

総説 (Review)

御嶽山麓を流れる木曽川水系王滝川の水環境：
自然災害と水資源開発の影響

田代 喬¹⁾

Water environment of the Ohtaki River near Mount Ontake in the Kiso River System
with particular references on natural disasters and water resources and hydropower
development

Takashi TASHIRO¹⁾

キーワード：御嶽山，水蒸気噴火，山体崩壊，水力発電，愛知用水

Key words: Mount Ontake, phreatic eruptions, sector collapse, hydropower generation, Aichi waterworks

(2016年8月29日受付；2016年9月8日受理)

はじめに

王滝川は，御嶽山西方の三浦山（標高2,393m）付近に源を発し，大小多数の支川を合わせながら御嶽山麓に沿って東流し，下流部で南流する西野川と合流した後，木曽川に流入する（長野県環境部水大気環境課，2011a）。流域面積は木曽川全体の5,275 km²のうち，582.7 km²を占め，飛騨川に次ぐ流域面積を有する支川である（建設省中部地方建設局，1973、図1）。その豊富な流量と急峻な地形を利用して，戦前から水力発電の事業開発が進められ（九津見ほか，1989），1961年には，愛知用水事業（第一期）の一環として，図1に示す牧尾ダムが建設された（佐々木，1997；水資源機構愛知用水総合管理所，2007；2012）。

2014年9月27日に発生した御嶽山の噴火では，水蒸気噴火によって飛散した噴石により，死者58名，負傷者69名，行方不明者5名に上る人的被害が生じた（総務省消防庁，2015）。加えて，火山灰を主とした噴出物は，降雨によって王滝川水系に流入し濁度を著しく上昇させるとともに pH 4 程度まで水質を酸性化させ，利水への悪影響が懸念される事態となった（小野島ほか，2015）。これを受けて，牧尾ダム貯水池およびその流入・流出河川と下流の木曽川本川における水質監視体制を構築し，利水事業に係る機関が連携・協力して

影響緩和策を検討するために，「御嶽山噴火に伴う木曽川上流域水質保全対策検討会（事務局：国土交通省中部地方整備局）」が設立されている（御嶽山噴火に伴う木曽川上流域水質保全対策検討会，2015）。濁度の上昇と酸性化は，水生生物にも大きな影響を及ぼすとされるが（石尾，1963；加藤・樋口，2010），日本では生態系への影響までを扱った事例は見当たらない。

日本陸水学会東海支部会は，「御嶽山噴火に伴う火山噴出物の流入が水域生態系に及ぼす影響を明らかにすること」を目的として，自然地理学，陸水学，魚類生態学，河川工学など異分野の専門家から成る調査班（担当幹事：田代喬，名古屋大学）を組織して調査に着手した。本総説では，王滝川水系における水資源開発と自然災害に関わる既往文献を整理し，王滝川の水環境に関する体系的な理解を得ることを目指した。

本研究は，一般財団法人水源地環境センターの「WEC 応用生態研究助成」（2015-05，代表：野崎健太郎，相山女学園大学）を受けた事業の一環として実施したものである。国土交通省中部地方整備局河川部河川環境課には，各種の情報交換，一連の調査の便宜を図っていただき，水資源機構愛知用水管理所には，牧尾ダムおよび愛知用水に関する情報を教示いただき，王滝村教育委員会には周辺地域の自然誌に関する

¹⁾ 〒464-8601 名古屋市千種区不老町1番地 名古屋大学減災連携研究センター，Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, 1 Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601, Japan (E-mail: ttashiro@nagoya-u.jp)

各種資料を提供いただいた。この場をお借りして関係各位に御礼申し上げる。

王滝川水系における水資源開発の現状とその影響

木曽川流域における水資源開発は、1911年建設の八百津発電所（既に廃止）に始まる水力発電事業が先行し（九津見ほか，1989），その後，名古屋市（1914年），一宮市（1944年）が上水道用の取水を開始，1961年には愛知県知多地域の灌漑を主な目的とした愛知用水の運用が開始された（国土交通省中部地方整備局，2015）。現在，木曽川水系には86ヵ所の水力発電所が設置され，総最大出力約558万 kw に及び，中部・関西地方への電力供給源として重要な役割を果たしている。しかしながら，ダムや堰堤などの取水施設によって水系の連続性が阻害されたり，水路式発電では取水地点から放流地点までの間で減水区間が生じたりするなど，河川環境が悪化している場所がある（国土交通省中部地方整備局，2015）。王滝川水系には牧尾ダム（水資源機構）のほか，その上流に三浦ダム，王滝川ダム，下流には常盤ダム，木曽ダムといった4基の発電ダム（いずれも関西電力）が配置されている（図1）。

王滝川水系における水力発電に関しては，1941年に運転開始した常盤発電所（関西電力）を始め，流入先の木曽川本川と合わせた水系一貫の水力発電システムが関西電力により構築されている（九津見ほか，1989；International Energy

Agency, 2016）。図2には，王滝川水系における水力発電施設の位置図を，表1には，同施設の諸元を示す。発電所の集水域面積に対する最大使用水量の値（比流量）は，最上流の三浦，ならびに，滝越発電所で $0.238 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ を呈するなど，御嶽山を含む第四紀火山地域における湧水比流量 $0.02 \sim 0.04 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ （虫明，1978）に対して総じて大きく，王滝村の年間降水量が約2400 mm と多雨・多雪地帯であること（王滝村，2004）を勘案しても非常に高度な発電利用を行っている様子が窺える。ただし，1963年5月に建設された三尾発電所は，牧尾ダムを利用した揚水発電を行っている点で他と異なる。御嶽発電所は王滝川ダムだけでなく，王滝川，西野川に注ぐ多くの支川からの水を集めて発電する形態をとっており，王滝川水系では最大規模を有する（発電所が木曽川本川に配置された木曽発電所を除く）。ここでの導水路長はそのまま，当該発電所の減水区間規模とも関わることから，本水系の中で最も広範囲の水系に影響を及ぼしているものと考えられる。また，同発電所では，水槽から河川までの229.0 m の落差を急勾配で一気に流下させ，そのまま河川に放流する構造を有するため，その放流口付近の河川では秒速10 m/s を超える高流速域が形成され，入川者への危害，河川環境への影響が懸念される状況であったが，2014年3月に減勢工が設置された（International Energy Agency, 2016）。

1961年に建設された牧尾ダムは，岐阜県可児郡，名古屋市東方の丘陵地帯と知多地域への農業用水などを供給する愛知用水事業の一環として計画された（佐々木，1990）。当初の事業計画（第一期）において，農業用水利用（最大 $28.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ）は水道用水利用（最大 $1.007 \text{ m}^3/\text{s}$ ）や工業用水利用（最大0.693

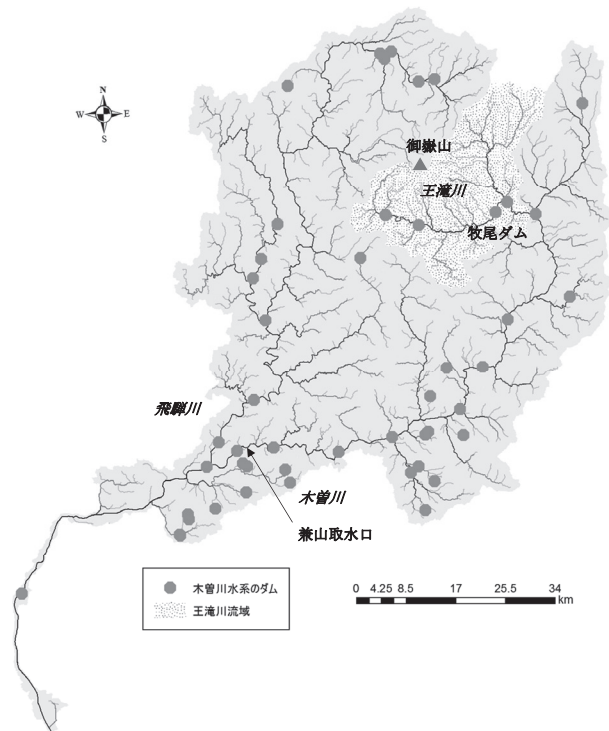


図1 木曽川水系における王滝川流域の位置図

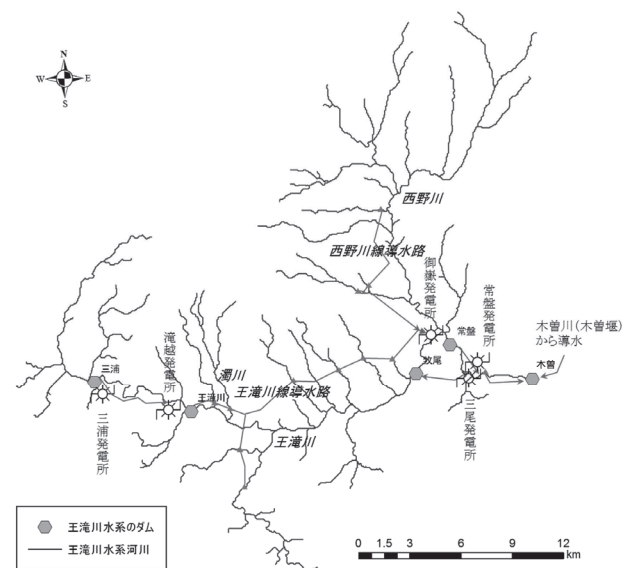


図2 王滝川水系における水力発電施設の分布
（九津見ほか（1989）と水資源機構愛知用水総合管理所（2012）を参考に記載。）

王滝川の水環境

表1 王滝川水系における水力発電施設の諸元一覧
(九津見ほか(1989)から抜粋し、上流から記載。木曽発電所のみ、水系外の木曽川本川に所在。)

発電所名	運転開始年月	発電形態	最大出力 (kw)	最大使用水量 (m ³ /s)	有効落差 (m)	導水路長 (m)	ダム・堰堤		
							名称	高さ(m)	集水域面積(km ²)
三浦	1945年1月	ダム - 貯水池式	7,700	17.5	54.7	460.0	三浦	82.3	73.5
滝越	1951年11月	流込 - 水路式	27,500	17.5	185.5	4677.0			73.5
三尾	1963年5月	揚水式	34,000	30.9	137.2	2777.1	牧尾	104.5	304.4
御嶽	1945年6月	ダム - 水路式発電	66,000	34.4	229.0	34178.1	王滝川	18.2	416.1
常盤	1941年7月	ダム - 水路式発電	14,600	48.8	35.55	2748.8	常盤	24.0	553.7
木曽	1968年1月	ダム - 水路式発電	116,000*	60.0*	225.9*	14881.0*	木曽	35.2	907.4

m³/s) に比してきわめて大きかったが、現在の愛知用水第二期計画では、それぞれ21.514 m³/s, 2.594 m³/s, 9.240 m³/s へと変化し、供給地域における都市化などの社会情勢に対応した需要に応じてきた(佐々木, 1990; 水資源機構愛知用水総合管理所, 2012)。このような用水供給を実現するに当たり、牧尾ダムでは現在、毎年4月に貯留した水を12月から3月にかけて放流し切るといった運用を実施している(水資源機構愛知用水総合管理所, 2007)。また、図1に示すように、取水地点はダムから遠く離れた木曽川中流の兼山取水口となっている(佐々木, 1990; 水資源機構愛知用水総合管理所, 2012)。これらの水管理により、ダム上流の背水域(貯水池)では、冬季には水位が著しく低下する一方、取水先の木曽川本川では、渇水時にも平時と変わらない流量が流れるなど、自然流況は大きく改変されている。牧尾ダムの集水域面積は、表1に示した通り、304.4 km²とあるが(水資源機構愛知用水総合管理所, 2007)、その多くの水系には水力発電用の取水施設が配置されているため、発電取水域を除く集水域面積は73.26 km²に限定されている(水資源機構愛知用水総合管理所, 2012)。したがって、降水量が少ない期間が続くと十分な集水ができずに貯水能に支障をきたす。近年も受給地域において取水制限を行うことが多かった(佐々木, 1990)。現在の第二期計画では、これを補うように王滝川の水系外に複数の取水施設が建設され、安定供給が図られている(佐々木, 1990; 水資源機構愛知用水総合管理所, 2012)。

ここでは、王滝川水系における発電、農業、水道、工業などのための利水施設の現状について概観した。その結果、水系の至るところに発電用の大・小規模の取水施設が分散して配置されている状況を確認するとともに、農業、水道、工業用利水を目的とした、牧尾ダムの運用状況を把握した。ここで言及したダム・堰堤に関しては、著者が確認した限り、魚道等の施設は存在しなかったことから、水域を介して移動する水生生物にとっては、多くの減水区間や局所的な高流速域の発生などによる生息域の減少に加え、木曽川本川との連続性だけでなく、王滝川に沿った縦断的な移動さえも困難な状況であることが推察された。なお、最上流に位置する三浦ダム建設中の1930年代後半に、その周辺水系において生態調査

を実施した記録がある(可児, 1952)。この報告には、水生昆虫の分布が記載されているほか、イワナ、アマゴを中心とする魚類の生息分布に関する推論が展開されている。ただし、水生昆虫では、アミカ科、ブユ科、アミカモドキ科といった早瀬に生息する一部の分類群に限った結果となっていて、ダム建設の影響を記述するにはやや不十分なデータとなっている。また、丹羽(1954)は、1934年に実施した王滝川上流域における観測において、河岸に温泉(濁川温泉, 1984年長野県西部地震に伴う山体崩壊により流失)を湧出する濁川を特殊水域として着目し、河川水が弱い硫黄臭を伴ってやや強い酸性を示すこと(pH 5.2~5.8)、河床の石礫が沈殿物によって赤錆色を呈することを示したうえで、その支川である伝上川を除いた同水系では、魚類が生息し得ないことを強く示唆するとともに、体表面に赤錆色の沈着をさせながら生息する水生昆虫の存在を記載している。さらに、三浦ダム完成後(1949年)の貯水池における水温が、それ以前(1933年)の河川水温の記録より顕著に上がったことを示すとともに、貯水池にコイが移植され、定着した様子を報告するなど、王滝川を含む木曽川上流域の魚類相をその成立要因と合わせて包括的に記載している(丹羽, 1954)。これらの記録の多くは定性的ながら、大規模な水資源開発以前の王滝川における水環境を把握する重要な情報と言えよう。なお、濁川における赤錆色(茶色)の河床石礫は、現在も同水系で確認される現象である(長野県環境部水大気環境課, 2011b)。

王滝川流域における自然災害とその後の影響： 御嶽山噴火と山体崩壊

火山において大災害を引き起こす現象は火砕流や山体崩壊とされている(井口, 2005; 山岡, 2011)。王滝川流域は、わが国有数の活火山である御嶽山とその東・南方に広がる裾野を含むことから(図3)、これまでに噴火や地震による影響を色濃く受けてきた(気象庁, 2013)。御嶽山は第四紀火山に位置づけられ、前記した2014年9月以外に、1979年10月28日の水蒸気噴火、1984年9月14日の長野県西部地震(M6.8)に伴う「岩屑なだれ(山体崩壊)」のほか、1991年5月中旬、

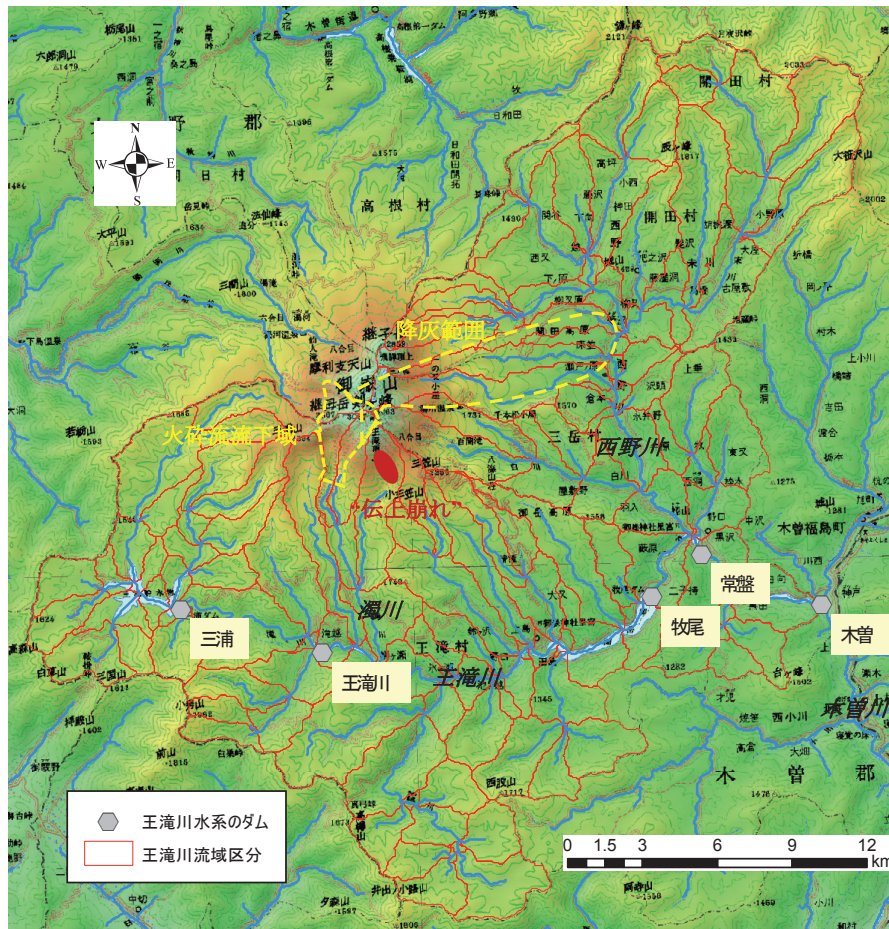


図3 王滝川流域におけるダムの分布と2014年9月27日御嶽山噴火の影響範囲
(数値地図(国土基本情報20万)を背景に ArcView 10.2 (ESRI ジャパン社製) により作成。降灰範囲は林野庁中部森林管理局 (2014), 火砕流流域は中野ほか (2014), “伝上崩れ”は松本盆地研木曽谷サブグループ (1985) を参考に記載。)

2007年3月下旬に小規模な水蒸気噴火が記録されている(産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2016)。1979年の噴火については軽傷1名で済んだものの、噴煙の高さは最大1,000 mを超え(曾屋ほか, 1980), 降灰は南西の風に流されて長野, 軽井沢や前橋など, 北東方向に200 km 程度離れた地域まで広がる規模の大きなものであった(田中ほか, 1984)。1984年の長野県西部地震では、岩屑なだれ(山体崩壊)によって発生した大量の土砂(全体で約3,600万 m^3)が土石流を引き起こし、約600 haもの荒廃地を生じさせるなど、全体で29名の犠牲者を記録した(長野県木曽郡王滝村, 1986; 井口, 2005)。この際の流入土砂は、王滝川を塞ぎ止めて「天然ダム」(現在も「自然湖」として残存)を形成したほか、水力発電施設にも大きな被害を及ぼした。とくに、崩壊土砂が流入した濁川では厚さ約30 mもの土砂堆積により取水堰が埋没するなど、御嶽発電所の王滝川線導水路とその関連設備に大きな被害が生じた(安福・中村, 1985)。濁川が流入する王滝川でも、最大約40 mもの堆積厚に及んだ箇所が見ら

れたが(安福・中村, 1985), 王滝川に沿って存在する複数箇所(の岩盤狭窄部)が流入した2,100万 m^3 もの大量の土砂を押しとどめて堆積させることにより、ダム機能が直接損傷される被災を防いだとされている(大串ほか, 1995)。ただし、これまで顕著で無かった、牧尾ダム貯水池の堆砂問題を2次的に引き起こすことになった(宮崎ほか, 1990; 大串ほか, 1995)。牧尾ダムの計画有効貯水量7,500万 m^3 , 計画堆砂容量700万 m^3 に対し、1984年に230万 m^3 /年, 翌1985年に200万 m^3 /年が流入することにより、計画容量を大きく上回る総堆砂量1,080万 m^3 に達した(大串ほか, 1995)。2014年の噴火では、発生した火砕流、火山噴出物がその後の降雨により、一部土石流化しながら流出することで、王滝川やその支川の西野川、牧尾ダムを始めとする貯水池に泥流が流れ込む事態となった(林野庁中部森林管理局, 2014; 国土交通省水管理・国土保全局砂防部, 2015)。1979年の噴火と対比して、2014年の噴火はほぼ同規模であったとされている(横山, 2015)。図3には、1984年の山体崩壊で最大規模の“伝上崩れ”(松本盆地研

木曾谷サブグループ, 1985), 2014年噴火時の主な降灰範囲(林野庁中部森林管理局, 2014)と火砕流の流下域(中野ほか, 2014)を合わせて示す。1979年, 2014年のいずれの噴火とも, 火口は「地獄谷」と呼ばれる王滝川支川の濁川源頭部に位置し(曾屋ほか, 1980; 中野ほか, 2014), 1984年にもそれに隣接する谷(流出先は濁川)で“伝上崩れ”とその後の土石流が発生したことから, 王滝川流域の中でもとくに濁川水系は, 噴火・崩壊の影響を色濃く受けてきたと考えられる。また, いずれの噴火とも降灰範囲は北東方向に広がったことから, 御嶽山東方の開田高原を集水域に含む西野川水系では, 降雨時に流出する火山噴出物によって, 噴火の影響を受ける可能性があると考えられる。実際, 1979年の噴火後には, 前記した2014年噴火後と同様に, 山頂付近の河川水で pH 5, 濁川では pH 3程度にまで低下しており(小坂ほか, 1980; 田中ほか, 1984), 火山噴出物に付着した水溶性成分が酸性化の要因であると分析されている(小坂ほか, 1980)。濁川のように噴火や崩壊に関わらず, 温泉由来の酸性水(pH 5程度)が流れる河川も存在するが(丹羽, 1954), 御嶽山噴火に伴う火山噴出物の流入が王滝川水系の水環境に及ぼす影響は小さくないと言える。

1984年の伝上崩れによる被災に対し, 牧尾ダム貯水池内では, 548万 m³の堆砂除去が実施されたほか, 斜面に残存する土砂流入を見越して, 貯砂ダム2カ所(貯砂容量70万 m³), 床止1カ所が建設された(大串ほか, 1995; 水資源機構愛知用水総合管理所, 2007)。また, 砂防事業として, 王滝川と流入河川下流区間における砂防ダム整備, それより上流の区間では治山事業として(大串ほか, 1995), 溪間工(治山ダム137基, 護岸工: 7,743 m), 山腹工(309.73 ha)が施され, 木曾川下流域の市民参加による植樹活動などが功を奏し, 山腹の荒地が緑化して現在に至っている(林野庁中部森林管理局ホームページ)。これらの一部は, 2014年の噴火に伴って再び影響を受けたが, 大規模な土石流の発生などによる被害の二次的拡大を防いだと考えられる。また, 2014年の噴火後に火山噴出物が集水域に堆積した牧尾ダムでは, 火山噴出物の流入抑制, 貯水池に流入した火山噴出物の除去などの対策がとられ, 木曾川本川を含む広域にわたる水質監視を継続しながら, 濁りや酸性化といった水質影響の緩和が図られている(小野島ほか, 2015; 御嶽山噴火に伴う木曾川上流域水質保全対策検討会, 2015)。ただし, 濁川を始めとする王滝川支川のいくつかの山地溪流は, 現在も尚, 土砂流出が活発な状況にあることから, 水域生態系への影響までを含めて検討する際には, 物理的な地形形成・更新などの過程に着目する必要があると言えよう。

ここでは, 御嶽山の火山活動に起因する自然災害として, 近年の噴火と山体崩壊の事例を紹介するとともに, 王滝川水系で生じた水質, 土砂動態の変化を概観し, 直近の噴火から2年経過した現在も尚, 進行中と考えられる生態系への二次

的影響について考察した。水質, 土砂動態とも水生生物にとっての生息基盤として重要であることから, 平常時, 洪水時を通じて動的に変化する生態系を追跡することの必要性が示唆された。なお, ここで取り上げた自然災害は, いずれも王滝川水系における水資源開発事業後(牧尾ダム完成の1961年以降)に生じたものであるが, その後の災害発生に前後して現地で実施された調査研究は複数あることから, 本論で直接引用しなかった事例については引用文献の後に参考文献として記載した。

引用文献

- 井口隆 (2005): 日本の第四紀火山における土砂災害の実態と発生予測に関する研究. 千葉大学博士(理学)学位申請論文, 143p.
- International Energy Agency (IEA) (2016): Renewal & Upgrading of Hydropower Plants (水力発電設備の更新と増強). IEA Hydro Technical Report, Volume 1: Annex-X1 Summary Report, http://www.nef.or.jp/ieahydro/contents/pdf/a11/IEA_Annxe11_volume1.pdf, 2016年8月22日閲覧.
- 石尾真弥 (1963): 毒物に対する魚の反応に関する研究—III. H⁺に対する魚類の反応. 日本水産学会誌, **29** (7): 682-690.
- 可児藤吉 (1952): 王滝川三浦平附近の動物生態学的研究. 木曾王滝川昆虫誌—可児藤吉生態学論文集—: 37-96, 社团法人木曾教育會, 長野県西筑摩郡福島町.
- 加藤和弘・樋口広芳 (2010): 噴火と野生動物の減少. 野生動物保護の事典, 野生生物保護学会編集, p. 167-171. 朝倉書店, 東京.
- 建設省中部地方建設局 (1973): 昭和47年度河川現況調査—中部地方編—. 建設省中部地方建設局, 944p.
- 気象庁編 (2013): 御嶽山. 活火山総覧第4版, II. 関東・中部・伊豆・小笠原編, p. 799-825.
- 国土交通省中部地方整備局 (2015): 木曾川水系河川整備計画. 国土交通省中部地方整備局, http://www.cbr.mlit.go.jp/kisokaryu/kisosansen-plan/genan/kisogawa_henkou.pdf, 2016年8月28日閲覧.
- 国土交通省水管理・国土保全局砂防部 (2015): 御嶽山噴火災害における砂防部局の取り組み. 砂防と治水, **223**: 13-15.
- 小坂丈予・平林順一・小沢竹二郎・君島克憲 (1980): 木曾御岳山1979年活動における地球化学的調査・研究. 御岳山1979年火山活動および災害の調査研究報告, 文部省特定研究「木曾御岳山噴火活動および災害の総合的調査研究(代表: 青木治三)」, 25-36.
- 九津見生哲・篠崎建・堀江俊昭 (1989): 木曾川水力開発の歴史. 電力土木, **220**: 101-115.

- 松本盆地団研木曾谷サブグループ (1985): 昭和59年長野県西部地震による地盤災害と御岳山南麓の第四系 (その1). 地球科学, **39** (2): 89-104.
- 宮崎敏孝・堀内照夫・千代 登 (1990): 王滝川の土砂動態に現れた“御岳崩れ”の影響. 平成2年度砂防学会研究発表会概要集, 102-105.
- 水資源機構愛知用水総管理所 (2007): 牧尾ダム—愛知用水、水のふるさと—. 独立行政法人水資源機構愛知用水総管理所, 愛知県愛知郡東郷町.
- 水資源機構愛知用水総管理所 (2012): 牧尾ダム付近平面図. 愛知用水パンフレット, 独立行政法人水資源機構愛知用水総管理所, 愛知県愛知郡東郷町.
- 虫明巧臣 (1978): 流出現象の地域性をどうみるか. 河川水文学, 高橋裕編集, p. 141-179, 共立出版, 東京.
- 長野県環境部水大気環境課 (2011a): 河川別の情報及び類型指定 (案)・王滝川. 第2回専門委員会資料, 水生生物保全水質環境基準類型指定専門委員会, <http://www.pref.nagano.lg.jp/mizutaiki/kurashi/shizen/suishitsu/inkai/documents/05-33ohtaki.pdf>, 2016年8月10日閲覧.
- 長野県環境部水大気環境課 (2011b): 自然災害又は地質由来により影響を受けている河川の写真 (三峰川・王滝川・梓川). 第2回専門委員会資料, 水生生物保全水質環境基準類型指定専門委員会, <http://www.pref.nagano.lg.jp/mizutaiki/kurashi/shizen/suishitsu/inkai/documents/s04photo.pdf>, 2016年8月22日閲覧.
- 長野県木曾郡王滝村 (1986): まさか王滝に! —長野県西部地震の記録—. 長野県木曾郡王滝村.
- 中野俊・及川輝樹・山崎誠子・川辺禎久 (2014): 御嶽山, 2014年9月の噴火 (速報) —上空観察および報道映像から見る火口周辺の状況と火砕流の分布—. GSJ 地質ニュース, **3** (10): 289-292.
- 丹羽彌 (1954): 木曾谷の魚—河川魚相生態学・上流篇. 社団法人木曾教育會. 長野県西筑摩郡福島町.
- 小野島広大・小河輝一・武田実・今本博臣・丹羽賢一・酒井健寿・千田泰成・田村和則 (2015): 御嶽山噴火に伴う対応及び水質に関する影響. 平成27年度水資源機構技術研究発表会, 6 p.
- 御嶽山噴火に伴う木曾川上流域水質保全対策検討会 (2015): 命の水を守る—火山噴出物による河川水質への影響から地域を守る—. 国土交通省中部地方整備局, 11 p.
- 大串和紀・井上健一・石村忍 (1995): 牧尾ダムにおける堆砂問題. 農業土木学会誌, **63** (8): 817-822.
- 王滝村 (2004): 王滝村の森と自然—王滝村で学ぼう・つくろう・緑豊かな森林—. 長野県木曾郡王滝村.
- 林野庁中部森林管理局 (2014): 御嶽山噴火災害への対応 (平成26年9月27日 (土) 11時52分頃発生), <http://www.rinya.maff.go.jp/chubu/koho/ontakesan/pdf/141105-ontaketaiou.pdf>, 2016年8月22日閲覧.
- 林野庁中部森林管理局: 御嶽の土石流跡に緑を甦らせた長野県西部地震災害復旧 (昭和59年~平成25年). <http://www.rinya.maff.go.jp/chubu/press/tisan/pdf/131004chisan1.pdf>, 2016年8月22日閲覧.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2016): 日本の火山. <https://gbank.gsj.jp/volcano/>, 2016年8月27日閲覧.
- 佐々木重成 (1990): 中部地区の土質工学に関連する歴史と将来展望: 愛知用水に始まる水資源開発の歴史—農業・都市用水としての展望—. 土と基礎, **38** (9): 23-27.
- 総務省消防庁応急対策室 (2015): 御嶽山の火山活動に係る被害状況等について (第40報). <http://www.fdma.go.jp/bn/2014/detail/878.html>, 2016年8月22日閲覧.
- 曾屋龍典・近藤善教・下坂康哉 (1980): 御嶽山1979年噴火. 地質ニュース, **306**: 6-13.
- 田中康裕・澤田可洋・中禮正明 (1984): 御嶽山の1979年噴火による降灰分布と山麓の川水の pH. 気象研究所技術報告, **12**: 172-178.
- 山岡耕春 (2011): 御嶽山—日本の活火山 (12)—. 砂防と治水, **199**: 109-110.
- 横山博文 (2015): 御嶽山噴火—水蒸気噴火のメカニズム解明に向けて—. 平成26年度気象研究所研究成果発表会, <http://www.mri-jma.go.jp/Topics/H26/Happyoukai2014/01.pdf>, 2016年8月22日閲覧.
- 安福滋・中村幾雄 (1985): 水力発電所における大規模災害とその被害復旧例. 電力土木, **199**: 41-49.

参考文献

- 広正義 (1964): 岐阜県におけるダム湖とそれに連なる川の生物学的研究. 淡水生物, **9**: 19-21.
- 広正義・宇野富美子・田中節子 (1963): 木曾御岳および駒の湯附近の溪流昆虫について. 名古屋女学院短期大学紀要, **9**: 25-33.
- 巖靖子 (1976): 木曾川水系の汚水生物学的研究. 日本水処理生物学会誌, **12**(1): 37-47.
- 北野聡・小林尚・山形哲也・上原武則 (2004): 王滝川支流に放流されたアークティックグレイリング *Thymallus arcticus* の潜在的生態影響. 長野県自然保護研究所紀要, **7**: 65-68.
- 北野聡・柳生将之・秋山晴紀・小林尚・市川寛・遠藤辰典・山本祥一郎 (2005): 木曾川水系王滝川上流域の魚類相. 長野県環境保全研究所研究報告, **1**: 9-13.
- 小林武彦・大森江い・大森貞子 (1975): 御嶽火山噴出物の化学的性質. 地質調査所月報, **26**(10): 497-512.
- 松浦庚一 (1964): ダム湖の水質について (第1報) —西平・牧尾ダム湖の水質—. 名古屋女学院短大紀要, **10**: 43-49.

- 本村努・山下和雄・加藤正治・村上哲生（1975）：木曽川水源汚濁調査報告．木曽川上流部生物調査報告，名古屋市水道局水部浄水課編集，p. 181-329．名古屋市水道局浄水課，名古屋．
- 御嶽駒ヶ嶽綜合調査会（1958）：御嶽研究（自然編）．社団法人木曾教育会，長野県西筑摩郡福島町．
- 酒井寿夫・森澤猛（2000）：御岳亜高山帯上部の小流域における渓流水質の実態．中部森林研究，**48**：71-74．
- 酒井寿夫・森澤猛（2001）：御岳亜高山帯上部における渓流水質の形成過程に関する研究（I）一田の原湿原における土壌水成分の特性と渓流水質の関係について一，中部森林研究，**49**：35-38．
- 酒井寿夫・森澤猛・仙石鐵也（2003）：御岳山における7年間の降雨・降雪のpH，ECと溶存成分の特性．森林立地学会誌，**45**(1)：21-27．
- 佐竹潔（1990）：河川の環境の指標としての底生動物．国立環境研究所ニュース，**8**(5)：9．
- 白石勝彦・和田悟（1993）：イワナの顔．山と溪谷社，東京．
- 田中正明（1977）：牧尾ダム（御岳湖）の陸水生物学的研究．日本水処理生物学会誌，**13**(1)：13-21．
- （担当編集委員：野崎健太郎，椋山女学園大学教育学部）