

穴地獄とチャツボミゴケ

平成 23 年度 白根開善学校高等部 テーマ学習



図1 国内最大のチャツボミゴケのコロニー 2011.6.8

高等部2年	泉	直人
高等部2年	清水	涼太
担当教員	関口	正人



図2 レンゲツツジが咲く初夏の穴地獄 2011.6.8



図3 深い雪に閉ざされる冬の穴地獄 2011.12.17

1. はじめに

穴地獄はJFE奥草津休暇村(中之条町六合地区元山)にあり、国内で最大のチャツボミゴケの群生地です。六合地区が「日本で最も美しい村」連合へ加盟となった要因の一つでもあります(図1,図2,図3)。

水生苔類のチャツボミゴケは、酸性の強い温泉の水が流れる場所に繁殖する不思議な植物です。今回のテーマ学習では、関口先生からの誘いもあり、この不思議なチャツボミゴケについて調べてみようと思い、共同研究で取り組みました。

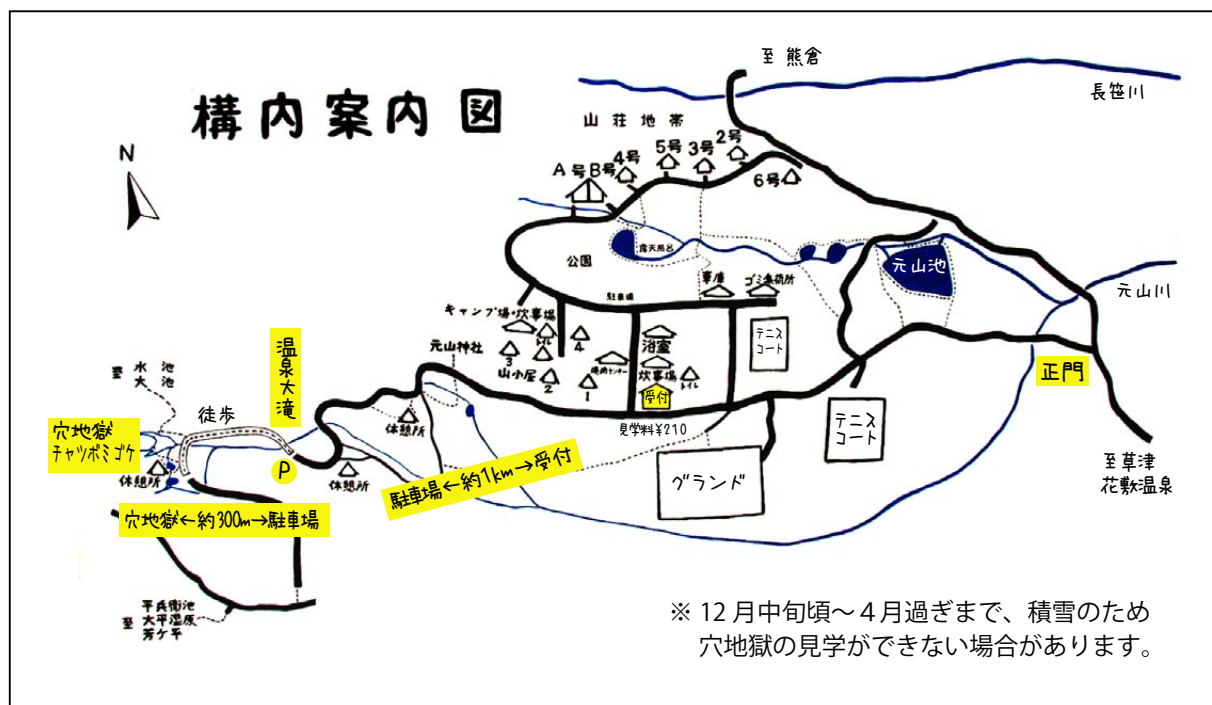


図4 奥草津休暇村 構内案内図

2. 穴地獄について

穴地獄は、白根火山の火山活動でできた「すり鉢状」の大きな穴が始まりで、鉄分を多く含む鉱泉が湧き出していました。この穴に動物が落ちると出られなくなり、死んでしまうのでいつしか「穴地獄」と呼ばれるようになりました。

このあたり一帯は、太平洋戦争の終盤から戦後にかけて、鉱山「群馬鉄山」として褐鉄鉱を中心に鉄鉱石を掘りだしていました。奥草津休暇村は旧群馬鉄山跡地を緑化し、グラウンドやキャンプ場、温泉などを設けた宿泊施設です(図4, 図5)。

2010年10月25日、日本テレビ「不可思議探偵団」の中で、「火山が生み出した群馬・奇跡の3大パワースポットを調査せよ！」で草津「緑のじゅうたん」として「穴地獄」が紹介され、観光客が急増しているそうです(図6)。



図5 奥草津休暇村の紅葉 2011.11.2



図6 チャツボミゴケのコロニー 2011.5.18

3. コケについて

(1) コケの概要

日本には約 1,700 種類ものコケが生育しています。コケは大きく蘚類と苔類、つのがけ類に分かれます。

コケには栄養分を吸い上げる根っこがないので、水を空気中の湿度から吸収している生き物です。空気のきれいな山などの湿ったところにたくさんの種類が生活しています(図7)。

また、ホンモンジゴケのように銅と結びついていたり、チャツボミゴケのように硫黄泉などの酸性の条件下で生育する特殊なコケもあります。

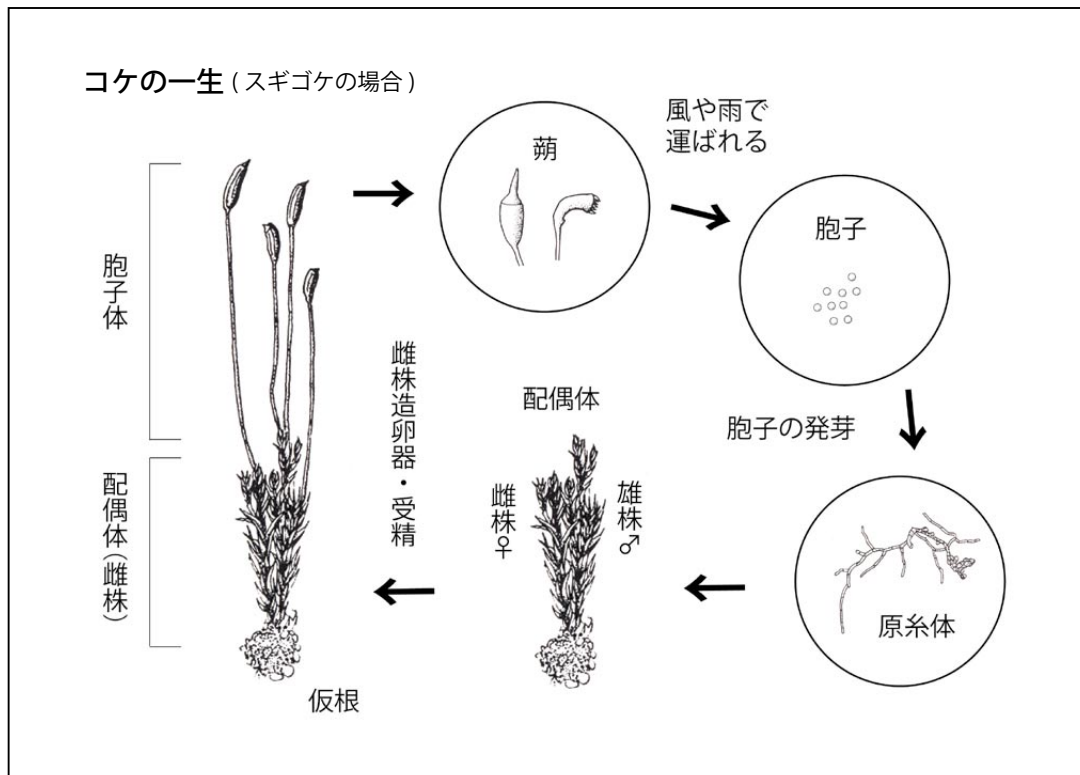


図7 コケの一生

(2) 蘚類

日常、目にするコケの仲間はこのグループが多いです。茎と葉の区別があって、茎が立つグループと、はうグループに大きく区別できます。葉の先がとがるものがほとんどです。右の写真は学校の職員室の下にある「スギゴケ」です。庭園によく植えられ、蘚類の代表として一般の人々にもっとも馴染みの深いコケです(図8)。



図8 スギゴケ

(3) 苔類

目立つものはゼニゴケなどの茎と葉の区別がない葉状体のグループです。

右の写真はジャゴケです。このコケは学校では女子風呂と男子風呂の間にあります(図9)。

チャツボミゴケは苔類のウロコゴケ目ツボミゴケ科で、学名は *Jungermannia vulcanicola* (ユンゲルマンニア・ブルカニコラ) と言います。



図9 ジャゴケ

(4) つのごけ類

胞子体が動物の角状でその表面に気孔があるなどの特徴があります。



図10 穴地獄全景(測量・水温・pH調査) 2011.12.7 気温2℃

4. 穴地獄の調査

今回の調査では、測量・水質・pH値を調べました(図10)。

鉱泉の水質については×湧出口が8箇所確認でき、合流点を含め4箇所ですamplingを実施しました。

(1) 測量結果(点線内)

円周 約152.2m、直径 約48.5m、面積 約1,846.5m²

(2) 水温・pH 値結果 (図 10, 図 12)

- ①合流点 21℃ pH2.7 ②湧出口 23℃ pH2.8
③湧出口 28℃ pH2.8 ④湧出口 26℃ pH2.7

(3) 水質・成分分析の実験

③湧出口の鉱泉 (28℃ pH2.8) を使用、「腐った卵」に似た硫化水素 H_2S の臭いです。

(a) 炎色反応は黄色、分光スペクトルでナトリウム Na とカルシウム Ca が確認できました (図 11)。

(b) BTB 溶液の pH による色の変化で黄色 (酸性) になりました (図 12)。

金属イオン反応と成分の分離と確認 (図 12)

(c) 水酸化バリウム $Ba(OH)_2$ と硫酸イオン SO_4^{2-} の反応。白色の硫酸バリウム $BaSO_4$ の沈殿が生じました。

(d) 黄血塩 $K_4[Fe(CN)_6]$ を加えると鉄イオン Fe^{2+} に反応し深青色の沈殿が生じました。

(e) 硝酸銀 $AgNO_3$ を加えると塩化物イオン Cl^- と反応し白色の塩化銀 $AgCl$ の沈殿が生じました。

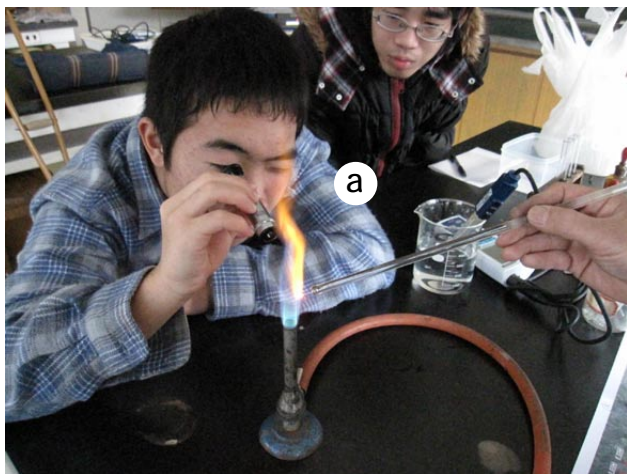


図 11 分光スペクトルの確認

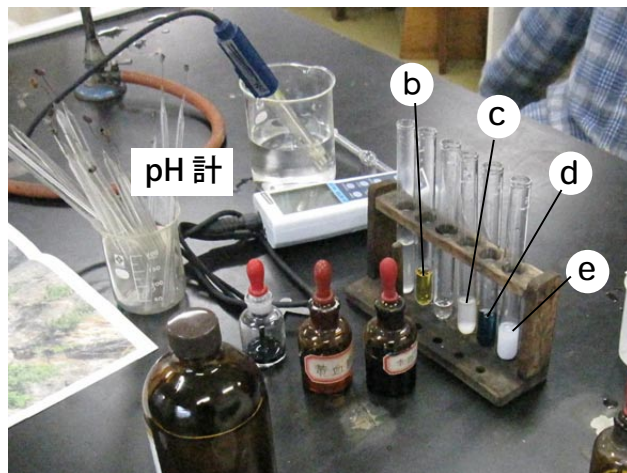


図 12 pH 計, (b)BTB 溶液, (c) 硫酸バリウムの沈殿, (d) 青色に反応, (e) 塩化銀の沈殿

(4)「立正大学教授 佐竹 研一 講演会」より

平成 24 年 1 月 22 日、中之条町ツインプラザで立正大学地球環境科学部環境システム学科・研究科 佐竹研一教授の「チャツボミゴケの神秘に迫る」の講演会が開催され、チャツボミゴケや穴地獄についての話を伺うことができました。穴地獄の源流部ではアルミニウムが非常に多く、鉄も多く含んでいるということでした(表1)。

穴地獄でよく見られる白い沈殿物は、硫化水素が空気に触れ、酸化して沈殿した硫黄の粒子です(図13)。

茶色マット状のものは耐酸性の珪藻(学名: *Pinnularia braunii* var. *amphicephala*) のコロニーです(図14)。



図13 硫黄粒子の沈殿

穴地獄源流部の水質

アルミニウム	Al	126	mg/ℓ
カルシウム	Ca	115	
ケイ素	Si	56	
ナトリウム	Na	43	
マグネシウム	Mg	42	
カリウム	K	29	
鉄	Fe	26	
マンガン	Mn	2	

表1 穴地獄源流部の水質



図14 珪藻のコロニー

5. チャツボミゴケについて

(1) チャツボミゴケの特徴

水生苔類のチャツボミゴケは、「マリゴケ」とも呼ばれ、酸性の強い温泉の水が流れ込む場所に丸みのある群生をつくります。

屋根瓦が重なるように葉がつながり、根元は茶色くなっています(図15,図16)。

成長速度が遅く一年に数ミリ程度、繁殖のための花被や蒴は確認できませんでした。

蘚苔類の多くの種で無性芽をつくり新しい原系体ができたり、葉や葉の一部が落ちて新しいコケになる栄養生殖で繁殖する場合があります。

佐竹教授の調査でチャツボミゴケには、体内に重金属の水銀を蓄積できることが発見されています。穴地獄の水質には水銀を含まないので水銀はありませんが、穴地獄のチャツボミゴケの化学組成からは、カリウムが多く、鉄、リン、アルミニウム等が確認されており、わずかですが火山性のヒ素も蓄積されているそうです。



図15 チャツボミゴケの茎葉体

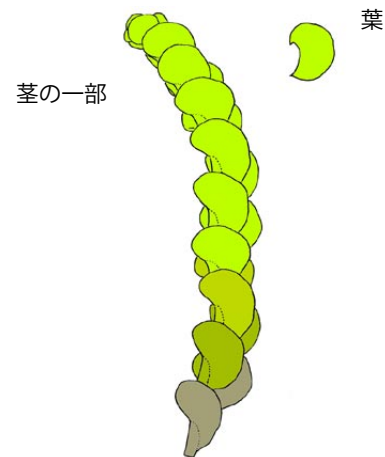


図16 チャツボミゴケの茎の一部・葉

(2) チャツボミゴケの分布について

図 17 10 年前の点線内はほぼすべてにチャツボミゴケがありますが、2 年前、2011 年とチャツボミゴケが減少し岩肌が見えているのが確認できます (図 17, 図 18, 図 19)。

鉱泉の湧出量が減っているのか、赤矢印・青矢印部分の流れが止まっています。

水生苔類でもあり、環境の変化に敏感なチャツボミゴケは枯れてしまったようです。



図 17 10 年前 2001.9.5



図 18 2 年前 2009.9.23



図 19 2011 年 5.18

(3) 冬の穴地獄 (図 20, 図 22 裏表紙)

穴地獄は標高 1,289m の寒冷地にあり、冬期は深い雪に埋もれてしまい、翌年 4 月過ぎまで閉ざされます。冬に入り初めてまとまった降雪があり、翌日穴地獄を訪れました。鉱泉の熱もあり、チャツボミゴケは顔をだしていました。



図 20 冬の穴地獄 2011.12.17

(4) 考察～特殊な環境に生きるために

穴地獄のチャツボミゴケは、強い酸性の水辺で体内に鉄やアルミニウム、猛毒のヒ素などを貯めこみ生きています。チャツボミゴケはなぜこれらの金属と結びついても生きていられるのでしょうか。佐竹教授のチャツボミゴケの調査では、青森のかしらなしかわ頭無川のチャツボミゴケでは重金属の水銀 (Hg) を 1% 体内に蓄積している例もあり、体内に蓄積された金属がどこに分布しているのかを調べたところ、そのほとんどは細胞質ではなく細胞壁に蓄積されていたそうです。細胞質という生命活動を活発におこなっている場所ではなく、いってみれば壁や柱の役割を果たす細胞壁に金属を貯め込むことで、悪影響を最小限に抑えているのだと考えられています。チャツボミゴケがなぜ有害な金属と結びついて生きていられるのかはよくわかりませんが、ほかの植物が入ってこられない環境を自ら繁殖の場所としているのだと思います。

6. 謝 辞

調査で繰り返しお伺いした J F E 奥草津休暇村の北川様・本間様、本文内容の確認と報告書のまとめ方のアドバイスをいただいた立正大学 佐竹研一教授、鉱泉の成分分析実験・写真を提供していただいた麻野忠彦先生、引率・写真提供、PC での編集作業等で最後までご指導いただいた関口正人先生に心から感謝を申し上げます。

7. おわりに (図 21)

校外指導で穴地獄の写真撮影に調査、学校のコケ調べは、文化祭の中間発表の時に学校周辺のコケを採集して展示用の標本を作りました。今まであまり興味がなかったコケに対して少し興味を持つようになり、今まで当たり前だったコケに目をやり見るが増えました(泉)。

佐竹教授は講演の時に「チャツボミゴケは中之条町のタカラモノ」ですと言っていました。草津の西の河原にも以前チャツボミゴケがあったそうですが、現在は壊滅状態だそうです。観光客が増えることはうれしいことですが、自生地が荒らされてしまうことが心配です。今回は文献を見ても難しく大変でした。これからもチャツボミゴケを見守りたいと思います(清水)。

引用文献

- 1) 原色日本蘚苔類図鑑 保育社 1978 著者 服部新佐・岩月善之助 水谷正美
- 2) 苔の話 小さな植物の知られざる生態 秋山弘之 著 2004 中公新書
- 3) 新装版山溪フィールドブックス8 しだ・こけ 2006 解説 岩月善之助 写真 伊沢正名
- 4) 続・ふるさとの昔と今 入山中学校郷土学習調査報告集 1993 六合村立入山中学校



図 21 穴地獄にて 2011.5.18

平成 23 年度 白根開善学校高等部 テーマ学習報告書

「穴地獄とチャツボミゴケ」

高等部 2 年 泉 直人・清水 涼太

担当教員 関口 正人

発行 白根開善学校

平成 24 年 2 月 4 日

群馬県吾妻郡中之条町大字入山 1 - 1

学校法人 白根開善学校

白根開善学校高等部

白根開善学校中等部

TEL 0279-95-5311(代)

FAX 0279-95-5315

URL <http://www.shirane.ac.jp/>



図 22 冬のチャツボミゴケ 2011.12.17