈川県植物誌調査会編, 『神奈川県植物誌 2018』, 神奈川県植物誌調査会, 17-191 頁
- Tamura A. (2022) “Effect of different periods of chronic deer herbivory on both tall forbs and soil seed banks following deer exclusions in a damp beech forest, In Sika Deer”, Life History Plasticity and Management, 447-461
- 田中徳久・勝山輝男・秋山幸也・大西亘・田村淳・山本薫・石田祐子 (2022), 「維管束植物」, 神奈川県環境農政局緑政部自然環境保全課・神奈川県立生命の星・地球博物館編, 『神奈川県レッドデータブック 2022 植物編』, 44-326 頁
- 内山佳美 (2014), 「神奈川県の参加税制、順応的管理による緑のダムの保全」, 蔵治光一郎・保屋野初子編, 『緑のダムの科学 減災・森林・水循環』, 築地書館, 154-168 頁

## イ マニュアル、図鑑等

- 神奈川県自然環境保全センター (2016), 『丹沢の希少植物図鑑—希少植物の保護に向けて—』
- 神奈川県自然環境保全センター (2016), 『神奈川県広葉樹実生図鑑』改訂第2版
- 神奈川県自然環境保全センター (2016), 『神奈川県シカ不嗜好性植物図鑑』
- 神奈川県自然環境保全センター (2017), 『丹沢ブナ林再生指針』
- 神奈川県自然環境保全センター (2017), 『溪畔林整備の手引き』
- 神奈川県自然環境保全センター (2022), 『水源林整備の手引き』

## ウ 自然環境保全センター報告

※神奈川県自然環境保全センター発行 (不定期)

## ・特集号

- 神奈川県自然環境保全センター (2012), 「丹沢山地のブナ林衰退研究の最前線」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』第9号, 140 頁
- 神奈川県自然環境保全センター (2013), 「森林における水環境モニタリングの始動」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』第10号, 287 頁
- 神奈川県自然環境保全センター (2013), 「第2次神奈川県ニホンジカ保護管理計画の取組みとその成果」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』第11号, 93 頁
- 神奈川県自然環境保全センター (2016), 「丹沢山地のブナ林再生に向けて～衰退原因の解明と再生技術の開発～」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』第14号, 92 頁
- 神奈川県自然環境保全センター (2024), 「丹沢山地のブナ林再生に向けて～衰退要因モニタリングと保全・再生対策の動向～」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』第18号, 90 頁

## ・特集号以外の個別報告の掲載

- 安部豊・内山佳美（2023），「流出特性に対する岩盤地下水挙動の影響：丹沢山地西部花崗閃緑岩源流域における研究事例」，『神奈川県自然環境保全センター報告』17, 85-94 頁
- 馬場重尚・羽太博樹・前嶋真一・藤森博英（2015），「2014年2月大雪後のニホンジカの死体目撃情報の報告」，『神奈川県自然環境保全センター報告』13, 57-59 頁
- 石川烈・永井広野・永田幸志・町田直樹・石川信吾（2023），「神奈川県ニホンジカ管理計画における生息状況モニタリング結果」，『神奈川県自然環境保全センター報告』17, 17-24 頁
- 姜兆文・永田幸志・羽根田貴行・永井広野・町田直樹・今井俊輔・山田雄作（2023），「丹沢山地の鳥獣保護区に生息するニホンジカの行動特性」，『神奈川県自然環境保全センター報告』17, 35-49 頁
- 片瀬秀高・久保田修映・高橋聖生・羽太博樹・藤森博英・馬場重尚（2014），「ワイルドライフレンジャーの取り組み」，『神奈川県自然環境保全センター報告』12, 35-41 頁
- 片瀬英高・村田成文・丸智明・藤井秀仁・大岩幸太・國松竜太郎・永田幸志・石川信吾・町田直樹（2020），「ワイルドライフレンジャーの取り組み」，『神奈川県自然環境保全センター報告』16, 9-16 頁
- 永井広野・小松ゆりな・西岡美保子・石川烈・永田幸志・町田直樹・石川信吾（2023），「神奈川県ニホンジカ管理計画に基づく管理捕獲個体の分析結果」，『神奈川県自然環境保全センター報告』17, 25-34 頁
- 永田幸志・田村淳（2014），「丹沢山地におけるササ3種の2013年の開花記録」，『神奈川県自然環境保全センター報告』13, 43-45 頁
- 永田幸志・田村淳（2015），「丹沢山地におけるササ3種の2014年の開花記録」，『神奈川県自然環境保全センター報告』13, 65-68 頁
- 永田幸志・亀山明子（2018），「猟区を活用した狩猟者育成手法検討の取組」，『神奈川県自然環境保全センター報告』15, 37-46 頁
- 永田幸志・片瀬英高・丸智明（2018），「鉄含有誘引餌によるニホンジカの誘引試験結果」，『神奈川県自然環境保全センター報告』15, 47-50 頁
- 永田幸志・谷川潔・町田直樹（2018），「丹沢山地におけるニホンカモシカの生息密度」，『神奈川県自然環境保全センター報告』15, 51-53 頁
- 永田幸志・田村淳（2018），「丹沢山地におけるササ3種の2016年の開花記録」，『神奈川県自然環境保全センター報告』15, 55-58 頁
- 永田幸志・町田直樹・丸智明（2020），「丹沢山地札掛地区における自動撮影カメラによるニホンジカ（*Cervus nippon*）撮影記録」，『神奈川県自然環境保全センター報告』16, 21-25 頁
- 永田幸志・栗林弘樹・田村淳・小林俊元・入野彰夫（2023），「神奈川県のニホンジカ保護管理について～管理計画策定と植生回復の取組の経緯～」，『神奈川県自然環境保全センター報告』17, 51-60 頁
- 永田幸志・永井広野（2023），「丹沢山地におけるニホンカモシカの生息密度（2017-2021年度）」，『神奈川県自然環境保全センター報告』17, 77-79 頁
- 永田幸志・永井広野・町田直樹（2023），「箱根山地におけるニホンカモシカの撮影記録」，『神奈川県自然環境保全センター報告』17, 81-83 頁
- 大石圭太・山根正伸・谷脇徹・田村淳（2023），「神奈川県の水源林整備地における中大型哺乳類の種構成とニホンジカの生息状況」，『神奈川県自然環境保全センター報告』17, 61-71 頁
- 大石圭太・雨宮有・山根正伸（2023），「丹沢山地堂平地区のブナ林におけるニホンジカの採餌行動と中大型哺乳類の撮影記録」，『神奈川県自然環境保全センター報告』17, 73-76 頁
- 谷脇徹・永田幸志・鈴木透・姜兆文・山田雄作・山根正伸（2015），「植生保護柵を改修した囲いわなによるニホンジカの捕獲」，『神奈川県自然環境保全センター報告』13, 15-24 頁
- 内山佳美・山根正伸（2008），「森林における水環境モニタリングの調査設計―大洞沢における検討事例―」，『神奈川県自然環境保全センター報告』5, 15-24 頁
- 内山佳美・中嶋伸行・横山尚秀・山中慶久（2014），「東丹沢大洞沢における治山事業による水文観測

- の記録」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』12, 17-26 頁
- 内山佳美・横山尚秀・三橋正敏 (2015), 「西丹沢ヌタノ沢の流出特性」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』13, 39-47 頁
- 内山佳美・横山尚秀・三橋正敏・島田武憲 (2018), 「西丹沢ヌタノ沢における濁度計による浮遊土砂観測結果」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』15, 29-35 頁
- 内山佳美・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二 (2023), 「林床植生の植被率と土壌侵食防止機能の指標となる林床合計被覆率との関係」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』17, 1-6 頁
- 山中慶久 (2015), 「1970年代の自然保護の機運の高まりから平成9年(1997年)の水源の森林づくり事業開始までの神奈川県の森林・林業政策の展開」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』13, 49-55 頁
- 山根正伸・田村淳 (2023), 「水源林整備地における植生と林分構造の現状: 水源林の林分構造調査の1巡目調査結果」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』17, 7-15 頁
- 横山尚秀・内山佳美・三橋正敏 (2014), 「東大洞沢の水文地質と流出機構」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』12, 1-16 頁
- 横山尚秀・内山佳美・三橋正敏 (2015), 「フチジリ沢・クラミ沢流域(箱根外輪山北東麓)の水文地質について」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』13, 25-37 頁
- 横山尚秀・内山佳美・三橋正敏・丸山範明・板寺一洋 (2018), 「県西部の4試験流域における水循環機構解明のための溪流調査」, 『神奈川県自然環境保全センター報告』15, 11-28 頁

## エ 一般向け雑誌等

### ・特集号

一般社団法人 日本森林学会 (2013), 「ブナ林の衰退—丹沢山地で起きていること—」, 『森林科学』第67号

### ・特集号以外の掲載

- 安部豊・内山佳美 (2022), 「広域の地下水流動を把握する—自治体と地球研の連携研究による地域貢献—」, 陀安一郎・申基澈・鷹野真也編, 『同位体環境学がえがく世界: 2022年版』
- 谷脇徹 (2015), 「丹沢山地におけるブナハバチの大発生と防除法の開発」, 『森林防疫』64(5), 165-173 頁
- 谷脇徹・猪野正明・鶴田英人・相原敬次・岡田充弘 (2017), 「ブナハバチ防除のためにブナ成木に樹幹注入したジノテフランの葉内濃度の季節変化」, 『森林防疫』66(2), 42-47 頁
- 内山佳美 (2023), 「神奈川県の参加型税制による水源林再生と水源かん養機能評価」, 『森林技術』975, 8-11 頁

## オ 査読付き論文等

### (7) ブナ林再生(丹沢大山の保全・再生対策の関係)

#### ○大気環境

- 斎藤正彦・若松伸司・岡崎友紀代・堀越信治・山根正伸・相原敬次 (2012), 「数値モデルを用いた丹沢山地のオゾンの挙動解析」, 『大気環境学会誌』47, 217-230 頁
- 斎藤正彦・若松伸司・相原敬次 (2013), 「丹沢山地における樹木のオゾン取込み量の推定」, 『大気環境学会誌』48, 251-259 頁

#### ○シカと植生

- 佐藤司郎・鈴木牧・谷脇徹・田村淳 (2018), 「丹沢山地におけるシカの増加がオサムシ科甲虫に及ぼす間接的影響」, 『日本森林学会誌』100, 141-148 頁
- 田村淳 (2013), 「シカによりスズタケが退行したブナ林において植生保護柵の設置年の差異が林床植生の回復と樹木の更新に及ぼす影響」, 『日本森林学会誌』95, 8-14 頁
- 田村淳 (2016), 「丹沢山地の自然環境保全の側面から見た森林の諸問題と適正管理に向けての課題—シ

- カの増加等から見えてくる都市近郊林の諸問題」, 『環境情報科学』 45(2), 52-56 頁
- Tamura A. (2016) “Potential of soil seed banks in the ecological restoration of overgrazed floor vegetation in a cool-temperate old-growth damp forest in eastern Japan”, *Journal of Forest Research* 21, 43-56
- Tamura A. (2019) “Potential of soil seed banks for vegetation recovery following deer exclusions under different periods of chronic herbivory in a beech forest in eastern Japan”, *Ecological Research* 34, 160-170
- 田村淳 (2019), 「丹沢山地の天然林におけるシカ柵研究からわかってきた植生回復の限界と期待」, 『水利科学』 367, 134-146 頁
- Tamura A. (2020) “Effects of 16-year deer exclusion on the forbs and tree saplings in a beech (*Fagus crenata*) forest degraded by sika deer in eastern Japan”, *Natural Areas Journal* 40(1), 4-10
- Tamura A. (2021) “Potential for soil seed banks to drive vegetation changes in windswept Sasa grasslands in eastern Japan”, *Journal of Forest Research* 26(1), 75-80
- ### ○ブナハバチ
- 谷脇徹・渡辺恭平 (2012), 「神奈川県丹沢山天王寺尾根で確認されたブナハバチの捕食寄生蜂相」, 『昆蟲 (ニューシリーズ)』 15, 2-14 頁
- 谷脇徹・山根正伸・田村淳・相原敬次・越地正・谷晋・伴野英雄・山上明 (2013), 「ブナハバチ雌成虫の発生とブナ展葉の同時性が被食量に及ぼす影響」, 『昆蟲 (ニューシリーズ)』 16, 218-224 頁
- 谷脇徹 (2013), 「衝突板トラップの色によるブナハバチ成虫の誘引効果の差異」, 『昆蟲 (ニューシリーズ)』 16, 159-165 頁
- 谷脇徹 (2014), 「ブナハバチ成虫の生存と卵生産に及ぼす温度および食物の影響」, 『昆蟲 (ニューシリーズ)』 17, 1-7 頁
- 谷脇徹 (2014), 「ブナハバチ成虫で観察されたブナ樹液摂取行動」, 『環動昆』 25, 147-151 頁 谷脇徹・渡辺恭平 (2014), 「捕食寄生蜂 2 種のブナハバチ繭への寄生生態」, 『昆蟲 (ニューシリーズ)』 17, 131-134 頁
- 谷脇徹・山根正伸・伴野英雄・谷晋・山上明 (2014), 「ブナハバチの繭形成期の死亡に及ぼす土壌条件の影響」, 『環動昆』 25, 75-80 頁
- 谷脇徹・猪野正明・鶴田英人・齋藤央嗣・相原敬次・岡田充弘 (2015), 「ブナ若木へのジノテフラン樹幹注入によるブナハバチの防除効果」, 『樹木医学研究』 19, 139-148 頁
- Taniwaki T, Tamura A, Watanabe K. (2020) “Species richness, abundance and diversity of ichneumonid wasps in Japanese beech forests impacted by sika deer and sawfly herbivory”, *Entomological Science* 23(4), 393-404
- Taniwaki T, Watanabe K, Komine H, Tochigi K, Yamane M, Koike S. (2022) “Response of specialist and generalist predators to nonprogressive annual fluctuations in herbivorous insect populations”, *Biological Control* 165, 104810
- Watanabe K, Taniwaki T, Kasparyan D. (2015) “*Tanzawana flavomaculata* (Hymenoptera, Ichneumonidae, Ctenopelmatinae), a new genus and species of parasitoid of *Fagineuracrenativora* (Tenthredinidae, Nematinae), a serious pest of beech tree”, *Zootaxa* 4040, 236-242
- Watanabe K, Taniwaki T. (2015) “Review of the Genera *Atophotrophos* Cushman, 1940, *Cladeutes*, Townes, 1969, *Hercus* Townes, 1969, and *Neliopisthus* Thomson, 1883, from Japan (Hymenoptera: Ichneumonidae: Tryphoninae)”, *Japanese Journal of Systematic Entomology* 21, 69-75

Watanabe K, Taniwaki T, Kasparyan DR .(2018) “ Revision of the tryphonine parasitoids (Hymenoptera: Ichneumonidae) of a beech sawfly, *Fagineura crenativora* Vikberg & Zinovjev (Hymenoptera: Tenthredinidae: Nematinae) ”, *Entomological Science* 21(4), 433-446

Watanabe K, Taniwaki T. (2018) “ Taxonomic study of the genera *Aptesis* Forster, 1850, and *Javra* Cameron, 1903 (Hymenoptera, Ichneumonidae, Cryptinae) associated with *Fagineura crenativora* (Hymenoptera, Tenthredinidae), with description of a new species ”, *Bulletin of the Kanagawa Prefectural Museum (Natural Science)* 47, 73-83 (査読なし)

#### ○水ストレス

上田正文・谷脇徹・齋藤央嗣・相原敬次 (2019), 「昆虫食害を模した摘葉と水分条件がブナの当年枝木部の水分通道組織構造に与える影響」, 『日本森林学会誌』101(2), 76-81 頁

植村恭子・上田正文・谷脇徹・齋藤央嗣・相原敬次 (2019), 「摘葉が圃場に生育する中型ブナ (*Fagus crenata* Blume) の当年枝木部の水分通道組織構造に与える影響」, 『日本緑化工学会誌』45(1), 91-96 頁

#### ○希少種

Koike S, Nakashita R, Naganawa K, Koyama M, Tamura A. (2013) “ Changes in diet of a small, isolated bear population over time ”, *Journal of Mammalogy* 94(2), 361-368

田村淳・中西のりこ・赤谷美穂・石川信吾・伊藤一誠・町田直樹・永井広野・野辺陽子・長澤展子 (2022), 「丹沢山地でシカの採食圧を20年以上受けた後に設置された植生保護柵の内外における絶滅危惧種の多年草の回復」, 『保全生態学研究』27, 263-273 頁

田村淳・赤谷美穂 (2022), 「丹沢山地と道志山地における絶滅危惧種ヤシャイノデ (*Polystichum neolobatum* Nakai) の野生個体群と植え戻し個体のモニタリング」, 『保全生態学研究』27, 297-304 頁

#### ○土壌保全

畢力格図・石川芳治・白木克繁・若原妙子・海虎・内山佳美 (2013), 「丹沢堂平地区のシカによる林床植生衰退地における降雨量, 降雨係数及び地表流流出量と土壌侵食量との関係」, 『日本林学会誌』95, 163-172 頁

海虎・石川芳治・白木克繁・若原妙子・畢力格図・内山佳美 (2012), 「ブナ林における林床合計被覆率の変化が地表流流出率に与える影響」, 『日本森林学会誌』94, 167-174 頁

飯野貴美子・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美・宮本尚子 (2019), 「シカの採食圧により林床植生被覆率が異なるブナ林斜面におけるリター移動機構」, 『水文・水資源学会誌』Vol. 32, No. 4, 170-181 頁

孫金勝・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美 (2020), 「シカの食圧により林床植生が衰退したブナ林斜面における各種保全工の土壌侵食防止の長期的な効果」, 『砂防学会誌』, Vol. 73, No. 1, 15-24 頁

#### (4) 森林整備・管理 (水源の森林づくり事業の推進、水環境モニタリングの関連)

##### ○森林整備・シカ・植生

Ohira M, Gomi T, Iwai A, Hiraoka M, Uchiyama Y. (2022) “Ecological resilience of physical plant-soil feedback to chronic deer herbivory: Slow, partial, but functional recovery” , *Ecological Applications*, Volume 32, Issue 7

Tamura A, Yamane M. (2017) “ Response of understory vegetation over 10 years after thinning in an old-growth cedar and cypress plantation overgrazed by sika deer in eastern Japan ”, *Forest Ecosystems* 4(1), 1-10

田村淳・上山真平・松崎加奈恵・鈴木哲平・藤森博英 (2016), 「シカの採食圧を受けてきた溪畔域の針葉樹人工林での広葉樹の更新に対する受光伐と植生保護柵の効果」, 『日本森林学会誌』98, 279-285

## 頁

田村淳 (2014) , 「高齢級スギ・ヒノキ人工林の林床植被の多寡が択伐後の高木性樹木稚樹の更新に及ぼす影響」, 『日本森林学会誌』96, 333-341 頁

Tamura A, Nakajima K. (2017) “Effects of 10 years of fencing under a gap and closed canopy on the regeneration of tree seedlings in an old-growth Japanese fir (*Abies firma*) forest overbrowsed by sika deer” , *Journal of Forest Research* 22, 224-232

## ○森林水文

Abe Y, Uchiyama Y, Saito M, Ohira M, Yokoyama T. (2020) “Effects of bedrock groundwater dynamics on runoff generation: a case study on granodiorite headwater catchments, western Tanzawa Mountains, Japan” , *Hydrological Research Letters*, 14(1), 62-67

Egusa T, Kumagai T, Oda T, Gomi T, Ohte N. (2018) “Contrasting Patterns in the Decrease of Spatial Variability With Increasing Catchment Area Between Stream Discharge and Water Chemistry” , *Water Resources Research*, 55, 7419-7435

Egusa T, Oda T, Sato T, Kumagai T. (2021) “ Estimation of sub-annual inter-catchment groundwater flow using short-term water balance method” , *Hydrological Processes*, 35(9), e14368

Fujime N , Kumagai T , Egusa T , Momiyama H, Uchiyama Y. (2021) “Importance of calibration in determining forest stand transpiration using the thermal dissipation method” , *Agricultural and Forest Meteorology*, 301-302, 108356

平口昌樹・中島集介・白木克繁・内山佳美 (2023) , 「電子吊りはかり及びメスシリンダーを用いた樹冠通過雨ボトル水量計測における精度検証」, 『水文・水資源学会誌』, 36 巻, 3 号, 194-199 頁

Momiyama H, Kumagai T, Egusa T. (2019) “Reproducing monthly evapotranspiration from a coniferous plantation watershed in Japan” , *Journal of Forest Research* 2019, Vol. 24, No. 3, 197-200

Momiyama H, Kumagai T, Egusa T. (2021) “Model analysis of forest thinning impacts on the water resources during hydrological drought periods” , *Forest Ecology and Management*, 499, 119593

Oda T, Suzuki M, Egusa T, Uchiyama Y. (2013) “Effect of bedrock flow on catchment rainfall-runoff characteristics and the water balance in forested catchments in Tanzawa mountains, Japan” , *Hydrological Processes*, Volume 27, Issue 26 , 3864-3872

Sato T, Oda T, Igarashi Y, Suzuki M, Uchiyama Y. (2012) “Circumferential sap flow variation in the trunks of Japanese cedar and cypress” , *Hydrological Research Letters* 6, 104-108

白木克繁・金澤悠花・工藤司・片岡宏介・ウヅムセ・内山佳美 (2020) , 「簡易架線集材による森林整備が流出浮遊土砂量と流域流出量に与える影響」, 『水文・水資源学会誌』 Vol. 33, No. 2, 47-55 頁

Shiraki K, Kawana S, Tsujinaka H, Ariyoshi S, Uchiyama Y. (2022) “A preliminary observation for quantifying detached stemflow” , *Hydrological Research Letters* 16(1), 1-6

白木克繁・辻中晴菜・有吉桜・内山佳美 (2023) , 「スギ人工林における樹幹離脱流由来の滴下雨が樹木近傍の樹冠通過雨に与える影響」, 『日本森林学会誌』, 105 巻, 4 号, 129-135 頁

## ○土壌侵食、土砂流出

五味高志・小田智基・鈴木雅一・平岡真合乃・宮田秀介・内山佳美・山根正伸 (2012) , 「丹沢山大洞沢観測流域における水と土砂動態観測」, 『砂防学会誌』第 65 巻, 第 1 号, 1-2 頁

平岡真合乃・五味高志・内山佳美 (2013) , 「インターバルカメラを用いた連続観測による山地斜面の林床被覆の経時変化の把握」, 『砂防学会誌』, Vol. 66 No. 1, 42-48 頁

Hiraoka M, Gomi T, Oda T, Egusa T, Uchiyama Y. (2015) “Responses of bed loaded yields from a

forested headwater catchment in the eastern Tanzawa Mountains, Japan”, *Hydrological Research Letters* 9(3), 41-46

仁平啓介・平岡真合乃・五味高志・内山佳美 (2016), 「低高度写真撮影による山地溪流の流路 地形計測」, 『砂防学会誌』, 第 69 巻, 第 3 号, 38-42 頁

#### ○シカ関係

田村淳 (2013), 「神奈川県丹沢山地におけるシカ問題の歴史と森林保全対策」, 『水利科学』 57(4), 52-66 頁

#### ○森林生態系

遠藤幸子・成瀬真理生・近藤博史・田村淳 (2020), 「スギ・ヒノキ人工林を利用する確率の高い鳥類種の推定」, 『日本森林学会誌』 102, 147-156 頁

Ito M, Sakai H, Tamura A. (2023) “ Descriptions of two new species of the genus *Amyntas* (Annelida: Oligochaeta: Megascolecidae) and a new record of *Amyntas righii* Hong & James, 2001 from Kanagawa Prefecture, Central Japan”, *Edaphologia* 112, 9-16

### (3) 神奈川県自然環境保全センターの研究情報

#### ア 神奈川県自然環境保全センターの「研究開発・データベース」トップページ

<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/f4y/04kenkyu/top.html>

#### イ 神奈川県自然環境保全センター報告

※研究報告、不定期発行

<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/f4y/kankoubutsu/top.html>

#### ウ 対照流域法等による森林の水源かん養機能調査 トップページ

[https://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web\\_taisho/mizu\\_top.html](https://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web_taisho/mizu_top.html)

##### ・ かながわの水源林について

[https://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web\\_taisho/mizu\\_suigen\\_index.html](https://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web_taisho/mizu_suigen_index.html)

##### ・ アトラス水源林－水源地域の山地と森林・自然環境の特徴－

[https://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web\\_taisho/sanchi/sanchi.html](https://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web_taisho/sanchi/sanchi.html)

##### ・ 森林の水源かん養機能と森林管理（解説）

[https://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web\\_taisho/mizu\\_suigen\\_kinou.html](https://www.agri-kanagawa.jp/sinrinken/web_taisho/mizu_suigen_kinou.html)