

中丸鉱山浸出水沈殿物上のコケ植物

Bryophytes on the substratum formed in the Nakamaru mine drainage

中澤和則¹⁾・菅原久誠²⁾・趙美超³⁾
中島啓治⁴⁾・和田晴美⁵⁾

Kazunori Nakazawa, Hisanari Sugawara, Meichao Zhao,
Keiji Nakajima and Harumi Wada

キーワード：チャツボミゴケ，イワマセンボンゴケ，コケ植物，中丸鉱山，浸出水，針鉄鉱

Key words : *Solenostoma vulcanicola*, *Scopelophila ligulata*, Bryophyte, Nakamaru mine, leachate, goethite

はじめに

ぐんま鉱山研究会は群馬県下仁田町の廃止鉱山である中丸鉱山（以後中丸鉱山とする）を調査しているが、2017年5月23日、その中の一坑口から流れ出る浸出水の流域に生育するコケ植物群集を発見した（第1図）。コケ植物の景観は2017年2月に国指定天然記念物に認定された群馬県中之条町チャツボミゴケ公園（元六合村元山鉄山跡）に生育するチャツボミゴケ（井上 1987）によく似ている。中丸鉱山の坑口からの浸出水は試験紙を用いた簡易検査で pH 4.4 以下の強酸性（青木 2004）を示し、流路に多量の黄－赤褐色沈殿物が見られる。コケ植物はこの沈殿物を基物とし、強酸性の流水中やその水際に生育している。筆者らはコケ植物群集の調査、継続観察及び生育環境である水質や沈殿物の分析を進め、強酸性浸出水に生育するコケ植物の生態を理解し今後の保護に役立てたいと考える。本報告では、ぐんま鉱山研究会の活動で発見したコケ植物について、著者らが研究を行うことで今までに分かった知見、生育



第1図 調査位置図

2019年1月17日受付. 2019年2月8日受理.

- 1) 〒377-0806 群馬県吾妻郡東吾妻町小泉404
- 2) 群馬県立自然史博物館 〒370-2345 群馬県富岡市上黒岩1674-1
- 3) 群馬大学理工学部 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1
- 4) 〒371-0802 群馬県前橋市天川町83-4
- 5) 〒370-1112 群馬県佐波郡玉村町下之宮571-2

状況及び生育環境を述べ、コケ植物が自生する自然環境及びコケ植物の稀少性について議論する。

コケ植物の生育環境

中丸鉾山坑口から流れ出る酸性浸出水は、山の斜面にある坑口から導水パイプで約 16 m 導かれ、護岸擁壁中段から川に流れ落ちている。導水パイプに流入しきれない浸出水は坑口から溢れ森林斜面を扇状に流れ下り、末端の擁壁法面では幅約 23 m に広がり川に流れ落ちている。坑口から川への擁壁までの約 16 m において、流れる浸出水に流入する水系はない。固結した沈殿物は、森林斜面中央部における擁壁天板上で約 1.3 m の厚さがあり、浸出水が流れ落ちる護岸擁壁部では底のように約 55 cm 張り出している。擁壁法面にも沈殿物が畝状に盛り上がっている（第2図）。コケ植物群集は、この沈殿物の底上や畝上及び底下の浸出水が降りかからない場所にも見られる。沈殿物の堆積状況により法面の畝状の盛り上がりに変化が生じると、浸出水の流れが変わり、流域から外れた領域に生育するコケ植物は黒褐色に変色したり、枯れかけたりする様子が確認される。また、沈殿物の底が大きく張り出すと、その部分はコケ植物をつけたまま自重により剥がれ落ちることがある。沈殿物の形状が変わり浸出水の流れが変化する中で擁壁面のコケ植物群集が維持されている。



第2図 擁壁面におけるコケ植物の産状写真

コケ植物群集が見られるコンクリート護岸擁壁は、群馬県の治山事業で作られたが、それ以前は石垣による護岸であった。中丸鉾山は1955年（昭和30年）1月27日の落盤事故後、1959年（昭和34年）頃閉山した。地域住民への聞き取り調査によれば、坑口からの浸出水の量は現在と変わらず、水路で川につながっていた。1965年（昭和40年）には水路内に現在見られるものと同様なコケ植物の生育状況が確認できたということである。ただし、コケ植物群集が擁壁に見られるようになった時期は不明である。

浸出水沈殿物上のコケ植物群集

浸出水が流れ落ちる擁壁面のコケ植物群集はチャツボミゴケ公園の景観に似ているが、擁壁面上のコケ植物は次の二種で混在している部分も見られる。

蘚類・センボンゴケ科

イワマセンボンゴケ

Scopelophila ligulata (Spruce) Spruce

苔類・ソロイゴケ科

チャツボミゴケ

Solenostoma vulcanicola (Schiffn.) Nyushko

チャツボミゴケの学名は、片桐・古木（2018）による。

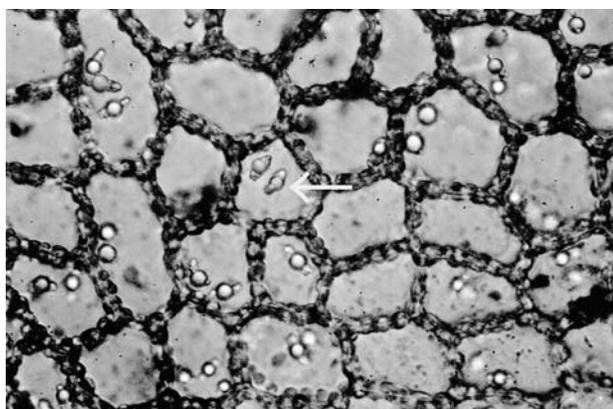
イワマセンボンゴケが密に生えているところは、沈殿物が底状に大きく張り出した底下で、浸出水が滝のように流れ落ちている裏側奥の擁壁面なので流水は直接コケを浸していない。イワマセンボンゴケのマット中にはチャツボミゴケもわずかに混在している。イワマセンボンゴケは同属のホンモンジゴケ *Scopelophila cataractae* (Mitt.) Broth. と共に「銅ゴケ」の代表で銅などの鉱物を含む岩上に群落をつくるとされ（岩月・水谷 1972；Noguchi 1988）、イワマセンボンゴケの生育環境の例として鉄さびを帯びた岩壁（岩月編 2001）が示されている。群馬県内のイワマセンボンゴケの記録は、「群馬県産蘚類目録」に南牧川及び神流川（永野ほか 1987）がある。

チャツボミゴケは浸出水が流れ落ちる擁壁面のほ

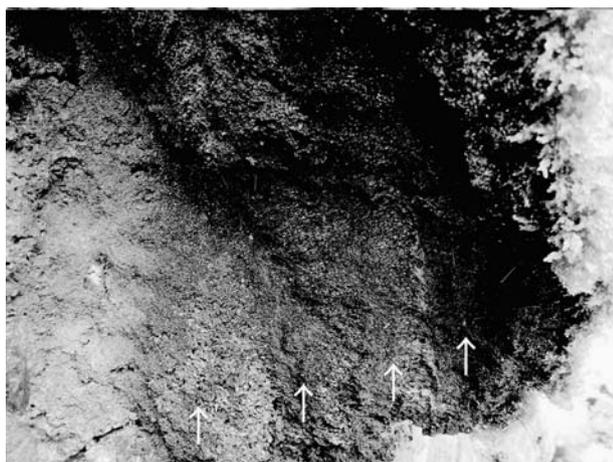
ば全面に生育している。流水に浸る沈殿物上で良く生育し、沈殿物の畝が高くなり過ぎ浸出水が流れないところでは褐色～灰黒色に変色している。浸出水の流れは見えなくても、浸出水がにじんでいる壁面にも生育し、この部分から同定の手がかりとなる花被や蒴をつけているチャツボミゴケが確認された。沈殿物の底から垂れ下がる部分のコケに触れるとパリッとした硬さがあり、顕微鏡で観察すると仮根の周りに鉾物が点々と付着していた。

葉の細胞には油体が2～3個あり、球形の粒の周りに小さな顆粒がついてブドウ房状の形をしている(第3図)。コケ植物を採集して新鮮なうちはブドウ房状であるが、時間が経過し新鮮でなくなると徐々に小さな顆粒が消え球形の粒だけになり、さらに時間が経過すると球形の油体も見えなくなった。

コケの生えている底部分が剥がれ落ち、その断面



第3図 チャツボミゴケ細胞内の油体の顕微鏡写真



第4図 崩落した基物断面に見える層状のチャツボミゴケ

を観察すると茎葉体の下部は固結した沈殿物に埋もれ、コケのからだは基物の沈殿物によって支えられているように見える。剥がれ落ちた底内部にはコケの層(第4図矢印)が数層重なっているのは沈殿物の形成が早いために流路がたびたび変わるためと思われる。

群馬県内のチャツボミゴケは、活動している火山起源の草津温泉西の河原、中之条町穴地獄、嬭恋村万座温泉、中之条町入山金山沢など、県北西部山岳地域の酸性湧水環境において報告されている(井上 1987; 佐竹 2013)。これら既報のチャツボミゴケ自生環境に対して、中丸鉾山は県南西部の市ノ萱岩体周辺にあり、付近に活動している火山はない。

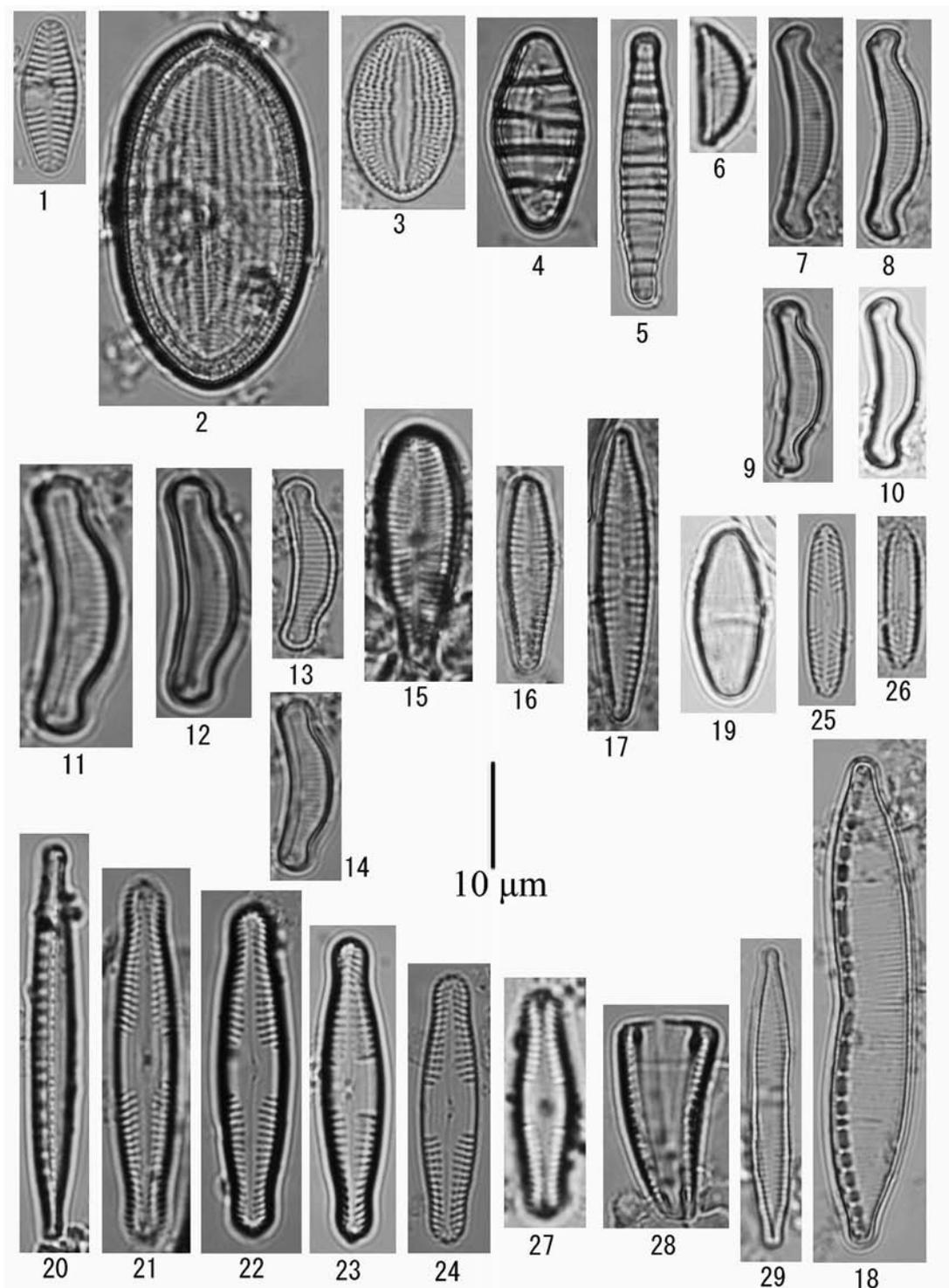
浸出水中のコケ植物(チャツボミゴケ)に付着する珪藻類

護岸擁壁のコケ植物に付着する珪藻類には、pH 5.5以下で最もよく生育するとされる真酸性種の *Eunotia exigua* (Brebisson ex Kützinger) Rabenhorst var. *exigua*, *Pinnularia. acidojaponica* M. Idei et H. Kobayasi, *Pinnularia acoricola* Hustedt in Schmidt et al., *Pinnularia sinistra* Krammer が見い出された。特に、*Eunotia exigua* var. *exigua* 及び *Pinnularia. acidojaponica* は、優占種として産出した(第5図)。これは、吉田ほか(1980)で報告された群馬鉄山(元山鉄山跡)での産出報告と同様の傾向である。なお、各種類の個体生態的記載にあたっては、主に Krammer and Lannge-Bertalot (1986, 1987, 1991a, 1991b), Lowe, R. L. (1974) 及び渡辺ほか(2005)を参照した。

浸出水の分析

浸出水の化学的特徴を比較調査するため、中丸鉾山坑口及び擁壁において、水の試料採集を行った。水の pH はその場で3回測定し、その平均値を結果とした。元素濃度分析のための試料は、同一箇所でも3点の試料を採集し、各元素につき平均値を求めた。

試料の pH はハンナインスツルメンツ社製 HI 98129及び HI 98130、元素濃度分析は群馬大学



第5図 浸出水中のチャツボミゴケに付着する珪藻類の顕微鏡写真

1: *Achnanthes lanceolata* var. *lanceolata*, 2&3: *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, 4: *Diatoma hiemale* var. *mesodon*, 5: *Diatoma vulgare*, 6: *Encyonema minutum*, 7-10: *Eunotia exigua* var. *exigua*, 11-14: *Eunotia septentrionalis*, 15: *Gomphonema olivaceoides*, 16: *Gomphonema olivaceum* var. *minutissima*, 17: *Gomphonema parvulum* var. *exilissima*, 18: *Hantzschia amphioxys*, 19: *Navicula mutica* var. *mutica*, 20: *Nitzschia dissipata*, 21-24: *Pinnularia acidojaponica*, 25&26: *Pinnularia acoricola*, 27: *Pinnularia sinistra*, 28: *Rhoiscospenia abbreviata*, 29: *Synedra rumpence*.

第1表 中丸鉾山坑口付近における水の化学分析結果

	中丸鉾山坑口	中丸鉾山擁壁
	Mean	Mean
pH	2.83	2.85
Na (mg/L)	9.30	9.55
Cr (mg/L)	0.019	0.019
Mn (mg/L)	2.97	2.97
Fe (mg/L)	25.9	16.4
Cu (mg/L)	0.059	0.058
Zn (mg/L)	8.06	8.09
As ($\mu\text{g/L}$)	1.0	ND
Cd (mg/L)	0.050	0.049
Hg ($\mu\text{g/L}$)	0.21	0.21
Pb (mg/L)	ND	ND
S (mg/L)	ND	ND

Mean : 平均値, ND (not detected) : 不検出

理工学部設置されているAmetek社製ICP発光分光分析装置(SPECTROBLUE)及び上海聖龍環境修復技術有限公司に設置されているサーモフィッシュサイエンティフィック社製ICP質量分析計(Thermo XSERIES 2), 硫酸イオン(SO_4^{2-})は群馬工業高等専門学校に設置されている東亜DKK社製イオン分析計(IA-300)を用いて行った。

ICP発光分光分析における試料調整は、0.45 μm のメンブレンフィルターで試料をろ過した後、硝酸原液を0.5%含むように添加した。分析に際して、Cd, Cr, Cu, Mn, Na, Pb及びZnは無希釈、Feは5~10倍で希釈し、検量線は1~10 mg/Lの範囲で作成した。イオン分析計を用いた水質分析のため、試料を0.45 μm のメンブレンフィルターでろ過することで調整した。

試料のpH測定結果はいずれも2.83及び2.85の強酸性を示した(第1表)。中丸鉾山坑口から擁壁までの16 mでpHが0.02上昇したことが確認された。

元素濃度分析結果に基づき、上流側と下流側を比較すると、Fe濃度以外に大きな差異はみられない(第1表)。Fe濃度は全ての試料において排水基準値である10 mg/Lを超えているが、中丸鉾山坑口から擁壁までの約16 mで9.50 mg/Lの減少が確認された。中丸鉾山における硫酸イオン(SO_4^{2-})濃度

は坑口で655 mg/L、擁壁で573 mg/Lを示し、これらの間で82 mg/Lの減少が確認された。

中丸鉾山におけるpHの比較に基づくと、距離に応じて強酸性のpHがわずかに中性側へ変化していることが明らかになった。また同様に、上流側と下流側の際立ったFe濃度の減少傾向に基づくと、浸出水及び湧水の流域においてFeの沈殿、鉾物化又は生物濃縮が起きていると考えるのが妥当である。中丸鉾山坑口から擁壁までは、擁壁に向かって下りの緩傾斜を成しており、その表層部には赤褐色沈殿物が堆積している。擁壁直上における約1.3 mの厚い沈殿物が坑口から擁壁までに集積した事実に基づくと、チャツボミゴケの基物になっている赤褐色沈殿物はFeに著しく富むことが推定される。

国内の排水基準値に硫酸イオンの項目はないが、飲料水の国際的な水質基準値にはユーザーから苦情があがりうる項目として項目立てされており、250 mg/L(例えば、WHOガイドライン; USEPA飲料水基準など)の基準値が設定されている。硫酸イオンの起源は、東アジア諸国からのグローバルな輸送による酸性雨によるものや(例えば、北村ほか1986; 藤田・高橋1991; 大泉ほか1991; 北村ほか1993)、黄鉄鉾などの硫化鉾物の酸化・分解を起源とするもの(例えば、服部ほか2003; 五十嵐・大山1997; 黒沢ほか1997; Singer and Stumm 1970)が知られている。中丸鉾山はかつて輝安鉾(Sb_2S_3)や石英(SiO_2)が採鉾されており、これらの他にもCu, Zn, Pbの鉾脈における四面銅鉾($(\text{Cu}, \text{F})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$)や車骨鉾(PbCuSbS_3)の産出が記録されている(地質調査所1955a; 同1955b; 今井ほか1973; 資源・素材学会1994a; 同1994b)。また、ぐんま鉾山研究会による中丸鉾山調査では、黄鉄鉾(FeS_2)、閃亜鉛鉾(ZnS)、輝安鉾(Sb_2S_3)、重晶石(BaSO_4)、方鉛鉾(PbS)などの硫化鉾物の産出が確認されており、これらの地質学的背景に基づくと、中丸鉾山の浸出水における硫酸イオンの起源は、硫化鉾物の酸化・分解に伴う硫酸イオンの溶出であると考えられる。

沈殿物の鉱物組成

チャツボミゴケ及びイワマセンボンゴケの基物の構成鉱物を同定するため、粉末 X 線回折装置 (XRD) を用いて分析した。赤褐色の基物は擁壁側面に沈着し、この表面に現世のコケ植物群集が自生している。コケ植物と基物部の断面が確認できる部分において、コケ植物直下の基物断面を 1 cm 剥し、その内部を採集した。基物試料は、40 °C で 24 時間乾燥させたものをめう乳鉢で粉碎することで分析のための粉体試料とした。粉末 X 線回折には銅管球を装備した島津製作所製 XRD-6000 を用いて、管球電圧及び電流をそれぞれ 40 kV 及び 30 mA に設定して 3~70 度 (2θ CuK α) まで走査した。

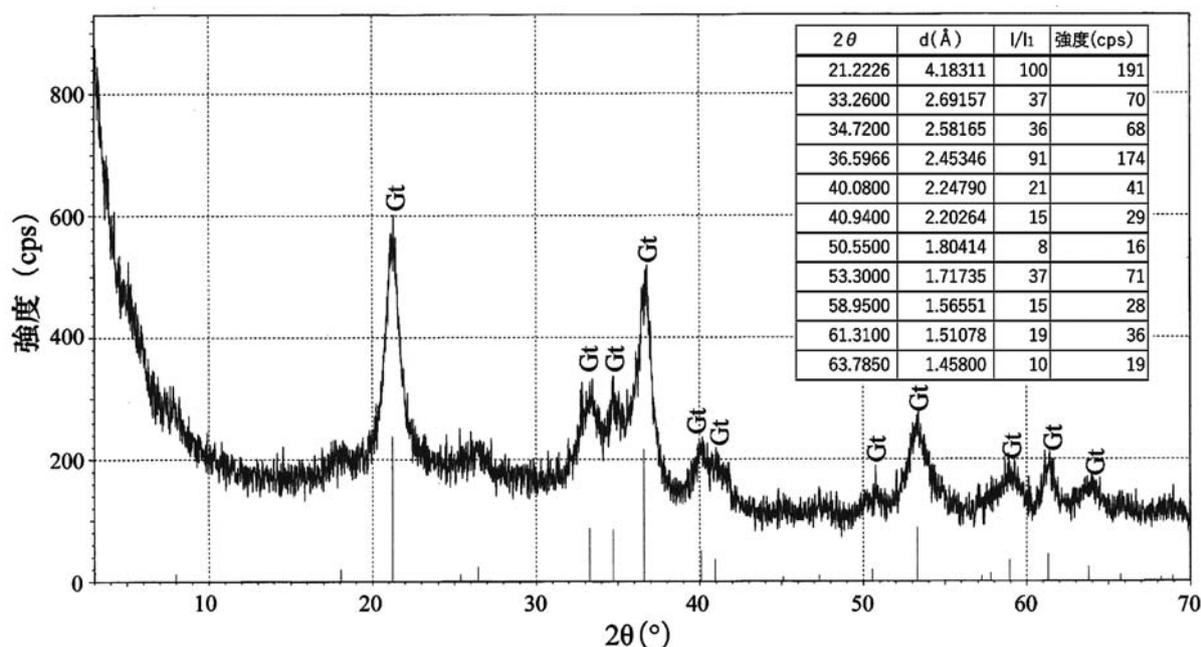
粉末 X 線回折分析結果に基づく、得られた主要ピークは鉄水酸化鉱物である針鉄鉱 (FeO (OH)) に該当することが明らかになった (第6図)。粘土鉱物に該当すると考えられる微小ピークが 7.98° , 18.07° , 26.44° などに確認されるため、試料は針鉄鉱を主体とするものの少量の粘土鉱物が含まれることが明らかになった。

針鉄鉱の無機的な形成要因は、鉱山が胚胎する鉄

を含む硫化鉱物 (例えば黄鉄鉱) の酸化・分解に伴い鉄イオンが溶出し、水酸化鉄として沈殿した後に脱水する過程が卓越することが示されている (Nishiyama 2002)。一方で、最近の研究では鉄酸化細菌が針鉄鉱などの鉄水酸化鉱物を形成する微生物が関与した生物的形成について議論されている (例えば、高田・中西 2017)。中丸鉱山の浸出水流域には鉄酸化細菌などの微生物が棲息していることも視野に入れ、中丸鉱山坑口付近における現世の針鉄鉱鉱床の形成過程に関する調査・研究の進展が期待される。

おわりに

中丸鉱山浸出水の沈殿物上にできたコケ植物群集は、浸出水の流域に形成された針鉄鉱を主とする沈殿物上に、蘚類のイワマセンボンゴケと苔類のチャツボミゴケの2種が混在して生育していること、チャツボミゴケが火山起源ではなく鉱山起源の pH 2.8 以下を示す浸出水環境に生育していること及びチャツボミゴケの生育地が群馬県南西部であるとともに標高 600 m 前後という比較的低い標高である



第6図 コケ植物群集の基物である赤褐色沈殿物の X 線回折分析結果 (Gt: 針鉄鉱)

ことに基づくと、他に報告例がほとんどない稀少なケースであると考えられる。

コケ植物の基物である沈殿物は、浸出水の流域において継続的に沈殿・堆積している。沈殿・堆積作用が進行すると流域に高まりができることで流域が変化し、その結果としてコケ植物が茶褐色又は黒褐色に変色する。流域の変化は、浸出水中に生育することが確認された珪藻をはじめ、水中に棲息・生育するその他動植物の生態系を比較的短時間で変化させていることが予想される。

中丸鉾山の坑口付近におけるコケ植物群集の景観は、浸出水の流域、雨量、季節による日照変化などが影響し、赤褐色の沈殿物上の畝が茶・黒褐色から美しい緑色に変化することや、張り出している底部分や畝が崩落・再生したりすることで、絶えず変化することが明らかになった。

本研究では、コケ植物群集の同定、生育環境における水質及び基物の化学・鉱物学的特徴並びに浸出水環境に棲息する珪藻の多様性について初めて明らかにした。しかしながら、この環境における生態系の全体像、時間に応じた水質の物理化学的変化、チャップミゴケ及びイワマセンボンゴケの理想的な生育環境などは今後明らかにしていく必要がある。特に、流域や日照条件の変化はコケ植物群集の生育環境及びこの場における生態系を変化させることであるため、コケ植物群集の健全な保全・保護をするためにはできるだけ人の手を加えず見守ることが重要である。

謝 辞

本調査研究にあたり多くの方々からご支援をいただいた。コケ植物の同定では、千葉県立中央博物館の古木達郎博士及び昌平高等学校の木口博史氏、浸出水の分析では群馬大学理工学部の板橋英之教授、上海聖龍環境修復技術有限公司の和田信彦総工師及び群馬工業高等専門学校の宮里直樹博士にご教示・ご指導いただいた。また、中丸鉾山への立ち入り、情報提供及び聞き取りにご協力いただいた地元の飯井英男氏、小井土照明氏、並木久雄氏、並木京

一氏及び並木裕二氏並びに鉾山所有者として現地案内をしていただき、定期的に調査地の写真撮影も行っていただいた小板橋友二氏に心から御礼申し上げます。下仁田自然史館の中村由克博士及び下仁田自然学校の磯田喜義氏には、本原稿の改善に関わる貴重なご助言をいただいた。深く御礼申し上げます。

ぐんま鉾山研究会調査及び試料収集参加者

飯島富司、石井利子、市川 孝、小板橋友二、里見哲夫、菅原久誠、関 茂雄、高瀬得尋、高橋敏博、中島啓治、本多優二、黛 勝司、黛 富夫、吉川和男、和田晴美

文 献

- 青木正雄 (2004) 強酸性土および酸性水による被害と環境保全対策。材料, 53, 1351-1358.
- 地質調査所 (1955a) IV アンチモン鉱。日本鉾産誌 I-a: 主として金属原料となる鉾石。地質調査所, 155-184.
- 地質調査所 (1955b) 八幡鉾山。日本鉾山誌, 金・銀その他, 62-63.
- 藤田慎一・高橋 章 (1991) わが国における二酸化硫黄の沈着速度の季節変化。大気汚染学会誌, 26, 29-38.
- 服部修一・太田岳洋・木谷日出男 (2003) 酸性水発生に関わる掘削残土の応用地質学的検討—鉾山に近接して施工される八甲田トンネルにおける岩石特性評価法—。応用地質, 43, 359-371.
- 五十嵐敏文・大山隆弘 (1997) 黄鉄鉾の酸化に伴う貯水池水質の酸性化とアルミニウムの溶出。応用地質, 38, 244-251.
- 今井秀喜・河井興三・宮沢俊弥 (1973) 八幡鉾山。日本地方鉾床誌, 関東地方, 朝倉書店。
- 井上 浩 (1987) 群馬県のタイ類目録。群馬県植物誌, 417-424.
- 岩月善之助 (編) (2001) 日本の野生植物コケ。355pp., 192Pls. 平凡社, 東京。
- 岩月善之助・水谷正美 (1972) 原色日本蘚苔類図鑑。405pp., 48Pls. 保育社, 東京。
- 片桐知之・古木達郎 (2018) 日本産タイ類・ツノゴケ類チェックリスト, 2018. Hattoria 9, 53-102.
- 北村守次・織田敏郎・桐元俊武 (1986) 石川県における酸性雨調査 (第3報) —1 mmごとの降水成分の統計解析—。石川衛生公害研年報, 23, 207-222.
- 北村守次・杉山 実・大橋哲二・中井信之 (1993) 硫黄安定同位体比からみた石川県の降水中硫酸イオンの起源の推定。地球化学, 27, 109-118.

- Krammer K and Lange-Bertalot H (1986) Bacillariophyceae 1. Naviculaceae, 1-876pp. In: Ettl, H Gerloff, J Heyning, H and Mollenhauer, D (eds.). Susswasser - flora von Mitteleuropa. 2/1. Gustav Fisher, Stuttgart.
- Krammer K and Lange-Bertalot H (1987) Bacillariophyceae 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. 596pp. In: Ettl, H Gerloff, J Heyning, H and Mollenhauer, D (eds.). Susswasserflora von Mitteleuropa. 2/2. Gustav Fisher, Stuttgart.
- Krammer K and Lange-Bertalot H (1991a) Bacillariophyceae 3. Centorales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 576pp. In: Ettl, H Gerloff, J Heyning, H and Mollenhauer, D (eds.). Susswasserflora von Mitteleuropa. 2/3. Gustav Fisher, Stuttgart.
- Krammer K and Lange-Bertalot H (1991b) Bacillariophyceae 4. Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. 437pp. In: Ettl, H Gerloff, J Heyning, H and Mollenhauer, D (eds.). Susswasserflora von Mitteleuropa. 2/4. Gustav Fisher, Stuttgart.
- 黒沢幸二・中村玄正・高橋幸彦・松本順一郎 (1997) 猪苗代湖の水質に及ぼす酸性河川長瀬川の水質および底質特性. 環境工学研究論文集, 34, 111-120.
- Lowe R L (1974) Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. 334pp. U.S. Environmental Protection Agency, Ohio.
- 永野 巖・木口博史・小池長壽 (1987) 群馬県産蘚類目録. 群馬県植物誌, 395-415.
- Nishiyama K (2002) Rates of rock property changes due to weathering: sandstone gravel in fluvial terrace deposits in the Miyazaki Plain. Sci. Rep. of Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Section A, 23, 1-40.
- Noguchi A (1988) Illustrated moss flora of Japan, part2. Hattori Bot. Lab.
- 大泉 毅・福崎紀夫・森山 登・漆山佳雄・日下部実 (1991) 硫黄同位体比から見た大気降下物中硫黄の供給源—新潟県の場合—. 日化誌, 5, 675-681.
- 佐竹研一 (2013) 銅ゴケの不思議. 222p., イセブ, つくば市.
- 資源・素材学会 (1994a) 5. 西牧 (西ノ牧) 鉱山. 日本金山誌, 第4編 関東・中部, 14.
- 資源・素材学会 (1994b) 6. 八幡鉱山. 日本金山誌, 第4編 関東・中部, 15.
- Singer P C and Stumm W (1970) Acidic mine drainage: the rate determination step. Science, 167, 1121-1123.
- 高田 潤・中西 真 (2017) 伝説の“ベンガラ”から新規な赤色酸化鉄への研究展開—備中吹屋ベンガラの復元から微生物由来酸化鉄ベンガラへの飛躍—. 材料, 66, 799-803.
- 吉田武雄・田中宏之・中島啓治 (1980) 群馬県吾妻郡群馬鉄山長笹川の珪藻, 淡水藻類研究会, 2, 16-22.
- 渡辺仁治・浅井一視・大塚泰介・辻彰洋・伯耆晶子 (2005) 淡水珪藻生態図鑑. 666p. 内田老鶴圃.

(要 旨)

中澤和則・菅原久誠・趙美超・中島啓治・和田晴美 (2019) 中丸鉱山浸出水沈殿物上のコケ植物. 下仁田町自然史館研究報告, 4, 1-8.

本研究では, コケ植物群集の同定, 生育環境における水質及び基物の化学・鉱物学的特徴並びに浸出水環境に棲息する珪藻の多様性について初めて明らかにした. 群馬県下仁田町の廃止鉱山である中丸鉱山の調査において, 坑口から流れ出る浸出水の流域に生育するチャツボミゴケに類似したコケ植物群集を発見した. 坑口から川の擁壁までに流入する水系はない浸出水環境で, それらは赤褐色の沈殿物を基物として生育している. 葉の細胞における油体などの形態的特徴に基づき, コケ植物群集は蘚類・センボンゴケ科イワマセンボンゴケ (*Scopelophila ligulata* (Spruce) Spruce) 及び苔類・ソロイゴケ科チャツボミゴケ (*Solenostoma vulcanicola* (Schiffn.) Nyushko) により構成されていることが明らかになった. また, 強酸性 (pH 約2.84) を示すこれらの生育環境には, 複数の珪藻類も確認された. 浸出水及び沈殿物の化学分析に基づき, この環境において鉄が沈殿していること及び沈殿物の主要構成鉱物が針鉄鉱であることが明らかになった.