

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課 題 名 D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証－総括－
(2) 研究期間 平成19年度～令和8年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担 当 者 本田美里・内山佳美・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二

(5) 目的

第4期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画（R4～R8（2022～2026））では、施策の効果を検証するための「水環境モニタリング」が実施されている。本研究課題は、その中でも森林で行われる事業を対象として、対照流域法等の研究手法を用いて水源かん養機能にかかる事業実施効果を流量等の観測により検証し、県民に情報提供することを目的とする。

(6) 方法

県内の水源の森林エリアの4か所（東丹沢大洞沢、相模湖貝沢、西丹沢ヌタノ沢、南足柄フチジリ沢）に設定した各試験流域において、現地のモニタリング調査を継続するとともに、個別打合せ等を行いながらプロジェクトを推進した。

また、第4期かながわ水源環境保全・再生実行5か年計画をもって20年間の「かながわ水源環境保全・再生施策大綱」が終了することから、水源環境保全・再生かながわ県民会議においても施策の最終評価についての検討が開始された。このため、最終評価の検討に必要なモニタリング結果について総括して取りまとめるとともに、県民会議等への資料提供を行った。

(7) 結果の概要

① 県民会議における最終評価に向けた対応

令和5年度までのモニタリング結果を元に、森林における水源施策による成果を総括して取りまとめた。この一部は、施策調査専門委員会にて報告した。

② プロジェクト推進にかかる打合せ等の実施

プロジェクト推進に関する調整や調査結果の検討、外部研究者の助言を得るために、リモートによる個別打合せを行った。

③ 大洞沢試験流域における施設整備・森林整備の実施計画検討

令和元年東日本台風による被災後、気象・水文観測（常時観測）は一部再開しているものの、試験流域内の作業道や観測施設の一部は本格的な復旧工事が必要となっていた。このため、もともと計画されていた試験流域内の間伐時期等の調整を行うとともに、被災した量水堰、作業道等の観測施設を復旧した。

(8) 今後の課題

第1期5か年計画期間で各試験流域の施設整備と観測の開始、第2期では各試験流域における森林操作と短期的な検証を行ってきた。第3期では、短期的な検証の結果を総括して施策の中間評価に繋げるとともに、令和元年東日本台風の影響検証を通して水源かん養機能や水源環境の実態に関する理解が進んだ。第4期においては、計画してきた試験流域での間伐の効果検証を行い、施策効果の最終とりまとめと今後の取組みに向けた科学的知見の提供を行う必要がある。

(9) 成果の発表（主なもの）

内山佳美・山根正伸・横山尚秀・山中慶久（2013）神奈川県における水源環境保全・再生施策の検証方法とその実施状況．神自環保セ報 10:1-12

内山佳美・山根正伸（2011）ニホンジカ影響が顕著な東丹沢大洞沢における水源かん養機能モニタリング．平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集 38-39 2011 年 5 月

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－．神自環保セ報 5:15-24

内山佳美（2025）神奈川県による森林の水源かん養機能評価の試み～水源環境保全・再生施策における事業効果検証のためのモニタリング～．神自環保セ報 19:17-33

表 1 対照流域モニタリング調査の実施体制（2024 年度）

試験地	試験流域 (地区)	フチジリ沢 (南足柄)	ヌタノ沢 (西丹沢)	大洞沢 (東丹沢)	貝沢 (相模湖)
	水系	酒匂川水系		相模川水系	
施設	点検保守	委託	委託	保全C	東京農工大
試験流域調査	水流出 水質	委託 (一部保全C)	保全C	東京大 (一部保全C)	東京農工大 (一部保全C)
	土砂流出 土壌侵食			東京農工大	
	植生	—			東京農工大 (一部)
	水生生物	—			
広域	水質	—	—	—	—
モデル解析		名古屋大学 ※県内全域の森林蒸発散モデル			

保全 C：自然環境保全センター

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課 題 名 Da 大洞沢モニタリング（1）水循環
(2) 研究期間 平成 19 年度～令和 8 年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担 当 者 本田美里・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二

(5) 目的

本研究は、第 4 期かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づき、森林で行われる事業実施効果の検証に資するため、宮ヶ瀬湖上流の大洞沢流域における対照流域モニタリング調査の一環として、基本的な水循環の実態把握と森林整備による水源かん養機能への影響を把握することを目的とする。

(6) 方法

本研究は、東京大学への受託研究により実施した（研究成果詳細は、受託研究報告参照）。

○森林管理による水収支への影響評価

大洞沢においては、森林施策が河川の流量・水質に及ぼす影響の解明を目的として、2009 年度より河川流量・水質の調査が本格的に開始された。2011 年度に植生保護柵が設置され、柵内の植生・河川流量・水質が継続的に調査されている。さらに、2017 年度より、新たに間伐が水資源に及ぼす影響の調査が開始され、現在は間伐前の事前データを得る段階にある。

本研究では、試験流域の河川流量や水質の基本的な観測を継続し、植生保護柵設置後の時系列変化を把握する。流域内に設置した小プロットにおいて、蒸発散量とその形成要因の詳細な観測を行う。また、流域内の地質、地形、土壌、植生などが河川流出に及ぼす影響の評価、流域内の部分的な森林施策が河川流出に及ぼす影響を明らかにするために、既存の土壌ブロック集合モデルを基に基岩地下水の流動プロセスを組み込んだ BLADE モデルを検討した。

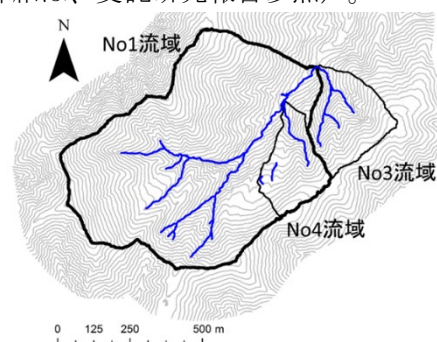


図 1 大洞沢流域

① 河川流量・水質のモニタリング

現地の気象・水文観測設備による観測に関しては、令和元年東日本台風の影響により被災した観測施設が 2020 年度末に復旧し主要な観測は再開したもの、その後の降雨により再び量水堰への土砂流入があり欠測が生じた。欠測期間の流量は HyCy モデルを用いて補完した。また、大洞沢流域内で水が土壌・基岩中を浸透し、流出するまでの水質形成過程を把握するため、一ヶ月に 1 回程度の頻度で定期的に降水・渓流水・湧水を採水し分析を行った。

② 蒸発散特性の観測

流域内の 5 つのプロットにおいて蒸散量・遮断蒸発量等の観測を行った。

③ 細根量観測

流域内の小プロットで、スキャナーを用いて土中の画像を 2 週間から 1 カ月に一度撮影した。撮影した画像から、機械学習の手法を用いて、根が占めるピクセル数を抽出した。

④ 森林施策が河川流量・水質に及ぼす影響の評価

各調査結果とこれまでの蓄積データより得られた流出特性・水質形成機構の知見をもとに、植生保護柵設置による流出特性・水質の時系列変化について検討した。

⑤ 分布型水文モデル（BLADE モデル）の開発

流域内の地質、地形、土壌、植生などが河川流出に及ぼす影響の評価、流域内の部分的な森林施業が河川流出に及ぼす影響を明らかにするためには、分布型モデルが必要となる。ブロック集合モデルとは、流域をメッシュ分割し、メッシュ毎に異なる土層厚を高さを持つ土柱を計算要素とし、土柱内・土柱間の水の貯留・移動を考えて計算を行う分布型の流出モデルである。従来のブロック集合モデルでは基岩地下水を考慮せず土壌のみで水の追跡をするため、流出や地下水位の再現精度が低くなることが示されている。そこで本研究では、既存のブロック集合モデルを基に、土壌水分の鉛直分布に関するモデルと、土壌-基岩間の浸透・湧出及び基岩地下水の流動に関するモデルを組み込んだ新しい水文モデルを開発する。（BLADE モデル）

（7） 結果の概要（一部の結果のみ、他の結果は受託研究報告書参照）

① 2024 年の降水量・流量・蒸発散量・根量

2024 年の年降水量は例年より多く、3426 mm だった。2024 年 8, 9 月に No1 量水堰の浚渫が行われたが、その後の降雨時の土砂流出により再度埋まったため、流量観測は欠測となった。細根量観測においては、春に抽出された根の面積が大きく増加し、根の伸長を捉えることが出来た(図 2)。一方で機械学習の学習面での課題もみられた。

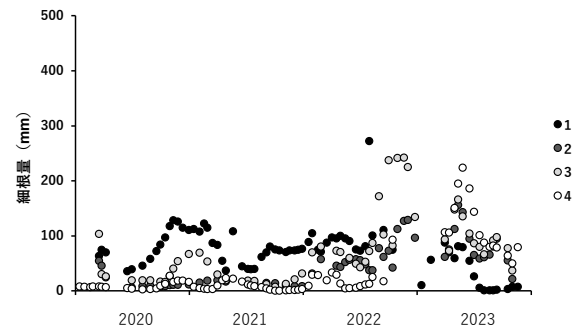


図 2 4 プロットの 2020 年 1 月から 2023 年 12 月までの根の面積の時系列変化

② 植生保護柵設置が河川水の水質に与える影響の検証

河川水の NO_3^- 濃度は 2009-2012 に比べ、その後の期間で減少していることが示された。2024 年もその傾向は継続しており、生物吸収を受けない Cl^- を用いて基準化しても明瞭な減少が確認された(図 3)。2009-2010 の平均値を 100 としたときの $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$ 比を No1, 3, 4 流域で比較すると、2017 年後半から 2019 年にかけて植生保護柵が設置された No3 流域は他の 2 流域よりも低かったが、2020 年にはそのような傾向は見られなかった。従って、大洞沢全体では NO_3^- 濃度が近年減少したことは間違いないが、それは植生保護柵設置の影響とは考えにくい。

植生保護柵設置から 10 年が経過したが、河川流量・水質への明瞭な変化は確認されず、大洞沢の流量・水質形成過程への植生保護柵の影響は限定的であると考えられる。今後は降水量・流量・蒸発散量・細根量・水質などの観測を継続し、間伐に向けたデータを蓄積することが重要である。また、流域スケールでの蒸発散過程を解明する上で、斜面方位や林齢が蒸発散量に及ぼす影響の調査が今後必要である。特に、森林整備が流域スケールでの河川流量・水質に与える影響を明らかにするにあたり、流量観測の復旧はその基礎データとして不可欠である

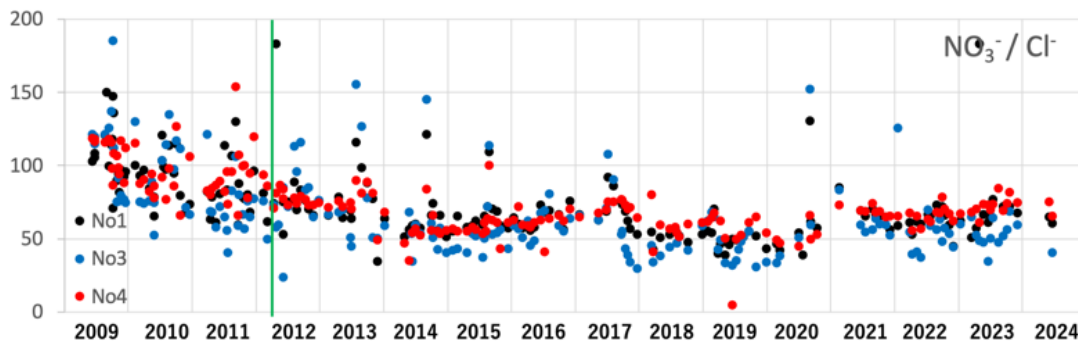


図 3 植生保護柵設置前後の Cl^- 濃度で基準化した NO_3^- 濃度の時系列変化

③ 分布型水文モデル (BLADE モデル)

BL-S&B (基岩地下水を考慮したモデル) は流出量・基岩地下水位を良好に再現した (図 3)。大洞沢流域のような源頭流域で流量と基岩地下水位を同時に再現した例はほとんど報告されておらず、その点で本モデルの成果を強調できる。

BL-S (基岩地下水を考慮しないモデル) と BL-S&B の流量再現精度を比較した結果、両者で NSE_o (高流量時の再現精度の評価指標) の差はほとんど見られないのに対して、 NSE_{inv} (低流量時の評価指標) では差が大きく、BL-S&B の再現精度が高いことが示された。すなわち、基岩地下水を考慮することで低流量時の再現精度が改善された。森林施業が河川流量・水質に及ぼす影響を検討する際、特に渇水時の検討をする際には、基岩地下水の考慮が重要であると示唆される。

また、地表面の地形で計算される流域面積の空間分布と、モデル推定された基岩地下水面から計算される流域面積の空間分布を比較した。基岩地下水面の方が、地表面よりも大きい流域面積に分布していた。

本調査で開発した BLADE は、流出量および基岩地下水位を高い精度で再現できることが確認された。さらにモデル推定からは、流域スケールでの水分分布を考える際に基岩地下水が重要であることが示された。

(8) 今後の課題等

本年度の結果から、大洞沢流域の水文過程・物質循環過程についての理解が深まった。今後は、降水量・流出量・水質・遮断蒸発量・蒸散量・土壌水分特性・細根量の計測を継続する。また、今回開発した BLADE モデルにおいては、森林施業の影響を陽に考慮できる精密な蒸発散モデルを組み込み、設定した森林施業シナリオを基にモデルシミュレーションを行う計画である。

(9) 成果の発表 (主なもの)

Hiroki Momiyama, Tomo'omi Kumagai, Tomohiro Egusa (2021) Model analysis of forest thinning impacts on the water resources during hydrological drought periods. Forest Ecology and Management 499 (2021) 119593

Tomoki Oda, Masakazu Suzuki, Tomohiro Egusa and Yoshimi Uchiyama (2012) Effect of bedrock flow on catchment rainfall-runoff characteristics and the water balance in forested catchments in Tanzawa Mountains, Japan. HYDROLOGICAL PROCESSES Hydrol. Process. 10.1002/hyp

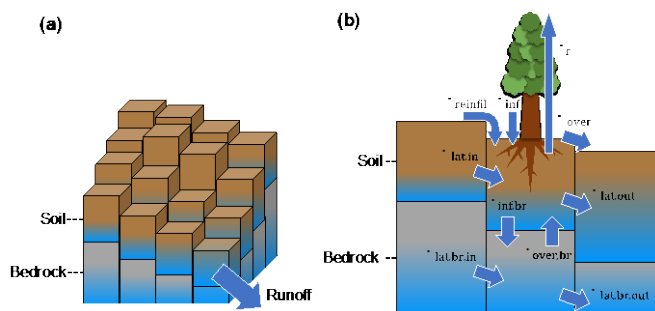


図 4 (左) BLADE モデルの模式図 (右) 表現される水移動

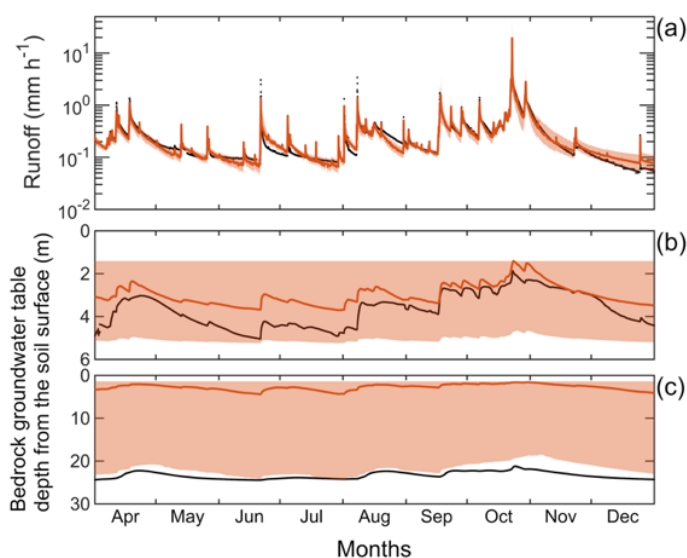


図 5 (a) 2017 年の流出量、(b, c) 2017 年の基岩地下水位

(b) は河道沿いの井戸、(c) は斜面中腹の井戸。黒点は観測値、赤線はモデル推定中央値、赤の影はモデル推定 95% 範囲。

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課 題 名 Db 貝沢モニタリング（1）流出過程
(2) 研究期間 平成 19 年度～令和 8 年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担 当 者 本田美里・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二
(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、各試験流域において対照流域法により総合的なモニタリング調査を行う。貝沢では、約 3 年間の事前モニタリングの後、2012 年度に流域 1、2016 年度に流域 2 において森林整備を行ったことから、森林整備の前後を通して、また混交林化等の長期的推移も視野に流域スケールのモニタリング調査を継続する。さらに、光環境や樹冠遮断量等の森林状態と水循環の関係の諸指標の実測値を得ることにより間伐等の森林整備の効果や影響を把握する。

(6) 方法

森林整備等による事業効果の検証のため、相模原市緑区与瀬地内（貝沢）において、流域からの水流出、土砂流出について調査を継続した。本研究は、東京農工大学への受託研究により実施した（詳細は、受託研究報告書参照）。

既設の観測システムによる気象・水文観測や流域内プロットにおける林内雨量や樹幹流量の測定、光環境調査、流域 3 の上流部斜面の斜面プロット調査等を継続した。

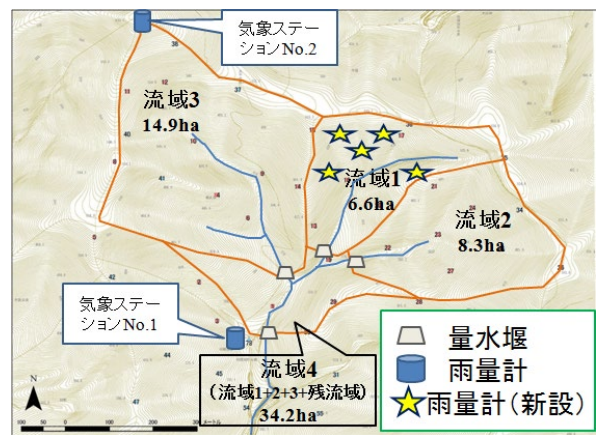


図 1 貝沢（流域 1～4）

(7) 結果の概要（一部の結果のみ。他の結果は、受託研究報告書参照。）

① 水文観測結果

2024 年度は、流域 1 及び 3 で 7～9 月にかけて欠測があったが、流域 4 の流出量は比較的良好に計測できていた。

（図・2）

② 樹冠遮断損失量の推定

貝沢試験地の地質は後期白亜紀の付加体である小仏層で、50 年生のスギ・ヒノキ人工林である（立木密度 490 本/ha）。その比較対象として、東京農工大学演習林である FM 多摩丘陵内に設置した試験プロットのデータを利用した（立木密度 2170 本/ha）。全体としては、幼齡林、成木スギ人工林（低密度）、成木スギ人工林（高密度）の 3 プロットで、樹幹流、林外雨、樹冠通過雨、幹周りの樹冠通過雨といった雨量データを計測し、樹冠遮断損失を算出する体制を整えられた。

立木密度に関わらず、林外雨に対する樹冠遮断損失が緩くカーブを描き、その後頭打ちとなる現象の要因として、降雨強度や風速が関与している可能性がある。その影響の検討のため、降雨強度と林外雨の関係をグラフ化したところ、降雨強度が大きいと樹冠遮断損失が極端に小さくなるこ

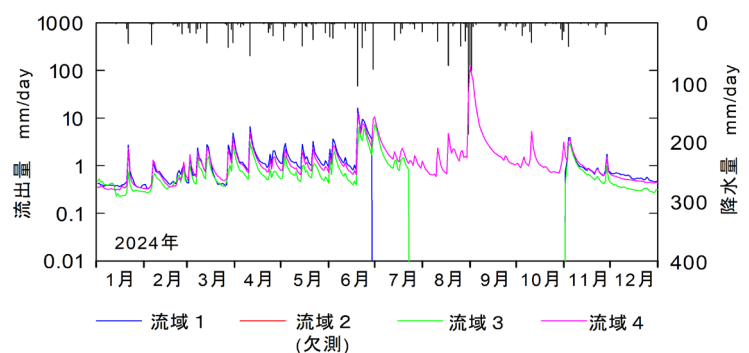


図 2 2024 年の降水量・流量

とが示唆された。これは降雨強度が大きくなると樹冠の降雨貯留能力や蒸発散量を超え、地表面に滴下する降雨が増加するためだと考えられる。

さらに、風速と樹冠遮断損失への影響を検討したところ、風速は林外雨量に対し樹冠遮断損失が極端に小さくなる現象に影響を与えていることがわかった。これは風速が大きくなると樹冠の揺れや様々な方向からの風によって地表面に到達する降雨が増加するためであると考えられる。

また、降雨イベントにおける積算樹冠遮断損失の時間的推移を明確にするため、横軸に時間経過、縦軸に積算樹冠遮断損失を取ったグラフを作成した。(図3) これらのグラフから、積算樹冠遮断損失は時間経過とともに増減を繰り返し、最終的に一定値へ収束することが確認できた。さらに、立木密度に関わらず、この増減の山の下端の近似直線を引くことが可能であった。以上から、立木密度によらず、降雨強度や風速が樹冠遮断損失の重要なメカニズムであることが示唆された。

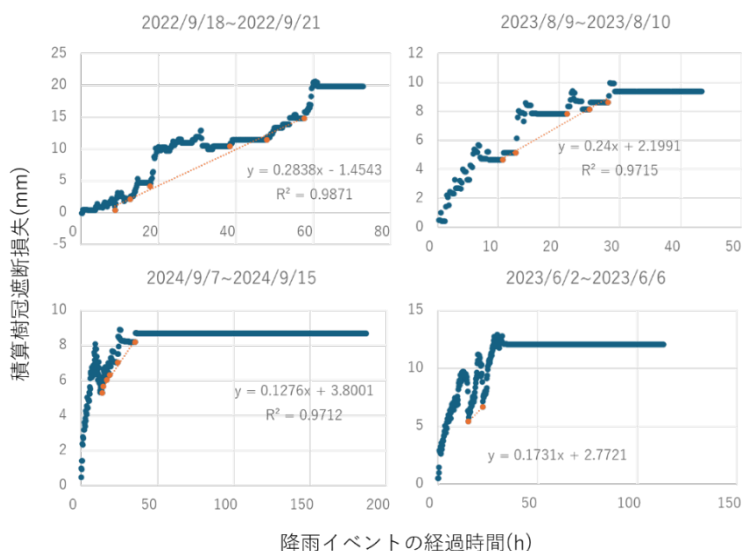


図3 疎(壮齢林)プロットの積算樹冠遮断損失の時間的推移

③ 流域内の光環境測定

NIR/PAR法では、林床で測定したNIR/PARの値の対数が葉面積指数 (Leaf Area Index, LAI)と高い相関関係にあるということを利用してLAIの値を算出する。LAIが大きいほどNIR/PARの値は大きくなる。2024年度は流域1~3の計3地点でNIR/PAR法による光環境の測定を実施した。

NIR/PAR値は広葉樹林で夏季に大きく、落葉に伴い減少することがわかった。一方、スギ群状伐採地点では9月以降の値の上昇がみられたが、これは冬季の太陽高度と太陽方向に、伐採地点の植栽木が応答しているためと考えられた。

④ 斜面表面侵食調査

貝沢試験流域のスギ・ヒノキの2段林とヒノキ林のそれぞれに斜面プロットを1か所ずつ設定している。2024年度は、地表面被覆と地表流量・土壌侵食量等の観測を継続した。

(8) 今後の課題

基本的なモニタリングを継続しながら、水循環にかかる諸指標の実測値を取得して、当該地域の水流出機構について明らかにするとともに、水源林整備との関係を把握していく必要がある。

(9) 成果の発表(主なもの)

白木克繁ほか(2013) 貝沢試験流域における隣接する三流域の降雨流出特性と浮遊土砂動態. 神自環保セ報 10:81-89

白木克繁ほか(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 33(2):47-55

白木克繁ほか(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幹通過雨に与える影響. 日本森林学会誌 105:129-135

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課題名 Dc 貝沢モニタリング (2) 物質循環
(2) 研究期間 平成 19 年度～令和 8 年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担当者 本田美里・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二
(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、各試験流域において対照流域法により総合的なモニタリング調査を行う。貝沢では、約 3 年間の事前モニタリングの後、2012 年度に流域 1、2016 年度に流域 2 において森林整備を行った。森林整備の前後を通して流域スケールのモニタリング調査を継続することにより森林整備の効果やかく乱の影響を把握するとともに、混交林化等の目標林型への移行と物質循環の関係に関する基礎的な知見を得ることを目的とする。

(6) 方法

本研究は、東京農工大学への受託研究により実施した（詳細は、受託研究報告書参照）。

森林整備等による事業効果の検証のため、相模原市緑区与瀬地内（貝沢）において、流域の物質循環について調査を継続した。

2024 年度は過年度に引き続き、対照流域末端部の渓流水質のモニタリングおよび源頭部での諸調査を実施した。2009 年以降の水質測定結果については、植物の成長期（4～10 月）と成長休止期（11～3 月）に区分してとりまとめた。また、貝沢で 2022 年ごろから発生したナラ枯れ被害地において、樹冠開空度と林床環境・土壌の調査を行った。

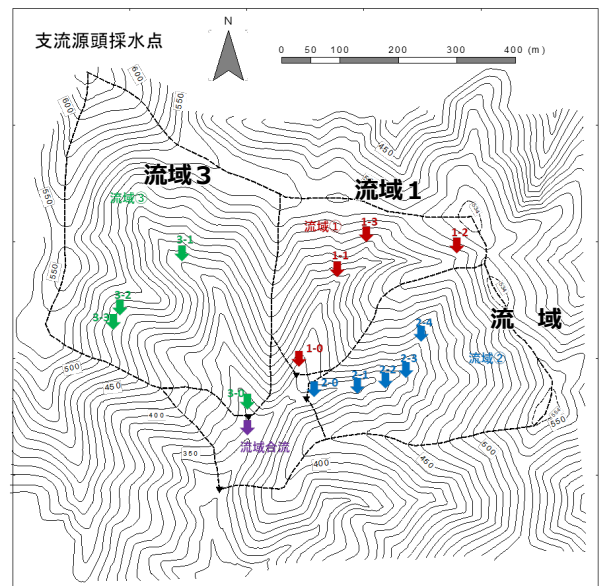


図 1 各流域の源頭部の採水地点

(7) 結果の概要（一部の結果のみ、他の結果は受託研究報告書参照）

① 源頭部の湧水等水質と影響要因

2020 年～2024 年に測定した源頭部の湧水等水質と各採水地点の地温と水温、また各流域末端の pH と電気伝導率（EC）について関係を取りまとめた。地点ごとの特徴として、流域 2 の 2-1、流域 3 の 3-1 では他地点と比べて水温・地温とも年間の温度変化が小さく、地中深くからの湧水の影響が大きい地点であると考えられる。NO₃濃度は、流域全体として流域③>流域②>流域①の順に濃度が高く、流域 3-3 で最も高く、流域 1-3 で最も低い傾向が 2024 年も継続した。

2023 年から 2024 年にかけて新たに採水した地下水では、陰イオンは HCO₃⁻濃度 70%、SO₄²⁻濃度 23%、陽イオンは Ca 濃度 60%、Na 濃度 36%を占め、土壌水で陰イオンは NO₃⁻濃度 90%以上、陽イオンは Ca 濃度 50%、Mg 濃度 20%、Al と考えられる陽イオンの不足分が 20%を占めていた。渓流水の組成は地下水と土壌水の間であり、地下水に近い濃度割合であった。

② 流域源頭の土壌窒素無機化速度に及ぼす影響の解析

2024 年は、土壌培養でスギ・ヒノキのリターおよび細根のポリフェノールによる窒素無機化・硝化の抑制作用を調査した。ヒノキ林とスギ林から採取したリターと細根を用い、水溶性ポリフ

ェノール濃度を測定後、5つの条件で土壌培養実験を行った。実験には流域③のスギ林表層土壌を使用し、培養後にアンモニア態窒素、硝酸態窒素、微生物バイオマス窒素を各種分析法で測定した。

採取したスギ・ヒノキのリターおよび細根については、どちらもヒノキでポリフェノール含有濃度が高く、リターでは4倍以上、細根では2倍であった。スギ・ヒノキどちらの場合も細根はリターよりも濃度が高く、スギでは4倍以上、ヒノキでは2倍弱であった。

培養実験の結果、スギ・ヒノキのリター添加により、土壌の無機態窒素濃度、特に硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)が著しく低下した。これはリター中のポリフェノールが窒素の無機化や硝化を抑制したためと考えられる。流域1-3左岸側ヒノキ林の土壌 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が右岸スギ林より低いのは、ヒノキ・リターのポリフェノール濃度が高いためと示唆された。

③ 渓流水の長期的傾向

3つの対照流域の末端で採水した渓流水について、2009～2024年までの水質変動を成長期(4月～10月)と成長休止期(11月～3月)でとりまとめ、長期的変化を考察した。

pHは6.4～8.4の中性付近で溪流による差が小さく、ECは $100\mu\text{S/cm}$ 前後の値を示したが、流域②で常に高かった。どちらも2023年までと同様に長期的な増減傾向はみられなかった。 NO_3^- 濃度は流域③で高く、流域①で低く、源頭の土壌窒素無機化抑制を反映していた。いずれの流域も NO_3^- 濃度が2024年の成長期は2021-2023年よりも高く、気温上昇と成長期の降雨量・強度が強いことが影響していると考えられた。

④ ナラ枯れ調査

ナラ枯れ被害がみられる流域②の南～南東斜面の広葉樹二次林においては、2022～2023年にかけて被害調査が行われた。2023年度末時点では下層植生や樹冠開空度に極端な変化はみられなかったが、今後の林分状況の変化が溪流水質へ与える影響について注視が必要だと考えられた。そこで、2024年はナラ枯れ被害からの高木層の回復を概括し、また集団枯損で樹冠開空度が異なる地点を調査地として、林床の影響の基礎的調査と低木層の状況を調査した。

ナラ枯れ被害度は場所による偏りがみられ、それが各プロットの樹冠開空度の差に反映されていた。

また、樹冠開空度の高いプロットで低木層の密度が高いということではなく、また、低木層の樹高成長などにも差異はみられなかった。まだナラ枯れ被害前の林床状況が維持されていると考えられ、今後、光環境の変化で低木層の密度や生育状態に変化があるか注視していく必要がある。林床植生に関しては、樹冠開空度が低いほど、林床植生の繁茂が少なくなっていることが分かった。低木層の密度や樹高に明瞭な違いはないものの、林床にとどく光が林床植生全体の繁茂の状況に影響を与えていることが示唆された。

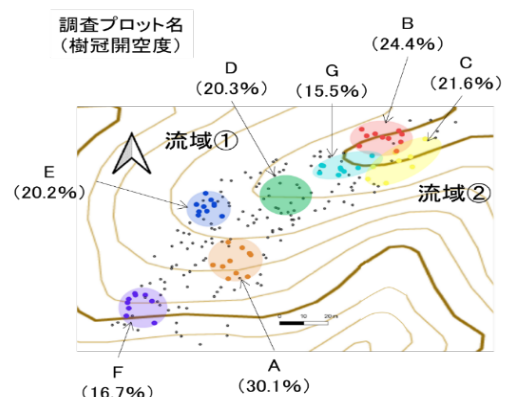


図2 ナラ枯れ調査地の調査プロット

(8) 今後の課題

- 基本的なモニタリングを継続しながら、当該地域の水流出機構や水質形成機構について明らかにし、当該地域の水源林整備に反映させる必要がある。

(9) 成果の発表(主なもの)

辻千智ほか(2013) 神奈川県の大井試験流域における窒素動態特性. 神自環保セ報 10:91-99

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課 題 名 Dd ヌタノ沢モニタリング
(2) 研究期間 平成 19 年度～令和 8 年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担 当 者 本田美里・内山佳美・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二
(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、対照流域法等の手法を用いてモニタリング調査を行う。ヌタノ沢試験流域においては、2014 年 4 月に A 沢全体を囲む植生保護柵が完成し、以降は対策を実施していない B 沢を対照区として A 沢における下層植生回復と水や土砂の流出の変化を検証するため各種測定を行う。

(6) 方法

既存の観測システムによる水文観測などモニタリング調査を継続した。なお、2022 年度は、県西地域県政総合センター森林部により実施流域（A 沢）内の人工林の間伐が行われた。間伐前の植生調査は 2021 年度に実施したため、2022 年度は植生調査を実施していない。

① 気象・水文観測

既存の観測システムによる常時観測（気象 1 地点、水文 2 地点）を継続した。加えて、A 沢および B 沢の各量水堰の湛水部に EC メータを設置し、常時観測と同様に 10 分間隔でデータを取得した。また、長期的な降水量の推移の検討に関しては、近傍のアメダス丹沢湖のデータを活用した。

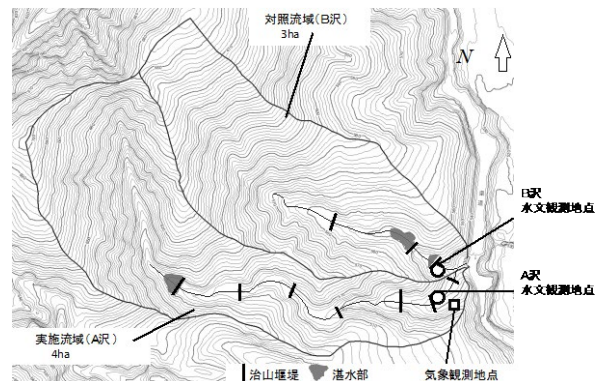


図 1 ヌタノ沢試験流域

(7) 結果の概要（主なもの）

① 水文観測結果

2024 年 1～12 月の年間降水量は、2647 mm、年流出量は A 沢が 866 mm、B 沢が 1746 mmであった。A 沢は、前年の 2023 年 12 月下旬から 2 月中旬にかけて小雨の影響で水枯れが生じた。8 月には台風 7 号の影響により 15～17 日の総降水量が 110mm、台風 10 号の影響により 29 日から 9 月 1 日の総降水量が 456mm となった。

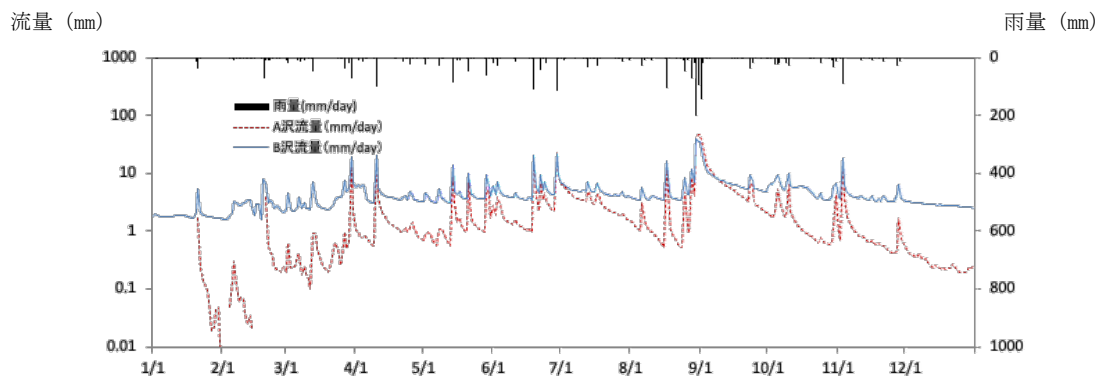


図2 ヌタノ沢のハイドログラフ（2024.1～12）

② 他の試験流域との水循環特性の比較

ヌタノ沢試験流域における事業効果検証の背景となっている 2011 年度から現在までのモニタリング期間の降雨特性について、近傍のアメダス丹沢湖の 45 年間の観測データを活用して把握した。その結果、アメダス丹沢湖の 45 年間の降水量をみると、年降水量は横ばいで推移しているが、年代ごとにみた日降水量 100mm 以上の日数は増加傾向であり（図-3）、特に 2010 年代の水源地施策開始以降については、年ごとの日降水量 100mm 以上の日は施策開始 15 年目以降となる第 3 期の 5 か年で比較的多く発生していた。また、1980 年代から 2010 年代の日降水量 200mm 以上かつ総降水量 300 mm 以上の計 11 事例をみると、1980 年代の 3 事例よりも 1990 年代以降の 8 事例のほうが強い降雨強度が短時間に発生する傾向が見られた（図-4）。これらのことから、ヌタノ沢試験流域におけるモニタリング期間の降雨特性も、同様の傾向があると推測され、過去よりも下層植生の回復や土壌保全の面ではより厳しい降雨条件に面していると考えられる。

今後、モニタリング結果を事業等に反映させる際にも、こうした背景を考慮する必要がある。

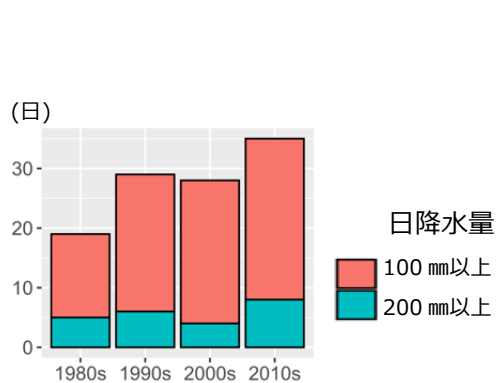


図3 各年代の日降水量 100 mm 以上の日数

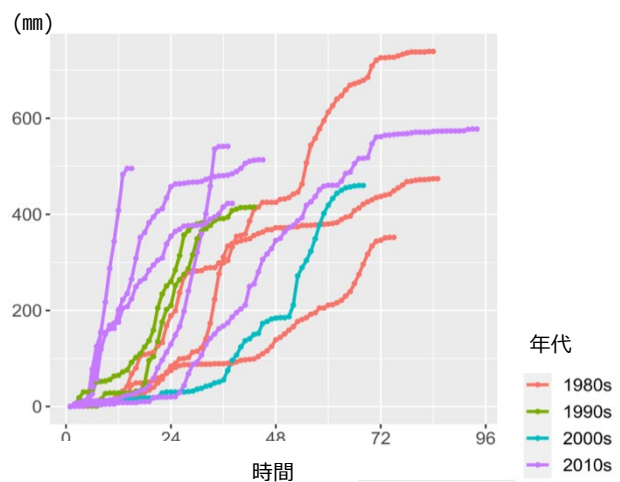


図4 総降水量 300 mm 以上の降雨事例の積算雨量図

※1980 年代から 2010 年代の日降水量 200 mm 以上の日のうち、総降水量 300 mm 以上の事例を抽出した。

(8) 今後の課題

検証の筋書き（仮説）に従って植生保護柵設置後の水や土砂の流出の変化を継続して把握する必要がある。また、植生保護柵を設置した A 沢の流域内の植生回復に伴い、詳細な植生調査も定期的に継続する必要がある。

(9) 成果の発表

内山佳美ほか（2013）西丹沢ヌタノ沢試験流域における平成 23 年度の台風による土砂流出の概況。

神自環保セ報 10:115-122

内山佳美ほか（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。 神自環保セ報 15:29-35

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課 題 名 De. フチジリ沢モニタリング
(2) 研究期間 平成 19 年度～令和 8 年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担 当 者 本田美里・内山佳美・増子和敬・入野彰夫・大内一郎・丸井祐二
(5) 目的

かながわ水源環境保全・再生実行 5 か年計画に基づく本研究課題は、森林整備などの事業効果を検証するための時系列データの取得を目的とし、対照流域法等の手法を用いてモニタリング調査を行う。県内 4 箇所を設定した試験流域は、いずれも地形・地質等の水源環境の基礎的な性質が異なるため、地域ごとの水文特性を把握し、水源環境の管理に反映させることも必要である。そこで、南足柄市のフチジリ沢試験流域において、気象・水文観測を中心としたモニタリング調査を行った。

(6) 方法

フチジリ沢試験流域において、気象・水文観測施設により観測を行うとともに、多地点の流量観測や土砂流出調査を行った。なお、水文観測施設は、令和元年東日本台風により被災しており、2020 年度に再設置されたセンサ類により観測を継続した。

本調査は、アジア航測（株）が実施した。

（詳細は、委託報告書参照。）

ア. 水流出調査

平水時に 9 地点で年 4 回（8 月、10 月、12 月、2 月）に流量、水温、pH、EC の調査を行った。うち水文観測施設（クラミ - 0、フチジリ - 0 の 2 地点）においては、ロガーからのデータ回収を行った。

水質分析は、夏季（8 月）、冬季（12 月）については、全 9 地点で水質分析用サンプルを採取し、下記項目の分析を行った。

①水素イオン濃度（pH）、②電気伝導率（EC）、③カルシウムイオン、④カリウムイオン、⑤ナトリウムイオン、⑥マグネシウムイオン、⑦塩化物イオン、⑧硝酸イオン、⑨硫酸イオン、⑩アンモニア性窒素、⑪ケイ酸（ SiO_4^{4-} ）

出水時には、上記水文観測施設（2 地点）において流量観測、量水標の水位観測、水温、pH、EC の観測を行った。（9 月）

イ. 土砂流出調査

調査期間中の台風シーズン後（12 月）に上流域の踏査により、洪水痕跡や河床の土砂移動状況を確認した。

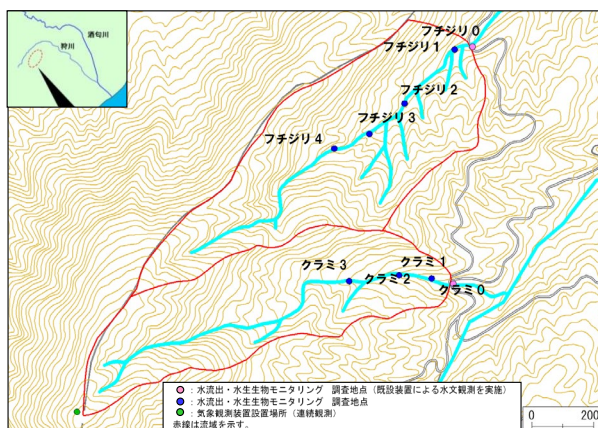


図 1 調査地点

(7) 結果の概要

主な調査結果は次のとおりであった（調査結果全体は、委託報告書参照）。

① 流量観測

4 回の調査では 10 月、8 月、12 月、2 月の順に流量が少なくなった。クラミ沢では 2 月には下流の 2 地点で水が枯渇していた。フチジリ沢では上流から下流の地点に向かって流量は減少したが、

クラミ沢では上下流の流量の逆転も見られ、伏流によるものと考えられた。

② 水質調査

フチジリ沢のほうがクラミ沢より高い値を示す項目が多く、アンモニア性窒素とケイ酸以外はフチジリ沢の値が高かった。各流域内で比較すると、多くの項目で下流ほど高い傾向が見られた。過年度報告書の分析結果とともに経年変化を整理したところ、電気伝導率や塩化物イオンは経年的に上昇傾向が、フチジリ沢の硝酸イオンはわずかな低下傾向がうかがえた。アンモニア性窒素は、ここ数年でしばしば検出するようになった。季節変化はクラミ沢で明瞭であり、夏に高い傾向を示す項目（ナトリウム、カリウム、ケイ酸）と冬に多い項目（塩化物イオン）が過年度にも見られる。

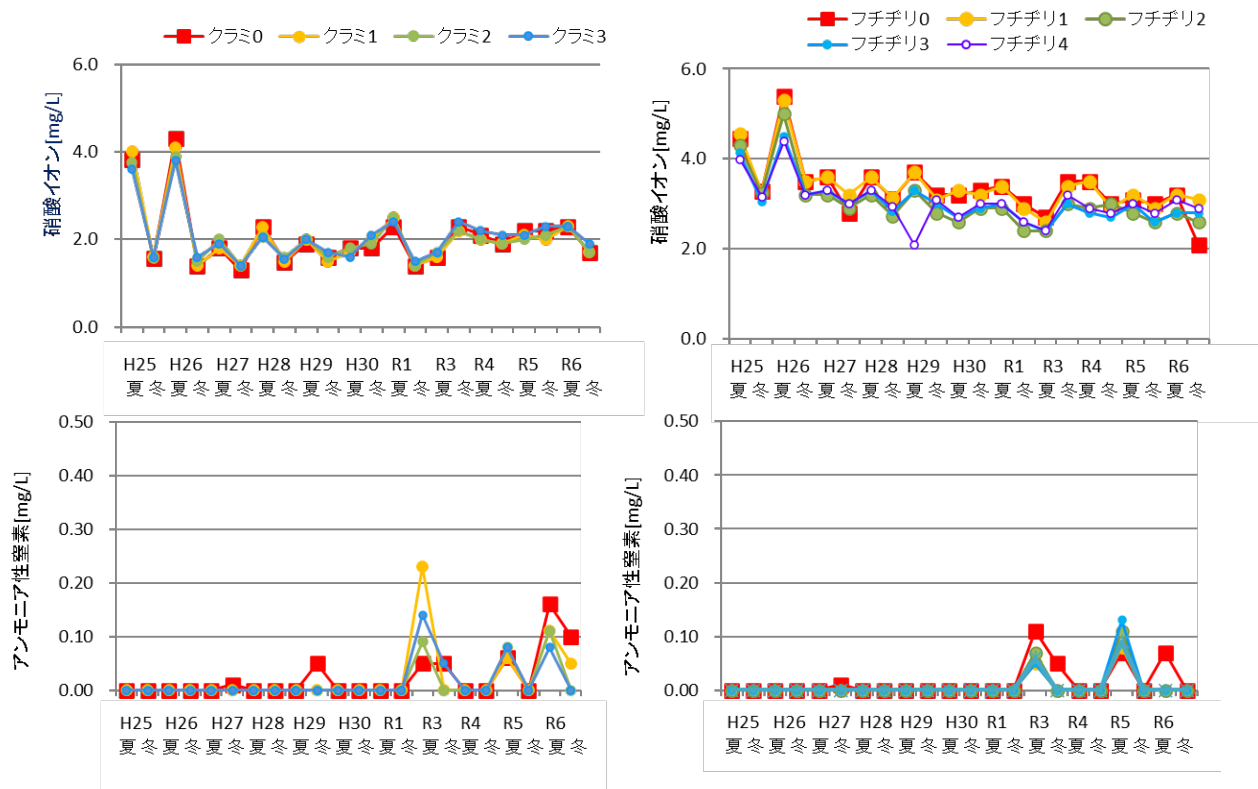


図2 水質（硝酸イオン、アンモニア性窒素）の経年変化

左：クラミ沢 右：フチジリ沢

③ 土砂流出調査

土砂流出調査は12月17日にフチジリ沢、12月18日にクラミ沢で実施し、令和5、6年度の写真記録と比較した。その結果、全般的に顕著な変化は認められなかったが、溪床では礫や砂の流出や堆積が見られた。

(8) 今後の課題

- 2012年度以降の連続観測により、着実にデータが蓄積されており、水位流量換算式も整理されつつあることから、水収支をはじめ流出特性を検討するための各種解析に加え、当該地域の水循環特性を総合的に取りまとめていく必要がある。
- モニタリングの開始時と比べて、近年はシカ生息密度が増えつつあり、今後は下層植生衰退などの変化が予想されるため、当該地域の地形・地質等の自然条件における水源かん養機能との関係を検討できるデータを整備しておく必要がある。

(9) 成果の発表

なし

(2) 公益的機能の高い森林づくりの技術開発

①水源林の公益的機能の評価・検証

D 対照流域法調査による水源施策の2次的アウトカム（水源かん養機能の向上）の検証

- (1) 課 題 名 Df 森林蒸発散モデルを活用した広域の森林水循環評価
(2) 研究期間 平成 19 年度～令和 8 年度
(3) 予算区分 県単（水源特別会計：森林環境調査）
(4) 担 当 者 本田美里・増子和敬・入野彰夫
(5) 目的

本研究では、神奈川県全域における森林情報（樹種・林齢・樹高・立木密度など）の整備と解析を行い、それらの情報を利用して蒸発散を中心に据えた森林水循環モデルを構築した。その後、広域スケールでの推定を行うことで、森林施策実施前後（2001～2006 年頃から 2017～2021 年頃までの約 15 年間）の森林状態変化を評価し、水循環への影響を解析することを目的とする。

(6) 方法

本業務は、名古屋大学が受託して実施した。LiDAR データから立木密度や樹高等を取得し、それらの数値、森林条件、降水タイプを入力データとして、蒸発遮断量、蒸発散量、林床面蒸発量を推定するモデルを構築した。この結果を、神奈川県全域および人工林エリアを対象として、広域的に森林水循環の変化を試算し、施策の前後での差異が生じているかを評価した。

(7) 結果の概要

森林の状態については、施策により間伐が進められた人工林では、推定 2,000 本/ha 以上であった立木密度が 1,000 本/ha 以下まで大きく減少する一方、樹木の成長も進み、樹冠構造が変化していることが示された。

それに伴って、樹冠遮断量や蒸散量の水循環指標に一定の変化が見られ、全体としては確保時から第三期にかけて蒸発散量がやや減る一方、地下水への涵養量（地中へ浸透する水量）が増える傾向が試算された。（図 1）試算上は、施策前後で神奈川県全体の森林では年間で約 60mm 程度、人工林では約 190mm 程度の地下水涵養量の増加が見込まれる結果となった。また、神奈川県の全森林面積

（94,701ha）で計算すると、年間約 5,780 万 m³ の地下水が増加したと推定された。この増加量は、神奈川県が供給する年間水道水量の約 6% に相当するとの推定もあり、施策による森林管理が県全体の水資源確保に寄与していることが示唆された。

(8) 今後の課題

施策の効果をより正確に評価していくためには、樹冠・林床の各層での水収支を包括的に把握し、気象条件や地形・地質条件、樹種構成などを考慮する必要がある。また、実際の森林管理においては、シカの食害などの影響を受ける林床面の状態や下層植生の変化まで含めて一層精密に把握し、広域のかつ長期的な視点をもった管理施策が求められる。

(9) 成果の発表

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）概要 p4

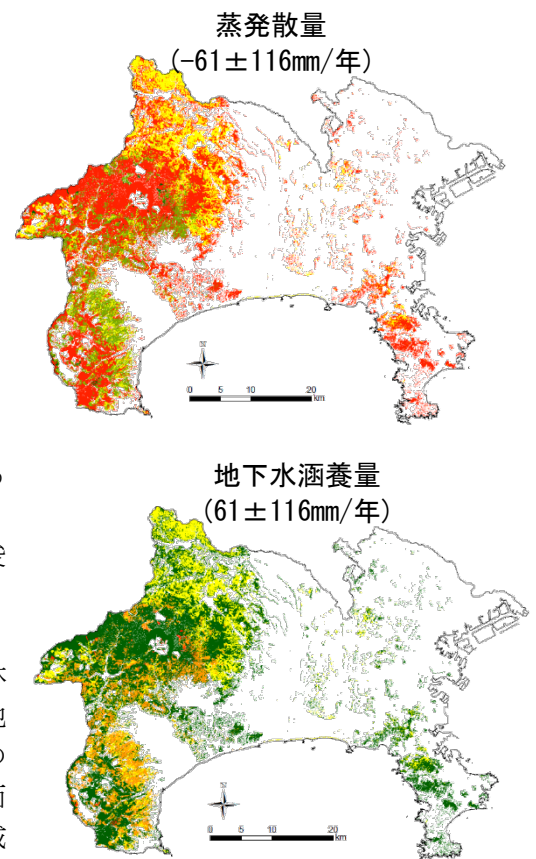


図 1 確保時から第三期までの推定変化量(単位は mm/年)