

西丹沢ヌタノ沢の水文地質と流出状況

横山尚秀*・内山佳美*・山根正伸**

Characteristics of hydrogeology and discharge of the Nutanosawa, a branch of Nakagawa River in the Western Tanzawa Mountains

Takahide YOKOYAMA, Yoshimi UCHIYAMA and Masanobu YAMANE

要 旨

シカ採食圧により林床植生が衰退した森林の水源環境の対策を想定し、試験流域のヌタノ沢流域の自然特性を調査した。その現況を反映させた水循環モデルを構築し、シナリオ解析を行って施業の実施と効果のモニタリング調査に役立てる計画である。このため、事前モニタリング調査として森林の水源かん養機能に果たす土壌および基盤岩の役割に注目し、これらを把握するため、現地踏査とボーリング調査による水文地質調査および流量調査による流況把握を行った。その結果、土層厚の分布、基盤岩を構成する石英閃緑岩の風化、節理などの地質、上流から下流に至る河川水量の変化とその年間の推移など水文地質と流況を明らかにした。とくに、流域を構成するA沢とB沢の流況の違いが確認されたことから、モニタリング調査の精度向上をはかり、両沢の水収支についても、調査を行っていく必要がある。

I はじめに

平成 22 (2010) 年度に第 3 番目の試験流域に設定された中川水系 (三保ダム上流域) 支流のヌタノ沢は、西丹沢山系、権現山の東麓に位置し (図 1)、流域面積が 7 ha と 4 試験流域の中では最も面積が狭い流域である。流域は急峻で東方に開け、中央の尾根を境に南側の A 沢 (4 ha)、北側の B 沢 (3 ha) で構成されている。両沢は東端で合流し、流水は 10 m 程の滝状になって中川に落下する。流域の林相は、上流部に広葉樹林が分布し、中・下流部にスギ・ヒノキの人工林が分布する。流域はシカ採食圧が顕著で、写真 1 に示すように、林床植生は殆ど認められない。このような流域状況を踏まえ、西丹沢の特徴的な地質を備えるヌタノ沢が試験流域に選定された。

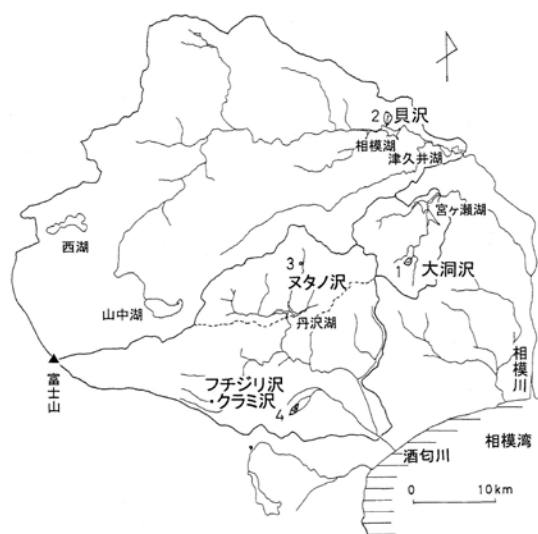


図 1 ヌタノ沢等の試験流域の位置
(ヌタノ沢は地図上の流域 3)

* 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 厚木市七沢 657)

** 神奈川県環境農政局 水・緑部 自然環境保全課 (〒 231-8588 横浜市中区日本大通 1)



写真1 ヌタノ沢の林床の状況
(土壌が浸食され、根が露出している)

ヌタノ沢では、水循環機構を調査し、森林の水源かん養機能(中野, 1976)を評価した上で、森林保護対策として想定される植生保護柵設置等の効果について予測し、対照流域法により施業の効果をモニタリングしていく計画である。調査にあたって、森林の水源かん養機能に果たす土壌のバッファー効果や透水性基盤からの基底流出の役割が重要で(藤枝, 2007; 小杉, 2007)、流域特性として把握する。さらに、林床植生が衰退した林地ではその回復が流出へ与える影響(海ほか, 2012)を想定する必要がある、これらを考慮して森林環境調査項目を検討した。

森林環境調査を平成22(2010)年度から施業前の事前モニタリングとして開始した。ヌタノ沢が水源かん養機能として備える保水性、貯水性を把握することとし、土壌、地質及び流況を調査した。本報告では、これらを水文地質および河川流況における流域特性としてとりまとめた。調査結果は、想定される施業の効果の事前予測する流域水循環モデルの構築に役立て、さらにシミュレーションで予測・検証された結果をモニタリング調査にフィードバックする計画である。

II 調査方法

1 調査項目

中川川流域の土砂流出については、厚井ほか(2007)によって報告されているが、ヌタノ沢は調査対象外であった。試験流域選定時に行われた基礎調査によると、昭和47(1972)年の西丹沢で発生

した大洪水時に土砂災害が発生し、その対策事業により治山堰が設置されたこと、両沢とも源頭部の湧水を水源とし、年間を通して流水が見られること、流況がA沢とB沢では大きく異なること、地質は石英閃緑岩で風化が顕著で、急傾斜であること、などが把握されている。そこで、本調査では、対照流域法の適用を踏まえ、水循環機構の解析の基礎となる水文地質について、ヌタノ沢のA沢とB沢を個別に調査し、小流域レベルでの表層地質(地形・地質)、地下水理、土壌および河川の流況などを流域特性として把握する。すなわち、地質関係では岩石の風化や亀裂の状況を現地踏査とボーリング調査により明らかにし、流況については源頭部から下流までの定点での定期的な流量調査と下流に設置した量水堰での定期的な流量調査を行った。なお、流域特性把握の一環として、河川水の水質についても調査した。分析項目は、陽イオン、陰イオン等の一般項目である。

2 水文地質

(1) 地形・地質

表層地質図(神奈川県, 1987)によると、西丹沢中川川流域は深成岩(石英閃緑岩)と一様に表示されているが、北東-南西方向の節理が発達し(水上ら, 1964)、リニアメントが分布している(棚瀬, 1997)ことが知られている。これらが地下水の流動機構へ影響していると考えられるので、空中写真の判読、現地踏査による地形観察、露頭観察を行うと共に、A沢とB沢の境界(中尾根)で深度50mのボーリング調査を行った(図2)。

ボーリング調査では、深度50mまでオールコア採取による地質(目視による岩石、岩相の変化、風化及び亀裂)の把握を行った。さらに、山地流域で地下水流動機構を把握する上で基盤(山体)の岩石の風化や亀裂の状況などの物理性を把握することが重要であり、沢の河床や谷壁で観察される岩相の変化や節理の状況を補完し、併せて地層の比抵抗を把握するため電気検層を行った。

(2) 地下水理

地下水の状況を合わせて解析するため、ボーリング中の毎朝の静水位を観測して亀裂の情報を得ると共に、ボーリング孔掘削後に孔内をキャリパー検層、

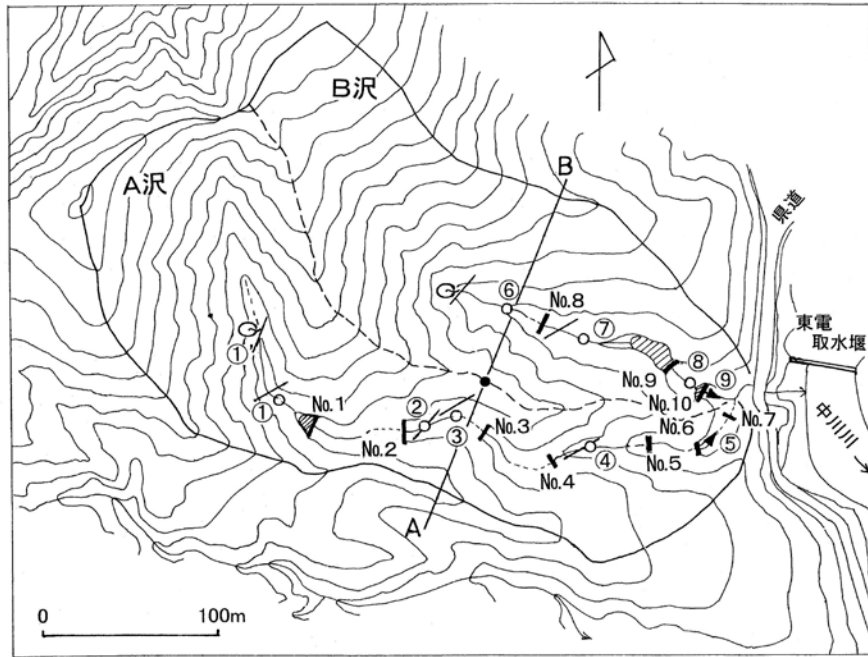


図2 ヌタノ沢の調査地点

(①～番号は流量等調査地点、No. 1～は治山堰、▼は量水堰、／は節理の走行、A－Bは断面線位置を示す)

温度検層の調査を行い、岩石の脆さ、亀裂の状況、帯水層の位置の情報を得た。さらに、これらの調査結果を踏まえて孔内の湧水圧試験を行い、地層の透水係数を調べた。採取されたコアに基づく孔内の地質、掘削完了後に行った比抵抗検層などの物理探査及び湧水圧試験等の結果を総合的に分析し、帯水層等の地下水理の把握に努め、現地踏査結果等と併せ、流域の水文地質の総合的な解析に努めた。なお、調査後は孔井に塩ビケーシングを挿入し、地下水位観測井戸に仕上げた。

(3) 土壌

丹沢山地森林土壌の特性については、越地ほか(2007)が既存の調査報告の成果をベースに、土壌分類と土壌物理性、土壌化学性などの土壌特性を明らかにしている。その中で、土壌形成に係る母岩の影響とその物理特性などを明らかにしており、ヌタノ沢の土壌は風化した石英閃緑岩を母材とする砂質型に相当すると考えられる。しかし、基本的には1m深度の調査結果に基づいており、水源かん養機能(水循環機構)の把握のために基盤岩までの土層厚の把握が必要である。そこで、森林環境調査の一環として行われた簡易貫入試験結果(12ヶ所)の調査結果を用い、試験値が凡そ30以下を基盤までの深度を土層厚とみなして分布を把握すると共に、現

地踏査により表層の状況、土壌の浸食状況などの現況を調査した。

3 河川流量および水質

(1) 流量

水循環機構解明のために必要な項目としては、降雨量に伴うピーク流量等の直接流出量の増加、通常時の基底流出量の状況およびこれらを総合した流況曲線上の変化が考えられる。降雨時の流出量増加については、その詳細は量水堰(写真2)のデータの解析を待たねばならないが、凡その年間の河川流量の変化と降水の状況量を定期的の実施した現地調査



写真2 A沢(左奥)およびB沢(右手前)の量水堰
(A沢とB沢の合流部)

結果に基づき推定した。そして、A沢とB沢の流量が、年間を通じて、降雨時にどのように増水するか、出水時から渇水時へどのような推移をしていくか、両沢の差を把握し、実施流域と対照流域それぞれの流出特性の把握に努めた。

沢の流量は、平成23(2011)年3月から凡そ月1度の頻度で、定点および量水堰の9ヶ所(①～⑨、図2)において測定を開始した。沢ごとに源頭部から下流までの流量変化を調べ、沢水の水収支を左右する無降雨時の流出・浸透の状況(地下水と河川水との交流)を把握できる。なお、ヌタノ沢を含む4試験流域で渇水期に行った一斉流量調査(平成23(2011)年11月)の結果を合わせて解析した。定点および量水堰における定期的な流量調査は、容器法または断面一流速法で行った。また、夏期の一部の期間の降雨前後の量水堰の流量変化について、自動観測により連続記録を用いて比較検討した。

さらに、平成24(2012)年度から観測井戸での地下水位測定を開始した。水位測定は水面検出器を用いて行った。なお、降水量データはアメダス(丹沢)を用いた。

(2) 水質

ヌタノ沢等の試験流域では、河川水中の主要な溶存成分について月1度の頻度で、継続的に観測している(自然環境保全センター, 2012)。その結果、ヌタノ沢の水質は溶存成分が少なく、陽イオン

は Ca^{2+} が、陰イオンは HCO_3^- が主成分で、pHは7.7であることが報告されている。そこで、流域内での水質分布を源頭部から合流点まで詳細に把握するため、渇水期(2011年1月)の流量調査時に採水した河川水の主要イオン構成を調査した。調査は、現地で水温、pH、電気伝導度を測定し、実験室で陽イオン(カリウム(K^+)、ナトリウム(Na^+)、カルシウム(Ca^{2+}))、陰イオン(塩素(Cl^-)、炭酸(HCO_3^-)、硫酸(SO_4^{2-})、硝酸(NO_3^-))を分析した(分析法は、JISK0101)。調査結果は、各測点の水質構成をヘキサダイアグラムに表し、比較検討した。

Ⅲ 調査結果

1 地形・地質

ヌタノ沢流域の地質を構成する石英閃緑岩の風化がかなり進んでいる上、節理が発達している。節理は $\text{N}40\sim60^\circ\text{E}$ の方向が卓越し、水上ら(前出)の記載と同様な状況が認められた。さらに、棚瀬(前出)が指摘するリニアメントに相当する尾根の凸形状と並びがヌタノ沢のA沢南尾根、A沢・B沢境界尾根およびB沢東尾根に伸びることが空中写真及び現地踏査で認められた。

谷底に露出する、あるいは谷の急斜面に露出する閃緑岩はかなり風化が進み、黄変し、或いはゴマシオ(ザラメ)状となっている。A沢は、源頭部がV字状で直線状の急峻な谷となっており、ザラメ状の閃緑岩と捕獲岩と考えられる丹沢層群が認められ、谷の右岸側の亀裂から地下水が湧出している(写真3)。この露頭の状況を示した見取り図(図3)にあるように、垂直で $\text{N}60^\circ\text{E}$ の方向の亀裂帯と $\text{N}20^\circ\text{W}$ の裂け目が認められ、A沢の主要な湧水源を形成している。

B沢の源頭部は壁状に切り立って閃緑岩が露出し、黄色に変色し、岩盤の割れ目から地下水が湧出している(写真4)。B沢の源頭部にはA沢のようなV字状の谷は形成されていない。このため、B沢はこの湧水帯から流れが始まり、峡谷を形成してA沢と合流する。

ボーリングの調査結果(図4)によれば、コアーの地質は石英閃緑岩で、亀裂が多く、深度23m付近に溶岩をはさむ。全体に風化を受けており、31



図3 A沢源頭部湧水の見取り図



写真3 A沢源頭部の湧水と谷の状況
(左手前のクリノメータ上が湧水)



写真4 B沢源頭部の湧水帯
(正面の谷頭部が湧水帯)



写真5 A沢左岸（調査孔下）の露頭（③付近）
(節理：N60° E、90°と小断層)

m以浅と42 m以深で風化が進んでいる。とくに、19 m、30 m、43 m付近などに強風化部が認められる。ボーリング孔はA沢とB沢の境界鞍部に位置しているので、孔井の上部の地質を両沢の谷の露頭の観察で検証できる。A沢側の露頭（写真5）では、風化した閃緑岩とN 60° Eの走行でほぼ垂直の節理、取り込まれた丹沢層群が観察でき、ボーリング孔内の上部の地質とこの露頭観察結果とは調和的である。

ヌタノ沢は、小流域ながらA沢で7ヶ所、B沢で3ヶ所と治山用の堰が10ヶ所と多く設置されていることが特色で、土砂流出が著しいという特徴を表している。その内の7ヶ所が満砂しており、3ヶ所が殆ど満砂状態にある。

調査を開始してから2年の間に、時間雨量100mmを超える強雨を伴う大雨が数度あった。これらの大雨で斜面土壌が流出すると共に、それまで谷底に堆積していた土砂が強雨のたびの出水により削り取られ、下流の堰に堆積した状況が観察された。とくに、狭隘部（地点④）では土砂や枯れ木、枝などの被覆物が洪水と共に流れ去り、基盤岩が露出した。河床では、風化してザラメ状になった石英閃緑岩、捕獲岩の丹沢層群と岩脈状の溶岩、連続性のよい節理が確認できた（写真6）。

2 土壌

地形は全般に斜面傾斜がきついが、尾根の緩傾斜の部分に土壌が比較的厚く堆積している。簡易貫入試験結果をもとに土層厚分布（図5）を把握した。土層の分布は、傾斜が緩い南尾根、東尾根で凡そ3 mと厚く、頂部や流域上部の急傾斜域、中尾根および河床では数10 cm以下と薄い。写真7はB沢左岸、頂上に近い急傾斜斜面（台風による崩壊部）で撮影

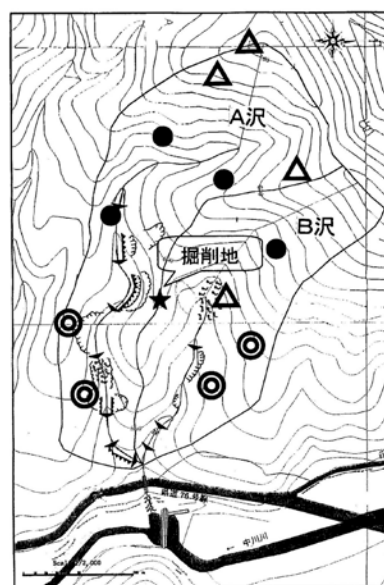


図5 土層厚の分布とボーリング位置
(◎: 3m以上、●: 1~3m、△: 1m以下、★: ボーリング地点)

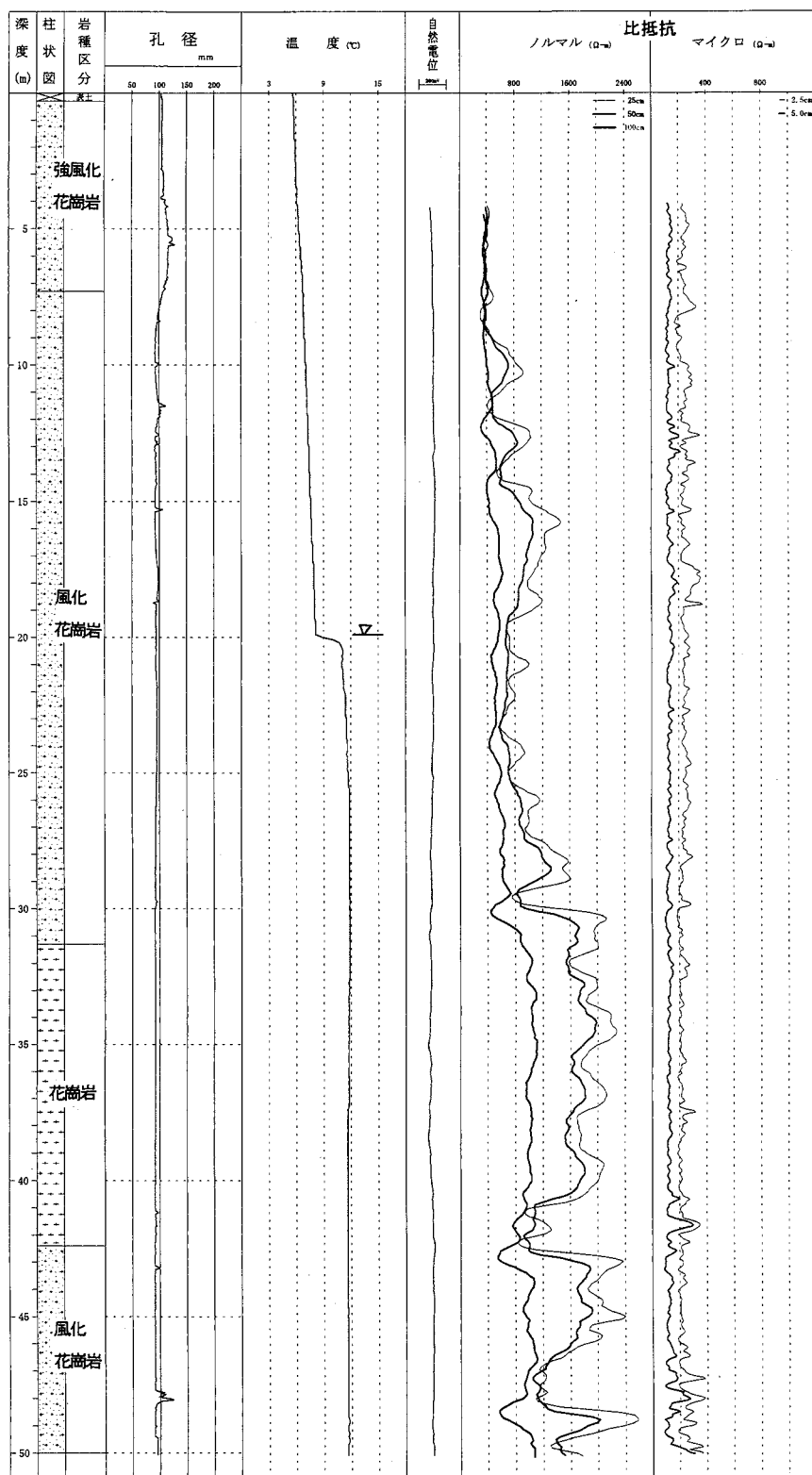


図4 ボーリング調査結果 (▽は地下水位)



写真6 A沢の峡谷部の河床に現れた節理（④付近）
（谷底に直線状に伸びる節理：N60°E）



写真7 B沢頂上近くの崩壊部の土壌と基盤岩
（ハンマー位置に節理が認められる）



写真8 A沢右岸（②付近）の土壌の状況

したが、ここでは20cm程度の薄い土壌と節理を伴う基盤岩の状況がよく分かる。一方、A沢中流部右岸の緩斜面の崖では、風化した石英閃緑岩の基盤岩の上にローム層も認められる（写真8）。ヌタノ沢の土壌は、越地ほか（前出）が分類した砂質型に相当する。

なお、流域全般に林床植生が乏しく、雨滴侵食を受けやすく、土壌の流出による樹木の根の露出、基盤の露出、台風後の倒木と崩壊が認められた。

3 地下水理

孔内の地質柱状図、各種検層結果から、亀裂の多さ、あるいは地質の境部の位置等を読み取り、深度25 mから35 mと40 mから50 mまでの5 m毎の透水係数を求めたところ、表1のとおりであった。コアと比抵抗値、掘削中の孔内水位、温度検層結果を検討し、最下部の帯水層である 10^{-5} cm/秒のオーダーの透水性を持つ亀裂部（深度40 m～45 m）に

表1 ボーリング孔井内の透水試験結果

No.	深度	透水係数
1	25m～30m	2.4×10^{-5} cm/秒
2	30m～35m	3.7 "
3	40m～45m	1.2 "
4	45m～50m	8.6×10^{-6} cm/秒

スクリーンを設置し、観測井戸に仕上げた。

観測井戸の孔内水位は地表から21.5 m（標高565.5 m）であった。ヌタノ沢の地下水は風化が進んだ石英閃緑岩中の亀裂を通して流動している。観測井戸を通る南北方向の地質断面（図6）を描くと、地下水位はA沢とB沢の河床標高の中間にあって、調和的である。なお、調査開始後の水位は、図7に示したように、この半年間に凡そ1 m上昇した。

4 河川流量と水質

（1）流量の年間変化

平成23（2011）年度のA沢、B沢の量水堰⑤および⑨の越流量の実測結果（一部）を旬降水量（丹沢湖）と一緒に図8に示した。年間の降雨と流量の変化の特徴は、7、9月に台風による500mmを超える大雨があったため、このことを反映して流量が急増し、土砂流出も生じたことである。大雨直後の両沢の流量変化を比較すると、A沢の流量は300L/分を超え、急激に増加し、水量も多くなった。一方のB沢は200L/分と比較的緩やかな増加であった。さらに、ピーク後の変化を見ると、A沢は急激に減少するが、B沢の方は緩やかに減少し、8月および10月以降のように、降水量が少なくなると逆転し、B沢の流量の方が多くなる。このように、B沢の方が基底流量がA沢に比べて多く、年間を

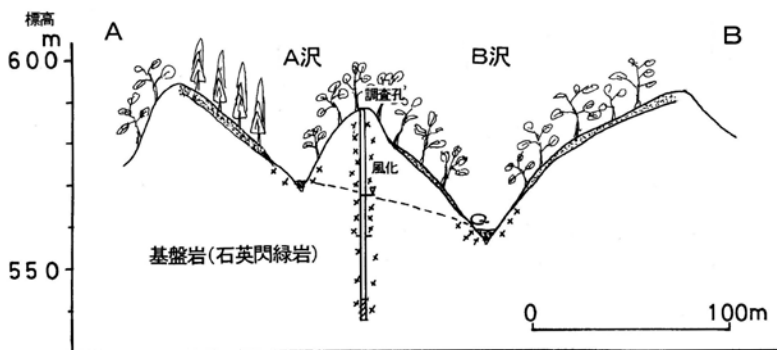


図6 尾根を挟んだA沢とB沢の関係（尾根の地質断面図）
（破線は推定地下水面、断面線A-Bの位置は図2に示す）

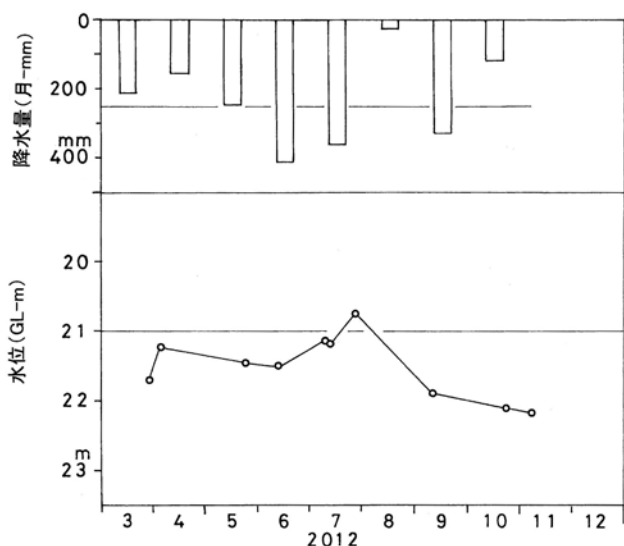


図7 月降水量(丹沢湖)と観測井戸の地下水位観測結果
（水位は地表からの深度m）

通じて安定した流量が観測されている。

（2）上流～下流への水量の増減

A沢とB沢の上流から下流にわたる水系内での流量の増減について状況を把握するため、台風による洪水後1月余り経過し、流量が安定した2011年8月23日に測定したデータを用い、水源の位置、堰の位置が分かるように併せて表示し、図9、10に示した。

A沢は測点①の上流にある湧水を水源とし、No.1の堰の池に流入する。しかし、池はかなり土砂で埋設されている。この堰からのオーバーフローする水量は僅かで、下流のNo.2の堰の手前で流水は全量が浸みこんでしまう。表流水は堰下の水抜き孔から再び流出するが、沢を流下しながら次の堰まで次第に堆積土砂中に覆没浸透してしまう。このような現象が繰り返され、A沢はB沢と合流する。B沢も、基本的にはA沢と同様に、土砂で埋まった堰での覆没

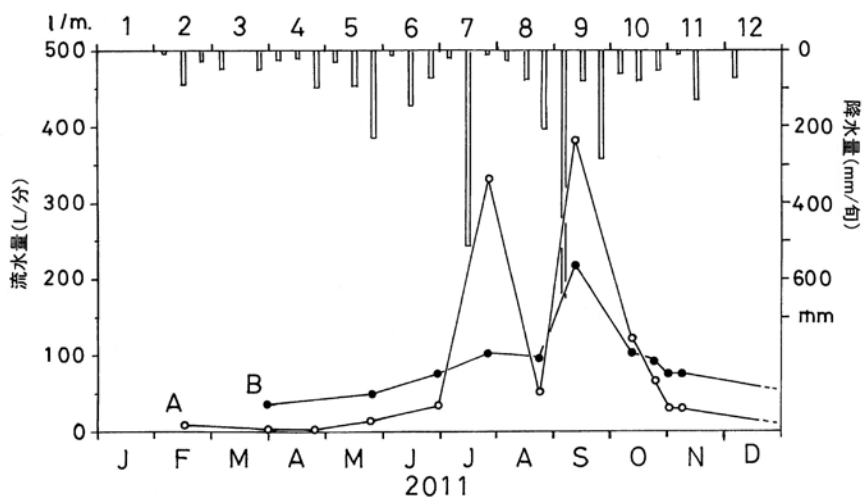


図8 A沢・B沢の量水堰における流量実測結果
（上側が旬降水量、下側が堰水量、○：A沢、●：B沢）

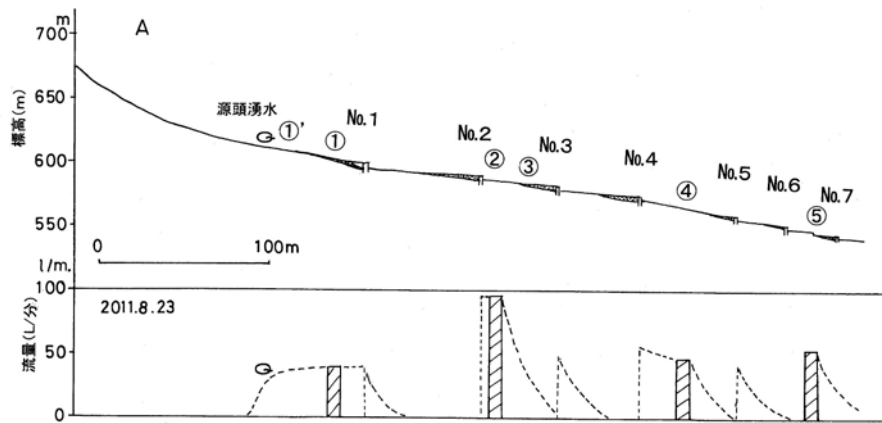


図9 A沢の河床断面（標高）と流水量（L/分）の変化
（2011年8月23日観測、流量観測地点：番号①～および治山堰：No.1～の位置は図2に示す）

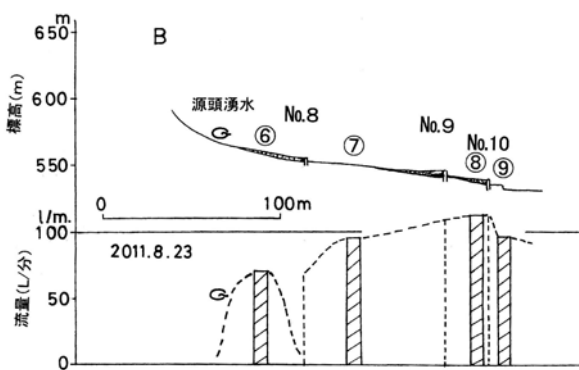


図10 B沢の河床断面（標高）と流水量（L/分）の変化
（2011年8月23日観測、流量観測地点：番号⑥～
および治山堰：No.8～の位置は図2に示す）

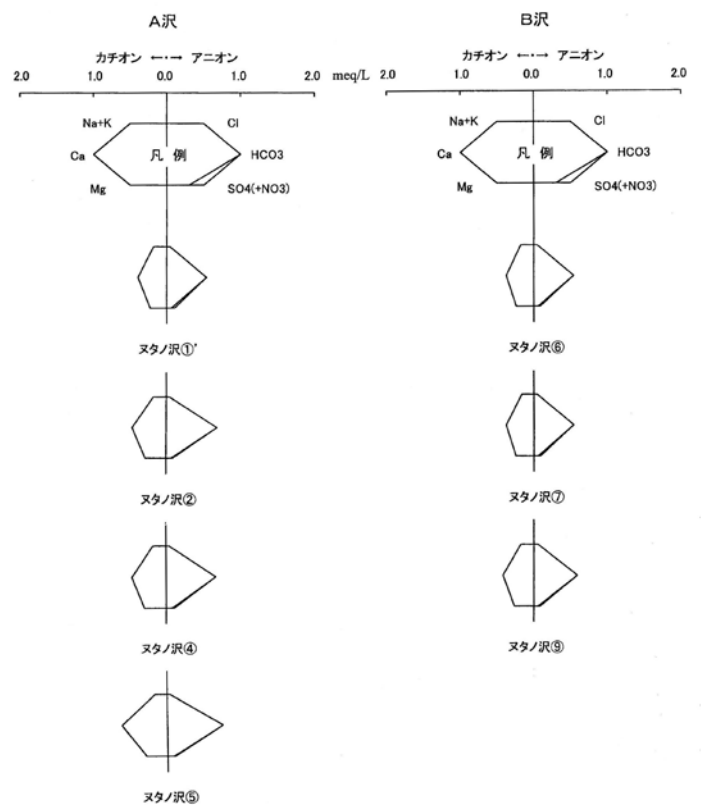


図11 両沢の水質構成（ヘキサダイアグラム）の変化
（調査地点①～は図2に示す）

浸透による流量減少、堰下の水抜き孔からの湧出による流量回復を経て流下し、A沢と合流する。

（3）水質

ヌタノ沢の河川水の水質について、分析結果を水質構成図（ヘキサダイアグラム）に表し、A沢、B沢を並べ、それぞれを上流から下流に配し、図11に示した。水質構成は、両沢ともに陽イオンの主成分は Ca^{2+} 、陰イオンは HCO_3^- が多い。この水質構成は水源から下流まで変わらない。

水質ダイアグラムの主成分である Ca^{2+} と HCO_3^- について源頭部と下流側を比較してみると、A沢では①'に比べ②以下の下流側で僅かな増加が認められる。B沢でも⑥と⑦以下を比べると沢ほどではないが僅かに増加が求められる。さらに、pHは7.6～7.8と弱アルカリ性で、溶存量は上流から下流へ増加する傾向が認められる。大気由来も考えられる NO_3^-

濃度は2 mg/L と少ない。

IV 考 察

1 ヌタノ沢の水循環機構

ヌタノ沢は、土層が流域上流部の急斜面で薄く、南尾根及び北尾根で土層が厚い。土層の下に石英閃

緑岩の基盤岩があって、流域全体を構成している。土層がある上、石英閃緑岩は全般にかなり風化し、亀裂部も発達していることから、降雨浸透があって、岩盤と云えども地層中を地下水が浸透、流動していると考えられる。また、谷底に認められる節理から、その部分で侵食が進み、谷形成の要因となったと考えられる。さらに、北東－南西方向の節理に沿った方向に地下水が流動しやすくなっていることも考えられる。

調査で把握された地形・地質と湧水の位置、地下水位等から想定される水循環機構を模式的に図12に示した。

2 A沢とB沢の流出

降雨時のA沢の量水堰⑤およびB沢の⑨で記録された堰の流量変化(図13)を見ると、降雨後の出水ピークに時間差はなく、普段少ないA沢の流量がB沢とほぼ同等までに増加している。さらに、台風により500mmを超える大雨があった2011年7月と9月の流量観測結果(図8)を見ると、A沢の降雨後の流量はB沢の水量の倍以上に増加している。出水時の記録(図8、13)から、A沢の方が強雨後の水量の増加が著しく、降雨のピークを過ぎると直ぐに低減し、A沢の推量が多くなっても短期間で流量は逆転し、B沢の方が多くなることが読み取れる。このようなA沢の直接流出の変動が顕著になる傾向は、両沢に流域の林相、地質に大きな差は無いこと

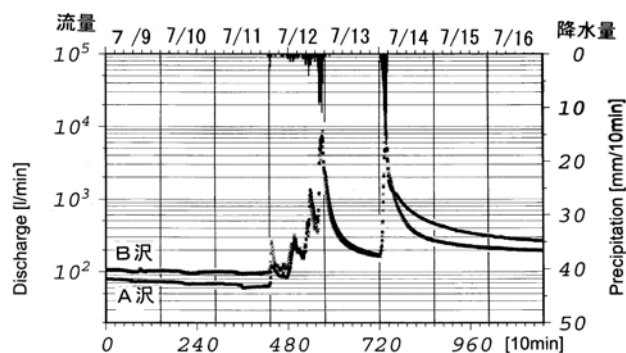


図13 量水堰(No.5、9)における降雨前後の流量観測結果(ハイトグラフ)
(10分毎の観測データ、上段が降水量、下段が流量)

から、A沢の上流部で林床植生の植被率が低い、斜面勾配が急な箇所が多い、土壌浸食が進んでいるなどの流域特性(図2)が原因の一つと考えられる。

一方、無降雨時の状況を見ると、基底流量は流域面積の狭いB沢の方が多く、かつ安定している。両沢共に源頭部に湧水源があって、河川流量にこれらの湧水量が大きく影響しているものの、A沢の場合は上流域で石英閃緑岩中に丹沢層群の捕獲岩が認められ、その亀裂に沿って湧水が湧き出ている、その規模はB沢に比べ小さく、水量の変化が大きい。B沢は谷頭部の壁状の斜面が湧水帯となっていて、流量が多く、比較的安定している。このように、隣り合う流域でも個別の特長が認められた。今後は、ヌタノ沢独特の局所的な水文地質を精査し、両沢で

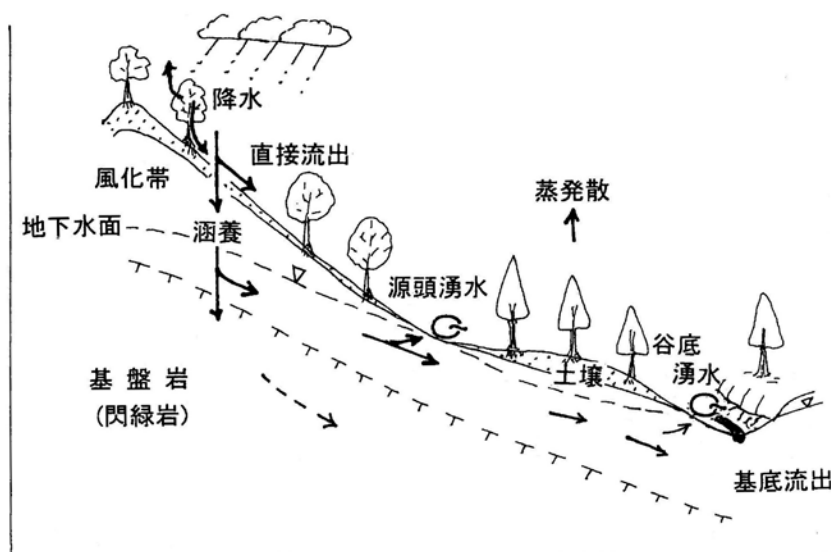


図12 ヌタノ沢における水循環機構の概要(図中の矢印は水の循環移動を示す)

水循環機構の違いがあるか、あるいは降雨時の雨水浸透量の差などで流況の差を説明できるか、水収支等の解析を併せて行って明らかにする必要がある。

3 流量と地質

(1) 河川水と地質

流量観測で明らかになったことに、各堰の前後で流量が減少・増加を繰り返す特徴がある(図9、10)。堰の堆砂中に浸透した表流水は、堰の直下では河床に基盤岩が露出し、このために流量が復活する。

A沢の流量の増減を見ると、No.2の堰の下(②)で最も流量が多くなるが、No.4の堰の下(④)では凡そ1/2に減少してしまう。そして、量水堰(⑤)でも水量は回復せず、水収支的には損失となっている。一方、B沢では源頭部の湧水量(⑥)は、A沢の①と比べ2倍弱とかなり多い。そして、下流の堰No.8の下(⑦)で水量は増加する。堰下では基盤が露出し、右岸側から湧水の浸み出しが観察され、新たに湧水が加わっている。

ボーリング調査した中央尾根を挟み、A沢とB沢の谷底の位置関係を図6で確認すると、B沢の標高がA沢より大凡20 m低いことがわかる。さらに、A沢の露頭で節理が発達し、風化が著しい石英閃緑岩および取り込まれた丹沢層群が観察されること(写真8)、ボーリング調査で尾根部の深度30 mほ

どは風化が進み、玄武岩を挟む石英閃緑岩が確認されていること、ボーリング孔(観測井戸)の地下水位(水頭)が地表面下21 mで両沢の中間の値にあること、A沢の②とB沢の⑦の上流側、No.8の堰の下に褐色の風化した石英閃緑岩が露出し、B沢で湧水も見られることを合わせ考えると、A沢からB沢へ尾根を挟む水の交流の可能性も考えられる。

(2) 河川水量の年間の推移と水循環

流域面積はA沢の方が3割ほど広く、2度の500mmを超える大雨時のピーク流量はB沢より多くなったが、その後の平常時の水量は逆転し、B沢の方が多く、安定している。そこで、両沢の1年分の各観測点の流量の変化を把握し、その差を比較検討するため、上流～下流の観測結果(A沢の①～⑤、B沢の⑥～⑨)を並べ、年間の推移として図14、15に示した。

A沢の1年間の上流～下流への流量の増減の状況(図14)を比較してみると、洪水時は明瞭でないが、観測点①、②と増え、③で一旦減少し、④、⑤と再度増加する傾向が認められる。しかし、④、⑤は②の水量まで復活しない。洪水時を除けば、年間を通じて水量欠損が認められる。一方、B沢の1年間の状況(図15)では、洪水時を除き、⑥から⑦へ水量の増加傾向が認められている。年間を通して、この傾向が認められ、湧水により水量が増加していると考えられる。

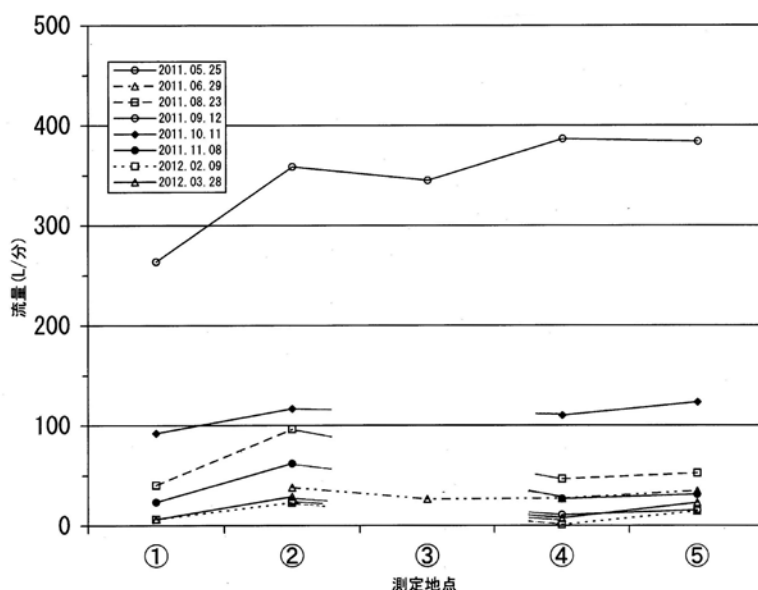


図14 A沢の堰と流量の年間変化(①～⑤は図2に示す調査地点)

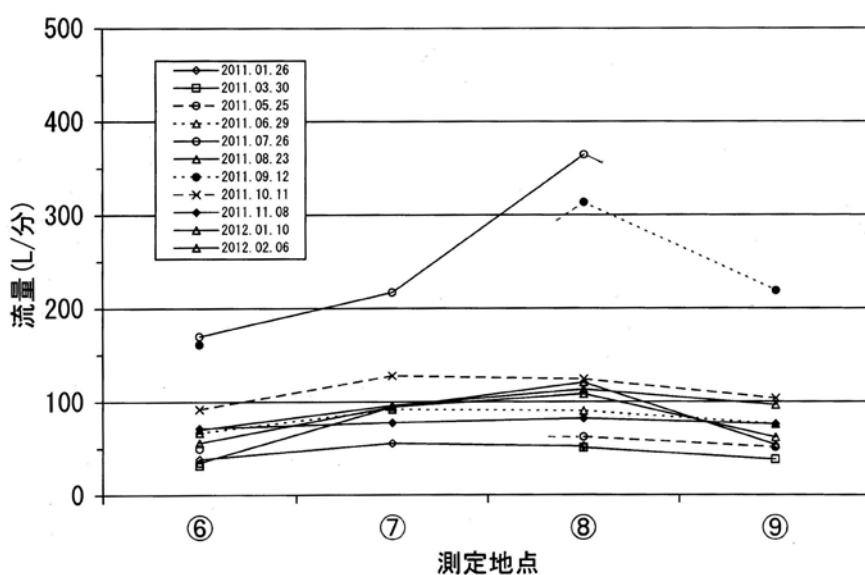


図15 B沢の堰と流量の年間変化 (⑥～⑨は図2に示す調査地点)

4 河川水の水質構成

ヌタノ沢の水質は Ca^{2+} 、 HCO_3^- 型で、pHが7.6～7.7と弱アルカリ性にある。これは、丹沢山地周辺の地下水の特徴である高アルカリ地下水の範囲（板寺，2012）に合致する。

水質構成は Ca^{2+} － HCO_3^- 型で、西丹沢の一般的な水質（石坂ほか，2000）である。河川水は堰の前後で表流水の堆砂への浸透・堰の水抜き孔からの湧出を繰り返し、河川流量は増減変化を繰り返しながら流下する。この過程の中で水質構成は周囲からの地下水流入が無くとも下流側に Ca^{2+} 、 HCO_3^- が増える変化が認められる。この変化は、堆積した土砂中に表流水が浸透し、埋もれている木の葉などの有機物に影響されていることも要因と考えられる。

V おわりに

試験流域ヌタノ沢で想定されている植生保護柵設置等の対策とその効果のモニタリングを踏まえ、流域の保水性、貯水性に係る森林水環境調査を続け、水循環解析モデルの構築に反映させる考えである。

事前モニタリング調査により、ヌタノ沢流域の水文地質と水循環、水収支について考察を進める上で、B沢の方が源頭部の湧水量が年間を通して多く、沢の流量が安定していることなど、両沢の源頭部の湧水機構の差、沢途中での流水の増減と両沢相互の尾

根をまたぐ両沢の関係について説明を続ける必要があることが分かった。とくに基盤岩の役割について精査する必要があり、量水堰における直接流出、基底流出の分離と水収支の解析と水循環シミュレーションによる現況分析を行って流域内の水循環機構の解明が欠かせない。

VI 謝 辞

本調査を進めるにあたり、県西地域総合センター森林整備課、東京電力小田原支社松田制御所、企業庁酒匂川水系ダム管理事務所には資料の提供や現地調査への立会いなどのご協力をいただいた。厚くお礼申し上げます。

VII 参考文献

- 藤枝基久 (2007) 森林流域の保水容量と流域貯留量. 森林総合研究所報告 Vol. 6, No. 2 : 101-110
- 海虎・石川芳治・白木克繁・若原妙子・華力格図・内山佳美 (2012) ブナ林における林床合計被服率の変化が地表流出率に与える影響. 日林誌 Vol. 94, No. 4 : 167-174
- 石坂信之・松木泰代 (2000) 西丹沢における河川水の化学成分の特徴. 神奈川温地研報告. Vol. 31, No. 2 : 99-106

- 板寺一洋 (2012) 丹沢山地の高アルカリ性地下水.
「水文科学が解き明かす不思議な天然水 5」.
日本水文科学会誌 Vol. 42, No. 1 : 21-28
- 神奈川県 (1987) 土地分類基本調査「秦野・山中湖」
Ⅱ表層地質図.
- 神奈川県自然環境保全センター研究連携課 (2012)
対照流域法等によるモニタリング調査ー広域
水環境調査ー. 業務法報告 No. 44 : 62-65
- 越地正・相原敬次・内山佳美・山根正伸 (2007) 丹
沢山地における森林土壌の特性. 439-444. 丹沢
大山総合調査学術報告書. 丹沢大山総合調査団
編. 794pp. (財) 平岡環境科学研究所, 神奈川
- 小杉賢一郎 (2007) 森林の水源涵養機能に土層と透
水性基盤が果たす役割の評価. 水文・水資源学
会誌 Vol. 20, No. 3 : 201-213
- 厚井高志・堀田紀文・鈴木雅一 (2007) 中川川流
域における堰堤満砂期間を用いて推定した土
砂生産分布と崩壊履歴の関係. 425-431. 丹沢
大山総合調査学術報告書. 丹沢大山総合調査団
編, 794pp, (財) 平岡環境科学研究所, 神奈川.
- 中野秀章 (1976) 森林水文学 (水文学講座 13) 共
立出版 pp228, 東京.
- 水上武・松田時彦・平賀士郎・宝来帰一・杉田宗満
(1964) 丹沢山塊の地球物理学的及び地質学的
調査. 温泉研究所報告No. 2 : 1-18
- 棚瀬充史 (1997) IV. 丹沢山地のマスムーブメン
ト. 64-73. 「第2章 地形と地質」丹沢大山自
然環境総合調査報告書. (財) 神奈川県公園協
会丹沢大山自然環境総合調査団企画委員会編,
635pp, 神奈川県環境部, 神奈川.

