

北九州 平尾台カルスト

広谷湿原の面積測量と 地下水そして、“人為的攪乱” ＋ ラムサール条約



写真：本田 茂

東筑紫学園高等学校
照曜館中学校
理科部

目次

1. はじめに	P 2
2. カルストの水理と湿原	P 3
－ 1 低層湿原と高層湿原	
－ 2 一般的な湿原の寿命	
3. 平尾台及び広谷湿原の生物	P 4
－ 1 広谷湿原の位置	
－ 2 広谷湿原を含む平尾台の動物	
－ 3 平尾台洞窟動物調査	
－ 4 広谷湿原を含む平尾台の植物	
－ 5 空撮による広谷湿原の植生調査	
－ 6 “平尾台カルスト水系”の生物	
4. 広谷湿原の成因	P 14
－ 1 花崗岩帯、鬼の唐手岩そして青龍窟	
－ 2 「三日月湖」的存在 － 流量観測	
－ 3 「三日月湖」的存在 － 遷急点の後退	
－ 4 “湿原内小河川”の流速観測	
－ 5 広谷湿原の電導度とイオン分析	
－ 6 土壌断面調査	
5. 広谷湿原の現状	P 24
－ 1 広谷湿原の測量	
－ 2 湿原測量の今後の課題	
－ 3 測量結果	
－ 4 1994～2010年広谷湿原の減少理由	
－ 5 2010～2016年広谷湿原の増加理由	
6. 広谷湿原の再生	P 30
－ 1 湿原再生の課題と「SATOYAMAイニシアティブ」	
－ 2 湿原減少への対策	
－ 3 人為的攪乱について	
－ 4 地下水の涵養	
7. 湿原の保全に向けた活動の記録 ～ラムサール条約登録～	P 35
－ 1 ラムサール条約とは	
－ 2 ラムサール条約の登録意義	
－ 3 ラムサール条約の登録条件	
－ 4 ラムサール条約登録に向けての活動	
－ 5 ラムサール条約登録運動のまとめ	
8. おわりに	P 41
参考引用文献	P 43

赤字は2016年度(平成28年)の追加項目です

1. はじめに

私たち、東筑紫学園高等学校・照曜館中学校理科部は、24年前の1993年、世界的に貴重なカルスト台地、平尾台（写真1、図1）を調査しようと、再設立された。その後、中高一貫のメリットを活かしつつ平尾台をフィールドとして、ケイビングやフィールドワークなど様々な活動をしている。

今まで理科部で行った研究は、今回のテーマである「広谷湿原保全プロジェクト」の他に「チョーク再生プロジェクト」、そして「夜空の明るさ研究チーム」などがある。

今回の研究テーマである「広谷湿原保全プロジェクト」は1994年から地表に水がないはずのカルスト台地、平尾台に存在する地学的にも生物学的にも貴重な湿原である“広谷湿原（写真2）”について、成因・増減・再生の3点から研究をしたものである。

広谷湿原の成因では、現在でも湿原が残っているのは、広谷に流れ込んでいた本流が、“広谷の穴”に流れ込んだため『三日月湖』のような存在になったと考察した。この考察は、流量観測の結果、証明することができた。カルスト地形特有の地下地形と地表地形が絡み維持された、奇跡的な湿原だと言える。

広谷湿原の増減では、自然遷移による影響や気候変動、さらには湿原を作り出した環境の変化による影響で、どの程度前回の測量より増減しているのか。これまでの1994年、2001年、2010年、そして2016年とあしかけ23年にわたる測量結果と比較した。1994年～2010年の17年間で湿原の面積は60%近く減少した。これは一般的な湿原と比べると驚くべき速さでの減少だ。

2014年にマルチローターヘリを用いた空撮による植生調査を行った。その結果、植生で見る限り、2010年には草原であった湿原下流側から川沿いにかけて、湿原が14%復活していた。そこで、2016年4回目の面積測量を行った結果、2010年と比べて、湿原面積が22%復活している事が分かった。

2010年の減ったことを報告するだけでは建設的ではない。そこで広谷湿原の再生について検討した。「生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）」で話題になったSATOYAMAイニシアティブのうち、特にメンテナンスに注目し、これを広谷湿原に当てはめ、2011年に県と荊田町に再生の提言を行った。そして、2016年5月には特に地下水について、福岡県保健環境研究所と京築福祉保健環境事務所の方と打ち合わせを平尾台観察センター・広谷湿原で行った。

下流側は石積みのメンテナンスを行い、地下水面を上げることで湿原は着実に回復を始めた。また、湿原を涵養する水源でもある北の沼地に堰板をはめることにより、地下水面を上昇させるメンテナンスを行っている。

湿原がどのような水で維持されているか、化学的に水質を調べた。水に含まれている各イオン濃度・電気伝導度を調べることで、水がどこから来ているのか、湿原の復活にどう関わっているのかなど、興味深い知見が得られた。

さらに、2012年の3月からは年に一回、福岡県保健環境研究所、京築福祉保健環境事務所のご指導のもとネザサの‘かきおこし’を実施している。その結果、ネザサの植物高の低下や、湿生植物の復活といった湿原の再生に効果が現れていた。‘かきおこし’による人為的攪乱を行うことで生物多様性が回復する。今後は、上流にある北の沼地の堰板、下流の石積みのメンテナンスなどで地下水面を上昇させ、湿原の維持、再生を目指したい。

2013年から再生活動の一環として、ラムサール条約登録の活動を行っている。日本では山口県の秋吉台が地下水系を評価されて登録されていることから、“平尾台・広谷湿原”をラムサール条約に登録し保護しようと考えた。現在では、地元荊田町・北九州市と福岡県、さらには環境省自然環境局長、環境省大臣官房審議官そして環境大臣にまで話をすることができている。北九州市長には、「環境都市北九州もラムサールほしいよね」という言葉までいただいた。

2016年3月、カルストがからむ貴重な湿原ということで広谷湿原が「国の重要湿地」に登録された。これは、福岡県保健環境研究所の推薦で、私達の研究が評価されてのことである。準備委員会においては原口昭（北九州大学 教授）会長と藤井厚志（いのちのたび博物館 名誉学芸員）副会長が決まったことにより、2016年9月からラムサール条約登録実行委員会に名称を変更した。地元の賛同を得るために北九州エコライフステージや環境省環境カウンセラー全国交流会等のイベントでプレゼンするなど、活動を行っている。



写真1

平尾台



写真2

“広谷湿原”遠景



図1

北九州 平尾台位置図

2. カルストの水理と湿原

図2はカルスト台地における水の流動を模式的に表したものである。

カルスト台地では、基本的に水は地表にはない。降った雨は写真3のドリーネなどに流入し、鉛直方向に移動する。何万年という時の中で地下地形としての石灰洞を形成し、台下に流れてしまうからだ。地表に川はもちろんのこと、湿原などは見られない。これらは、日本では特殊な地形とされている。

広谷湿原は日本で唯一このカルスト台地に存在する常識では有り得ない、学術的に極めて貴重な湿原と考えている。

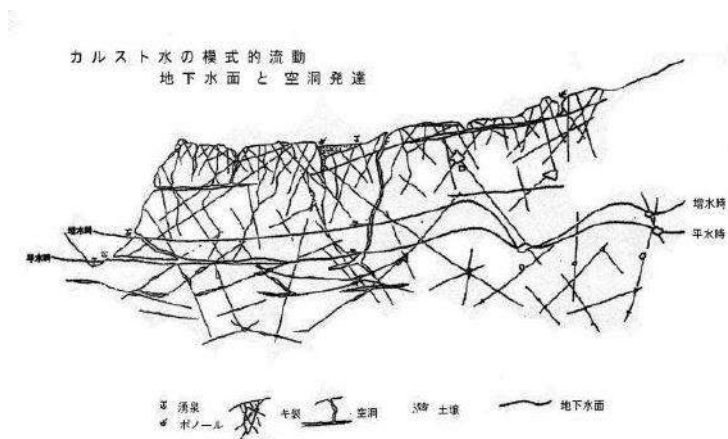


図2



カルスト水の模式的流動 写真3

ドリーネ

2-1 低層湿原と高層湿原

図3は湿原の分類を表したものである。上の図は、低層湿原で、表面が平坦で地形面と地下水面とが一致し、湿原の表面まで冠水しているものをいう。湿原の水は地表水と地下水に依存し、高層湿原に比べ比較的、富栄養性である。広谷湿原は北九州のような温帯域、また平尾台のような標高のさほど高くない地域に存在するため、低層湿原に分類される。

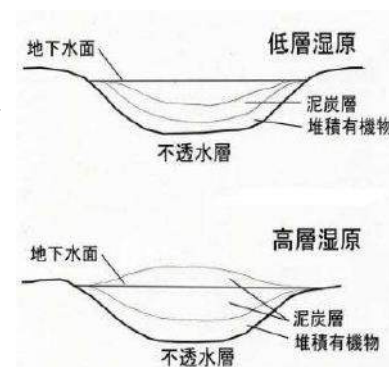


図3 低層湿原と高層湿原

2-2 一般的な湿原の寿命

2-2-1 湿性遷移

基本的に湿原には流速がないはずである。湿原とは、地下水面と地表面が同じ高さにある様な場所である。流れのある川が生じると、上流から運搬されてきた土砂により湿原は次第に埋没、乾燥化する宿命になる。これを湿性遷移という。

2-2-2 湿原の寿命

湿原の寿命の数値を探したが、見つけることができなかった。どうも場所により条件が異なり、一般的な数値は分からないようである。

日本は地殻変動が激しいため隆起も起こりやすく、傾斜がきつくなり浸食作用が強くなる。その結果、上流から運搬された土砂が堆積し、湿原をさらに埋めていくため、日本は世界と比べると低層湿原が残りにくい国といえる。

具体的な例として、河口付近でほとんど平坦な釧路湿原でも3,000年前にできたと推測されている。それよりはるかに小さく、山間部で傾斜のきつい場所にある広谷湿原の寿命はおそらく、数千年はないと考えられる。

3. 広谷及び広谷湿原の生物

3-1 広谷湿原の位置

図4は、平尾台の国指定の天然記念物地域および、石灰岩分布域を表している。広谷湿原は平尾台の北東部にあり、図中では石灰岩帯に含まれているが、厳密には花崗岩帯である。

なお、広谷湿原は福岡県荊田町白川地区の入り会い所有地であり、管理は荊田町環境保全課と荊田町教育委員会が行っている。国指定の天然記念物からは外れているが、荊田町指定の天然記念物となっている。

広谷湿原の保全に向けては、福岡県により2000年に湿原保全工事が行なわれた。他にも、平尾台自然観察センターによる、湿原の立ち入りを防ぐ柵が設置されている。

広谷湿原へは、平尾台自然観察センターからは直線距離で約2.3kmである。中間地点の茶ヶ床からは羊群原と呼ばれるカレンフェルドが多数露出し羊の群れに見える景観を見渡すことができる。茶ヶ床からは、高低差50mの急勾配を昇り、中峠に至る。中峠を越えると広谷湿原である。中峠から先は花崗岩帯になり広谷湿原付近で再び石灰岩帯となる。よってこの付近は平尾台の飛び地の様な存在である。

広谷湿原の南端には鬼の唐手岩と呼ばれるアブライト岩脈が露出しており、その基部に田代の岩屋ドリーネがあり、青龍窟と呼ばれる平尾台で最大級かつ、日本で最も複雑な洞窟と連結している。

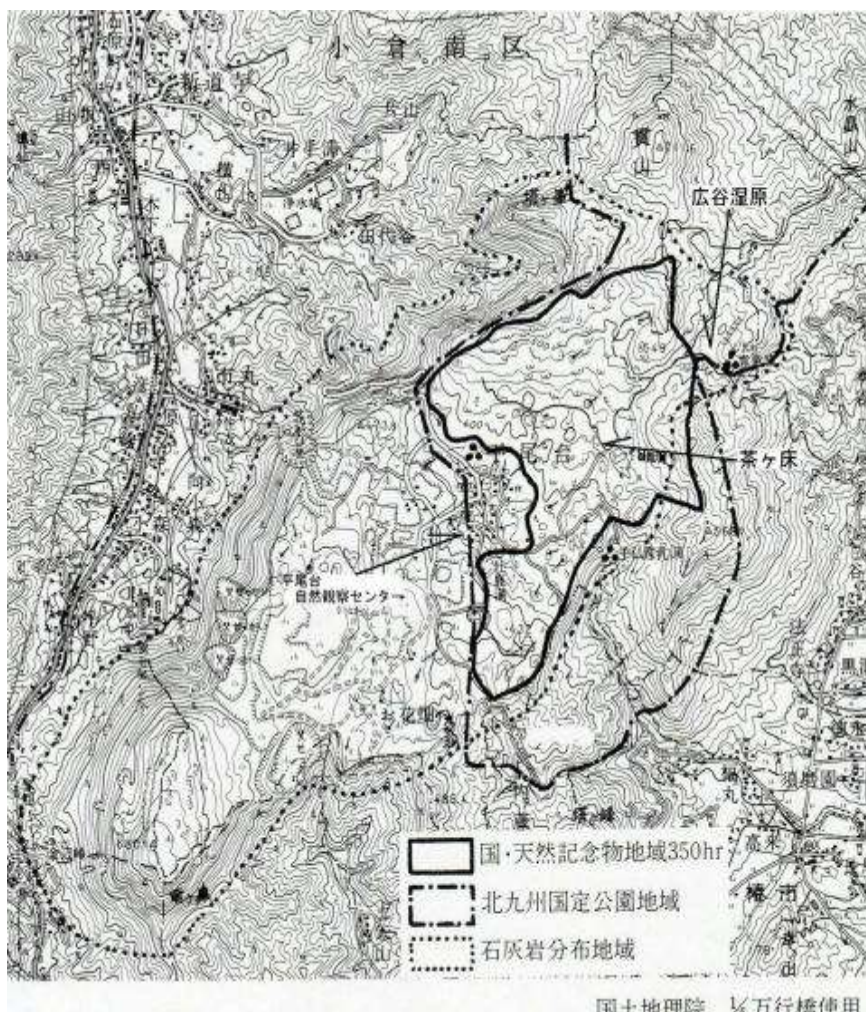


図4

平尾台の天然記念物領域(日本洞窟協会1982より加筆)

3-2 広谷湿原を含む平尾台の動物

広谷湿原およびその周辺には、カルスト台地特有の動物と、湿原特有の動物が生息している。昆虫類や陸貝などの軟体動物は植物と密接な関係があり、カルスト台地特有の植物がいるため、特有の昆虫類や軟体動物が棲息している。一方、両生類、ハ虫類、ホ乳類、鳥類などのセキツイ動物は食物連鎖というより食物網で多種多様な捕食をするため、カルスト特有の種はいない。

その中で、18種類もの福岡県指定の絶滅危惧種が、広谷湿原およびその周辺で観察できる。さらに、広谷湿原周辺のカルスト台地特有の洞窟にも洞窟性動物がおり、広谷湿原を含む平尾台カルストは希少種の宝庫といえる。

3-2-1 広谷湿原の節足動物(昆虫)

広谷湿原を歩くと、様々な節足動物(昆虫)を観察できる。

湿原の周囲には、ハッチョウトンボ(写真4)、ギョウトクテントウ(写真5)、ムカシトンボ、オオウラギンヒョウモン、アマビコヤスデなどが、また、湿原の水の中では、タイコウチ、ミズカマキリ、シマゲンゴロウなどがいる。



写真4

ハッチョウトンボ



写真5

ギョウトクテントウ

広谷湿原の周囲で観察できるハッチョウトンボは、6～8月の間に見られ、福岡県では、絶滅危惧ⅠA類に指定されている。なお、発見されたものの多くは広谷湿原で記載されたものである。トンボ科の中では、最も小形で、雌雄により色彩が異なる。私たちは、多いときは週に一度広谷湿原を調査しているが、遭遇したのは数回だけである。



写真6 ルリナガツハムシ

写真7 オオウラギンヒョウモン

ギョウトクテントウは日本特産で、福岡県では、^{みのう}耳納山と平尾台で発見された。しかし、生態はよくわかっておらず、私たちはまだ一度も見たことがない。

ルリナガツハムシ(写真6)は日本では平尾台が唯一の産地であるが、ここ30年ほど発見された記録はない。生息地が乾燥化して、不適な環境になったからだと考えられている。

オオウラギンヒョウモン(写真7)は1893年に福岡県で初めて採取され、記録された。1930～1970年代までには県内各所で多くの報告があった。しかし、1980年頃から産地は平尾台のみとなり、1990年代からは平尾台での報告もなくなった。オオウラギンヒョウモンを研究されている黒瀬弘道氏によると、原因は生息地の乾燥化、人による採集、餌である植物のオカトラノオの減少・小型化であろうと言われていた。オオウラギンヒョウモンが見られなくなった1990年代から 広谷湿原は急激に減少していて、広谷湿原と密接な関係があるのではないかと考えられる。

3-2-2 広谷湿原の両生類

湿原周辺では、まれに両生類を見つけることができる。イモリ、カスミサンショウウオ(写真8)、シュレーゲルアオガエル、アマガエル、ヤマアカガエル、ツチガエルなどである。

めったに見ることができないカスミサンショウウオは、日本固有の種であり、愛知県以南の地方(沖縄は除く)で生息している。福岡県では、平尾台以外でも福岡市、大牟田市、うきは市、糸島市などに生息している。しかし近年、産卵場が開発により乾燥化したり、産卵場そのものが消失している。これらのことが理由で、特に内陸部よりの地域で激減しており、絶滅が危惧されている。



写真8 カスミサンショウウオ

ツチガエルは、朝鮮半島、中国大陸、ロシア沿海州に分布しており、福岡県では県西部の河川、水田に多く生息しているが、近年、ダムの建設や河川の改修により産卵環境が悪化している。広谷湿原では、1999年に木道掲示板前で泡状卵塊が確認されたとのことである。

3-2-3 広谷湿原のハ虫類・ホ乳類・鳥類

湿原の周辺には様々なホ乳類、鳥類が生息している。

広谷湿原周辺では春から秋にかけ、ヤマカガシ、マムシ、トカゲ、カナヘビ、ヤモリなどのハ虫類、そしてアナグマ、ノウサギ、カヤネズミ、キツネ、ニホンシカ、ニホンモモンガなどのホ乳類や、チョウゲンボウ、ヨタカ(写真9)、ジョウビタキ、アオジ、カワラヒワ、ヒバリ、コゲラ、シジュウカラ、メジロなどの鳥類を観察することができる。広谷湿原近くで頻繁に見られるのは、セッカ、ホオジロ、ホオアカ、ヒバリなどである。



写真9

ヨタカ

ヨタカは、東～東南アジアに分布し、日本では、夏鳥として、九州以北に到来する。その場所の一つとして、平尾台に到来する。近年本種は、著しく減少している。福岡県でも、ゴルフ場や宅地開発などによる森林開発で減少している。しかし、非開発地域でも減少していることから、餌となる昆虫類の減少などが原因となっている可能性がある。



写真10

カヤネズミ

カヤネズミ(写真10)は秋田・岩手県以南(沖縄は除く)に分布しており、平尾台でも確認されている。本種は、ススキなどの高茎のイネ科植物が繁茂した河川敷や沼沢地に生息している。このような環境は、ゴルフ場や公園に整備され、さらに除草などにより、生息地の急激な減少が心配されている。広谷湿原の周辺にも生息しており、1977年東京農業大学の調査では複数個体確認されて、2015年の植生調査の際にはカヤネズミの巣(写真11)が確認できた。



写真11

カヤネズミの巣

いずれにしてもセキツイ動物で平尾台、広谷湿原固有の種はいない。

3-2-4 平尾台の洞窟動物

広谷湿原から話はそれるが、広谷湿原を含む平尾台には、現在約180の石灰洞が確認されている。このうち、洞窟動物の調査はわずか10カ所ぐらいの洞窟で行われている程度である。これらの洞窟には、洞窟特有の洞窟動物が生息している。洞窟動物は長い間隔離されてきたため、その地方、その洞窟特有の種類に進化したものが多い。洞窟動物は大きく3つに分けることができる。

① 真洞窟性動物

真洞窟性動物とは洞窟や地下水の中でしか生活できない動物をいう。一般に、真洞窟性動物はその一生において太陽光とは無縁なため体つきが弱々しく、非常に薄い皮膚をもっている。光がないため、目は退化消失している。さらに体色が白色か淡褐色になる。目がないので、その役割を果たすため触角が非常に長い。体長の2～3倍のものもいる。また、洞窟内の土砂、岩などを乗り越えるため、足は長くなっている、などの形態的特徴を持っているものが多い。

また、生理的にも特殊化している。洞窟内に太陽光がないため、生産者である植物がない。それにより洞窟内は流入してくる落葉や周期性、好洞窟性動物（特にコウモリ）のフンが洞窟内の生態系のベースになる。そのため代謝が低く、動きがゆっくりとしている。また貧栄養に対する抵抗性が大きく、成長には長い時間かかる。（かわいい姿で有名なウーパールーパー（写真12）は、本来は中南米の洞窟動物で、成長が極めて遅いためエラを持った幼生のまま成体になった両生類である。）さらに繁殖力が弱いため、個体数が少ない。これらの現象は、洞窟という環境が暗黒・定温・高湿という特殊な条件であることと密接な関連があることは明らかなことである。

平尾台では、センブツヤスデ（写真13）、トビクチノコギリヤスデ、アナガミオオコケカニムシ、メクラヨコエビ、ホラアナナガコムシ、リュウガトゲトビムシ（写真14）、ツツガタメクラチビゴミムシ（写真15）などが確認されている。

センブツヤスデは、平尾台の国指定の天然記念物、千仏鍾乳洞の特産種である。調査が進んでいないため生態は詳しくはわかっていない。

トビクチノコギリヤスデは白色無眼で平尾台洞窟群の特産種である。

アナガミオオコケカニムシはくも類に近い動物で、平尾台の国指定の天然記念物、青龍窟の特産種である。

ホラアナナガコムシは生態がよくわかっていない。私たちは2015年10月に目白洞で偶然発見することができた。そのときにカメラを持ち合わせていなかったため、写真を撮ることができなかった。

② 周期性洞窟動物

周期性洞窟動物とは、洞窟をねぐら、保育あるいは越冬の場所などに利用している動物のことである。洞窟周辺に多く棲息しているが、ねぐらなどのために洞窟を利用しているだけなので、洞窟外の動物とは大きな差異はない。しかし洞窟内を出入りするために特殊な感覚器を持つものがある。コウモリなどのエコーロケーションは有名である。さらに、このコウモリのもたらすフンは洞窟の生態系のベースとなる。

平尾台ではユビナガコウモリ、キクガシラコウモリ、コキクガシラコウモリ（写真16）、オオゲジなどが確認されている。

ユビナガコウモリは著しく翼が発達しており高速・長距離飛行に適する能力を有している。

コキクガシラコウモリは、日本の固有種で平尾台では目白洞、千仏洞、青龍窟、光水洞、牡鹿洞、不動洞で確認されている。福岡県の準絶滅危惧種に登録されている。

③ 好洞窟性動物

好洞窟性動物とは、洞窟でも地上でも生活できる動物をいう。好洞窟性動物は薄暗いところを好むものなので、洞窟外の動物とは特徴に差異はない。

平尾台では、フトカマドウマ、マダラカマドウマ（写真17）、カサキビ、ホソヨツメハネカクシなどが確認されている。

マダラカマドウマはコオロギによく似た昆虫である。羽がなく、触角は非常に長く体の3倍近くある。本来の生息地は洞窟外であるが、洞窟の入り口付近にはよく見かける。

ホソヨツメハネカクシは平尾台の洞窟以外では、英彦山で確認されている。



写真12 ウーパールーパー



写真13 センブツヤスデ



写真14 リュウガトゲトビムシ

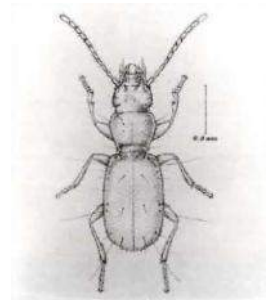


写真15
ツツガタメクラチビゴミムシ



写真16 コキクガシラコウモリ



写真17 マダラカマドウマ

3-2-5 絶滅が危惧される“広谷湿原”の動物

平尾台・広谷湿原にはこのように貴重な動物が棲息している。しかし放置しておくとその地球上から消えていくおそれのある絶滅危惧種も数多く存在する。

平尾台、“広谷湿原”で見られる絶滅危惧種に相当する動物を列記する。

絶滅危惧ⅠA類(Critically Endangered)

：ごく近い将来において、野生での絶滅の危険性が極めて高いもの

ハッチョウトンボ *Nannophy pygmaea*、オオウラギンヒョウモン *Argyronome ruslana*

ニホンモモンガ *Pteromys momonga*

絶滅危惧ⅠB類(Endangered)

：ⅠA類程ではないが、近い将来における、野生での絶滅の危険性が高いもの

ギョウトクテントウ *Hyperaspis gyotokui*、ルリナガツツハムシ *Smaragdina mandzhura*

シマゲンゴロウ *Hydaticus bowringii* (写真18)、ヨタカ *Caprimulgus indicus*

絶滅危惧Ⅱ類(Vulnerable)

：絶滅の危険が増大している種

カヤネズミ *Micromys minutus*、カスミサンショウウオ *Hynobius nebulosus*

ヤマアカガエル *Rana ornativentris*

準絶滅危惧(Near Threatened)

：存在基盤が脆弱な種

ミズカマキリ *Ranatra chinesis* (写真19)、キツネ *Vulpes vulpes*

ニホンザル *Macaca fuscata* (写真20)、ツチガエル *Glandirana rugosa*

コキクガシラコウモリ *Rhinolophus cornutus*、ユビナガコウモリ *Miniopterus fuliginosus*

なおニホンザルについては、平尾台には森林がないため台上にはいないが、平尾台周辺で個体数が増加しており、深刻な農業被害が出ている。



写真18 シマゲンゴロウ



写真19 ミズカマキリ



写真20 ニホンザル

3-3 平尾台洞窟動物調査

平尾台・広谷湿原をラムサール条約に登録するうえで、ラムサール条約登録条件の1つである「資質」を補完するため、現在平尾台の洞窟動物の調査を2016年から行っている。

平尾台の洞窟動物の調査について調べてみたところ、調査した記録が少なかった。平尾台の洞窟は地下水が流れている横穴や堅穴が多いため、洞窟動物が少ないと考えられていた。そのため洞窟学者にとっては魅力がなかったのであろう。そこで、理科部で洞窟動物の調査を行うことにした。

これまで2016年 8月21、29日、10月16日、11月14日の計4回、3つの洞窟で調査を行った。

3-3-1 洞窟調査結果

青龍窟…2回調査を行った。2016年 8月21日は日本洞窟学会の巡検で、初めての洞窟動物の調査を行った。島根大学の Neuberg 先生と、東京スペレオクラブの木崎さんの指導のもと青龍窟の洞口付近の中層（元観光洞）で調査を行った。その結果、

リュウガヤスデ *Skleroprotopus*、シコクメクラヨコエビ *Pseudocrangonyx shikokunis* (写真21)

ニッポニヨコエビ *Gammarus nipponensis*、チカイエカ *Culex pipens molestus*、

ワラジムシ *Procellio scaber*、リュウガトゲトビムシ *Plutomurus riugadoensis* を

採取することができた。他にもホラヒメグモを2匹、さらに希少なカニムシの仲間を見つけている。

10月16日に洞窟調査を再度行い、青龍窟の奥（青龍窟、白龍窟分岐付近）まで調査を行った。その結果、

ヒゴホラヒメグモ *Nesticus higoensis* Yaginuma、ホラヒメグモの一種 *Nesticus* sp. (写真22)

ナミハグモ *Cybaeus* sp.、線虫の一種 *Nematoda* sp. (写真23)を採取する事ができた。

蜘蛛は日本蜘蛛学会 元会長、追手門大学の西川先生に正式に同定して頂くことができた。採取したホラヒメグモの一種が新種かもしれないと言われ、結果が楽しみである。



写真21 シコクメクラヨコエビ



写真22 ホラヒメグモの一種

線虫は、全国的に研究している人が少なく、同定をしていただける人を探すのに苦労した。同定をしていただけるかもしれない元東京大学の先生を西川先生に教えていただいたが、連絡がつかなかった。探しているうちに佐賀大学の吉賀教授が研究者と判った。日本洞窟学会長の染谷先生が佐賀大学にいたため、話を通していただいた。吉賀先生によると、線虫は現在3万種くらいが同定されており、実際には200万種以上いるとされるが研究者が少ないため、同定が進んでいない。しかし、北海道の酪農学園大学教授の浅川教授なら同定できるかもしれないと言われ、紹介していただいた。

広谷の穴…2016年 8月29日に広谷の穴で調査した。青龍窟に比べて地下水の流れが多く、洞窟動物は比較的少なかった。結果、

ヒゴホラヒメグモ *Nesticus higoensis Yaginuma* (写真24) を採取した。

卵囊を持っている♀であった。アルコールに入れて保存したところ、後日、西川先生から、洞窟内で採取した卵囊はふ化させた後洞窟に戻すということを聞いた。何も知らず申し訳ないことをしてしまった。

光水洞…2016年 11月13日に光水洞で調査した。洞窟内に水流がないため、青龍窟や広谷の穴に比べ洞窟内は乾燥していた。結果、ヤスデの一種やミミズらしき環形動物 (写真25) を採取した。

ヤスデはリュウガヤスデと思うが詳しく同定はできていない。ミミズらしき環形動物は第二洞口から第一洞口につながる10m付近のプールで採取した。体長は約3.5cmで体色は白く、洞窟外からきた可能性は低いと考えられる。ヒメミミズに似ているように見えるが、詳しく同定できていない。研究者を探すのに苦労している。

3-3-2 洞窟調査まとめ

これまで計4回の洞窟動物の調査で計25匹、21種を確認した。中には、ラムサール条約登録条件の資質に該当しそうな新種らしき動物を確認している。これからも引き続き調査を続けていく。

洞窟動物の調査でもっとも苦労しているのは、同定してくださる先生を探すことである。線虫の時は浅川教授までたどりつくのに1ヶ月近くもかかった。記載調査の難しいところであろう。

3-4 広谷湿原を含む平尾台の植物

平尾台は温帯カルストであり、また標高は350～680mとさほど高くないため潜在自然植生は照葉樹林のはずである。しかし平尾台は、野焼きによりススキ草原が維持されている。また石灰岩帯であるため、植物の呼吸などで生じた二酸化炭素により、酸性になった水が石灰岩を溶かす。これにより炭酸水素イオンとカルシウムイオンができる。その炭酸水素イオンの水素イオンが土壌中の交換性のカルシウムイオンと入れ変わることによって、水素イオンが遊離する。その結果、酸性土壌となる。そのため、酸性のやせた土壌にも耐えられる北方起源の植物が比較的多い。

広谷湿原には、氷河時代から生き延びてきたミズゴケ類がレリックとして繁茂している。そして、ミズゴケ類が炭化して形成された泥炭層が不透水層となって、湿原は維持されている。

地表面と地下水面の高さが同じため、通気状態が悪く、植物の地下部の発達が悪い。一方で、水分貯蔵能力も低いため、独特の湿生植物が繁茂している。さらに、その様な状態では分解者も働けず、土壌は貧栄養で、土壌の代わりに昆虫からタンパク質をとる食虫植物が見られる。

その中で、11種類もの福岡県指定の絶滅危惧種が、広谷湿原で観察できる。

3-4-1 広谷湿原固有の植物

湿原の話をするときに、植物の話は欠かせない。広谷湿原では初夏から秋にかけていろいろな草花が花を咲かせる。湿原の周囲にはヤマツツジ、ヤマヤナギ、クリ、カセンソウ、ウツボグサ、カワラナデシコ (写真26)、キキョウ (写真27)、ハバヤマボクチなどが、また、湿原の中ではカノコソウ、コバノトンボソウ、ツリフネソウなどを観察することができる。

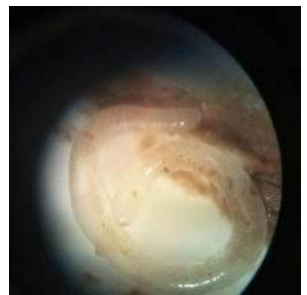


写真23

線虫の一種



写真24

ヒゴホラヒメグモ



写真25

ミミズ?



写真26 カワラナデシコ



写真28 コオニユリ



写真27

キキョウ



写真29

クズ

広谷湿原の春は少し遅く、6月になるとトキソウが一面に^{ときいろ}鶉色の花をつける。6月中旬頃を過ぎると湿原のあちこちにノハナショウブの紫色の花を見ることができ、ノハナショウブが終わるとノヒメユリが咲き始める。8月頃にはオレンジ色のコオニユリの花（写真28）が咲き乱れている。その後、秋初頭にはクズの花（写真29）を観察することができる。

この湿原に繁茂しているオオミズゴケ（写真30）は、平尾台が寒かった氷河時代から延々と生き延びてきた貴重な植物である。寒冷地では、ミズゴケを主体とした湿生植物の遺骸が低温のため容易に分解されず、次第に炭化したものが泥炭を作る。つまり湿原を形成する主力がミズゴケである。なおミズゴケの存在そのものは湿原の象徴であるが、湿原の中でも乾燥した所に生えるものである。

コオニユリやオミナエシ（写真31）なども、湿原内で乾燥・湿潤などの環境によるすみわけがある。例えば、コオニユリやノヒメユリ、アブラガヤは比較的に乾燥した所に生える。しかし、オミナエシは湿原の中でも湿った所に生える。このように湿原中の植生にも大きな違いがある。

そして、この広谷湿原から野生のサギソウはすでに無くなってしまった。しかし、現在もサギソウ（写真32）が存在する所がある。人が人工的に栽培した所が“広谷湿原”とは別の、広谷の上流にある。なお、このサギソウはもともと平尾台の自生種かは分らない。もし違う土地から移入したものだとしたら、それは“広谷湿原”の自然のサイクルを乱し、ある面では自然を攪乱する行為かもしれない。

3-4-2 広谷湿原の食虫植物

広谷に足を踏み入れると、入口近くの湿地の中にモウセンゴケ（写真33）の群落を見ることができる。7月の中旬にはモウセンゴケは花茎を伸ばし、先端を渦巻き状に巻き、白い小さい花をつけている。そして7月の下旬に再びその場所を訪れると、モウセンゴケは見事に姿を消してミミカキグサに交代していた。

モウセンゴケもミミカキグサも食虫植物である。湿原の中は貧栄養のため、モウセンゴケは葉の表面にある腺毛で虫を包み込み、消化液で虫を消化し栄養分を吸収する。また、ミミカキグサは地中を這う茎に捕虫袋があり、地中の小さな虫をこの中に捕らえて、細菌により分解し養分を吸収する。花が終わったあとののがくが耳搔きのように見えるところから、この名前が付いたようである。

3-4-3 絶滅が危惧される広谷湿原の植物

湿原にはこのように数々の素晴らしさがある。すばらしい湿原の植物には放置しておくこの地球上から消えていくおそれのある絶滅危惧種も数多く存在する。

ここに、“広谷湿原”で見られる絶滅危惧種に相当する植物を列記する。

絶滅危惧ⅠA類(Critically Endangered)

：ごく近い将来において、野生での絶滅の危険性が極めて高いもの。

トキソウ *Pogonia japonica*（写真34）

絶滅危惧ⅠB類(Endangered)

：ⅠA類程ではないが、近い将来における野生での絶滅の危険性が高いもの。

ノヒメユリ *Lilium callosum*、ノハナショウブ *Iris ensata* Thumb、（写真35）

ミミカキグサ *Utricularia bifida* L.

絶滅危惧Ⅱ類(Vulnerable)

：絶滅の危険が増大している種。

カセンソウ *Inula salicina* L.、ホザキノミミカキグサ *Utricularia caerulea* L.、
モウセンゴケ *Drosera rotundifolia* L.、キキョウ *Platycodon grandiflorus* A. DC.、
サワギキョウ *Lobelia sessilifolia*、ムラサキミミカキグサ *Utricularia uliginosa* L.

準絶滅危惧(Near Threatened)

：存在基盤が脆弱な種。

サギソウ *Pecteilis radiata*



写真30 オオミズゴケ



写真31 オミナエシ



写真32 人工的に植えられたサギソウ



写真33 モウセンゴケの花



写真34 トキソウ



写真35 ノハナショウブ

3-5 空撮による植生調査

3-5-1 空撮

私たちは今まで、湿原の面積を測量し数値化することによって湿原の増減を検討してきた。一般的に、湿原の増減は植生から捉えることが多い。しかし、湿原の中には入れないため、至近距離からの植生調査はできない。ところが、理科部のもう一つの“夜空の明るさ研究チーム”では、北九州工業高等専門学校と協力して気球観測をしている。そこで湿原を空撮し、写真から湿原の植性調査をしようと思いついた。北九州高専の“マルチローターヘリ（写真36）”にカメラを取り付け、空撮を行った。

空撮の手順は、以下である。

- ・ 湿原の東西に基線となるメジャー（写真37）を引く
- ・ 木道側から基線に沿って2mずつ間隔をあけて南北の基線を引く
- ・ 基線の上空約2mでヘリを飛ばし、動画撮影する



写真37 メジャー作業



写真36 マルチローターヘリ



写真38 飛行中のヘリ

2014年10月11日（土）に南の湿原の空撮を行った。また19日（日）には、福岡県主催の広谷湿原自然観察会の場で北の湿原の空撮を行った。ヘリは私たちが思っていたものよりも大きく、こちらに近づいてくるときは若干の恐怖を感じるほど迫力があつた（写真38）。また、少し風が吹くだけで、機体が大きく揺らされており、機体の操縦には高度な技術が必要であると感じた。

撮影した動画から静止画像を抽出し、湿原の全体像を作製した（図5）。だが、ヘリの機体が風で揺らされるため、静止画像を連続して面として取り出すのは難しく、完成まで1年以上かかった。福岡県保健環境研究所の須田先生に途中経過の画像を見ていただいたところ、プロの須田先生でも一部の植物種の判別はできたものの、やはり葉を触って見たいと言われていた。

3-5-2 空撮による植生調査の結果

① 2010年からの南の湿原域の植生変化

写真39～41は、南の湿原の空撮動画からキャプチャーした画像を連結し、群落分けしたものの一部である。図5は、その画像の湿原内における位置を示した。これらを基に南の湿原の植生図を作成した。なお、目視で観測できるところは画像処理をしていない。そして、2015年10月18日（日）の広谷湿原自然観察会の際に、補充調査を行った。図6は、南の湿原の植物社会学的調査法による結果を基にした、植

凡例	
A…ネズミザサ群落	H…タニガワスグ群落
B…ススキ群落	I…オオミズゴケ群落
C…ササガヤススキ群落	J…ヤマドリゼンマイ群落
D…カモハシ群落	K…フジバカマ群落
E…ウリフネツクシ群落	L…マアザミ・チゴザサ群落
F…チゴザサ・ヒメシロネ群落	M…ツクハシギ群落
G…カワラヨモギ群落	N…ススキ・ミシバツクリ群落

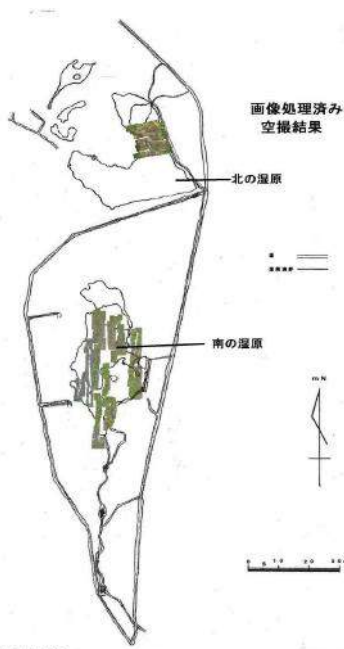
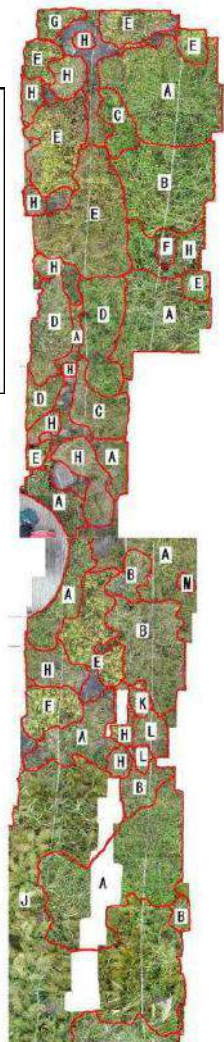


図5

広谷湿原 空撮結果

写真39南の湿原 ア 植物群落

写真40 南の湿原 イ 植物群落

写真41南の湿原 ウ植物群落

生図である。湿原境界は2010年の面積測量結果のものである。表1は、南の湿原を1つの区画と考えて行った区画法の結果である。区画法では、湿原の面積(28頁、表7 湿原面積比較結果 参照)に対する各群落の面積の割合を算出し、被度階級をつけた。また、南の湿原中のそれぞれの群落の個数を出現頻度とし、被度と出現頻度の積をその群落の南の湿原における優占度とした。

表1において、カモノハシ群落より下段の群落は、湿生群落である。草原生群落は2つ見られたのに対し、湿生群落は9つ見られたことから、多様な植物が生息していることがわかる。また、中央部に見られるシロイヌノヒゲ群落は、貧栄養な低湿地に生息するものであり、同じくオオミズゴケ群落も見られることから、带状に湿原らしい環境が残っていることがわかる。さらに、湿生のマアザミーススキ群落は点々とはあるが、優占度が湿生植物の中では最も高いことがわかる。

一方で2010年に湿原であった部分で、ネザサーススキ群落の優占度が非常に大きくなっている。結果として優占種もネザサーススキ群落であったことから、2010年からの比較では湿原の減少が著しいことがわかる。草原性のササガヤーマツカゼソウ群落・ネザサーススキ群落の面積の合計は、167.53㎡にもなる。2010年に湿原であった部分が、草原生群落に変わってしまった。この間の湿原の減少率は、

$$\frac{9.11\text{m}^2 + 158.42\text{m}^2}{449.00\text{m}^2} \times 100 = 37.311 \dots \rightarrow 37.3\% \text{にもなる。}$$

ほんの5年でおおよそ4割近くも減少したことは、年々減少しているのを感じてはいたものの、驚くほど悲しい結果である。福岡県保健環境研究所の須田先生が「広谷湿原はあと4、5年で消滅してしまうかもしれない」と言われたのが、数値として証明されてしまった。

なお、この比較は2010年は面積測量による湿原、2015年は植生から出した湿原を比較したもので、調査方法が違うため厳密な検討はできない。来年にでも湿原の面積測量をして、正確な比較をしたい。

② 2015年の南の湿原域の植生調査

図7は、2015年の南の湿原周辺の植生図である。また、そこから推測される現在の湿原の境界線を示した。表2は、この湿原境界において区画法を実施した結果である。表の細目については①2010年からの南の湿原域の植生変化と同じなので省略する。

上述の通り、2010年に湿原であった部分は大きく減少していることがわかる。その一方で、2010年には草原であった河川沿いで湿生植物の群落である、タニガワスゲ群落やツリフネソウヨシ群落、カモノハシ群落が繁茂している。このことから、湿原が復活していることがわかる。表2から、南の湿原の面積は511.83㎡になり、むしろ増加していた。2010年に湿原だった所が37%減少したが湿原でなかった所が湿原に戻っているのである。大変嬉しい結果である。2010年からの湿原増加の割合は2010年の南の湿原の面積を100%とすると、

$$\frac{511.83\text{m}^2 - 449.00\text{m}^2}{449.00\text{m}^2} \times 100 = 13.993 \dots \rightarrow 14.0\% \text{にもなる。}$$

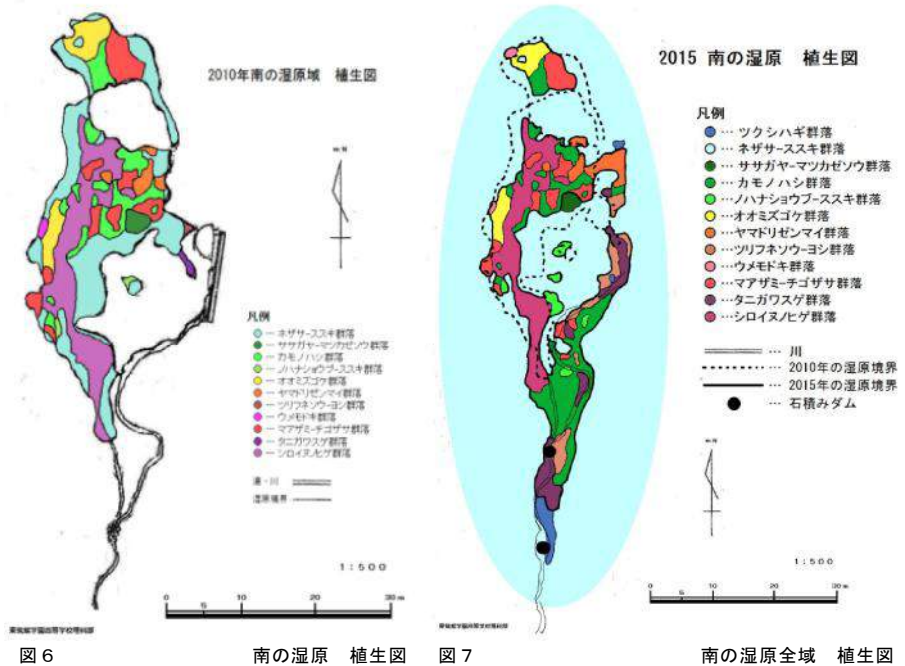


表1 2010年の南の湿原域 区画法結果

群落名	面積(㎡)	被度	出現頻度	優占度	優占種
ササガヤーマツカゼソウ群落	9.11	1	1	1	
ネザサーススキ群落	158.42	3	12	36	○
カモノハシ群落	53.34	2	12	24	
ノハナショウブススキ群落	3.22	1	2	2	
オオミズゴケ群落	33.25	1	2	2	
ヤマドリゼンマイ群落	11.26	1	4	4	
ツリフネソウヨシ群落	1.34	1	1	1	
ウメドキ群落	2.41	1	1	1	
マアザミーススキ群落	58.17	2	9	18	
タニガワスゲ群落	2.68	1	1	1	
シロイヌノヒゲ群落	115.80	3	2	6	
計	449.00				

※被度階級は以下の通りにつけた。
 10%以下 … 1 10～25% … 2 25～50% … 3
 50～75% … 4 75%以上 … 5
 ※出現頻度は、1区画(南の湿原)中の群落の数をとした。
 ※(優占度) = (被度) × (出現頻度) とした。

復活の要因は、2000年に福岡県が行った広谷湿原保全工事で、河川の湿原出口に設置された石積みの“メンテナンス”による効果だと考えている。私たち理科部は、年に2回平尾台キャンプに行く際、30人近くで1人2個ずつほどダム of 石の隙間に石を詰め、ダムのメンテナンスをしている。また、ネザサのかきおこしの際に出てきた石も詰めている。メンテナンスは4年前から続けており、これまで500個以上石を詰めている。その努力の甲斐あって、湿原が復活したことは、大変嬉しい事である。詳しくは33頁、**6-4 地下水の涵養**で後述する。

表2から、優占種はカモノハシ群落であった。カモノハシは湿生植物であるが、草丈が大きく地表面を上昇させるため、オオミズゴケ同様に湿原の乾燥化につながる。そのため、河川沿いをのぞくカモノハシ群落では、現在も乾燥化が進んでいることを示している。やはり、湿原の維持には河川上流側にも水源が必要なようである。

③ 2015年の北の湿原の植生調査

写真42は北の湿原の一部の空撮動画からキャプチャーした画像を連結し、群落分けしたものである。図8は、空撮結果に基づく2015年の北の湿原の植生図である。また、そこから推測される現在の湿原の境界線を示した。空撮をしていない部分は、この11月5日にかきおこし区の植生調査を行う際に、補充調査を行った。表3はこの湿原境界において区画法を実施した結果である。表の細目については⑫2010年からの南の湿原域の植生変化と同じなので省略する。



凡例 A…ネザサ群落
D…シロイヌノヒゲ群落
B…ススキ群落
E…マアザミ・チゴザサ群落

写真42

北の湿原 植物群落

2015 北の沼地
植生図



凡例
● ツクシハギ群落
○ ネザサ・ススキ群落
● カモノハシ群落
● ノハナショウブ・ススキ群落
● ヤマイ群落
● オオミズゴケ群落
● ツリフネソウ・ヨシ群落
● ヨシ群落
● マアザミ・チゴザサ群落
● タニガワスゲ群落
● シロイヌノヒゲ群落
--- 2010年の湿原境界
--- 2015年の湿原境界

写真42 北の湿原 植物群落

図8

南の湿原全域 植生図

写真42からオオミズゴケ群落の範囲は広く、最も湿原らしい場所ではあるが、すぐ南のシロイヌノヒゲ群落と比べると、比較的乾燥化が進んでいるといえる。また、花崗閃緑岩が露出している場所では、ススキなどの草原性植物が局所的に見られ、オオミズゴケは白く乾燥している。これは、花崗閃緑岩の輻射熱により、乾燥化が進んでいると考えられる。

図8から、北の湿原は減少しているが、南の湿原に比べて、2010年からの面積の変化が少ないことがわかる。また、減少した所は湿原の周辺に限られていることから、これは主に湿性遷移による乾燥化と考えられる。

表3から、優占種はカモノハシ群落であった。上述したように、カモノハシは湿生植物であるが、草丈が大きく地表面を上昇させるため、湿原の乾燥化につながる。そのため、北の湿原も次第に乾燥化が進んでいる。

また、北の沼地はヨシ群落が優占種となっている。そもそも北の沼地は1999年までは“沼”であった。しかし、南の湿原に水を供給するため人工の川を作った結果、水面が下がり、さらには水位を調節していた堰板が壊れたため、“沼”から“湿原”状態に変化してしまった。現在は新しい堰板をはめることにより、沼地に戻っている。人工の川については**5-4 1994~2010年広谷湿原の減少理由**、堰板については**6-4 地下水の涵養**で後述する。

表2 2015年の南の湿原域 区画法結果

群落名	面積(m ²)	被度	出現頻度	優占度	優占種
ツクシハギ群落	1.06	1	1	1	
ネザサ・ススキ群落	1.41	1	3	3	
カモノハシ群落	153.52	3	16	48	○
ノハナショウブ・ススキ群落	19.1	1	6	6	
オオミズゴケ群落	33.25	1	2	2	
ヤマドリゼンマイ群落	30.77	1	3	3	
ツリフネソウ・ヨシ群落	36.43	1	7	7	
ウメドキ群落	3.89	1	2	2	
マアザミ・チゴザサ群落	63.32	2	12	24	
タニガワスゲ群落	55.18	2	5	10	
シロイヌノヒゲ群落	113.90	2	2	4	
計	511.83				

表3 2015年の北の湿原域

群落名	面積(m ²)	被度	出現頻度	優占度	優占種
ネザサ・ススキ群落	1.19	1	2	2	
カモノハシ群落	101.74	2	6	12	○
ヤマイ群落	2.79	1	1	1	
ノハナショウブ・ススキ群落	2.59	1	1	1	
オオミズゴケ群落	68.29	2	5	10	
ツリフネソウ・ヨシ群落	10.15	1	2	2	
ヨシ群落	311.59	4	1	4	
マアザミ・チゴザサ群落	17.52	1	5	5	
タニガワスゲ群落	8.96	1	2	2	
シロイヌノヒゲ群落	42.41	1	3	3	
計	567.23				

3-5-3 空撮による植生調査を終えて…

このマルチローターヘリの空撮による植生調査をするにあたって、様々な壁に直面した。

この手法を思いついたとき、いのちの博物館の植物担当学芸員である真鍋先生からは、「ヘリで空撮をしても、階層構造があるからどの植物がいるのか判らない。成功した例は聞いたことないよ。」と言われた。しかし、湿原は貧栄養なため植物の階層はなく、草丈は高くても1m以下なので、空撮による植生調査は可能ではないかと考えた。おそらく、日本で初めての手法かもしれない。

空撮の植生調査をする中で最も苦労したのは、動画から画像をキャプチャーする作業であった。まずヘリは風に揺れながら飛んだため、湿原に基線を張っていたが、撮影した動画がどこ映像かを判断するのも難しかった。さらに、作成した画像は1枚あたり200MBを優に超え、理科部の古いPCでは保存の度に2分ほどかかり、本当に保存されているのか不安になった。時には「メモリが不足して、保存できない…」ということも多々あった。そうすると、それまでの作業は全てパーである。動画一本分のキャプチャー画像を作成するのに、1ヶ月かかることもあった。

また、動画と画像から植物群落を判別する際も苦労した。湿原の植物は小さく、一週間同じ動画や植物図鑑とにらめっこしたこともあった。そのため、最後のまとめの区画法の作業を始めるまでに1年以上もかかってしまった。

新しい植生調査方法に、私たち高校生が挑戦したという事に意義がある。人の入れない湿原。今までデータすら手に入らなかった湿原内の植生を、明らかにすることができた意義は大きいと思う。しかし、……………疲れた…。

3-6 “平尾台カルスト水系”の生物

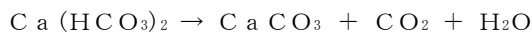
2016年にラムサール条約登録活動の一環として、ラムサール条約登録条件である「資質」の補完のため、平尾台カルスト水系に棲息する極めて貴重な生物について調査を行った。

3-6-1 トUFFア

平尾台カルスト水系には“トUFFア”（写真43）という岩石がある。

2016年 8月に日本洞窟学会第42回大会（苅田町平尾台大会）で、洞窟地球化学講習会で九州大学名誉教授 吉村先生から、化学的な観点からカルストについて学ぶ機会を得ることができた。その際、“トUFFア”について詳しく教えていただいた。

トUFFアは洞窟内で生成される鍾乳石と異なり、洞窟外で形成される。カルスト水において、二酸化炭素濃度が高いほど炭酸水素カルシウムが溶解する。しかし、シアノバクテリア等のラン藻類が光合成することで、二酸化炭素濃度が低くなると、炭酸水素カルシウムが過飽和状態（図9）になり、炭酸カルシウムが沈殿する。これがトUFFアである。化学反応式は以下の通りである。



オーストラリアに存在する、ストロマトライトのように、“生物”が岩石を作るのである。

鍾乳石の年間平均成長速度が数十 μm に対して、トUFFアの成長速度は数mmに達するものがある。また、鍾乳石に比べて大気や土壌由来の懸濁物質が取り込まれやすく、近代の急激な環境変化を詳細に復元・分析するツールとして有用であるとのことである。

日本では平尾台以外に、秋吉台の秋芳洞の洞口などで見られる。

3-6-2 ガシャモク

日本では平尾台カルスト水系でしか見られない、絶滅危惧種のガシャモク（写真44）が自生している。他の地域にもガシャモクは棲息しているが、遺伝子的に純粋なものは平尾台だけとのことである（北九州大学 原口 教授）。これはガシャモクが他の植物と違い、カルシウムイオンがとけ込んでいる水を嫌わないためだと考えられる。

ガシャモクを保全するため、「ガシャモク再生の会」が地元の小学校と一緒に池を数年に一度水抜きを行い、溜まった泥を排出している。これは底泥の理学的あるいは生物学的性質を改善させるためで、ガシャモクの衰退要因である底泥を、空気や太陽光で乾燥させることで保全ができるようである。地元の小学校出身者ががたまたま同級生にいて、保全活動は楽しかったと言っていた。今後ラムサール条約登録活動で協力していく予定である。



写真43 トUFFア

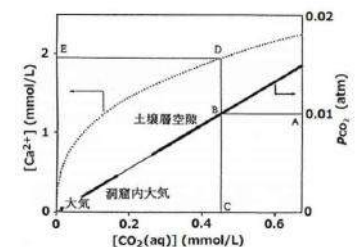


図2. 方解石の溶解と二酸化炭素濃度の関係 (15°C)

図9 トUFFア 飽和曲線



写真44 ガシャモク

4. 広谷湿原の成因

4-1 花崗岩帯、鬼の唐手岩そして青龍窟

なぜ水のないカルスト台地で広谷湿原が形成されたのか。図10は広谷小河川、広谷の穴、青龍窟そして広谷湿原を含む水系を投影したものである。湿原を形成している広谷は花崗岩帯にあり、その出口は鬼の唐手岩（写真45）と言われるアブライト岩脈で押さえられている。いわば鬼の唐手岩がダム役ををし、広谷湿原の形成、青龍窟（写真46、国指定天然記念物、日本でも有数の大洞窟）の成因に大きな影響を及ぼしている。

青龍窟の上層にナウマン象の骨が発見されたナウマン支洞という支洞がある。この支洞は鬼の唐手岩が、まだダム効果を保っていた頃に形成された青龍窟の流入口であろう。ナウマン象が生きていた時代は2～3万年前であったことから鬼の唐手岩のダム効果は2～3万年前までであったと考えられる。

現在では、水をせき止める物はなく、広谷の水は田代の岩屋ドリーネに急速に流れ込み、前述の青龍窟を形成している。この条件下では、湿原の水は急激に枯渇し、広谷湿原はとっくに無くなっているはずである。しかし、湿原は今も残っている。



写真45

鬼の唐手岩と「広谷湿原」

4-2 「三日月湖」的存在 — 流量観測

広谷湿原が「三日月湖」的存在であることを証明するために図10のP1～7で流量観測を行った。

本来、広谷湿原に流れ込んでいた広谷の本流は、現在は広谷の穴に流れ込み、広谷湿原には流域面積では1/4の水しか流れていない。ゆえに広谷の本流から取り残された、いわば『三日月湖』的な存在であると考えた。

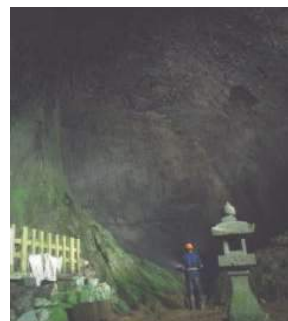


写真46

青龍窟の巨大な
洞窟ホール

その考察を実際に証明するために、2012年、2014年に微流速計を用いた流量観測を、渇水時と平水時の4回実施した。

4-2-1 観測方法

観測には微流速計を用い、微流速計で観測できないポイントについては、10 Lのバケツを用いた。（写真47）

微流速計を用いた観測（写真48）については、まず観測地点の川幅・水深を測り、断面積を計算する。そして、5～15cmごとに微流速計を使って流速を測り、断面積に流速をかけて流量(m^3/min)を出した。

バケツ法を用いた観測では10 Lのバケツが満杯になるまでの秒数を測り、流量(m^3/min)を出した。

4-2-2 観測ポイント

観測ポイントは図10の湿原上流広谷入り口のP1～青龍窟出口P7で、それぞれの状況は以下の通りである。

- ・ P1－広谷入口：バケツ法、微流速計…広谷に入る1番始めのポイント
- ・ P2－本流上流：バケツ法、微流速計…本流沿いに、観測可能であったため。
- ・ P3－支流A：微流速計…支流があったため。
- ・ P4－合流地点：微流速計…広谷を流れる本流が広谷に穴に流れ込む直前。
- ・ P5－広谷の穴：微流速計…広谷の穴を流れる本流の水。
- ・ P6－湿原出口：微流速計…湿原がどのくらいの水で維持されているか
- ・ P7－青龍窟出口：微流速計…全ての水が集まる。



写真47 流量観測 青龍窟出口(P7)



写真48 流量観測 広谷の穴(P5)

4-2-3 観測結果

観測結果は表4のとおりである。渇水時（5月）のP1広谷入口と、P7青龍窟出口の流量が少なすぎ、林道下のコンクリート管で流量観測をしたことで、コンクリート管の下を流れている水が測定できていないと思われ、データとしては使えなかった。

4-2-4 考察

- ・ 広谷湿原が三日月湖であることの考察
流量観測の結果（表 4）より、渇水時の

$$\begin{aligned} P5 \text{ 広谷の穴} & : P6 \text{ 湿原出口} \\ = 0.078 \text{ m}^3/\text{min} & : 0.018 \text{ m}^3/\text{min} \\ \div & 4 : 1 \end{aligned}$$

同様に平水時の

$$\begin{aligned} P5 \text{ 広谷の穴} & : P6 \text{ 湿原出口} \\ = 0.247 \text{ m}^3/\text{min} & : 0.023 \text{ m}^3/\text{min} \\ \div & 11 : 1 \end{aligned}$$

となり、いずれも圧倒的に湿原内を流れる流量が少なくなっている。このことから、広谷湿原が三日月湖的存在であることを証明できた。ちなみに、先輩たちは目測で1/10と言っていたが、平水時の流量で見られる限りではその見立ては妥当だったようだ。

・ 降水量を踏まえた渇水時と平水時の

表 4 流量観測結果（2012年）

観測地点	渇水時流量	平水時流量
P1:広谷入口	0.073	0.202
P2:本流上流	0.302	
P3:支流A	0.005	0.013
P4:合流地点	0.085	0.152
P5:広谷の穴	0.078	0.247
P6:湿原出口	0.018	0.023
P7:青龍窟出口	0.037	0.427

m³/min

・ 流量比の考察

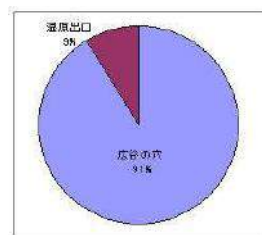
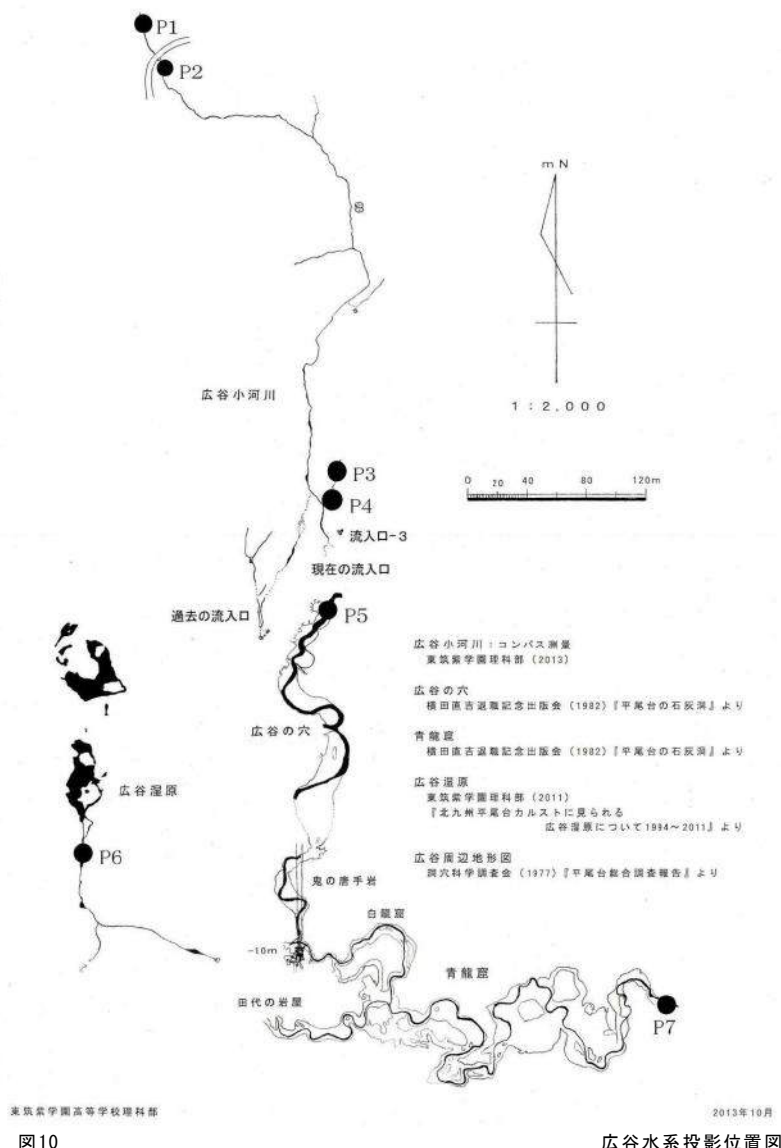
渇水時と平水時の流量比を観測前の降水量を交えて考察する。観測前である2012年5月下旬、8月中旬の降水量のデータを探したが、豪雨により平尾台自然の郷と頂吉の観測機器が壊れてしまっていた。そこで、広谷湿原に一番近く、平尾台のふもとにある東谷のアメダスデータでは、5月下旬の総雨量が8.0 mm、8月中旬の総雨量が91.5 mmだった。P5 広谷の穴のD(渇水時流量) : A(平水時流量) $\div 1 : 3.2$ になっているが、P6 湿原出口ではD : A $\div 1 : 1.3$ になっている。流域面積の大きい本流では降水の影響がすぐには出ないが、流域面積の小さい広谷湿原程度を流れる川では、降水の影響がすぐに出たのではと考える。

同様なことが広谷小河川でもあてはまる。広谷本流と比べて流域面積の小さい広谷小河川は、降雨の影響が出るのも引くのも速い。ゆえに、観測時にはP6 湿原出口の流量が平水時に戻り、平水時と増水時の流量比があまり変わらなかったと考えた。

・ 今後の課題

雨が降って2日以内の増水時に、もう1度流量観測を行う必要がある。本来状態を知るためには、渇水時と平水時に加え増水時のデータ必要だからである。

2012年8月17日に増水時のデータを取るため、観測を行った。降雨3日後の観測だったが、平水時のデータと同じだった。また、2014年7月5日にも、降雨3日後に増水時のデータを取るために流量観測を行い、この時は、木曜日にかかなりの雨が降った。金曜日の朝に微流速計のレンタルの予約を入れ、日曜日に観測と、出来る限り最速の方法で実施したが、平水時のデータとほぼ同じであった。観測地点は川の上流のため、降雨3日後には全て流れてしまったようだ。その後、2014年7月10日に台風8号が接近したのでデータがとれるかと期待したが台風8号はそれてしまった。



4-3 「三日月湖」的存在 — 遷急点の後退

4-3-1 遷急点の後退とは

遷急点とは、川の縦断面で傾斜が急変する滝などの地点のことで、浸食作用によって遷急点が削られ、川の上流に移動していくことを「遷急点の後退」という（図13）。しかし、この「遷急点の後退」は浸食されるものであるから、本来、跡が残ることはない。

例えばナイアガラの滝（写真49）ではこの遷急点が削られ続けて1万年で11 kmも後退している。2012年度全国高等学校総合文化祭において自然科学部門の巡検コースになった富山県の悪城の壁（写真50）は全長2 km、高さ500 mの大絶壁である。その絶壁は全て称名滝（写真51）という日本一の350mの落差を持つ滝によって遷急点が後退したものである。悪城の壁は驚くべきほど長く、高い壁だった。



図13 遷急点の後退



写真49



ナイアガラの滝 写真50



悪城の壁写真51 称名滝

4-3-2 「遷急点の後退跡」の測量

2012～2013年に“広谷小河川”を測量し、平面図を作成した(図14)。小河川の測線延長は848.7 mになった。その平面図に広谷湿原、青竜窟、広谷の穴を投影したものが、図16の広谷水系投影位置図である。測量は後述する方法で行った。今回使用したポケットコンパスは、簡易測量器具としては最高に近い精度を誇るもので、これ以上の精度を求めるとすればトランシット測量をしなければいけない。なお、ポケットコンパス購入には(独)科学技術振興機構と製造メーカーである(有)牛方商会の多大なる御支援をいただいた。感謝いたします。

4-3-3 広谷小河川に見られる遷急点の後退跡

図15は広谷水系投影位置図中の「遷急点の後退」の“跡”が見られる地点を拡大した図である。

広谷の本流は過去の流入口に流れ込んでいたが、広谷の穴の発達に伴い現在の流入口へと流路を変えた。また測量中に、将来流れ込むであろう新しい流入口を発見した。これらのことより、広谷の本流はだんだん北東方向に移動していると考えた。これを逆に考えてみると、広谷の本流は昔、広谷湿原を通っており、河川争奪が起きたことにより、広谷湿原は“三日月湖”的存在になったことを証明できた。そして過去の流入口～現在の流入口の間の矢印部分が、地上における遷急点の後退の跡が残っている河川跡と考えた。

図16は石灰岩地域における遷急点の後退の概念図である。広谷本流が過去の流入口に繋がっている時に、不連続な地下水の流れが“広谷の穴”の上流で溶食をしており、その地下水が連続した時、現在の流入口に広谷本流が流れ込むようになったと考えた。広谷の穴に入った際、図16のA地点付近は立って歩けるほど広がったが、図16のA地点からB地点までの洞窟は匍匐前進でしか進むことができないほど狭い洞窟となっていた。つまり形成年月が短いことが考えられる。

以上、地表地形とカルスト特有の地下地形が関連することで、広谷湿原が「三日月湖」的になったという考察が確認されたと考える。

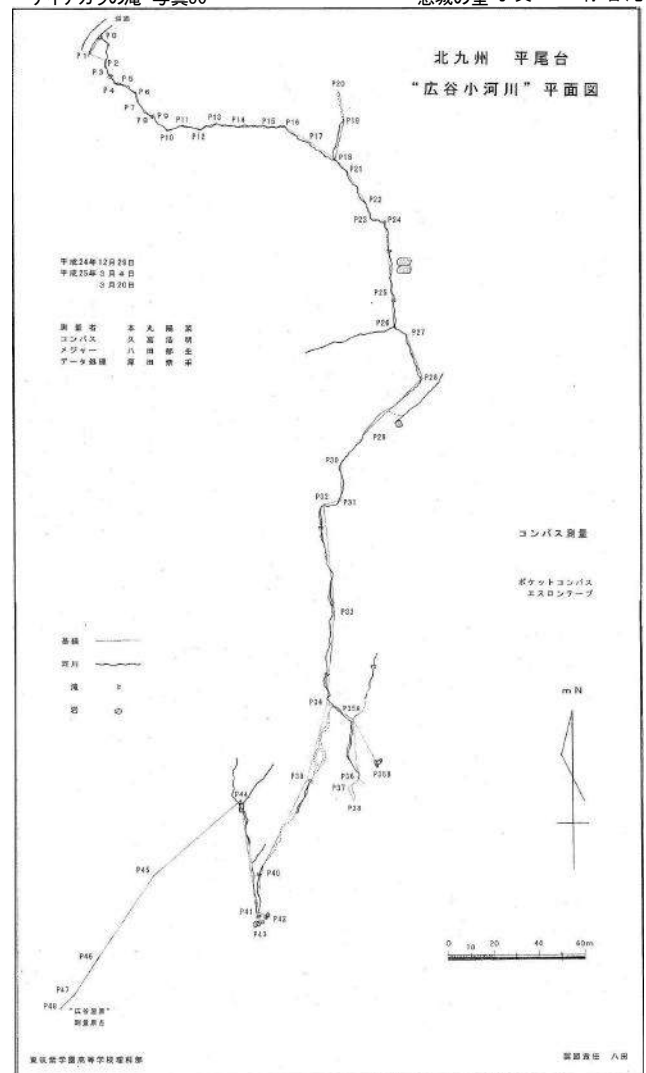


图 14

“広谷小河川” 測量図



写真52 基線に沿ってスケッチ



図16 遷急点の後退の概念図

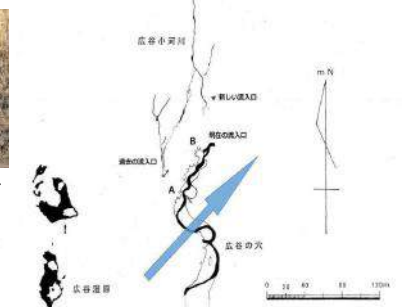


図15 広谷水系投影位置図 拡大図
※矢印は遷急点の後退方向

4-4 “湿原内小河川”の流速観測

湿原にとって、川による流れは多大な影響をもたらすため、流速のデータは是非押さえる必要があると考え、流速観測を行った。観測方法については浮子を川に流し、1.0 m流れるのに何秒かかったかで流速を求めた。3回以上計測し、トリム平均を用い、その平均をデータとした。なお、湿原保全工事の一環として石積み（写真53）を設置してある。これは水流による浸食・運搬を防ぐため、水流を抑える目的で設置されたものである。詳しくは後述する。



写真53

C地点の石積み

流速観測は2001年、2010年の2回行った。2001年は観測したA～E地点の5地点で観測し、2010年はA～E地点に加え、石積み辺りのF～H地点、木道付近のI～J地点、もう1つの人工川のK地点で観測した。図17に各位置の位置と流速データを共に示す。

4-4-1 流速と降水

2010年の計測ではA～Cのポイントで2001年と比較して流速が速くなった。これを湿原の乾燥化と考えることもできるが、原因の一つに降水量の差も考えられる。2010年は記録的な豪雨であった。2001年、2010年それぞれで計測前月合計降雨量を比較すると、55.0 mmから569.0 mmと約10倍に増えている。その時の降水により、流速が速くなるのではと考えた。しかし、2010年8月にI地点で測量し0.52 m/sだった流速が、2010年11月に再度測量すると0.40m/sであった。8月に測ったデータと比べるとおよそ20%の変化であった。よって、次のデータ比較では2011年の流速値を増水の影響分の20%を減らした数値で検討する。

4-4-2 2001年計測地点A～Eの考察

A～C地点は、全て、2001年に比べ流速が若干速くなっていた。原因としては、石積み（写真53）の効果が衰えてきていることや、雨が降った際に、人工道の土砂が湿原に流入、堆積したことなどが考えられる。

D、E地点は2001年にあった川が消失していた。元々、この川は1998年に県が行った保全工事の際に人工的に作られた川である。この川をつくった結果‘南の湿原－北側’の面積は大幅に減ってしまった。しかし2010年、‘北の湿原’が沼の状態から湿原化し、この人工川は機能を失ったと考えられる。そして放置されたため、川が消失しその辺りの湿原面積は増加した。広谷湿原にとっては幸いなことである。

4-4-3 2010年計測流地点F～Kの考察と対策

今回、新たに測ったF地点～K地点の6地点は、0.15～0.52 m/sの流速だった。これはれっきとした川である。だが、この速度では浸食は行われないう。粒子の大きさによっても浸食されるかどうかが変わるが、一般的に浸食するためには、1.0 m/sは必要であるといわれている。

F～H地点も石積みの下流であるため、他の観測地点に比べると流速は比較的抑えられているが、十分に早い。これも、石積みの効果が衰えていることを示すものであり、G地点においては、付近の湿原がなくなっていたため、流速が速いと湿原が乾燥化するという事を思い知らされた。

I地点の流速は0.52 m/sで、降水の影響である2

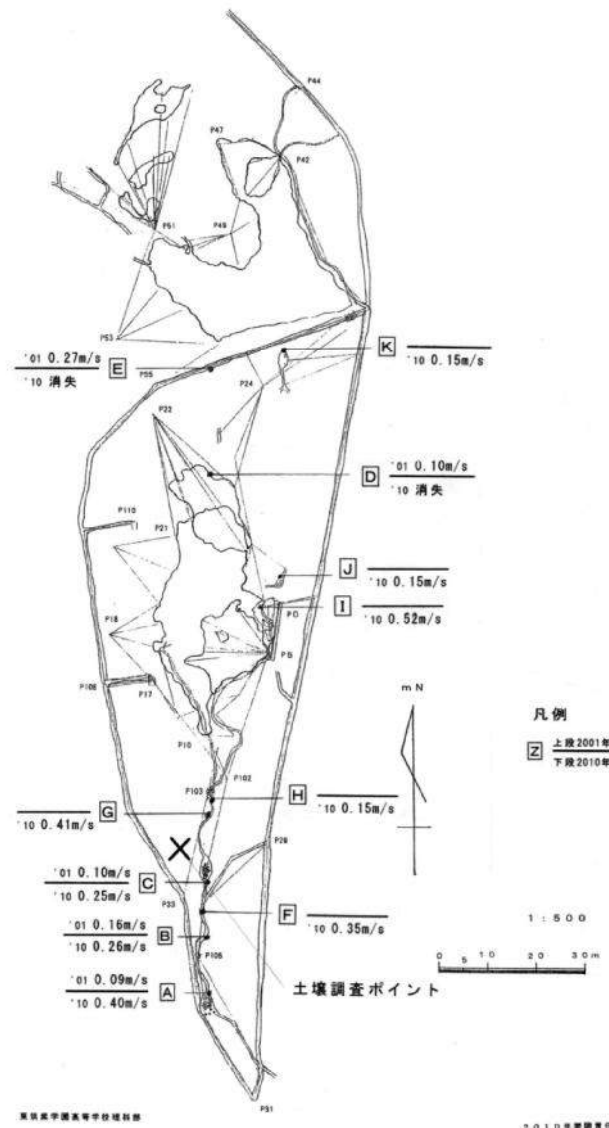


図17

平尾台「広谷湿原」流速観測結果

0%を差し引いても0.4 m/sであった。この地点は元々川がなかったのだが、川ができてしまった。つまり、この辺りの湿原が将来なくなること示している。特に木道の直下で広谷湿原として象徴的な場所である。対策の1つとしては、この川の上流であるJ地点辺りで流速を遅くすることだ。そうすることで、流速が抑えられるので、この辺りの湿原の乾燥化を遅らせることができるであろう。とにかく、ここは乾燥化が進むとわかっている地点なので早急に対策をしなければならない。

J地点の流速は0.15 m/sで、降水の影響である20%を差し引いても0.1 m/sであった。ここの川は底も浅く、傾斜はゆるやかなのだが、この辺りの湿原はとても小さいので乾燥化が心配される。I地点に影響を与えることになるため、水の湧出する数カ所の穴を埋めるなどの、何らかの対策を検討する必要があるかもしれない。

K地点の流速は0.15 m/sで、降水の影響である20%を差し引いても0.1 m/sであった。ここも、D地点やE地点と同じ人工川なので、‘北の湿原’の減少の原因となっている。そのため、この人工の川を埋めるなどの対策が必要かもしれない。

4-5 広谷湿原の電導度とイオン分析

2016年度の研究テーマとして、広谷の水質調査を行った。カルストを流れる水は、 Ca^{2+} と HCO_3^- を多く含むので電気を通しやすい。電導度の測定やイオン分析を行うことで、その水がカルスト由来の水か、花崗岩帯由来の水かを知ることができる。

そこで、北九州大学国際環境工学部の原口教授のご協力で、電導度計をお借りし広谷湿原周辺の電導度の測定を行った(図18)。使用した電導度計は、堀場製作所のD-54(写真54)。単位は電気抵抗率の逆数である、mS/m(ミリジーメンス毎メートル)である。

また広谷湿原と周辺18カ所の水をサンプリングし、13項目のイオン分析をした。サンプリングを行ったのは8月30日の増水時と、11月7日の平水時で、サンプリング前1週間の降水量は、増水時が56mm、平水時は0mmであった。

北九州大学環境生命工学科には、DIONEXのDX-120(写真55)を用いたイオン分析をしていただいた。

4-5-1 測定ポイント

C1は広谷水系のメインの湧泉(写真56)で、広谷の穴の流入口(C4)から、田代の岩屋(C5)を通り、青龍窟の出口(C6)まで続いている。現在C1と、C3の側溝の水(写真58)がC4の広谷の穴に流入することで、広谷湿原は三日月湖的に取り残されている。

図19は広谷湿原の拡大図で、N1～N6は北の沼地、S1～S6が広谷湿原のサンプル地点である。前述のように、広谷湿原は三日月湖的に維持されており、N1が広谷湿原のメインの湧泉(写真59)になっている。もともとN1から出た水は、すぐに地下水になっていたが、2012年の九州北部豪雨の際地表流となり、周辺の地下水を集めてしまった。その結果、2010年には湿地だった場所が2016年には草原へと遷移していた。「小規模な湿原では、川ができると湿原はなくなる」のである。N6は北の沼地の出口で、この沼地は南の湿原の地下水の涵養源として利用している。詳しくは、6-4 地下水の涵養で後述する。



写真54



電導度計 写真55イオンクロマトグラフ

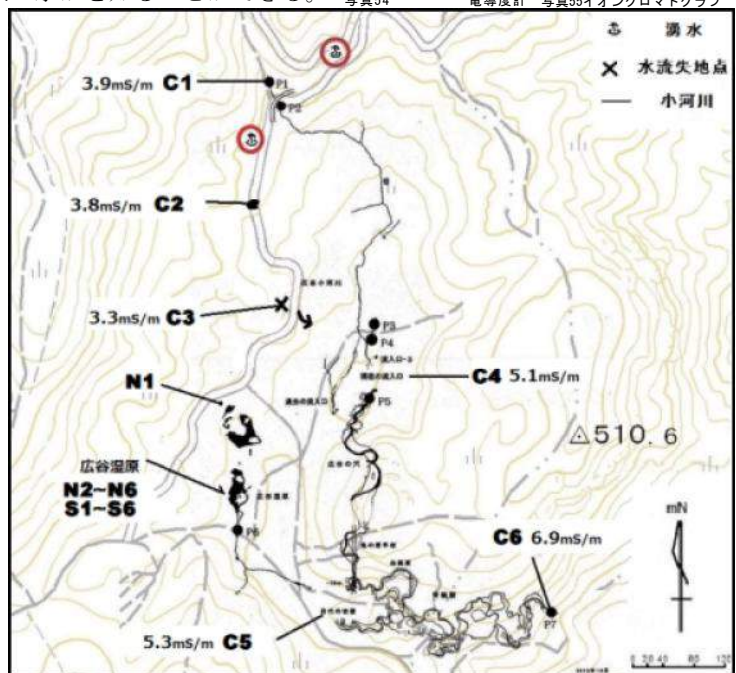


図18

広谷の水系の電導度 (増水時)

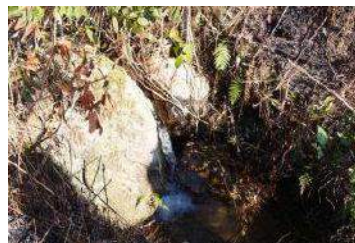


写真56 広谷水系メイン湧泉 (C1)



写真57 調査風景



写真58 広谷水系湧泉 (C3)



写真59 広谷湿原メイン湧泉 (N1)

南の湿原のS1はN6から地下水として繋がる湧泉である。S1からは湿原を流れる小河川として、木道の下の湧泉(S2)と合流して、湿原の出口(S6)へと流れている。S2の湧泉は、その水がどこから来ているかを推測するために測定した。S5はS1からの水の流れとは明らかに違うので調査をした。

なお、各サンプリング地点の流量については、4-2「三日月湖」的存在-流量観測の2012年観測で触れているので、ここでは省略する。

4-5-2 測定結果

・ 広谷本流

広谷本流の集水域は花崗岩帯であるため、C1の電導度の値である4.3mS/mが、花崗岩帯から来ている水の標準値と考えることができる。また電導度とカルシウムイオン濃度の関係をグラフにしたところ、見事に相関が取れた(図20)。

広谷の穴の出口である田代の岩屋(C5)の電導度は5.3mS/mと、流入口(C4)の5.1mS/mと比べ若干高くなっている。また、 Ca^{2+} 濃度も流入口(C4)は5.0mg/Lであるのに対し、田代の岩屋(C5)は6.3mg/Lと明らかに高くなっている。青龍窟の出口(C6)の電導度も6.9mS/mと増えている。また図21より、 Ca^{2+} 濃度も11.1mg/Lと測定した中で最高の値である。これはカルストの洞窟である広谷の穴や、青龍窟を流下する際に Ca^{2+} と HCO_3^- を多く含んだからである。特に、田代の岩屋(C5)と青龍窟の出口(C6)にかけて、 Ca^{2+} 濃度が、6.28mg/Lから11.1mg/Lへと増加している。これは、青龍窟の中で多くの支流が合流しているためだと考えられる。

以上、湿原の水の Ca^{2+} 濃度平均は3.9mg/Lと、カルストの青龍窟の出口(C18)の11.1mg/Lに比べて著しく低いため、花崗岩帯由来の水だと言える。

・ 北の沼地

N1の湧泉から出た水に、途中でオオミズゴケが優占しているN5からの支流が合流している。そのため、北の沼地の出口であるN6の電導度が上昇している。N5については**4-5-4 オオミズゴケと水質について**で後述する。

・ 南の湿原

前述したとおり、S1はN6から地下水として繋がる湧泉である。小河川としてS2とS6の間でオオミズゴケが優占しているS5を通った水が合流している。これは図21より、S5の電導度だけが明らかに低いことから、S5の水は別の水系のものだと証明できた。これは次のイオン濃度からも証明できた。

どこ由来の水か知るために測定した木道の下(S2)の電導度は4.6mS/m、図20より北の沼地の出口(N6)が4.7mS/mで、電導度的にS2とN6はほぼ同一である。さらにS1とS2、及びS6の水の Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} のイオン構成比には全く同じことが言える。S2の湧泉はS1からの水が繋がっていることがわかった。

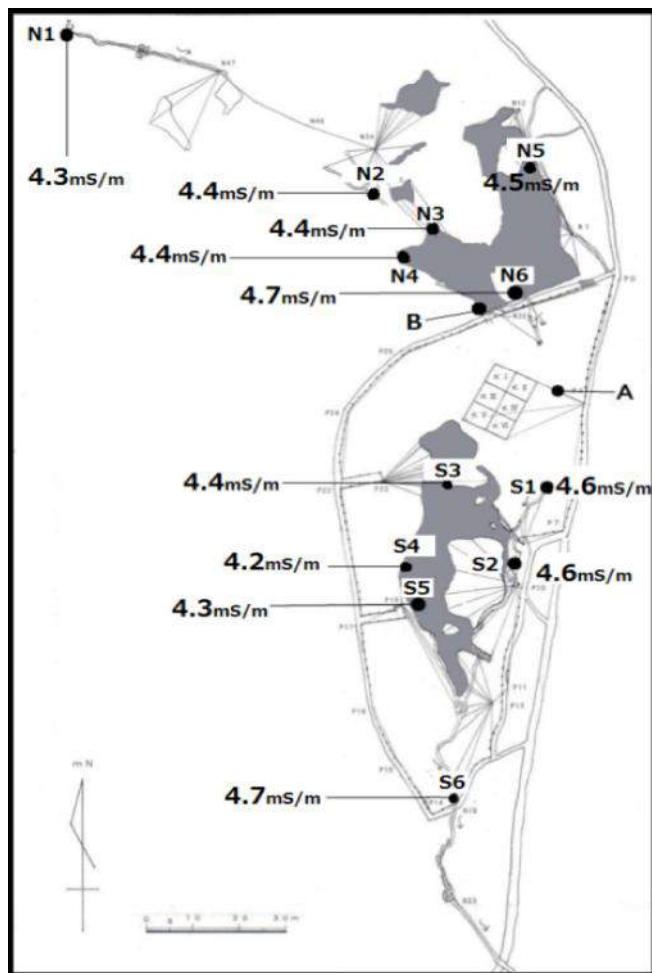


図19

湿原内の電導度(増水時)

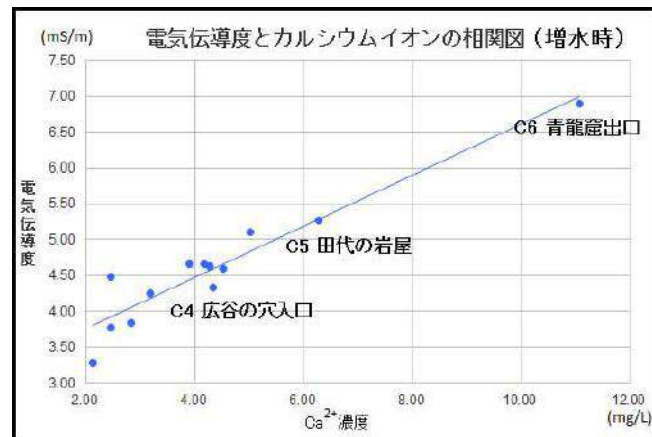


図20

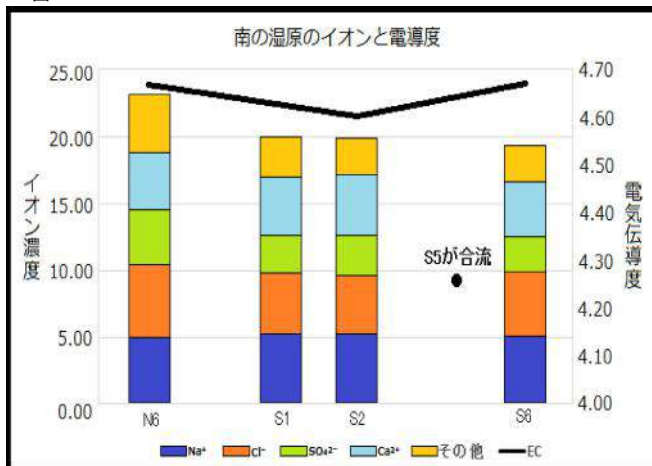


図21

表5

イオンクロマトグラフィー分析結果 (11/7は平水時、8/30は増水時)

地点	採水日	EC	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Li ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
		mS/m	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
C1	2016/11/7	3.88	0.00	3.64	0.00	0.00	0.42	0.00	2.54	0.00	3.98	0.00	0.61	0.77	2.77
	2016/8/30	3.84	0.13	4.62	0.00	0.00	1.39	0.59	3.07	0.00	4.73	0.14	0.66	0.74	2.62
C2	2016/11/7	3.82	0.00	3.72	0.00	0.00	0.00	0.00	2.67	0.00	4.54	0.00	0.93	0.79	2.61
	2016/8/30	3.77	0.06	4.19	0.00	0.00	1.17	0.00	3.02	0.00	5.52	0.16	0.74	0.75	2.45
C3	2016/11/7	2.98	0.00	4.64	0.00	0.00	0.00	0.00	4.09	0.00	4.84	0.00	1.02	0.74	2.30
	2016/8/30	3.33	0.15	5.64	0.75	0.00	1.34	0.05	6.18	0.00	5.86	0.19	0.65	0.59	2.12
C4	2016/11/7	4.20	0.00	3.99	0.00	0.00	0.30	0.00	2.80	0.00	4.01	0.00	0.57	0.81	4.72
	2016/8/30	5.10	0.07	5.30	0.00	0.31	1.10	0.00	3.33	0.00	4.85	0.05	0.56	0.89	5.02
C5	2016/11/7	5.34	0.00	4.17	0.00	0.09	0.43	0.00	3.29	0.00	4.60	0.00	0.80	0.89	7.72
	2016/8/30	5.27	0.10	4.33	0.00	0.00	1.10	0.00	2.97	0.00	5.18	0.07	0.61	0.79	6.28
C6	2016/11/7	7.82	0.00	4.14	0.00	0.00	0.45	0.00	3.14	0.00	4.09	0.00	0.70	0.88	13.85
	2016/8/30	6.90	0.07	4.78	0.00	0.00	1.31	0.00	3.62	0.00	5.16	0.19	0.63	0.82	11.07
N1	2016/11/7	4.37	0.00	4.38	0.00	0.00	0.00	0.00	1.89	0.00	4.48	0.00	0.85	0.74	4.68
	2016/8/30	4.33	0.05	3.70	0.00	0.00	1.09	0.09	2.28	0.00	5.62	0.25	0.73	0.69	4.33
N5	2016/11/7	9.45	0.10	4.61	0.00	0.00	0.28	0.00	4.98	0.00	3.26	0.00	0.86	0.57	1.11
	2016/8/30	4.49	0.05	6.04	0.00	0.00	1.10	0.00	8.04	0.00	4.42	0.07	0.62	0.92	2.46
N6	2016/11/7	4.32	0.00	3.56	0.00	0.08	0.29	0.00	2.22	0.00	4.04	0.00	0.78	0.75	4.11
	2016/8/30	4.66	0.13	5.47	0.75	0.32	1.17	0.00	4.05	0.00	4.94	0.12	1.00	0.96	4.17
S1	2016/11/7	4.13	0.08	3.84	0.00	0.00	0.37	0.00	2.18	0.00	4.41	0.00	0.86	0.72	3.95
	2016/8/30	4.63	0.03	4.50	0.00	0.00	1.44	0.00	2.85	0.00	5.26	0.07	0.79	0.75	4.26
S2	2016/11/7	4.47	0.18	4.97	0.00	0.00	0.64	0.00	2.86	0.00	4.66	0.00	1.10	0.76	4.36
	2016/8/30	4.60	0.07	4.40	0.00	0.00	1.08	0.00	2.95	0.00	5.22	0.08	0.82	0.77	4.52
S5	2016/11/7	3.66	0.49	4.57	0.00	0.08	0.32	0.00	1.81	0.00	4.63	0.00	0.99	0.63	3.03
	2016/8/30	4.26	0.09	5.91	0.00	0.31	1.16	0.00	2.54	0.00	4.69	0.11	0.57	0.66	3.18
S6	2016/11/7	4.09	0.08	3.91	0.00	0.00	0.33	0.00	2.05	0.00	4.42	0.00	0.98	0.68	3.78
	2016/8/30	4.66	0.06	4.76	0.00	0.31	1.06	0.00	2.66	0.00	5.07	0.04	0.75	0.72	3.90

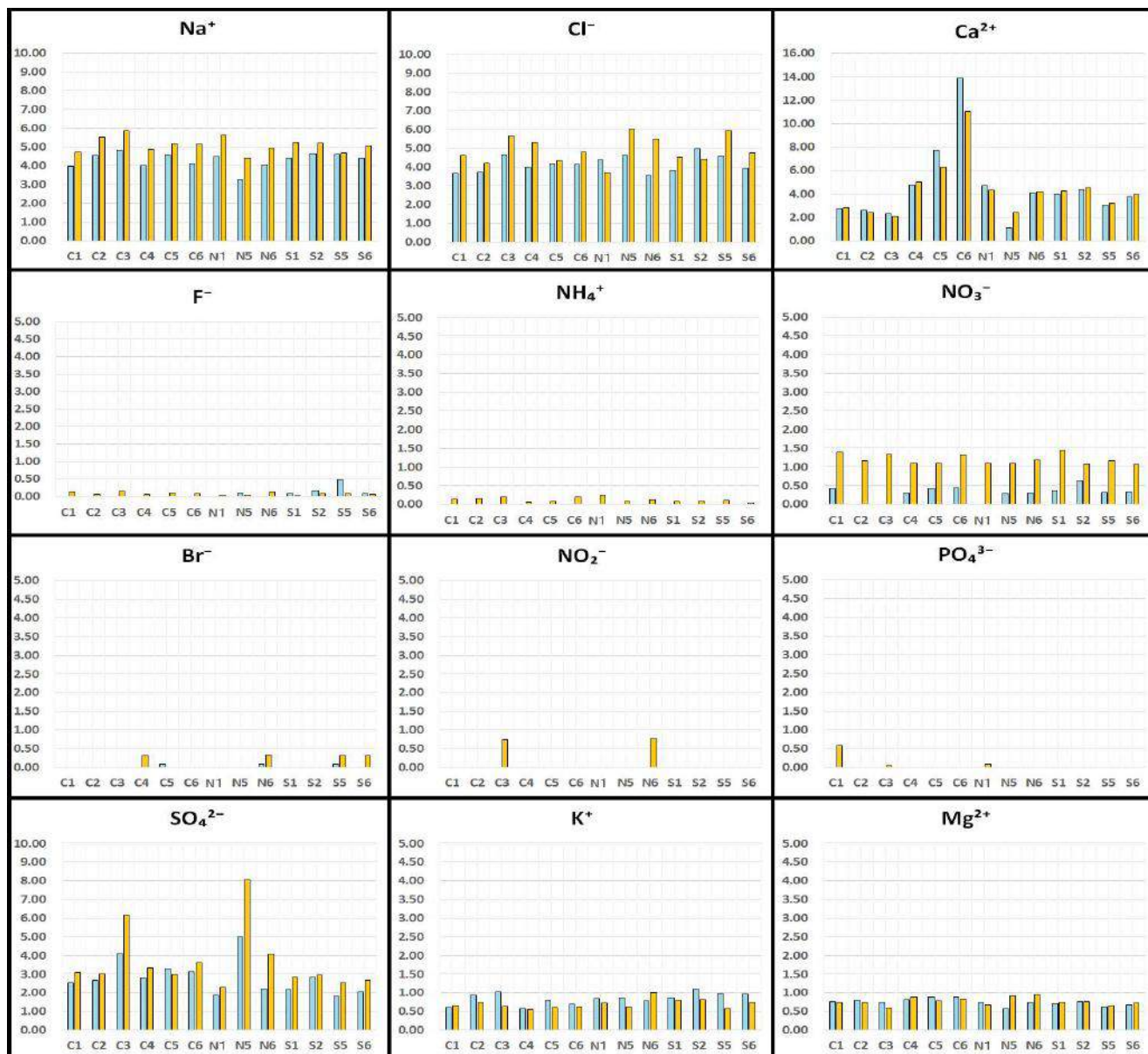


図22

イオンごとの平水時と増水時比較図 (橙は増水時)

4-5-3 各イオンの考察

表5を Ca^{2+} を16mg/L、 $\text{Na}^+ \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ を10mg/L、そして微量イオンについては5mg/Lの最大値でグラフを作成した(図22)。以下のイオン毎の特徴を簡単に説明する。

- ・ Ca^{2+} … 測定結果において考察した。
- ・ Na^+ と Cl^- … イオン分析の結果をまとめた図23より、平水時に比べて増水時の方が Na^+ と Cl^- の値がどの地点でも大きかった。これは風送塩によるものだと考えている。
- ・ NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-} … NH_4^+ 、 NO_2^- 、 PO_4^{3-} は平水時には未検出であったが、増水時のみ検出できた。 NO_3^- と SO_4^{2-} も平水時に比べて増水時の方が全体的に値が高い。これは、大気中にあったものが雨水に含まれて降ってきたとも考えられるが、一方で雨が降って増水したことで土壤中に蓄積されたものが、運ばれてきたとも考えられる。これを確認するには、雨水の水質調査も行う必要があったが実施していない。
- ・ SO_4^{2-} … 図23を見るとC3、N5での濃度が高い。どちらも流量は少なく流れはほとんどない。恐らく植物が腐敗した時に生じたものであろう。そのため、このN5と合流した北の沼地出口(N6)の電導度が上昇していた。
- ・ PO_4^{3-} … PO_4^{3-} は水質において富栄養の指標である。 PO_4^{3-} も増水時のみの検出である。検出された地点はC1、C2、N1でどの地点も広谷上流の湧泉である。水が集まる際に、富栄養状態の土壤を通ってきたと思われる。
- ・ NO_3^- … PO_4^{3-} と同じく水質においての富栄養の指標である。 NO_3^- は前述の通り、土壤中に蓄積されたものが運ばれてきて、増水時には全体的に値が上昇したと考えられる。
- ・ K^+ … 平水時に多く、増水時ではN6の1.0 mg/Lが一番高い値になっている。しかし、一般的な河川でも多くて3.0mg/L程度である。土壤由来のものだと考えられる。また、 K^+ は花崗岩にも含まれており、カルストの洞窟である広谷の穴(C4)や、田代の岩屋(C5)、青龍窟の出口(C6)では値が低くなっている。
- ・ Mg^{2+} … 平水時と増水時に関わらず、普遍的に検出された。
- ・ F^- と Br^- … 非常に小さい値であるので説明は省略するが、どちらもS5で検出されている。このことから、S5の水は、湿原のメインの水系とは別水系のものであると証明できた。

4-5-4 オオミズゴケと水質について

2016年に行った面積測量の際、湿原西側が復活していることがわかった。測量の結果、湿原の復活の22%のうち、西側の復活が7.5%も占めていた。これはオオミズゴケ(写真60)の発達によるものである。また前述したが、北の沼地にもオオミズゴケが優占している場所(N5)がある。

北九州大学の原口教授によると、オオミズゴケの生息する場所は他と比べてカルシウムやリンなどの濃度が低いらしい。やはりイオン分析の結果(表5)を見ると、オオミズゴケが繁茂しているS5とN5の Ca^{2+} 濃度は、それぞれ3.18mg/Lと2.46mg/Lと、他の湿原の水に比べて低い値となっていた。



写真60

オオミズゴケ

4-5-5 まとめ

以上広谷湿原とその集水域の電導度とイオンについて述べた。

- ・ 広谷湿原の水は、花崗岩帯由来の水である。
- ・ オオミズゴケが発達している場所(N5とS5)は、 Ca^{2+} 濃度が低い。広谷湿原の水系とは、別水系の水である。
- ・ 増水時には土壤中に蓄積されたものが溶け出し、 NO_2^- 、 PO_4^{3-} 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} は、イオン濃度の上昇につながっていた。