

〈第 30 回 山崎賞〉

2 2. 三南トープ報告書 2013

静岡県立三島南高等学校サイエンス部

2 年 浅倉柊太 他 1 名

1 三南トープの概況

本校のビオトープは、2009 年に生徒会がビオトープの愛称を募集し三南トープ（さんなんとーぷ）に決定した。三南トープは、6 年前の 2008 年 8 月に本校の敷地北側（テニスコート北側）に穴を掘り造成した。三南トープは防水シートを敷かず、粘土を池底に貼り水漏れを防いでおり自然の沼に近い池になっている（池の大きさ：面積 345 m²、長さ 15m、最深部 0.65m）。その池には、静岡県東部では絶滅危惧種 I A 類のメダカや準絶滅危惧種のトノサマガエルやツチガエル、本校東側にある里山の湧水由来の小川で採取したドジョウが棲んでいる。池周辺には様々な種類の樹木が植えてある。本校には堀がなくサザンカやツツジなどの生け垣で学校を囲んでいるため、それがコリドー（緑の回廊）となり生物の出入りが自由にできる。三南トープには授業などで利用する教育施設である学校ビオトープとしての役割がある。また、伊豆縦貫道や住宅の建設などで学校周辺の開発が進む中で、この地域本来の湿地環境を残すという目的で地域のビオトープという役割もある。

今回の内容は次の 2 点について詳しく報告する。

2 水質改善への取り組みとその成果について

(1) 目的

三南トープでは造成から 3 年が経った 2011 年頃から COD の値が 10mg/L 以上が測定されるようになり、予想されたビオトープの老化が見られた。また、鉄分の上昇も見られた。そこで 2011 年 8 月に、池の生物をすべて水槽に移し、池の水を抜いて、池底に溜まった真っ黒な泥炭を取り除くリフレッシュ作業を実施した。この作業により COD の値は 5.8mg/L と基準値（6.0mg/L）を下回るようになった。鉄分の値も下げることができた。しかし、2 年が経過した 2013 年夏の状態では、再び COD の値が 10.0mg/L 程度まで上がった。1 週間に 2 度のろ過装置の洗浄やアオミドロと池底の泥炭の除去などのこれまでの維持・管理の仕方では対応しきれなくなっていると考えた。また、ビオトープの老化を何とか遅らせられないかと考えた。今回は以下の 3 点について研究した。

- ア 新たな循環装置設置による COD 値の抑制の検証
- イ ビオトープのろ過装置の中などにゼオライト（計 50 kg）を投入し鉄分が減少するか検証
- ウ 水槽内でコカナダモとオオカナダモを利用してアオミドロの発生の抑制の検証実験（アレロパシー効果の利用）

（2） 水質検査の実験方法

水質検査では、化学的酸素要求量（COD）・鉄分（Fe）・全リン（T-P）・全窒素（T-N）・pH（水素イオン濃度）・溶存酸素（DO）と本年度 9 月より計測を開始した生物化学的酸素要求量（BOD）の 7 項目を調査した。また本年度 4 月からは 2 週間ごと定期的に検査を実施した。

検査には、共立理化学研究所のデジタルパックテストマルチと有機物分解装置（全リン、全窒素の測定に使用。紫外線により分解。）、株式会社カスタムの防水 pH 計（pH-01）を使用した。

水質検査は、池の C 地点（図 1）で表面の水を採水し、それを検査用の水（検水）として生物室に持ち帰り計測機器を使って詳しく分析する。

（3） デジタルパックテストの測定内容と分析方法

ア COD(化学的酸素要求量):アルカリ性過マンガン酸カリウム法

常温 10 分間に消費された過マンガン酸カリウムの量を吸光度の低下から換算して、それを COD として求める。

イ Fe(鉄分):還元とバソフェナントロリン法

この方法では、検水中のイオン状態の鉄分が測定される。

ウ DO(溶存酸素):酸性インジゴカルミン法

この方法では検水中の溶存酸素が測定される。

エ T-N(全窒素):アルカリ性ペルオキシニ硫酸カリウムー紫外線分解+還元ーナフチルエチレンジアミン法

この方法では、ろ過分解液中の硝酸イオン状態の窒素が測定される。

オ T-P(全リン):酸性ペルオキシニ硫酸カリウムー紫外線分解+モリブデン青法

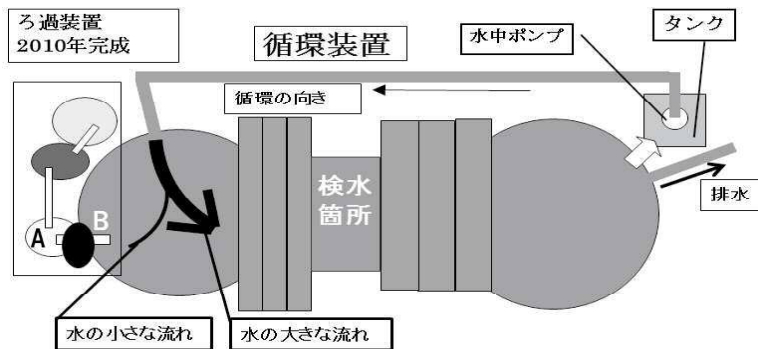
この方法では、ろ過分解液中のリン酸イオン状態のリンが測定される。

（4） 2013 年の水質改善の取り組みとその成果

水質改善のため、新たな方法を考えそれを実践している。

ア 池の水の循環装置（2013 年 8 月 31 日稼働）

池の水を循環させれば水質改善につながると考え、池に新たに循環装置を設置した。循環装置は、池の下流部に埋設してあるタンクの中にフロート式水中ポンプを設置した。循環装置はタンクの中が池の水でいっぱいになると、水中ポンプが作動し 6 分に 1 回の割合で約 120 リットルの水を上流部に戻す装置になっている（図 1）。上流部までは直径 40 mm の塩ビ管全長 20m を埋設した。



従来の循環装置は、2010年に設置したが、水中ポンプの性能が悪く管が細かった（直径10mm）ため詰まってしまい、システムとして活用できなかった。

新しい循環装置は、溶存酸素（DO）を増加させるために上流部で上から水が落ちるように設置した。しかし、底の泥炭層が巻き上がり池の水が真っ黒に濁ってしまった。そこで、対策を考えて循環装置の管の先を水中に25cm潜らせて水面と平行に流すように改良した。

（ア）循環装置の効果

- ① 循環装置作動前後の DO は、13%増加した。これは、埋設してあるポンプ内の水が落ちている部分で空気と混ざったことにより、酸素の供給量が増えたことが原因と考えられる。
- ② 循環装置作動前後の COD は、44%と大幅に減少した。これは、循環装置による流れで、水面に多い好気性バクテリアが池底まで行き渡り、池底に溜まった有機物の分解作用が進んだためだと考えられる。
- ③ 循環装置を作動させたところ、湖面に水の流れが生じたことでアオミドロの増殖がおさまって、池の水が澄み、水面のメダカが目立つようになり、大きな改善につながった。
- ④ 特に COD のその後の経過を見ると、作動以降数値は減少傾向にあり、12月の値は 2.2mg/L とピーク時に比べ約80%と大幅に減少し、大きな水質改善となっている。

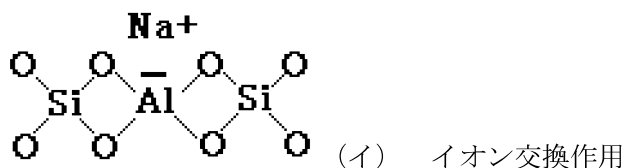
イ ゼオライトの利用

昨年の報告書に記載されていた予備実験の結果を踏まえて、三南トープに実際に投入した。（詳細は三南トープ報告書2012に記載）

ゼオライトには主に2つの性質がある。

（ア）吸着作用

ゼオライトは多孔性結晶であり、この穴の大きさに合う物質を吸着することが出来る。（活性炭と同じ原理）



ゼオライトは右図のように、ケイ素とアルミニウム が酸素と結合した構造をしている。

ケイ素は+ 4 価、アルミニウムは+ 3 価で酸素は－ 2 価のため、アルミニウムの周りは、負電荷に帯電している。そのため周りの陽イオンを容易に引き寄せることが出来る。そして、もともとついていた陽イオンが他の陽イオンと入れ替わるイオン交換が起こる。

そこで今年度は、2012 年の予備実験で確認できたゼオライトが鉄分を吸着する作用を実際のビオトープの池で試した。

2013 年 8 月 31 日と 9 月 11 日の 2 回に分け、ゼオライトをろ過装置のろ過槽(図 1 の黄色い部分)と曝気槽(図 1 の赤い部分)、池の入水部 (図 1 の黒い部分) 及び循環装置の埋設タンクの中にゼオライト(合計 50 kg)を投入した。

(ウ) ゼオライトの効果 (鉄分)

- ① 投入直後に鉄分の大きな変化はなかったが、9 月に入ると徐々に予想通りゼオライトの効果で鉄分の減少が見られた。

次に鉄分の濃度と検水地点の関係を調べた。ろ過装置通過直後を A 地点、入水部のゼオライト通過直後を B 地点、普段の水質検査の検水地点を C 地点 (図 1) として 2013 年 9 月 20 日に調査し、2010 年のデータと比較。(2010 年の A 地点はデータなし)

- ② ゼオライトによって特に入水部の B 地点のデータを 2010 年と比較すると、75%と大幅に下げることができた。これにより池に流入する鉄分が減少した。(グラフ 2)

- ③ 2013 年のゼオライト投入後の測定結果 (グラフ 3) を見ると、池の全体の水質の指標となる C 地点で全体を通して減少傾向が見られ、12 月 26 日には 8 月 22 日のゼオライト投入前と比べて約 60%と大幅に減少している。現在 (2013 年)の平均値は比較的低めの 0.1mg/L 程度になっている。(10 月 28 日、11 月 29 日は 0.05 以下で測定不能)

(グラフ 2 は 2010 年と 2013 年 9 月 20 日の鉄分の検査結果、グラフ 3 は 2013 年の C 地点での測定結果)

ウ カナダモ類のアレロパシーの効果

ビオトープの池で繁殖を続けているアオミドロを何とか除去できないかと考えていた。そこで調べたところ、カナダモ類にアレロパシーという他の植物の成長を抑制す

る作用があることを知った。これを利用できるのではと思い、ビオトープに入っているコカナダモと代表的なカナダモ類のオオカナダモの2種類について次のような実験を行った。

(ア) 実験方法

オオカナダモとアオミドロを入れた水槽とコカナダモとアオミドロを入れた水槽を同じ条件で放置し、2週間観察した。(同じ小さな水槽を使用)

(イ) アレロパシーの作用の結果

オオカナダモが入った水槽で6日後頃からアオミドロの成長の阻害が顕著だった。コカナダモでは変化は見られなかった。

次に大きな水槽(60 cm水槽)にオオカナダモだけを大量に入れて放置したところ、だんだんオオカナダモが枯れて腐り、異臭を放つようになった。そこでたまたま富士市にある釣り堀の様子を見に行ったところ、やはり大量のオオカナダモが腐って異臭を放っているのも確認できた。これによりオオカナダモは自滅することが判明し、ビオトープには使用できないことが分かった。その後、コカナダモではどうだろうかと考えていると、サイエンス部の過去の研究で、コカナダモがアレロパシー物質を出すというような結果が出ていることが分かった。しかし、コカナダモについては、実験を続けても変化がなかったため、アオミドロの除去効果にはつながらないと考えられる。

(5) まとめ

ア リフレッシュ作業後時間がたつにつれ、池の老化の指標となるCODの値は上昇していたが、循環装置を作動させたところ大幅に減少し、循環装置の効果ははっきり出ている。これは循環装置により池に流れが出来たことによって、池の表面の好気性細菌による有機物の分解が促進され、有機物の量が減少したことでCODの値も大幅に減少したものと考えられる。今後はCODの低い状態が続いていくと見られる。

イ 循環装置による水の流れはアオミドロの繁殖も抑えることが出来た。これにより6分に1回程度の水の流れでもアオミドロの繁殖を抑えられることが分かった。

ウ ゼオライトによって池に入る水に含まれる鉄分は吸着され、水質の改善がされた。さらに、池全体で見ても8月の投入前と比べ12月には大きく減少している。入水部の鉄分は大きく減少しているため、今後さらに減少していくことが期待できる。また、透明度も池底が見えるほどまでに改善した。

エ 循環装置とゼオライトにより、池の水質は確実に良くなって、池の景観も良くなり、メダカなどの水生生物がよく見えるようになった。

オ オオカナダモについては強いアレロパシー効果を確認できたが、自滅してしまうということが確認されたためビオトープには利用できない。また、コカナダモのアレロパシー効果は、観察を続けたが変化がなかったため、アオミドロに対しては除

去効果はないものと思われる。

(6) 今後の課題

ア 循環装置やゼオライトの影響で、さらなる COD や鉄分の減少、DO の増加が見られると考えられる。今後もしっかりと水質の変化を計測していく。

イ 鉄分については、池に入る鉄分が少なくなり、池全体でも減少が見られたため、池全体でさらに減少すること、透明度がさらに上昇することが期待できる。長い目で観察していきたい。

ウ 池底に溜まる泥炭層は日々増え、除去しても増えていってしまうため、定期的な除去は今後も必要である。また、アオミドロについても同様の作業が必要である。

エ ゼオライトの使用を開始したが、吸着した鉄イオンを洗浄する作業が必要である。その維持・管理について、まだまだ分かっていないこともあるため、今後さらに研究していきたい。



オ コカナダモのアオミドロに対するアレロパシーについても今後さらに詳しく研究を続け、効果が出て問題が無ければビオトープに応用していきたい。また、アオミドロの除去についてはそれ以外の方法も考えていきたい。

3 三南トープの周辺環境改善への取り組みについて

- ・ 車いすでの利用を可能にするための進入路および橋の整備
(2・7月)

2月に池の中央の橋の手前まで上がるスロープの設置を行い、7月には池の中央の橋の拡幅工事と橋から落ちないようにするためへの設置(図2)を行った。

(2) 掲示板の設置(5月)

三南トープの入り口に設置してあった掲示板の老朽化に伴い、新たなものを設置した。新たな掲示板は、三南トープマスコットキャラクターの「ビオトーピー」が描かれていて、ビオトープ観察の諸注意が記載されており、親しみやすいものになっている(図3)。



(3) 池の西側のしがらの老朽化の伴う石垣の設置(10月)

池の西側に組んであったしがらが池の周りの盛り土に押され、崩れそうになっていた。そこでしがらを取り外し、そこに石垣を設置した。石垣は陸地から水中まで緩やかな坂になっていて、陸地・水辺・池の中という環境がつながるようになっている。石垣（図4）を設置したところすぐに、ツチガエルの住み家になった。

（4） カワセミ用止まり木の設置（10月）



10月にクサギの木に数年ぶりにカワセミの飛来が確認できた。そこでカワセミがとまりやすいよう止まり木を設置した。止まり木は、池の周りに生えていた小さなクサギの細い枝を切り落とし、そこに細い木の棒を地面と平行にくくりつけた。

（5） 巣箱の老朽化に伴う新しい巣箱の設置（12月）



三南トープでは、木に鳥の巣箱を設置していた。その巣箱が老朽化したため軽くて丈夫な杉を利用して頑丈なものをつくり表面に焼を入れ、オウチ（高さ約3メートルの位置）、ヤシャブシ（高さ約2メートルの位置：図5）に北向きに設置した（強い日差しを避けるため）。巣箱は縦 22 センチ横 15 センチの大きさになっている。シジュウカラが利用することを想定し、巣箱の入り口の穴は直径 2.7 cm になっている。さらに、使い終わった後に掃除をして使えるようにふたが開くようにし、そのふたを掛けがねで止めてある。また、蛇の侵入やカラス対策のために長い枝の近くに設置しないようにするなど設置場所も十分検討した。

4 参考文献

- ・「三島南高校ビオトープ報告書・報告書Ⅱ」（平成 20・21 年度理科研究発表会）
- ・「三南トープ報告書（2010・12・13 年）」（平成 22・24・25 年度理科研究発表会）
三島南高校サイエンス部
- ・「生物の相互作用 コカナダモと他の藻類」（平成 21 年度理科研究発表会）
三島南高校サイエンス部 石田 直也