

令和3年度モニタリングの調査結果（自然環境保全センター）

— 対照流域法調査 資料編 —

令和3年度までの主なモニタリング結果の項目

（1） シカの影響が大きい丹沢山地における下層植生回復による水源かん養機能改善の検証
→大洞沢、ヌタノ沢のこれまでの主な検証結果（資料本編のとおり）

更新：①柵内の下層植生回復状況（ヌタノ沢）

新：②植生が異なる斜面における土砂生産（大洞沢）

新：③間伐が河川流量に及ぼす影響（大洞沢）

（2） 適切な水源林管理による人工林の水源かん養機能保全の検証
→貝沢、フチジリ沢のこれまでの主な検証結果（資料本編のとおり）

新（3）施策評価の背景となる水循環の実態や変動

④アメダス丹沢湖の降水量の変化

⑤県内水源地域の降水量の実態

⑥試験流域の地質と水流出特性

⑦令和元年東日本台風による森林斜面の崩壊機構

⑧令和元年東日本台風後の崩壊地分布（緑区）

⑨台風による河床かく乱後の水生生物回復状況

① 柵内の下層植生回復状況 (ヌタノ沢)

実施流域は、谷止工の堆砂域を中心に下層植生が繁茂し、林床被覆は顕著に増加。
 対照流域は部分的にミツマタ、マツカゼソウなどの不嗜好性種が繁茂するが全体の林床被覆は横ばい。

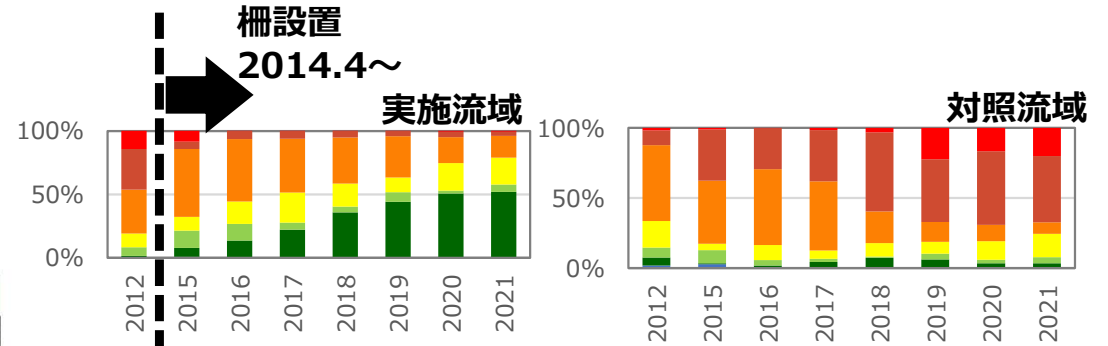


図1 夏季の林床被覆ランクごとの流域内分布割合の推移

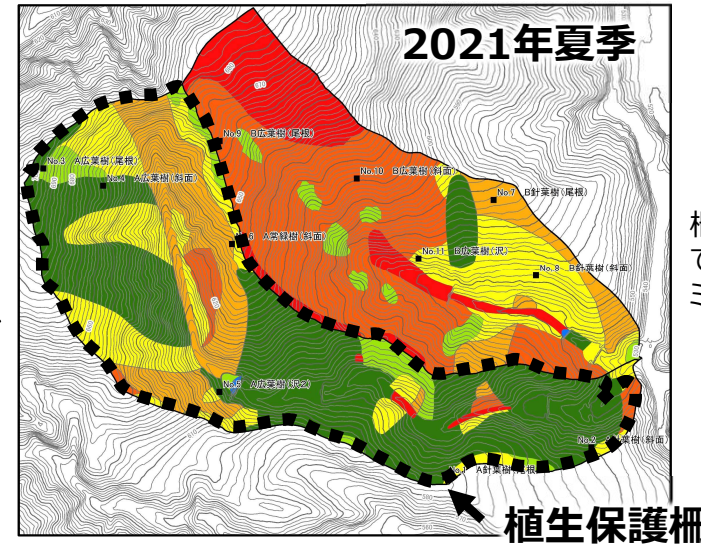
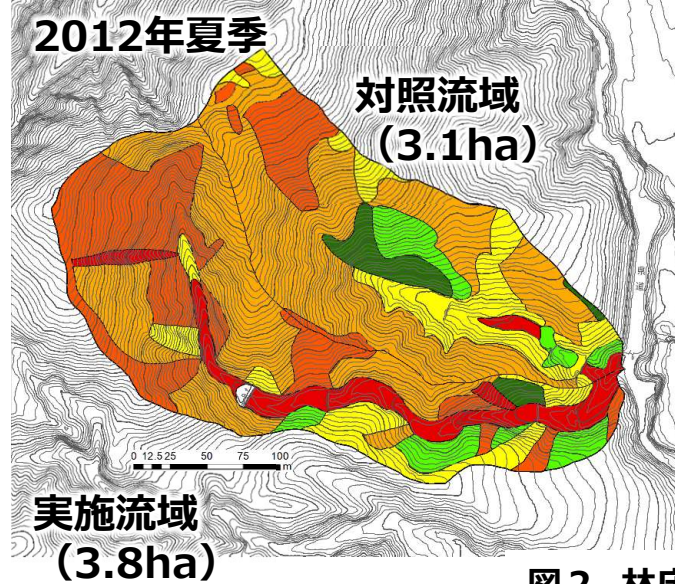


図2 林床被覆ランクごとの流域内分布

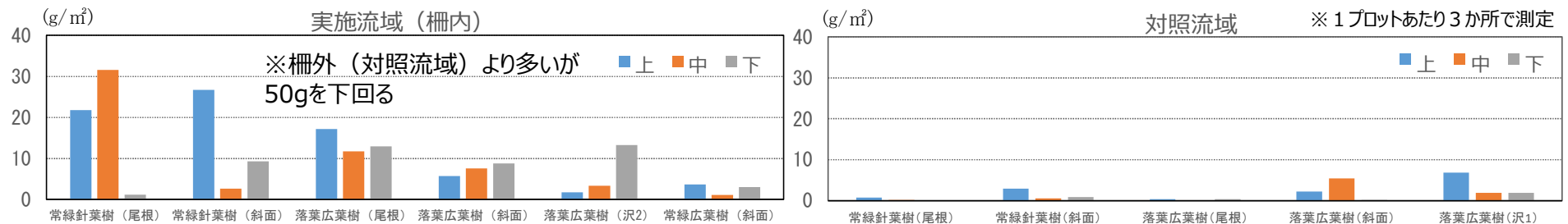


図3 定点プロットの下層植生のバイオマス (2021年夏季調査)

② 植生が異なる斜面における土砂生産 (大洞沢) P.2

大洞沢の柵内の植生回復部では、低木層が発達し、柵外の植生回復部では、草本層（不嗜好性）が優占する状況がみられる。そこで、裸地斜面・草本斜面・低木斜面の植生の異なる斜面において土砂生産量を測定した。

植生ごとにみると、低木斜面で特に斜面長の大きいプロットにおいて生産土砂量が少なかった。また、裸地と草本斜面では、斜面長に応じて夏期の土砂生産量が増大したが、低木斜面ではその傾向は小さかった。

裸地斜面 草本斜面 (対照流域) 低木斜面 (実施流域)

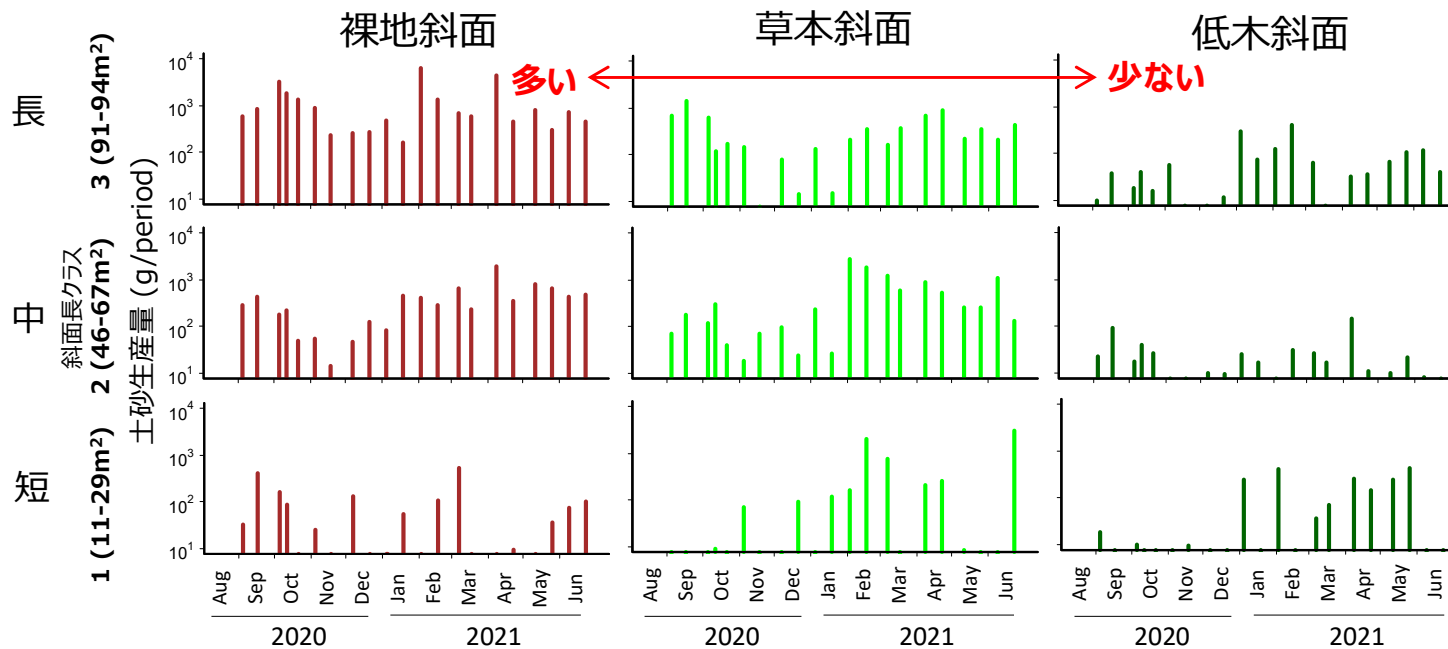


図4 各プロットの観測期間ごとの土砂生産量

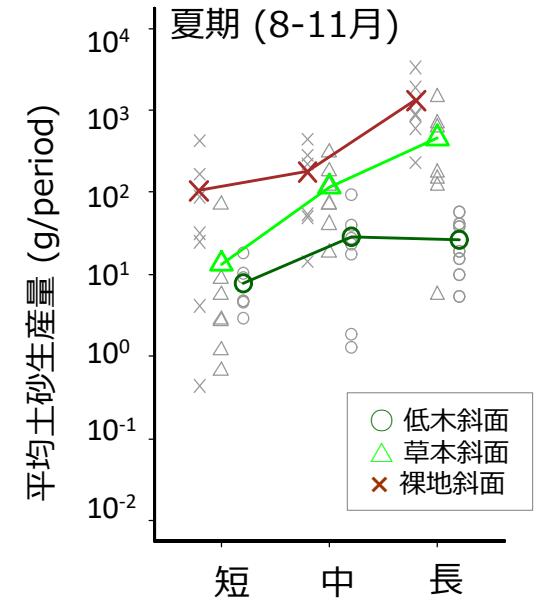


図5 植生ごとの斜面長に応じた生産土砂量の変化

③ 間伐が河川流量に及ぼす影響 (大洞沢)

大洞沢においては、間伐の効果を検証するため、2018年よりプロットスケールによる詳細な蒸発散量の測定を開始するとともに、その結果を流域スケールに拡張するためのシミュレーションモデルの構築に取り組んでいる。

蒸発散量の十分なデータ取得に先立ち、既往文献より立木密度の変化に伴う蒸発散量の変化を仮定することにより、代表的な水文モデル (TOPモデル) を用いて立木密度変化が河川流出に及ぼす影響について検討した。

その結果、間伐に伴い総流出量は増加するものの、そのほとんどは渇水時の流出増加には寄与しない、また、間伐による渇水時の流出増加量は流域の保水性によって大きく左右され、流域の保水性が高いほうが大きくなることが示唆された。

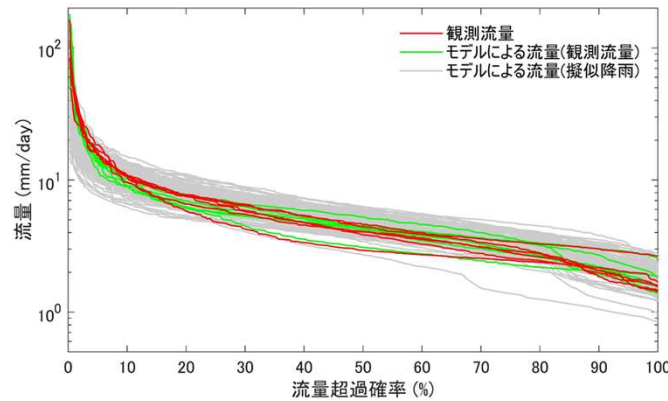


図7 観測流量と疑似降雨により発生させた流量の流況曲線

間伐による河川流量への影響を評価する上で、雨量のばらつきが大きく影響を及ぼす可能性がある。それも含めて評価するため、観測された雨量の分布をもとに100年分の疑似的な降雨を発生させて解析を行った。

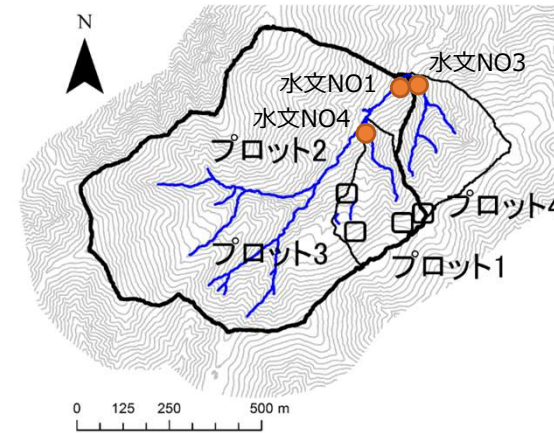


図6 水文観測地点と蒸発散量測定プロット

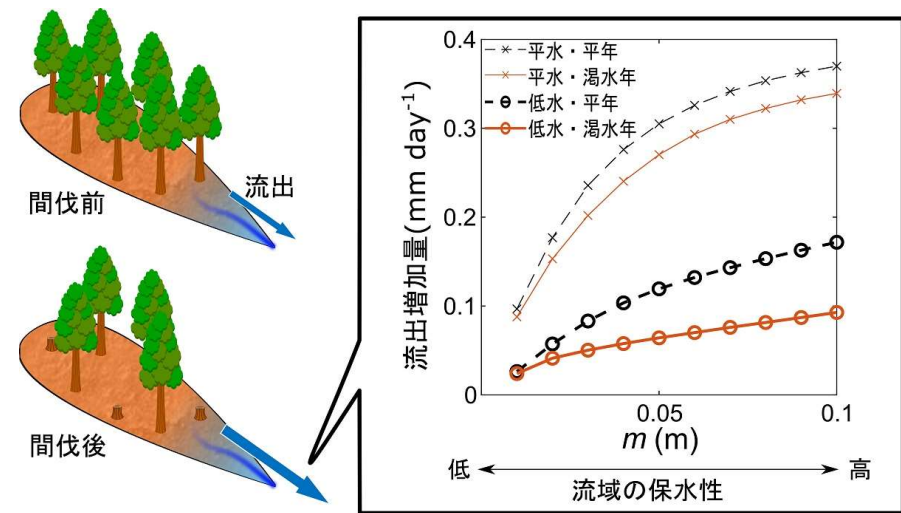


図8 平年および渇水年の平水、低水の流出増加量と流域の保水性との関係

間伐による大渇水時(低水・渇水年)の流出増加量は平常時(平水・平年)より少なくなる、大渇水時の流出増加量は流域の保水性が高い方が大きくなることが示唆された。(図は既往文献の測定事例を参照し、間伐前2229本/ha、間伐後1132本/haの本数間伐率50%を想定して計算。)

④ アメダス丹沢湖の降水量の変化

年単位の変化

年降水量、年間の降水量1mm未満の日数、降水量10mm以上の日数は、それぞれ横ばいの傾向。

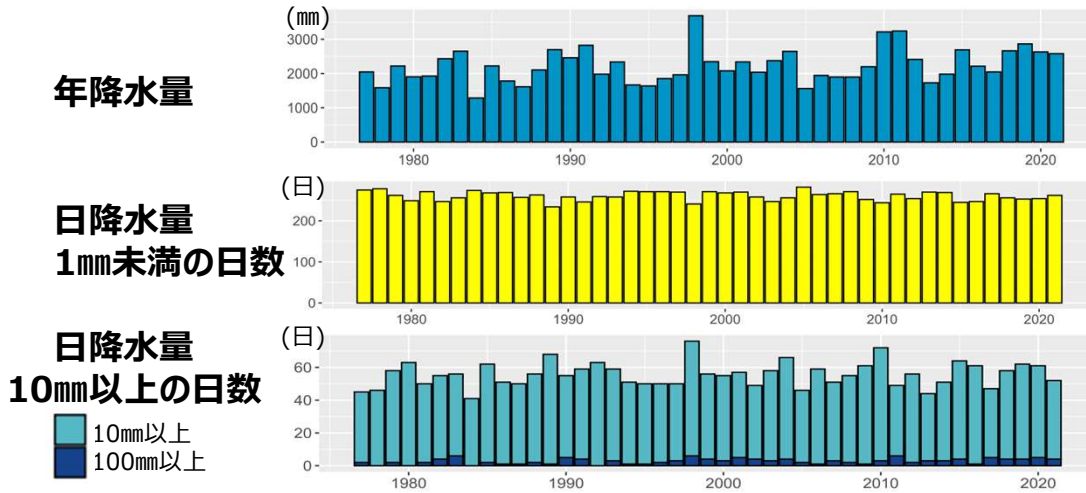


図9 45年間の降水量の変化

日降水量100mm以上の大雨の日数の変化

年代ごとにみると、日降水量100mm以上の日数は増加。
日降水量200mm以上の日数もやや増加。
施策開始以降の変化を年単位で見ると、日降水量100mm以上の日は、第3期の5年間で比較的多く発生している。

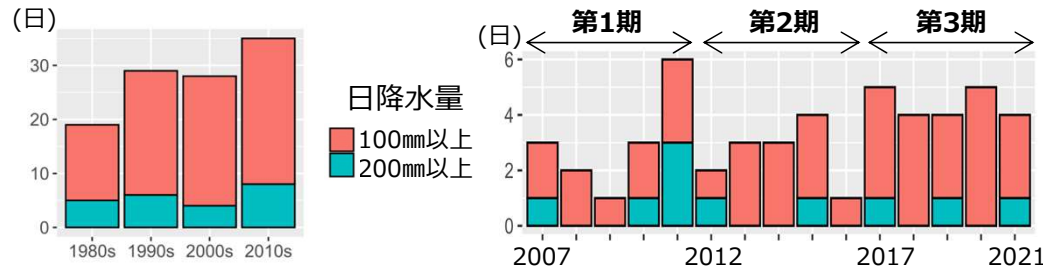


図11 各年代10年ごとの日降水量100mm以上の日数

図12 2007～2021年の日降水量100mm以上の日数

(参考) 全国の傾向

全国では、大雨の日数が増加傾向

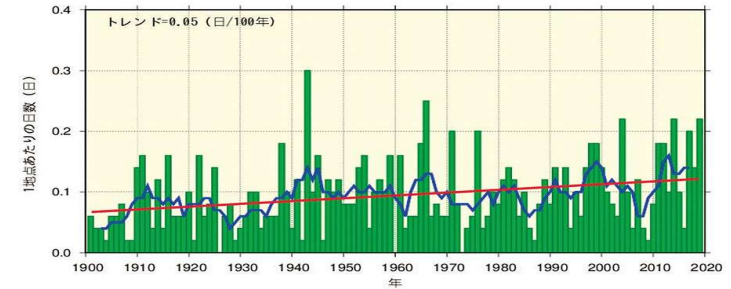


図10 日降水量200mm以上の年間日数の変化

(アメダス51地点の平均) 出典：気象庁ホームページ

総降水量300mm以上の降雨事例

1980年代よりも1990年代以降のほうが、強い降雨強度の時間がより継続する傾向

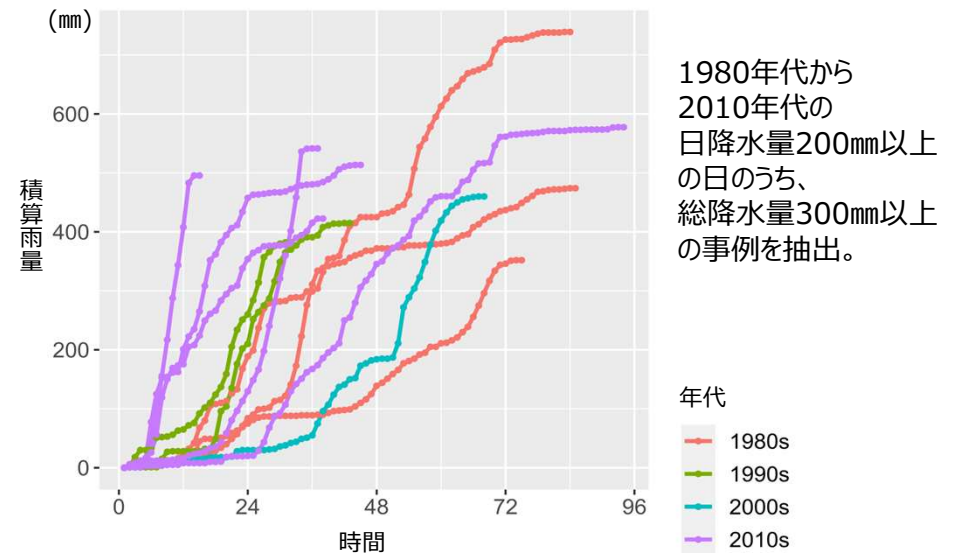
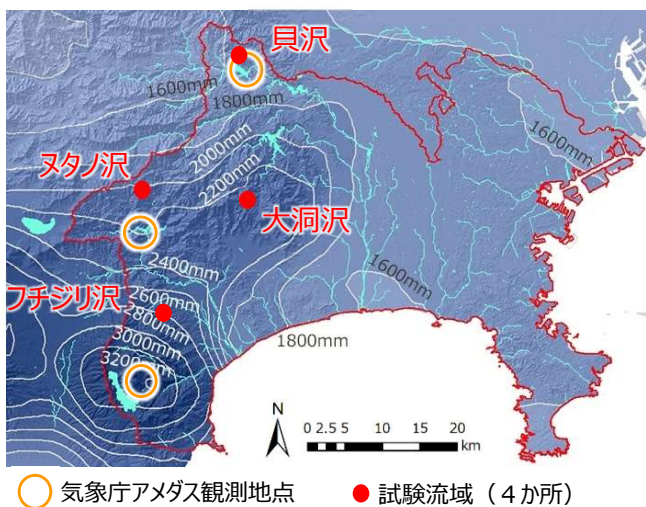


図13 総降水量300mm以上の降雨事例の積算雨量図

使用データ：気象庁ホームページよりDL

県内の降水量分布

(参考) 全国における神奈川県的位置づけ



全国的に見ると、県内水源地地域は、比較的降水量の多い地域である。

県内水源地地域の中で見ると、年降水量1600mmから3400mmと地域による差が大きく、特に箱根や丹沢の山地で多い。

降水量分布に関しては、地形(標高)に依存する側面もあるため、県の西側の山地が相模川や酒匂川の主要なかん養源となっている。

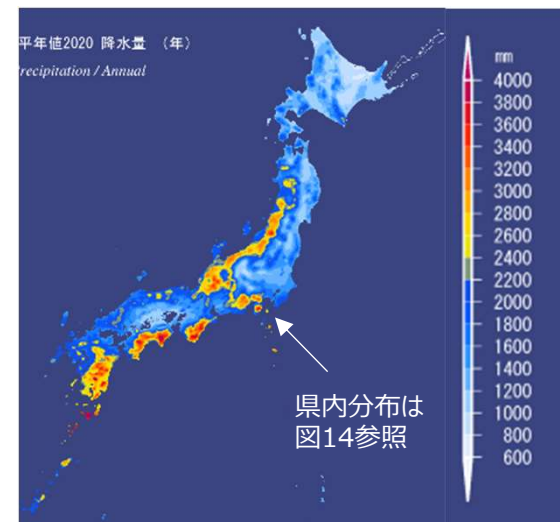


図14 平年の降水量の分布
気象庁メッシュ平年値2010より作成

図15 気象庁メッシュ平年値2020 年降水量

出典：気象庁ホームページ

各試験流域の降水量（年単位・月単位）

大洞沢は年間3000mm程度で多く、貝沢はその半分程度。どちらも比較的年変動は少なく、月単位でみても同じように推移する傾向。

ヌタノ沢とフチジリ沢では、年による変動が比較的大きく、降雨期の月単位の両者の変動は必ずしも一致しない。これには台風の進路（直撃するかどうか）などが影響。

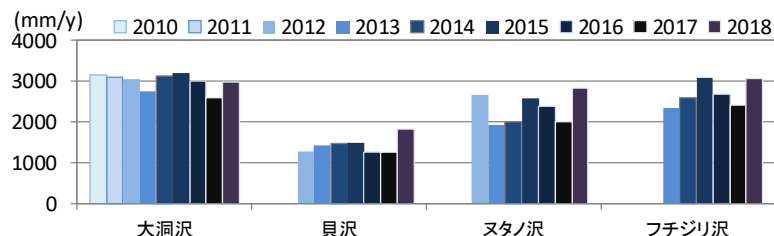


図16 観測開始以降の各試験流域の年降水量

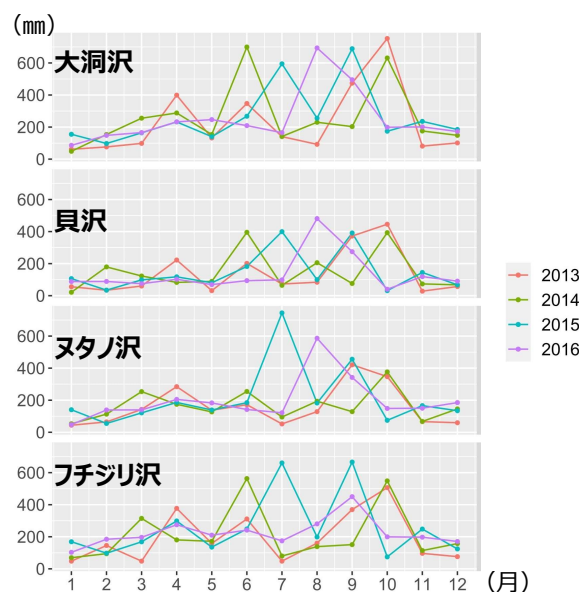
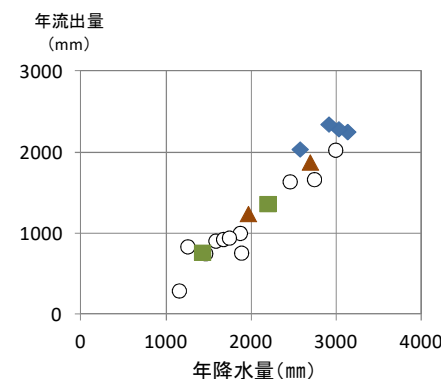


図17 月降水量の推移（2013～2016）



○ 国内の主な試験流域
◆ 大洞沢 (No.1) 2010～2013年
■ 貝沢 (No.4) 2012、2013年
▲ ヌタノ沢 (B) 2012、2013年

降水量が、流出量に大きく反映。

図18 年間の降水量と流出量

出典：中間評価報告書

試験流域の地層・岩石

<酒匂川水系>
ヌタノ沢：西丹沢
 →深成岩からなる
フチジリ沢：箱根外輪山
 →火山噴出物からなる

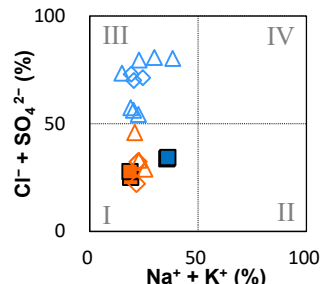


<相模川水系>
貝沢：小仏山地
 小仏層群→堆積岩からなる
大洞沢：東丹沢
 丹沢層群→堆積岩からなる

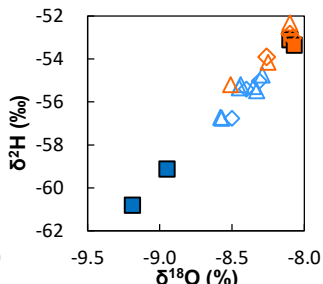
各試験流域の水流出特性を把握したところ、特にヌタノ沢では風化の進んだ花崗岩質の基岩の特徴を反映し、他の試験流域と比べて透水性・保水性が高く流況も安定的であった。対照的に貝沢は頁岩や泥岩などの堆積岩からなり、丹沢や箱根と比べて破碎帯や節理の発達もほとんどみられないため、基岩層の透水性は低く、流域としての保水には土壌層の役割が大きいと考えられた。

トレーサー手法による水質分析

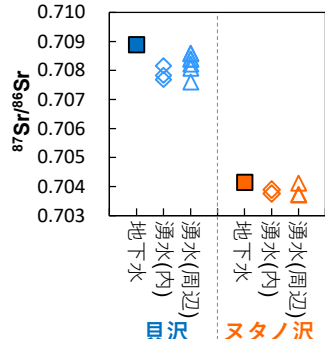
(a) 溶存イオン成分*



(b) 酸素・水素安定同位体比



(c) ストロンチウム同位体比



■ 地下水 (貝沢流域内)
 ◆ 湧水 (貝沢流域内)
 ▲ 湧水 (貝沢周辺)
 ■ 地下水 (ヌタノ沢流域内)
 ◆ 湧水 (ヌタノ沢流域内)
 ▲ 湧水 (ヌタノ沢周辺)

※全陰イオン中のCl⁻+SO₄²⁻の割合と、前陽イオン中のNa⁺+K⁺の割合をプロットすることで、主要イオンの特徴を相対的に表した図。図中のI~IVは地下水の大まかな水質のタイプを表す。

観測で得られた貝沢とヌタノ沢の流況

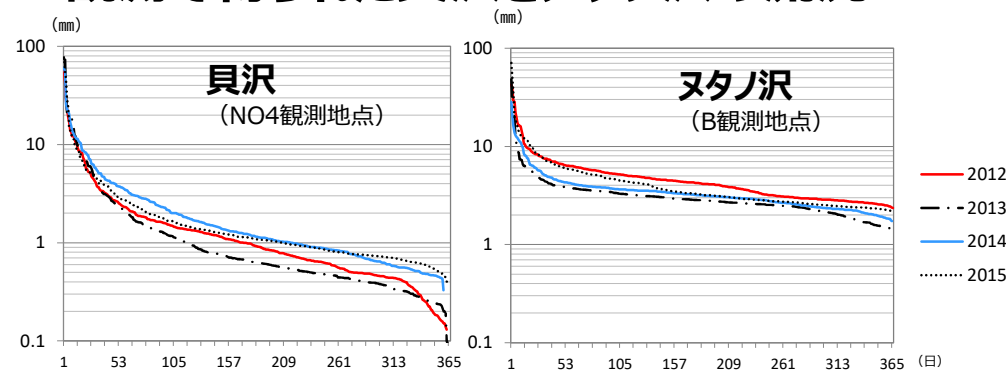
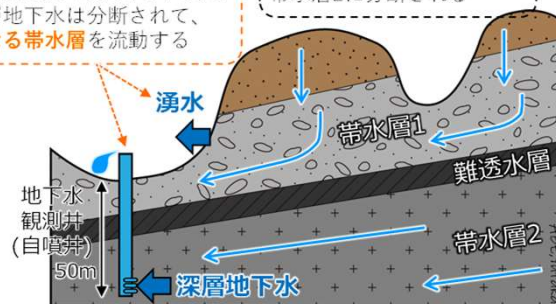


図19 貝沢とヌタノ沢の2012~2015年の流況

モニタリング結果を総合して推定された水流出機構

貝沢

難透水層(水を通しにくい地層)によって、帯水層1と帯水層2に分断される
 地表面付近の湧水(地下水)と深層地下水は分断されて、異なる帯水層を流動する



ヌタノ沢

花崗岩は風化するを砂礫になる。砂礫や亀裂は地下水を通し易い。
 地表面付近の湧水(地下水)と深層地下水はつながっており、同じ帯水層を流動する

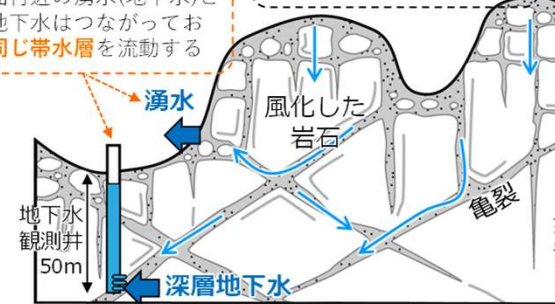


図20 酸素・水素安定同位体比とストロンチウム同位体比の傾向

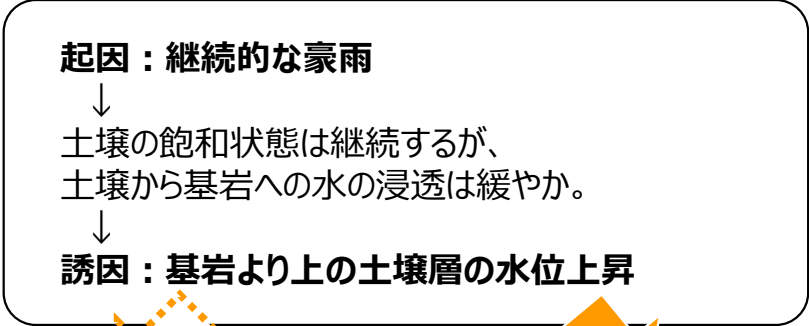
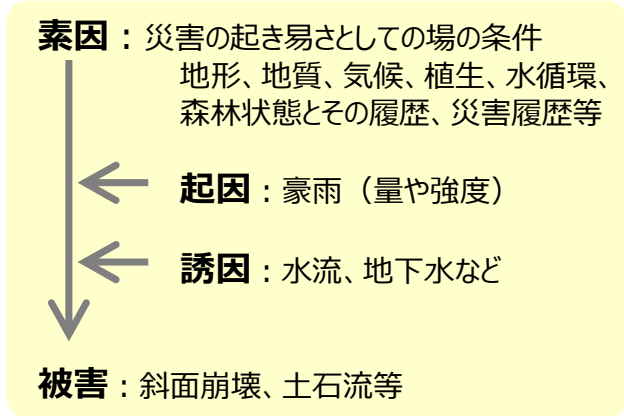
安部・内山 (2021)

図21 貝沢とヌタノ沢の水循環の模式図

安部・内山 (2021)

⑦令和元年東日本台風による森林斜面の崩壊機構 P.7

豪雨災害は、素因・起因・誘因が組み合わさって発生する。
令和元年東日本台風による林地被害では、
これまでにない継続的な豪雨が起因となり、
基岩より上の土壌層の水位上昇が誘因となり崩壊が発生。



森林がないと、
土壌層が剥がれ落ち、
面的な崩壊

従来発生していた
幼齢林の林分の崩壊は、
樹木根系の働き※が
比較的弱いために発生。

森林があっても、
地下の状態（素因）によっては
根系より深い層で崩壊が発生

現在は樹木根系の働き※により
崩壊そのものは減少したが、
樹木根系より深い層からの崩壊が
目立つようになった。

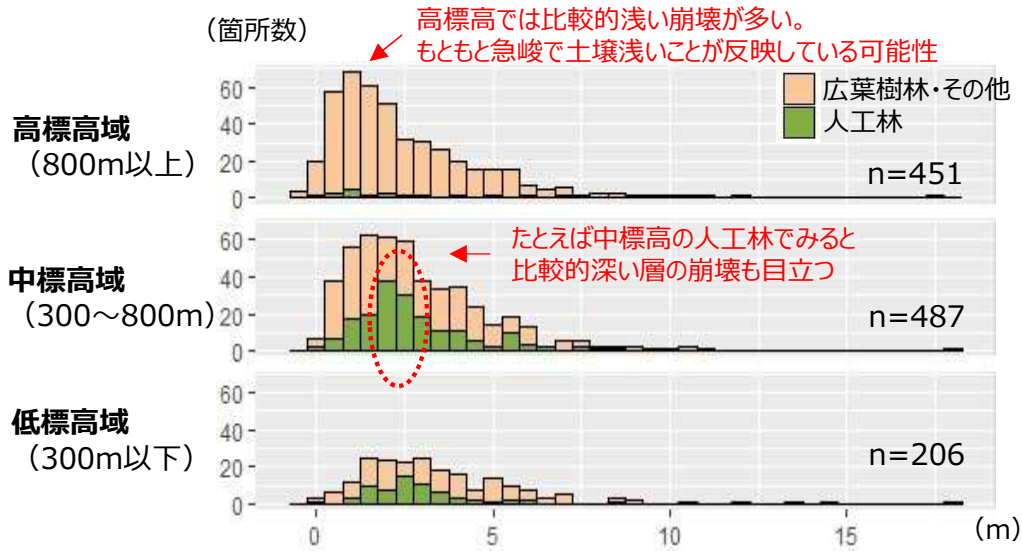


図22 崩壊地の崩壊深の分布 (2020年と2009年の地盤高差分)

使用データ：2020年森林再生課調査

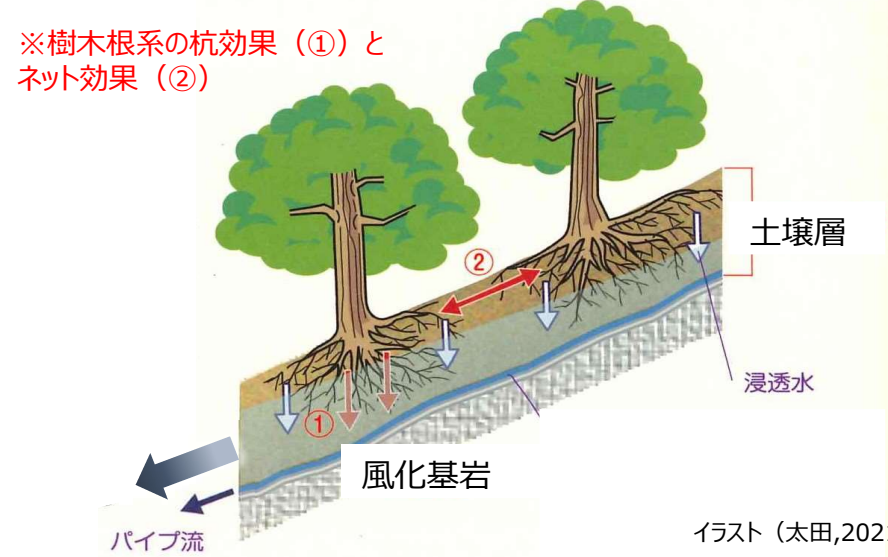


図23 樹木根系と斜面の断面模式図

イラスト (太田,2021) より抜粋

⑧令和元年東日本台風後の崩壊地分布（緑区）

令和元年東日本台風の翌年に調査された崩壊地は、緑区全体で1144か所、総面積100ha。「昭和47年7月豪雨」のあった1972年山北町中川・玄倉と比較すると、全体の崩壊面積率は、山北1.3%に対し緑区0.5%でかなり少ない。

これには、森林の状態の変化も関係していると考えられ、1970年代では斜面崩壊に弱い幼齢以下の森林は、県内民有林の6割を占めていたが、現在は1割未満に減少している。



林地被害の発生した水源林（緑区佐野川）

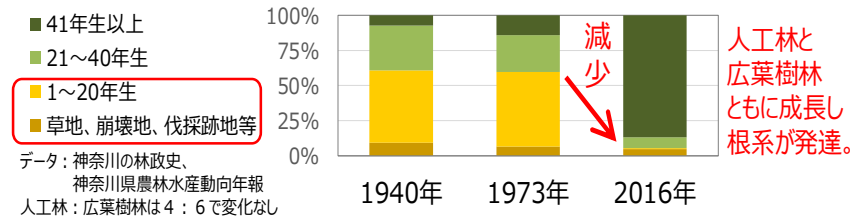


図24 県内民有林の3時点の齢級別森林面積割合

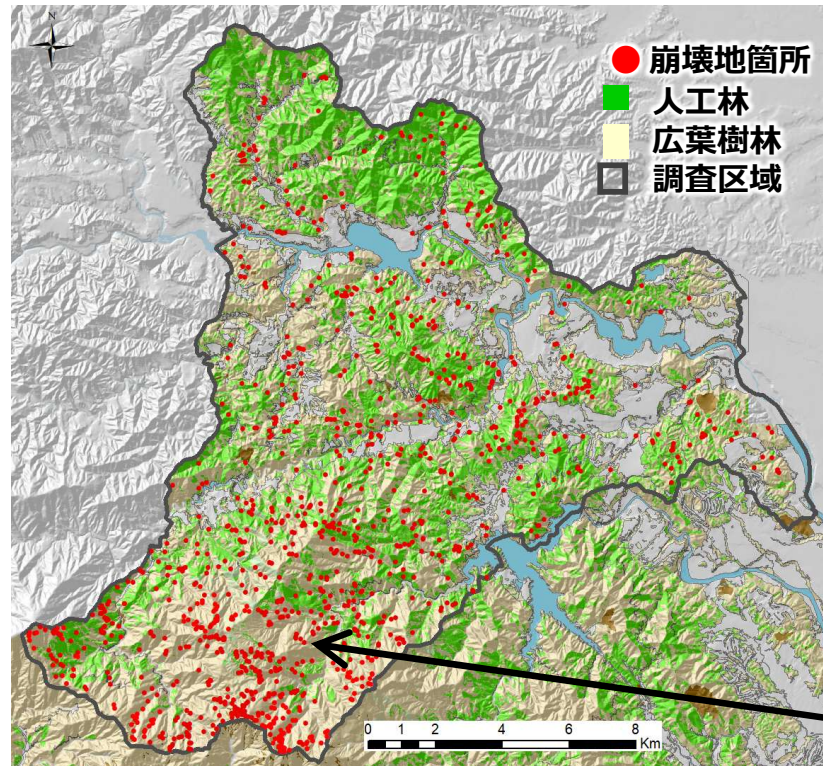


図25 緑区の現況崩壊地（2020年時点）

使用データ：2020年森林再生課調査

緑区の中でみると、現況の崩壊地が最も多い場所は、丹沢高標高域（標高800m以上）であるが、その6割は以前からあった崩壊地であった。当該箇所は、1923年の関東大震災でも多数の崩壊地が発生しており、従来より比較的多く崩壊地が多く分布する場所である。中低標高域よりも全般的に急峻であり、不安定で土壌の薄い斜面も多い。

中標高域（標高300～800m）の崩壊地の約8割、低標高域（標高300m以下）の崩壊地の約7割が最近の崩壊地であった。従来は崩壊地が比較的少なかった場所であるが、最近になって崩壊が発生している。



写真：「神奈川の林政史」より

早戸川上流域の森林の変化

写真：「早戸川森林史」より

⑨ 台風による河床かく乱後の水生生物回復状況

令和元年東日本台風の影響により大規模な河床かく乱の発生したフチジリ沢において、かく乱後の水生生物の変化を調査した。その結果、底生動物、付着藻類ともに、台風から丸2年経過後の2022年冬季の調査で台風前のレベルに回復した（通常の変動の範囲内）と判断された。一連の調査を通して、源流の水生生物には、かく乱だけでなく渇水期の瀬切れの発生しやすさも大きく影響し、流域ごとの水循環とも密接に関係することが改めて浮き彫りになった。



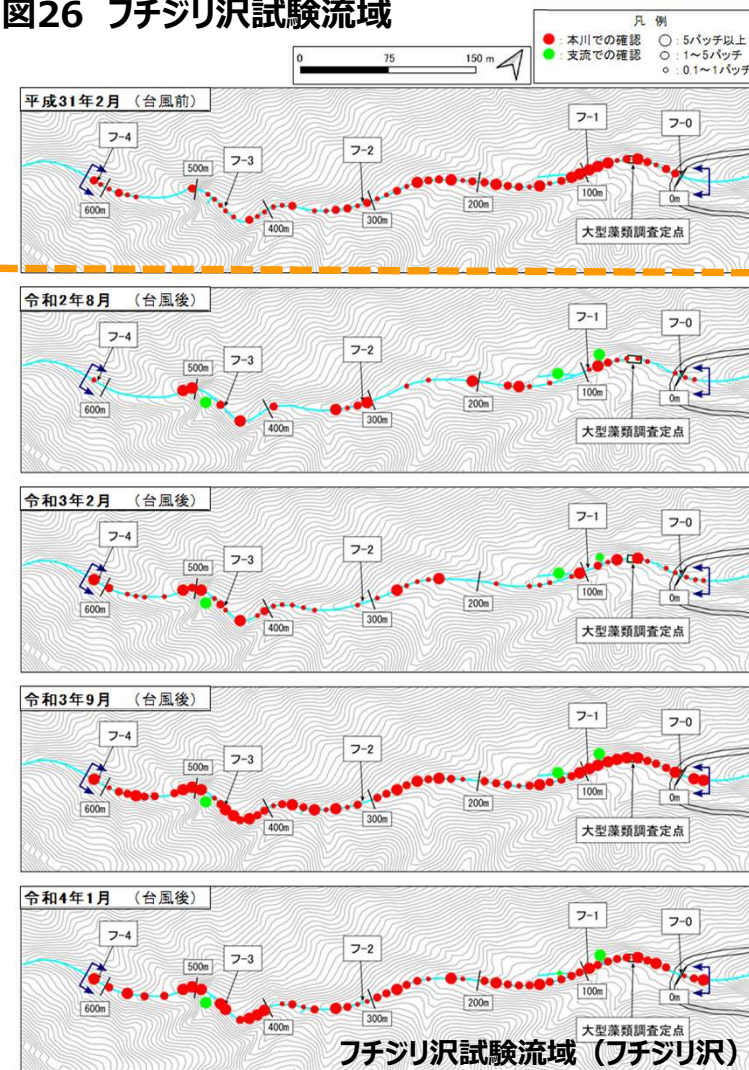
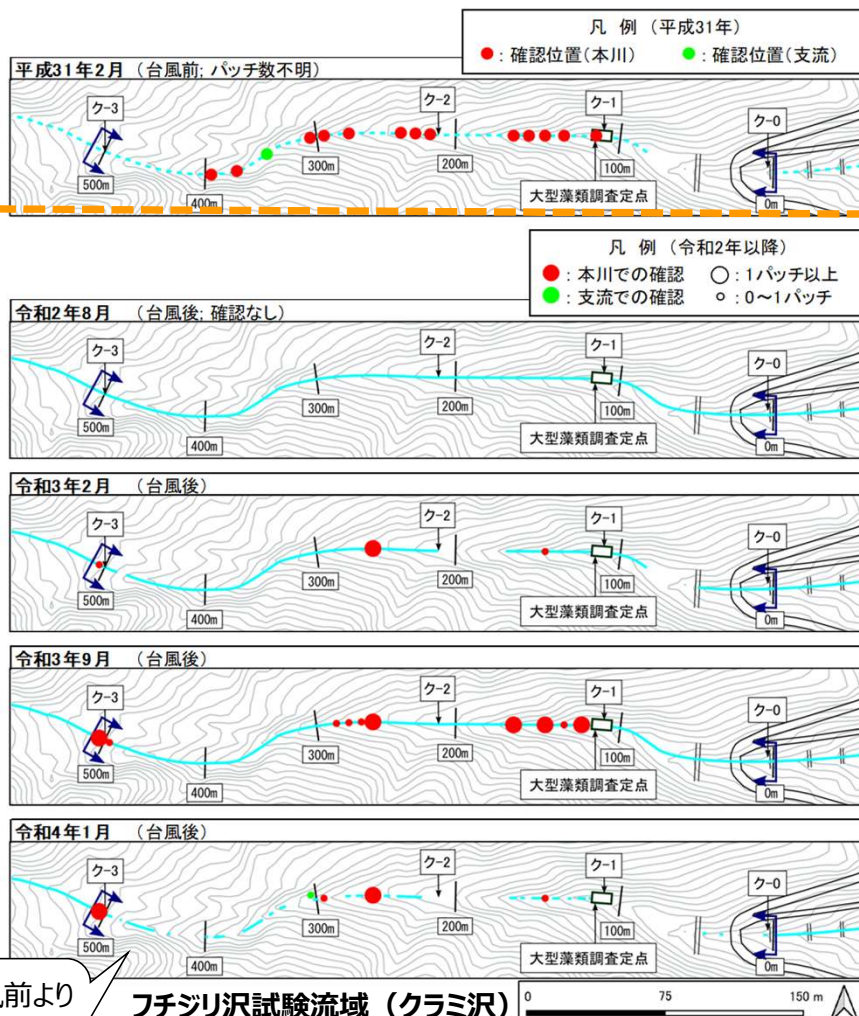
図26 フチジリ沢試験流域

台風前

台風後

台風前

台風後



全体では台風前より少ないが、残水域では十分に回復

図27 台風後のタンスイベニマダラ生育状況の変化

※タンスイベニマダラ等の大型藻類を土砂流出の指標として継続調査。