

## 火山麓水系の生態系代謝：火山起源物質による影響

田代 喬（東海国立大学機構名古屋大学減災連携研究センター）

野崎健太郎（椋山女学園大学教育学部）

はじめに：生態系代謝は、光合成による一次生産、生物群集による呼吸を通じて生態系全体の挙動を記述できる概念である。Odum (1956)は、水中の溶存酸素量の変動に着目し、一次生産量 (P)、呼吸量 (R)、ならびに、大気とのガス交換量 (D) との関係性を定式化した。Vannote *et al.* (1980) の河川連続体説 (River Continuum Concept) では、流程に沿った群集構造の遷移とともに P / R の変化が描かれるなど、河川生態系を捉える有効な指標としても適用できる。近年の計測技術の進化に基づき、一次生産速度や呼吸速度を推定する手続きが示され、河川の生態系代謝を評価する方法論が確立されてきた (Bott 1996, in *Methods in Stream Ecology*)。

火山麓水系は、火山に源を発する河川水系のうち、火山活動の影響が大きな山麓を流れるフィールドである。歴代の噴出物が折り重なった堆積構造、脆弱な表層地質による崩壊地形、それらが相俟って生み出した多孔質な基盤に対し、パルス的な地震・噴火に伴う地形・地質の破局的変化は、山麓ならではの水文・水理現象に駆動されて実に多様な景観・機能を各所に成立させている。環境水理部会では、2021 年度より火山麓河川水系 WG (主査：田代) が設置されて以降、御嶽山、白山、栗駒山など各地の火山麓への巡検を通じて研究活動に着手してきた。本報では、2014 年に噴火した御嶽山の南麓を流れる王滝川水系における観測事例を通じて、火山麓水系における生態系代謝に関する実態の一端を紹介する。なお、本研究は、WEC 応用生態研究助成 (2015-04, 2017-05, 2020-03)、JSPS 科研費 (19H04318) を受けた共同研究の一環として実施した。

材料と方法：王滝川は、流域面積 582.7 km<sup>2</sup> を有する木曽川上流域の一大支川である。戦前からの水力発電事業 (関西電力に継承) に始まり、愛知県知多地域を主な対象とした灌漑のための愛知用水事業 (現在の水資源機構の端緒) として 1961 年に牧尾ダムが建設されるなど、王滝川水系では水資源開発が高度に進められてきた (田代 2016)。1984 年の長野県西部地震 (M6.8) では、支川の濁川-伝上川の源頭部で生じた山体崩壊に伴う岩屑なだれによる流出土砂が本川に堰止湖を形成し、現在も”自然湖”としてその姿を留めるなど、火山麓特有の自然・社会条件を多く抱えている (田代 2016)。特に 2014 年を始めとする近年の噴火は、”地獄谷”と呼ばれる濁川-濁沢川-赤川の源東部で生じているが、この濁川水系では、噴火以前から (伝上川など一部の支川を除いて) 強酸性を呈するために魚類が生息していない (田代 2016)。この影響は流入先の王滝川本川にも及んでいて、濁川が合流してから牧尾ダムに至る本川区間には (ダム背水域を除いて) 魚類の生息が見られないなど (Onoda & Kayaba 2016)、火山起源物質による影響が顕著に表れている。

現地調査は、強酸性を呈する濁川水系に着目し、2016 年 9 月に濁川流入前後の王滝川、2017 年 8 月と 2019 年 9 月に濁川とその支川の濁沢川と伝上川、

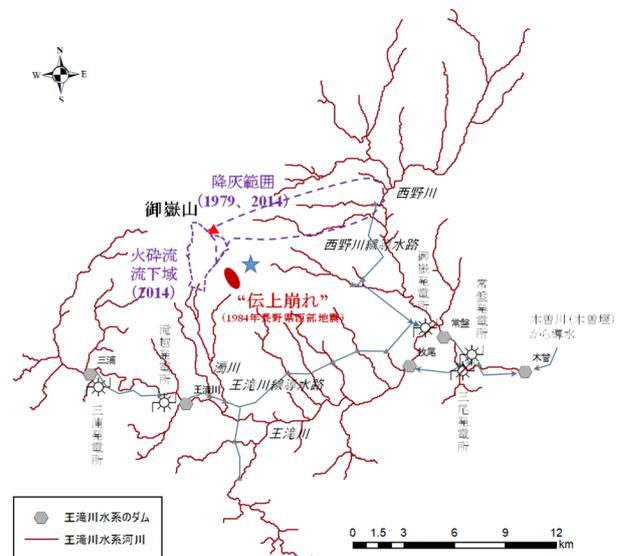


図-1 王滝川水系の概略図

2020年11月に濁沢川にて、自記式測器（HOBO U26-001, Onset社）を設置して溶存酸素濃度と水温を10 or 15分毎に連続観測した。この際、水深、pH、電気伝導度を記録するとともに、河床の砂礫に付着した藻類を定量採取して持ち帰った後、顕鏡観察を行ったうえでクロロフィル a 量の分析を行った。一次生産速度と群集呼吸速度は、次に示す水中溶存酸素の収支式（Odum 1956）に連続観測した溶存酸素濃度を代入し、萱場（2005）の手法で推定した。

$$\frac{dX_{DO}}{dt} = P - R + D$$

ここで、 $X_{DO}$ は溶存酸素濃度、 $t$ は時間、 $P$ は単位体積当たりの生産速度、 $R$ は単位体積当たりの呼吸速度、 $D$ は単位体積当たりの再曝気量である。降雨や流量変化の無い期間を対象に、光合成の行われない夜間に適用することによって呼吸速度と再曝気係数が推定でき、さらにこれらを日中に適用すれば一次生産速度が推定できることになる。

**結果と考察：**2016年9月の王滝川、2019年9月の伝上川、2020年11月の濁沢川の1地点にて、少量ながら一次生産速度（ $P$ ）、呼吸速度（ $R$ ）が推定できた。それぞれの $P/R$ は、王滝川（2016年9月15日）で $5.32 / 5.77 \text{ gO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、伝上川（2019年9月15日）で $0.15 / 0.09 \text{ gO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、伏流水によって形成された濁沢川の2次流路（2020年11月13～14日）では、 $1.69 / 5.23 \text{ gO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ と試算された。河川上流域の $P/R$ は過去に、Bruce (1985)による $0.15 - 0.59 / 2.82 - 4.02 \text{ gO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 、田代ほか(2015)による $0.11 - 1.39 / 3.96 - 5.75 \text{ gO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ などの試算実績があるが、王滝川の一次生産速度を除いて概ね同等の推定結果が得られた。王滝川の調査地上流には、堰止湖である自然湖や複数の発電ダムがあり、ダム下流河川の様相を呈していたことが影響したものと考えられる。実際、同地における河床石礫の表面には、大型糸状緑藻 *Cladophora* sp. や糸状接合藻 *Zygnema* sp. を含む付着総群落（ $35 \sim 74 \text{ mg Chl. a} / \text{m}^2$ ）が生育していた。

$P/R$ が推定できた上記調査地のうち、濁沢川の2次流路のみ強酸性を呈していた（pH 3.4）。王滝川（pH 6.5）、伝上川（pH 7.7）は弱酸性～弱アルカリ性であったが、いずれも強酸性を示す河川（濁川：pH 4.0、濁沢川：pH 4.2）が合流した後、付着藻類がほとんど見られなくなり、一次生産、呼吸速度ともに推定が困難になった。（伝上川では顕著な繁茂が見られなかったが、）中性な河川水には存在し得た付着藻類が、強酸性水の流入により生育が阻害された結果、生態系代謝が機能し得ない事態になったと思われる。一方、強酸性を呈していた濁沢川の2次流路では、酸性環境下に適応した大型糸状緑藻 *Klebsormidium* 属が繁茂していたことから、生態系代謝が機能する結果となった。しかしながら、河岸、河谷や周辺の斜面との位置関係により、日射が河床に到達する時間帯が限られたために、一次生産速度よりむしろ、呼吸速度の方が大きくなった。なお、この濁沢川の2次流路では、上記した地点以外に湧出地点に近い上流においても観測していたが、当該地点では夜間になると、溶存酸素濃度がほとんど検出されなかった。この原因は、上記したように一次生産・呼吸速度が推定できた2次流路下流では、流下・流動に伴う再曝気によって大気から溶存酸素が供給された結果、安定的に高濃度な溶存酸素濃度が計測されたのに対し、湧出点に近い2次流路上流では溶存酸素濃度が低い伏流水の影響が光合成の行われない夜間に色濃く表れたものと推察された。

御嶽山南麓の王滝川水系に散見される強酸性水は、火山活動に起因する硫酸イオンに依拠する（丹羽、1954）。以前にはpH 5程度だったことから、近年の火山活動の影響による水質変化が生じたものと推察される。また、調査地周辺では発電目的の一時取水が盛んであり、バイパスする導水路を経由する間は減水区間になるが、（他の支川と同様に取水堰が設置されていた）濁川では2014年噴火後、相当期間にわたって取水停止していたため、強酸性水の流入量が相対的に大きくなり、影響が強く生じた可能性も考えられる。への火山起源物質の影響についてより適切に理解するため、今後は、流量データも加えながら、定量的に分析と考察を進める必要がある。