

霧ヶ峰踊場湿原における火入れ延焼が湿原の水質に及ぼす影響

中島 裕¹・戸田任重^{1,2}¹信州大学理学部物質循環学科, ²信州大学山岳科学総合研究所

Impact of Fire Spreading on Water Quality in Kirigamine Odoriba Wetland

Yutaka NAKAJIMA¹ and Hideshige TODA^{1,2}¹Faculty of Science, Shinshu Univ., ²Institute of Mountain Science, Shinshu Univ.

要旨：2013年4月28日、霧ヶ峰踊場湿原周辺では火入れ（野焼き）の火が飛び火し、湿原周辺の220haが延焼で焼けた。流域の40%近くが焼けたイモリ沢では、pH、電気伝導度、総イオン濃度、Ca/K比、リン酸態リン濃度が、流域に延焼のなかった雪不知沢よりも有意に高く、また懸濁物濃度も9月初旬までは雪不知沢を上回っていた。両沢の硝酸態窒素濃度は同等で有意差はなかった。両沢でみられた水質の差異は、焼損した植物残渣、あるいは土壌有機物の無機化にともなう無機塩類の流入ではなく、地殻の物理的・化学的風化の促進によりもたらされたと考えられる。湿原内の池（アシクラ池）では、2009年に比べて、pHがわずかに高く、電気伝導度および硝酸態窒素濃度には有意差はみられなかった。クロロフィルについては2009年の測定値がないので比較はできないが、2013年のクロロフィルa濃度は最大でも14 μ g Chl.a/Lであり、水の華を形成するほどには上昇しなかった。アシクラ池では、水中の栄養塩、特に無機態窒素が枯渇しており、植物プランクトンの増殖は抑制されたと考えられる。今回の調査ではアシクラ池の水質に大きな変化は認められなかった。

キーワード：火入れ、延焼、水質、踊場湿原、霧ヶ峰、湿原

Keywords: fire spreading, Kirigamine, Odoriba, water quality, wetland

1. はじめに

霧ヶ峰は、長野県の中部、八ヶ岳中信高原国定公園の中央に位置し、そこには日本有数の山地草原が広がっている。この草原は、周辺集落の人びとの採草や火入れ、放牧などにより維持されてきた二次草原（半自然草原）である（浦山, 2006）。1960年頃より本格的採草が行われなくなり、森林化が進行し、草原景観の消滅や草原性動植物の減少、さらには生態系全体への影響が懸念されている（大窪・土田, 1998；尾関ほか, 2006）。

2005年以降、草原の維持を目的として、諏訪市と地権者らによる火入れが毎年実施されてきた（川上・大塚, 2008）。ところが、2013年4月28日、火入れの火が強風にあおられて飛び火し、当初予定していた面積の10haを大きく上回り、踊場湿原の一部を含む220haが延焼した。延焼範囲は、踊場湿原に流入するイモリ沢流域の40%近くに相当した（図1）。

流域で火災が起きると、焼損した植物残渣の流入、あるいは地殻の風化促進により、流域内の河川や湿地の水質が変化することが報告されている

（Tiedemann et al., 1979；Walbridge and Richardson, 1991；Battle and Golladay, 2003）。

本報告では、踊場湿原に流入する河川（イモリ沢）および湿原内の池（アシクラ池）の水質と今回の火入れ延焼との関連を調査した。

2. 方法

2013年5月から11月までほぼ週1回（5月と10月、11月は隔週）の頻度で、霧ヶ峰踊場湿原内のアシクラ池（池北縁中央部、N36°05'07.6", E138°09'58.0"）と池に流入するイモリ沢（図1赤丸、N36°05'06.9", E138°10'11.7", 流域面積300ha）、および八ヶ原湿原に流入する雪不知沢（N36°07'12.1", E138°10'19.4", 流域面積90ha）で採水した。雪不知沢は延焼を受けていない対照区である。水温、pH、電気伝導度（EC）は、携帯型測定器（EUTECH, CyberScan PC10）を用いて現地で測定した。試水は実験室に持ち帰り、イモリ沢と雪不知沢の試水は、ガラスろ紙（ワットマンGF/C）で濾過し、懸濁物濃度（SS）を測定した。アシクラ池の試水はガラスろ

紙 (GF/C) で濾過し、100%メタノールでクロロフィル a を抽出した。クロロフィル a 濃度の計算は Marker et al. (1980) に従った。各試水のろ液は、冷蔵保存し、後に硝酸態窒素濃度と主要イオンをイオンクロマトグラフで、リン酸態リン濃度をモリブデン青法で測定した。



図1 踊場湿原周辺における火入れ予定地 (水色塗部, 10ha), 延焼範囲 (黄線の囲み, 154ha), 天然記念物範囲 (赤線囲み, 28ha), イモリ沢流域 (青線の囲み, 300ha). 赤丸はイモリ沢採水地点. 延焼範囲は諏訪市教育委員会による (諏訪市は最終的に220haとした).

3. 結果

3-1 イモリ沢と雪不知沢の水質

火入れ延焼は2013年4月28日に発生したが、その後5月から6月中旬まで降水量が少なく (KiNOA 参照), イモリ沢は涸れて採水できず, アシクラ池には数メートル四方 (水深 10cm 程度) の水溜まりしかみられなかった。イモリ沢およびアシクラ池での本格的採水は6月20日以降である。

イモリ沢の懸濁物濃度は変動が大きく, 9月初めの大雨時には 89.4 mg/L に達し, ほとんどの場合雪不知沢を上回っていた (図2, 表1)。pH はイモリ沢で 7.14~8.07, 雪不知沢で 6.72~7.51 であり, わずかにイモリ沢が高かった (図3, 表1, $P<0.01$)。電気伝導度は季節的にほとんど変化せず, イモリ沢で 23.9~29.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 雪不知沢で 11.4~12.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で (図4), 常にイモリ沢が雪不知沢を上回っていた (表1, $P<0.01$)。総イオン濃度でもイモリ沢が雪不知沢よりも有意に高かった (表1, $P<0.01$)。また Ca/K 比もイモリ沢が雪不知沢を上回っていた (表1, $P<0.01$)。硝酸態窒素濃度は, 両沢とも最大で 0.1 mgN/L 程度

であり, 両沢ともに季節の進行にともない低下傾向を示した (図5)。リン酸態リン濃度は, イモリ沢で 3.5~11.4 $\mu\text{gP}/\text{L}$, 雪不知沢で 2.3~5.4 $\mu\text{gP}/\text{L}$ であり (図6), 低濃度ながらイモリ沢が有意に高かった (表1, $P<0.01$)。

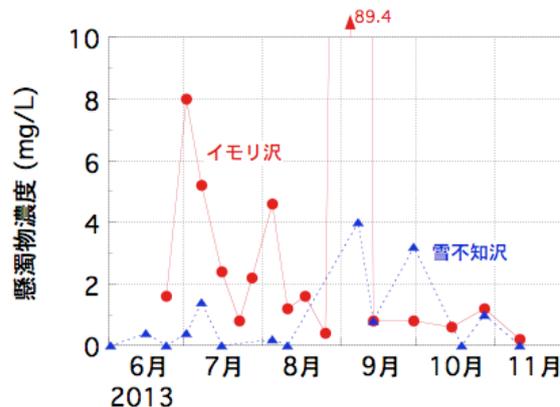


図2 イモリ沢と雪不知沢における懸濁物濃度の季節変化

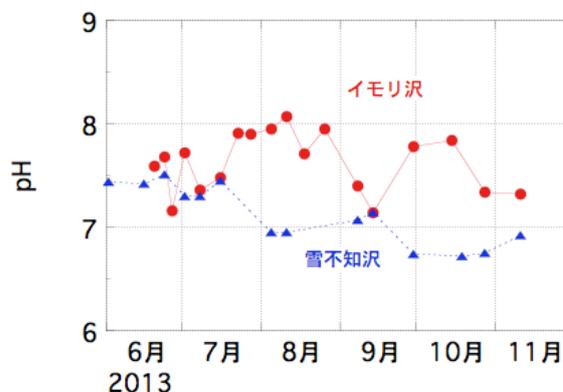


図3 イモリ沢と雪不知沢における pH の季節変化

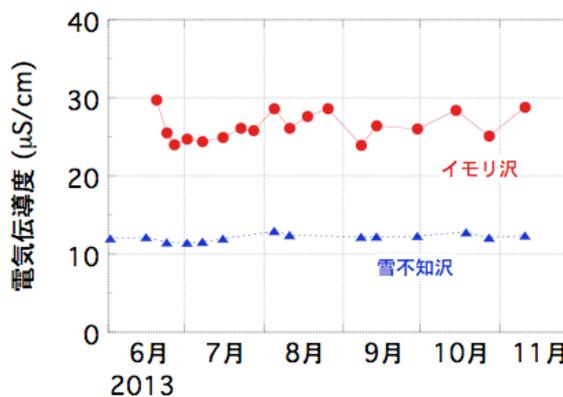


図4 イモリ沢と雪不知沢における電気伝導度の季節変化

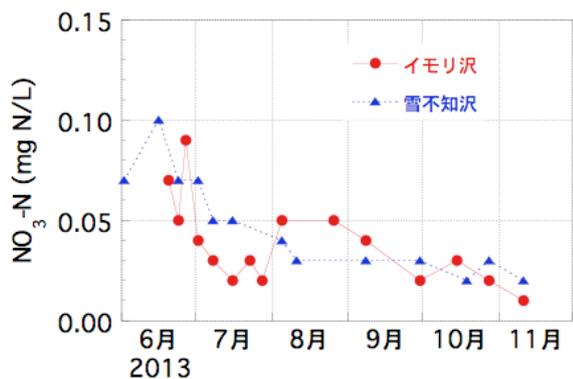


図5 イモリ沢と雪不知沢における硝酸態窒素濃度の季節変化

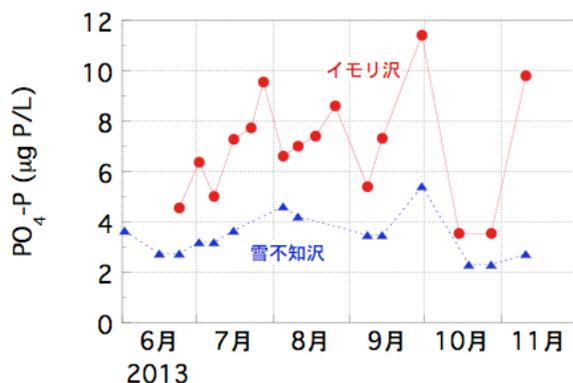


図6 イモリ沢と雪不知沢におけるリン酸態リン濃度の季節変化

3-2 アシクラ池の水質

アシクラ池の硝酸態窒素濃度は、5月の溜まり水の1 mgN/L 前後の値を除けば極めて低く、7月以降はすべて検出限界 (0.01 mgN/L) 以下であった (図7)。リン酸態リン濃度は2.6~6.2 μgP/L であり低濃度で推移していた。アシクラ池のクロロフィル a 濃度は7月から徐々に増加し、9月初めに極大 (14.1 μg Chl.a/L) を示した。

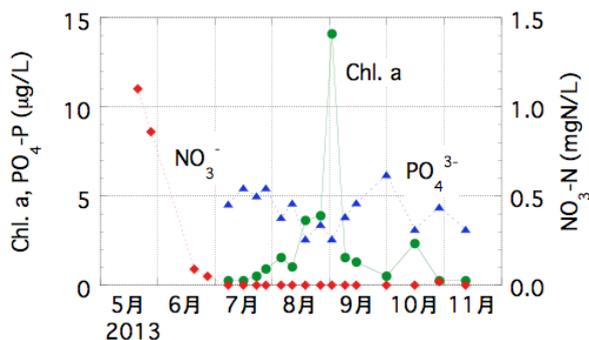


図7 アシクラ池における硝酸態窒素濃度、リン酸態リン濃度、クロロフィル a 濃度の季節変化

表1 イモリ沢と雪不知沢の各水質項目の平均値 (括弧内は標準偏差、**は統計的な有意差あり)

水質項目	イモリ沢	雪不知沢
懸濁物濃度 (mg/L)	7.56 (21.92)	0.81 (1.27)
pH**	7.63 (0.29)	7.12 (0.29)
電気伝導度 (μS/m)**	26.4 (1.8)	12.1 (0.44)
総イオン濃度 (mg/L)**	5.66 (0.75)	2.97 (0.66)
Ca/K**	2.91 (0.78)	1.05 (0.24)
NO ₃ -N (mg/L)	0.04 (0.02)	0.05 (0.02)
PO ₄ -P (μg/L)**	6.94 (2.22)	3.39 (0.88)

** : P<0.01

表2 アシクラ池における2009年と2013年の水質の比較 (括弧内は標準偏差、**は統計的な有意差あり)

水質項目	2009	2013 ^注
pH**	6.16 (0.54)	6.95 (0.32)
電気伝導度 (μS/m)	25.0 (19.1)	23.6 (5.4)
NO ₃ -N (mg/L)	0.03 (0.04)	0.01 (0.02)
PO ₄ -P (μg/L)	-	4.2 (1.1)
Chl. a (μg/L)	-	2.2 (3.50)

** : P<0.01

注: 2013年は5月の溜まり水時の測定値を除く

4. 考察

イモリ沢の pH, 電気伝導度, 総イオン濃度, Ca/K 比, リン酸態リン濃度はいずれも雪不知沢よりも有意に高く (表1), また懸濁物濃度も9月初旬までは雪不知沢を上回っていた (図2)。これらの水質項目には延焼の影響が出ている可能性がある。しかし、いずれの沢についても延焼前の観測結果はないので、両沢の水質の差異が元々なのか、延焼の影響なのかは断定できない。今後、継続して調査していく必要がある。

火災による植物残渣や燃焼灰の流入が想定されたが、延焼後2ヶ月ほどは降水が少なく、湿原への流

入河川であるイモリ沢は涸れており、その間に春の芽吹きがあり地表は新緑に覆われた。陽イオン濃度をはじめとする溶存イオン濃度、Ca/K比、リン酸態リン濃度が、イモリ沢では雪不知沢よりも高かったが、その原因は地殻の風化促進による可能性が高い。懸濁物濃度の上昇も物理的風化の影響が考えられる。化学的風化の際には、陽イオンの生成とともに炭酸水素イオンが生成され、地下水・渓流水中の水素イオンを消費し pH を上昇させる。イモリ沢の pH がわずかではあるがアルカリ化していた原因かも知れない。植物残渣の分解、あるいは土壤有機物無機化に伴う硝酸イオンの増加はほとんどみられなかった(図5)。たとえこれらのプロセスが生じたとしても、ちょうど新緑の季節であり、生成された栄養塩類は草原の植物に吸収されてしまった可能性がある。

アシクラ池の水質については、市川(2010)による2009年の調査結果がある。2009年調査時の pH は平均 6.16、電気伝導度は平均 $25.0 \mu\text{S/cm}$ 、硝酸態窒素濃度は 0.03 mgN/L であった(表2)。今回(2013年)の調査結果と比べると、pH は今回がわずかに高く ($P < 0.01$)、電気伝導度および硝酸態窒素濃度には有意差はみられない。イオンクロマトによる2009年の分析では、リン酸態リンは検出されていない。クロロフィルについては2009年の測定値がないので比較はできないが、2013年のクロロフィル a 濃度は最大でも $14 \mu\text{g Chl.a/L}$ であり(図7)、水の華を形成するほどには上昇しなかった。アシクラ池には水生植物も繁茂しており、栄養塩をめぐって植物プランクトンと競争関係にある。アシクラ池では、水中の栄養塩、特に無機態窒素が枯渇しており、植物プランクトンの増殖は抑制されたと考えられる。今回の調査ではアシクラ池の水質に大きな変化は認められなかった。

謝辞

本調査では、諏訪市教育委員会から様々な支援をいただきました。また、陽イオンの分析では信州大学山岳科学総合研究所の宮原裕一准教授のお世話になりました。感謝申し上げます。

参考文献

Battle, J., and S.W. Golladay (2003) Prescribed fire's impact on water quality of depressional wetlands in southwestern Georgia, *American Midland Naturalist*,

150: 15-25.

- 市川貴大(2010)霧ヶ峰湿原におけるニホンジカ(*Cervus nippon*)の排泄糞とその環境影響に関する研究, 信州大学理学部物質循環学科卒業論文.
- 川上美保子・大塚孝一(2008)霧ヶ峰草原における火入れ実施による植生の変化, 長野県環境保全研究所研究報告, 4: 105-109.
- KiNOA, 八島湿原便り-霧ヶ峰高原の気象観測データ <http://www.nature2.jp/marsh/index.html#weather>
- Marker, A. F. H., E. A. Nusch, H. Rai, and B. Riemann (1980) The measurement of photosynthetic pigments in freshwaters and standardization of methods: conclusions and recommendations. *Arch. Hydrobiol. Beih. (Ergebn. Limnol.)*, 14: 91-106.
- 大窪久美子・土田勝義(1998)半自然草原の自然保護 433-476, 沼田真監修「自然保護ハンドブック」, 朝倉書店, 東京.
- 尾関雅章・堀田昌伸・川上美保子・大塚孝一(2006)霧ヶ峰草原における植生変化の実態把握, 長野県環境保全研究所研究プロジェクト成果報告, 4:17-24.
- Tiedemann, A. R., C. E. Conrad, J. H. Dieterich, J. W. Hornbeck, W. F. Megahan, L. A. Viereck and D. D. Wade (1979) Effects of fire on water: a state-of-knowledge review, General Technical Report WO-10, U.S. Department of Agriculture Forest Service, 28 pp.
- 浦山佳恵(2006)霧ヶ峰における伝統的な草原の利用・管理とその変遷, 長野県環境保全研究所研究プロジェクト成果報告, 4: 11-16
- Walbridge, M. R. and C. J. Richardson (1991) Water quality of pocosins and associated wetlands of the Carolina coastal plain. *Wetlands*, 11: 417-439.

(原稿受付 2014. 3. 11)