

公開シンポジウム I & II

要 旨

(1S-01~1S-07) (2S-01~2S-07)

■公開シンポジウム I

会場： B 会場（301 講義室）

日時： 9 月 19(日) 13:00~15:30

■公開シンポジウム II

会場： C 会場（201 講義室）

日時： 9 月 19(日) 13:00~15:30

渡邊圭司 (国環研)

湖沼の浮遊細菌には、世界中に遍在する系統分類群として、約 34 のクラスター (16S rRNA 遺伝子の相同性が 95%以上を一つのクラスターとして定義) が存在している (Zwart *et al.*, 2002)。特に、GKS98 (beta III), *Polynucleobacter necessarius* (beta II), *Rhodoferrax* sp. BAL47 (beta I; R-BT065 サブクラスターを含む) および ACK-M1 (*Actinobacteria*) クラスターについては、世界中の様々な湖沼で優占種 (全浮遊細菌の 20~50%以上) として報告されている。海洋においては、世界中の様々な海域から検出される SAR11 クラスター (*Alphaproteobacteria*) が広く知られているが、世界各地に点在し、水系が異なる淡水湖沼において、このような遍在性および優占性を持ったクラスターが存在することは興味深い。これら主要浮遊細菌群が、湖沼の微生物ループにおいて重要な役割を果たしているであろうことは想像に難くないが、これらの主要浮遊細菌群の生態系における役割に関する研究は、近年ヨーロッパを中心に報告されるようになって間もない。例えばその中で、*Polynucleobacter necessarius* ssp. *asymbioticus* (PnecC) の現存量は、溶存有機物中の腐植物質の量 (specific UV absorbance; SUVA) と相関が高いこと (Jezberová *et al.*, 2010)、また、R-BT065 (今年新たに *Limnohabitans* 属として提案された) クラスターは、増殖速度が速く、従属栄養性微小鞭毛虫 (heterotrophic nanoflagellates; HNF) の主な餌資源であることなど (Hornák *et al.*, 2006)、微生物ループにかかわる重要な発見が報告されている。

一方、これらの主要浮遊細菌群は、難培養性微生物として広く知られており、近年まで純粋分離株が得られていなかったが、FAM (filtration-acclimatization method) および DAM (dilution-acclimatization method) により初めて分離・培養に成功した (Hahn *et al.*, 2003)。FAM は、

湖水をポアサイズが 0.2 μm のフィルターでろ過し、ろ液を希釈した NSY 培地の入ったウェルプレートに接種し、段階的に培地の濃度を上げて培養する方法である。DAM は、フィルターろ過の代わりに、希釈した湖水を接種する点で異なる。演者も、GF/F (平均粒子保持径 0.7 μm) カートリッジフィルターで湖水をろ過し、ろ液を R2A 培地で培養する方法により、いくつかの主要浮遊細菌群の分離・培養に成功している (Watanabe *et al.*, 2009)。得られた純粋分離株を用いた炭素源資化性試験では、GKS98, *P. necessarius* および *Rhodoferrax* sp. BAL47 クラスターに属する浮遊細菌は、いずれも糖代謝はほとんど行わず、炭素源として有機酸に強く依存していることが明らかとなった。また、様々なタイプの湖沼 (貧栄養湖, 中栄養湖, 富栄養湖および腐植栄養湖等) の表層水を対象とした、前述の方法による培養試験では、植物プランクトンや水生植物が豊富な湖からは、*Polynucleobacter cosmopolitanus* (PnecD) が得られた菌株の大半を占め、一方、腐植栄養湖などの腐植物質を多く含むような湖沼では、そのほとんどが PnecC であった。以上のことから、主要浮遊細菌の一部が、溶存有機物の質 (供給源) の違いにより、種レベルで棲み分けている (niche separation) 可能性が示唆された。

これまでの微生物ループにおける浮遊細菌の役割に関する研究では、FISH (fluorescence *in situ* hybridization) データと環境パラメータとを多変量解析 (CCA, RDA) することにより、変動要因を解明することが主であった。しかしながら、主要浮遊細菌群の純粋分離株が得られたことにより、さらに一歩進んだ研究 (全ゲノム解析等) を行うことが可能となり、新たな局面を迎えている。

本講演では、これまでの浮遊細菌に関する研究を概説し、今後どのような点に注目して研究を進めたら良いかなどについて議論したい。

*西村洋子（（独）港湾空港技術研究所）、吉山浩平（東京大学・大気海洋研究所）

1. はじめに

水域生態系において細菌群集は、物質循環や食物連鎖を駆動する重要な役割を担っている。近年の分子生物学的手法の発展と分析機器の精度向上により、細菌群集を特定の性質を持つ亜集団に分別することが可能となった。その結果、細菌群集は多様な亜集団により構成され、それぞれの亜集団は微生物食物網の中で異なる役割を担っていることが明らかとなってきた。例えば、Jezbera ら（2005）は原生動物による捕食効率は、系統分類毎に異なる事を見いだした。また、形態による分別を行った場合、球状または桿状の細菌（球桿菌）では、典型的な微生物食物網（図1）に従うが、糸状性の細菌（糸状細菌）の場合は、捕食可能サイズを超えるため、原生生物には捕食されず、もう一段階上の動物プランクトンに直接捕食される（図2）。このように、細菌群集の亜集団への分け方次第で、我々が認識する食物網の構造は変化する。

本講演では、フローサイトメトリー法を用いて琵琶湖の細菌群集を細胞サイズと一細胞あたりの核酸含有量をもとに亜集団分けを行った研究を紹介し、琵琶湖の細菌群集を分割することで明らかとなった微生物食物網構造について報告する。

2. 材料と方法

野外調査は、琵琶湖北湖沖合の7地点で2001年6月~2002年12月に2カ月ごと、計11回行った。環境要因として水温、クロロフィル濃度、溶存酸素濃度、栄養塩濃度、溶存有機物濃度等の測定を行った。細菌群集は、SYBR GreenI で染色後、Facs Calibur（Becton Dickinson 社）により、全菌数が5万細胞に達するまで計数を行った。更に、捕食者

除去湖水を用いた基質添加実験（無添加区、グルコース添加区、リン添加区、リン+グルコース添加区）により、各亜集団の基質添加に対する応答特性の違いを見た。

3. 結果および考察

フローサイトメトリー法により、琵琶湖の細菌群集は3つの亜集団（超高核酸含有集団、高核酸含有集団、低核酸含有集団）に分割できた。低核酸含有集団は表水層での寄与率が高かったのに対し、超高核酸・高核酸含有集団では深水層での寄与率が高かった。これらの亜集団の分布と環境因子との間の相関関係から超高核酸含有集団の動態を支配する要因を推定したところ、溶存無機リンによる栄養制限の可能性が示唆された。基質添加実験の結果、超高核酸・高核酸含有集団の増殖は、リン添加区で有意な増加が検出され、これらの亜集団が低核酸含有集団に比べて、より強いリン律速を受けていることが示唆された。

以上の結果より、強いリン制限水域である琵琶湖では、超高核酸・高核酸含有集団よりも、低核酸含有集団が有利に働く可能性が示唆された。



図1: 球桿菌の微生物食物網 (Azam et al. 1983)

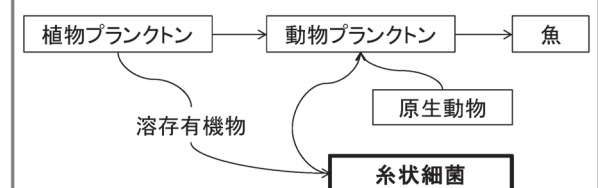


図2: 糸状細菌の微生物食物網 (Pernthaler et al. 2004)

1S-03 琵琶湖表層における生物生産が深水層の微生物ループに与える影響

*岡崎友輔、中野伸一（京大生態研セ）

はじめに

微生物ループは、植物プランクトンの光合成により生産・放出された溶存態有機物が、細菌プランクトンによって利用されることを起点とした概念である。そのため、微生物ループを扱う研究の多くは一次生産の活発な表水層を対象として行われてきた。しかし、表水層で増殖した植物プランクトンの一部は沈降し、深水層においても微生物ループを駆動する有機物供給源となると考えられる。例えば、琵琶湖の深水層では、表水層と同じオーダーで細菌プランクトンが生息しているが、これらの細菌は基質を表層からの沈降物に頼っていると考えられる。表水層で比重の大きな珪藻が優占すると深水層への沈降粒子の供給量も増加することなどから、表水層における優占植物プランクトン種の違いが、微生物ループを通じて深水層の細菌群集の現存量、組成や活性に反映されているのかもしれない。また、琵琶湖の深水層は湖の全容積の約 70 パーセントを占め、近年の温暖化に伴う底層の貧酸素化が懸念されていることから、深水層における細菌の現存量、組成や活性を明らかにすることは、琵琶湖生態系変化の詳細把握の観点でも重要な意味を持つ。

本研究では、琵琶湖の植物プランクトンの沈降量の変化が深水層の細菌群集の現存量と組成に与える影響を検討した。さらに、原生動物の摂食による細菌の現存量と組成に対する影響を検討するため、鞭毛虫と繊毛虫の細胞数計数も行った。

材料と方法

調査は、2010 年 1 月より月一回の頻度で、琵琶湖沖の一定点にて行った。採水は、水深 5 m, 35 m, 50 m, 65 m の各層、および湖底直上の、計 5 水深より行った。植物プランクトンは酸性ルゴール液によって固定し、沈殿濃縮の後、同定、計数と生死の判定を行った。細菌数計数と細胞体積・形態の解析は、

DAPI 染色法を用いて行った。さらに現在までに、細菌の分類群の判別に FISH 法、細菌群集組成の季節・深度間比較のため DGGE 法、細菌の生死判定に PI 染色法、エステラーゼ活性の有無判定に 6-CFDA 染色法、細胞成長の検出に DVC 法を試みた。鞭毛虫は、グルタルアルデヒドにより固定されたサンプルについて、プリムリン染色法により細胞数を計数した。繊毛虫は、酸性ルゴール液により固定されたサンプルを沈殿濃縮したものについて、血球計数盤を用いて細胞数を計数した。

結果と考察

2 月から 5 月にかけて優占した珪藻類は多くが細胞質を保持したまま沈降したことから、これら珪藻による有機物供給は深水層の細菌群集に何らかの影響を与えていると示唆された。一方、クリプト藻類や黄金色藻類は、表水層で優占しても深水層ではほとんど検出されなかったため、これらの植物プランクトンは深水層の細菌へ有機物をほとんど供給していないと考えられる。また、深水層の鞭毛虫、繊毛虫の現存量はいずれも小さく、深水層の細菌現存量はボトムアップ的にコントロールされていると示唆された。

冬の全層循環期に均一だった表水層と深水層の細菌数は、4 月以降の水温躍層形成に伴って次第に分化した。この過程は、DGGE 法によって細菌群集の分子系統組成の観点からも検証する予定である。

細菌形態の解析の結果、深水層ではカーブ型の細菌が多く見られ、さらにこれらの細菌の多くが分裂途中であったことから、カーブ型細菌は細菌群集の中でも活性の高いグループであると示唆された。本発表では、FISH 法、PI 染色法、6-CFDA 染色法、DVC 法との組み合わせによって、カーブ型細菌が属する分類群と活性の有無を同時に検討した結果を紹介予定である。

*小林由紀、程木義邦、大林夏湖、奥田 昇、中野伸一（京大・生態研）

1. はじめに

シアノバクテリアの一種 *Microcystis aeruginosa* は、富栄養化湖沼でブルームを発生させ、景観の悪化や人畜に有害な毒素の生産などにより深刻な環境問題を引き起こす。*M. aeruginosa* のブルームは、高いクロロフィル *a* 濃度が長期間継続し、その消長は当該水域に生息する微生物群集にも大きな影響を与えると考えられる。しかし、*M. aeruginosa* ブルームの消長に対する微生物群集の反応については、未だ情報が限られている。本研究では、野外実験池に人為的に発生させた *M. aeruginosa* のブルームの消長に伴い、従属栄養細菌、従属栄養ナノ鞭毛虫（Heterotrophic nanoflagellates: HNF）および繊毛虫の現存量と組成を追跡した。

2. 材料と方法

京大学生態学研究センターの敷地内に設置されている野外実験池（10 x 10 x 1.7m）の3基において、*M. aeruginosa* のブルームを人為的に発生させた。本研究では、*M. aeruginosa* の実験池への初期添加量を3段階に変化させたが、ブルーム発生の程度はこの初期添加量に依存した（程木ら、本大会発表 3C-06）。

実験は、2009年8月20日から2010年2月4日まで168日間行った。サンプリングは、1週間に1-2回の頻度で行った。水温、クロロフィル *a* 濃度とともに、細菌数、HNF数、繊毛虫数、細菌群集組成、*M. aeruginosa* の数を調べた。

細菌細胞密度については、試水を2%ホルムアルデヒドで固定後、DAPI（4'-6-diamino-2-phenylindole）染色を行い、落射蛍光顕微鏡を用いて細胞を計数した。HNFについては、試水を1%グルタルアルデヒドで固定し、プリムリン染色後、落射蛍光顕微鏡を用いて細胞を計数した。繊毛虫については、試水を酸性ルゴール液にて固定し、自然沈殿で濃縮後、血球計算板にてできるだけ種ごとに細胞数を計数した。*M.*

aeruginosa の細胞密度の推定は、GF/Fで濾過し、DNA抽出後、リアルタイムPCRにて行った（程木ら、本大会発表 3C-06）。細菌群集構造の決定は、試水を2%ホルムアルデヒドで固定し、CARD-FISH（Catalyzed reported deposition fluorescence *in situ* hybridization）法にて行った。プローブは、*Alpha-, Beta-, Gammaproteobacteria, Cytophaga Flavobacteria* - Cluster (CF), Gram positive bacteria with High G+C (HGC), *Verrucomicrobia* の、各系統分類群を用いた。

3. 結果と考察

M. aeruginosa のブルームが発生した実験池では、いずれも実験開始後42日目に、*M. aeruginosa* の細胞密度が最大となった。もっとも顕著なブルームが発生した実験池では、17日目に *Amoeba* が大量に発生し、ブルームが衰退した76日目に従属栄養細菌細胞密度が顕著な増加を示した（ 1.7×10^7 cells ml⁻¹）。ブルームの発生があまり顕著でなかった実験池では、*M. aeruginosa* を摂食する鞭毛虫 *Collodictyon triciliatum* が多く認められた。両実験池ともに、繊毛虫のピークは20日目に認められ、その後は顕著な増加は見られなかった。細菌主要系統分類群は、*M. aeruginosa* のブルームが発生した実験池では、いずれも *M. aeruginosa* の添加前は *Betaproteobacteria* が優占していたが、ブルーム後は *Alphaproteobacteria* 優占に変化した。ブルーム期間中はCARD-FISH法による検出率が低下したが、この理由は今回使用したプローブでは検出できない系統分類群の細菌が優占したためと考えられる。

以上のように、本研究では、細菌群集組成といくつかの原生生物種について、*M. aeruginosa* のブルームと対応した動態が確認された。

本研究は環境省の環境研究総合推進費（D-0905）の支援により実施された。

*川崎伸之、今井章雄、小松一弘、高津文人、佐藤貴之、三浦真吾（国環研）、
浜崎恒二、多田雄哉（東大海洋研）

1. はじめに

湖沼や海洋における物質循環には植物プランクトンの光合成による生産を起点とした食物連鎖とともに、溶存有機物(DOM)を起点とする従属栄養バクテリアによるバイオマス生産(2次生産)があり、高次の栄養段階の物質循環に大変重要な役割を果たしている。従属栄養バクテリアの2次生産は、通常放射性同位体で標識されたチミジンもしくはロイシンの取り込み速度を測定し、それを炭素量に換算することで求められる。何れの方法でもバクテリア体内にはチミジンとロイシンがもともと存在するため、取り込まれるチミジンとロイシンを区別するために放射性同位体を使用しなければならない。放射性同位体の使用は我が国では多くの制限があり、2次生産測定は重要であるにもかかわらず、特に湖沼においてはほとんど測定されていないのが現状である。

ブロモデオキシウリジン(BrdU)はチミジンの類似物質として知られており、BrdUは生物起源ではないためバクテリアに取り込まれたBrdUをDNAの合成量、すなわち2次生産量の指標とみなせる。取り込まれたBrdUには特異的に抗体を作る蛍光物質と反応するため、その蛍光抗体を測定することが可能である。

本研究では、この非放射性同位体法であるBrdU法を採用して、バクテリアによる2次生産が霞ヶ浦の炭素循環にどの程度寄与をしているのかを明らかにする事と、DOMのバクテリアによる分解過程においてDOMのアミノ酸および糖組成の変化から難分解性DOMの生成メカニズムを明らかにすることを目的に室内培養実験を行った。本発表では現在まで得られた成果について報告する。

2. 実験方法

2009年9月に霞ヶ浦湖岸より湖水を採取し、実験室にて0.65 μm のカートリッジフィルターでただちにろ過を行った。ろ過した湖水は、10Lのポリカーボネートタンクに移し、振盪機(70rpm)上で20 $^{\circ}\text{C}$ の暗所にて培養を行った。Day0,1,2,3,6,10,14,24,60にサンプルを採取し、GF/Fフィルターでろ過を行った。ろ液をDOM画分とし、溶存有機炭素(DOC)、溶存アミノ酸(TDAA)、溶存中性糖(TDNS)用の試料を採取した。またバクテリア数とバクテリア2次生産用のサンプルも採取した。

3. 実験結果及び考察

DOC、TDAA、TDNSの濃度変化を図1に示す。DOC、TDAA、TDNSは全て培養中に減少したが、減少率を比べると、DOCは約15%(3.8 \rightarrow 3.2 mg C L^{-1})であるのに対して、TDAA、TDNSの減少率は約50%(TDAA: 5711 \rightarrow 2643 nM 、TDNS: 3709 \rightarrow 1948 nM)となった。またDOC中に占めるアミノ酸と中性糖の炭素が占める割合は、Day0ではそれぞれ約7%であったが、Day60では3.4%、4.2%となり、

アミノ酸や糖が選択的に分解されたことが分かった。

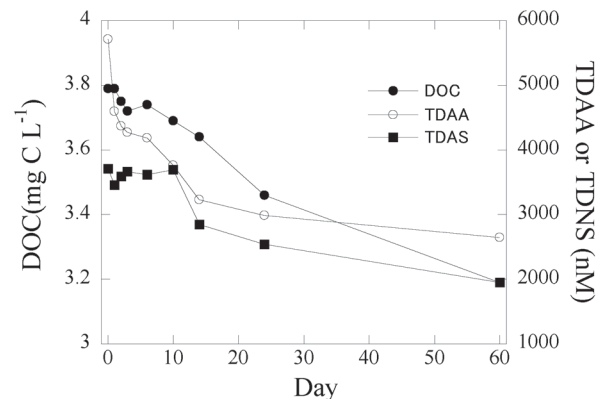


図1. DOC、TDAA、TDNSの濃度変化

次にバクテリア数とバクテリアの2次生産の結果を図2に示す。バクテリアはDay1からDay2の間で指数関数的に増加した。Day0からDay2までのgrowth rateは0.45(d^{-1})であった。2次生産はDay0からDay2まで高く(30 $\mu\text{g C L}^{-1} \text{D}^{-1}$)、沿岸域で報告されている2次生産と変わらない高い値を示した。培養期間における2次生産の総量が減少したDOC量の20~30%を占めることが分かり、バクテリアの2次生産は霞ヶ浦湖の炭素循環に大きな影響を与えていることが分かった。近年、湖沼等での炭素循環モデルなどによる収支計算が頻繁に行われているが、本研究の結果は当該モデル計算にも多大な影響を及ぼすと考えられる。

アミノ酸や糖組成変化とDOMの分解性については本講演において発表する。

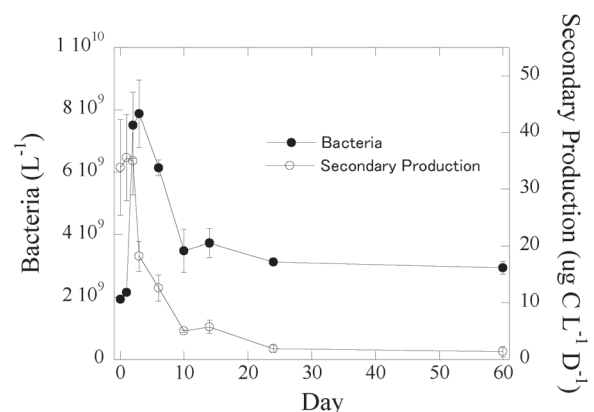


図2. バクテリア数とバクテリア2次生産の変化

謝辞

科研費基盤研究(A)「湖沼において漸増する難分解性溶存有機物の特性・起源と物質収支」(代表:今井章雄)の一環として行われた。ここに感謝の意を表します。

*岡村嵩彦、森 裕美（福井県大大学院・海洋）

中野伸一（京都大学・生態研）

近藤竜二（福井県大・海洋）

はじめに

微生物ループとは、植物プランクトンが放出した溶存態有機物などを利用して細菌が増殖し、細菌を原生生物が摂食する食物連鎖である。この原生生物が動物プランクトンに捕食されることによって、植物プランクトンが放出して食物連鎖から外れた溶存有機物が、再び生食食物網に組み込まれる。従来の研究から、海洋や湖沼のプランクトン食物網において、微生物ループは重要な物質循環系であることが示唆されている。しかし、これまでの研究は、その多くが好気環境におけるものであり、嫌気環境における研究は未だ限られている。本研究では、表層に好気環境、底層に嫌気環境を有する水月湖において、これら両層における微生物ループの構造と機能を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

日本海と連結した久々湖、日向湖を通じて、塩水が水月湖に流れこみ、すり鉢状の水月湖湖底に停滞している。このため、停滞した塩水は表層の淡水と混じり合うことなく、水深およそ5mより深い部分は硫化物が検出される嫌気的な環境となっている。

水月湖湖心にて隔月でサンプリングを行い、好気的な水深1m（好気層）と嫌気的な水深10m（嫌気層）から湖水を採取した。細菌の現存量をDAPI法で、HNFの現存量をプリムリン染色法で求めた。細菌の現存量は、糸状菌とそれ以外のタイプとを区別して計数を行った。HNFの細菌摂食速度は蛍光ビーズを用いた蛍光トレーサー法にて測定した。

結果と考察

全菌数は好気層で $4.7\text{--}22 \times 10^6 \text{ cells ml}^{-1}$ の範囲で変動したが、嫌気層では比較的安定しており、その値は $2.0\text{--}8.9 \times 10^6 \text{ cells ml}^{-1}$ の範囲であっ

た。糸状菌の全菌数に対する割合（F:T比）は、好気層で0-4.3%と低く、嫌気層で7.5-30%と高かった。

HNFの現存量は、好気層で $8\text{--}52 \times 10^2 \text{ cells ml}^{-1}$ の範囲で変動し、春に高く秋に低い傾向が見られた。それに対して、嫌気層のHNF現存量は比較的安定しており、 $2.3\text{--}7.1 \times 10^2 \text{ cells ml}^{-1}$ の範囲であった。これは、嫌気層の物理・化学環境の変化が小さいこと、餌となる細菌の現存量が好気層と比べ低いことが原因として考えられた。

HNFの細菌摂食速度は、好気層で $2.9 \pm 1.9 \text{ bacteria HNF}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 、嫌気層で $0.9 \pm 0.5 \text{ bacteria HNF}^{-1} \text{ h}^{-1}$ であった。

好気層において、F:T比とHNFの現存量との間に有意な正の相関関係が見られた。また、好気層におけるHNFの細菌摂食速度は、嫌気層における摂食速度に比べて高かった。これらのことから、好気層の細菌はHNFの摂食圧に対して抵抗する戦略を取っていると示唆された。

本研究では、嫌気層においてHNFが存在し、細菌摂食を行っていることが明らかとなった。F:T比は高いものの、HNFの現存量や摂食速度とは相関が見られなかった。嫌気層には無機炭素が高濃度で蓄積しており、これは上層で生産された有機物が沈降したものを細菌が利用した際の呼吸によるものと思われる。さらに、嫌気層にはHNFの捕食者（大型の繊毛虫など）がほとんど存在しない（岡崎・中野、本大会ポスター発表）ため、この層ではHNFが最も高次の消費者であると考えられる。これらのことから、嫌気層では、表層の植物プランクトンや境界層の光合成硫黄細菌が生産した有機物が沈降し、この有機物を利用する細菌がHNFにより摂食される、単純な構造の微生物ループが駆動していると示唆された。

吉山浩平（東京大学・大気海洋研究所）

1. はじめに

水の中では無数の微生物が相互に影響を及ぼし、絶えず環境に応じて変化しながら増殖する。微生物の生態系はかくも複雑であり、すべての個体の振る舞いを直接理解することは不可能に近い。故にわれわれ微生物生態学者は、ある切り口でもって、複雑さの中に「構造」を見だし、その構造に基づいてシステムを解析するという方法をとる。

生物個体の体サイズは、自身を表す最も代表的な形質であると同時に、代謝や移動速度といった機能的形質を（誤差はあるものの）統一的に表すことができる主形質（master trait）である。微生物に関しても、資源取り込み、呼吸速度、餌サイズ分布など、細胞サイズは多くの機能的形質と関連している。近年、われわれのグループでは、微生物群集の「細胞サイズ構造」に基づく微生物生態系理論を構築し、その進化適応動態を解析する試みを行っている[1,2]。本講演では、微生物生態系の基盤をなす従属栄養性細菌の細胞サイズと、その資源となる溶存有機物や栄養塩の分子サイズの関係に関する理論について紹介する[3]。

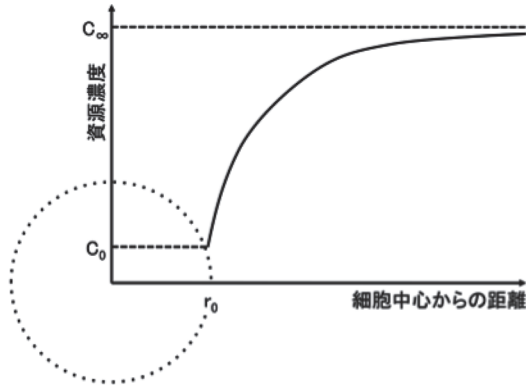


図1 細胞周囲の微細空間における資源濃度。水中の濃度 (C_∞) と細胞膜が実際に経験する資源濃度 (C_0) は異なる。

2. 材料と方法

従来の理論では、微生物による資源の取り込みは水中の資源濃度の関数として表される。しかし実際には、細胞は拡散境界層と呼ばれる粘性が支配する層に囲まれており、細胞膜が経験する資源濃度は、水中の資源濃度と異なる（図1）。そのため厳密には、資源取り込みを資源濃度の関数（ミカエリス-メンテン式など）で表す事は誤りである。特に微生物の細胞のサイズは、乱流渦の最小スケール（コロモゴロフスケール、数 mm）よりも十

分小さいため、細胞膜への資源分子の輸送はほぼ分子拡散に依存している。

本研究では、資源取り込みから同化にいたる過程を

1. 拡散境界層中の分子拡散による資源の輸送
2. 膜タンパクによる資源分子の取り込み
3. 細胞内における生合成

の三段階のステップとして扱い、資源競争理論を再構築した。

3. 結果と考察

理論解析の結果、資源分子（溶存有機物、栄養塩など）の分子量が大きくなると、競争上有利となる微生物の細胞

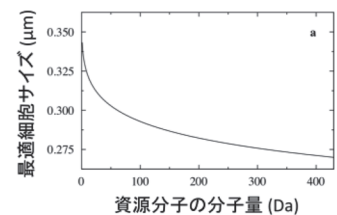
サイズは、小さくなる事が示された（図2）。また、異なる分子量の資源を与えると、異なるサイズの微生物の共存が可能となる事が示された。

これらは、従来の生態学理論を覆す結果である。一般的に、餌のサイズが大きくなれば、それを食べる生物のサイズも大きくなる。しかし、微生物と資源分子の関係は逆となり、この一般概念は当てはまらないことが明らかになった。また、従来の理論によると、炭素や窒素、リンなど単一の元素の制限のもとでは、競争排除により多種の安定な共存は不可能であるとされる。しかし、本理論では、単一の元素に群集が制限されていても、分子量の異なる資源が存在すれば（例えば様々な分子量の多糖類など）多種の共存が可能となる事が明らかになった。

これらの結果は、微生物の生態学的ニッチに「資源分子の分子サイズ」という新たな軸を加え、新たな共存メカニズムを提示している。

4. 参考文献

- [1] E. Litchman, C. A. Klausmeier, & K. Yoshiyama 2009. Contrasting size evolution in marine and freshwater diatoms. PNAS 106:2665-2670.
- [2] E. Litchman, P. de Tezanos Pinto, C. A. Klausmeier, M. K. Thomas, & K. Yoshiyama 2010. Linking traits to species diversity and community structure in phytoplankton. Hydrobiologia (to appear).
- [3] K. Yoshiyama & C. A. Klausmeier 2008. Optimal cell size for resource uptake in fluids: A new facet of resource competition. Am. Nat. 171:59-70.



— 児童・生徒、市民、研究者でつくる環境教育 —

三上 一（青森環境管理事務所）

21世紀は環境の時代といわれ、持続可能な社会実現のためには環境教育・環境学習の重要性が謳われている。今、全国各地で地方の水環境・生態系の復元・保全に向けて小・中・高校生やNPOなどの市民による参加体験型の活動が盛んに行われている。この活動に大人の果たすべき役割は勿論であるが、次世代を担う子供たちが小さい時から身近な自然に親しみ、観察し、その仕組みを理解し、自然と共生することを学ぶことは持続可能な社会実現の第一歩です。

環境教育・環境学習をより充実、発展させるためには以下のことが提言されている¹⁾。

- ① 資質の向上
- ② 人材の育成・活用
- ③ プログラムの整備
- ④ 情報の提供
- ⑤ 連携

小・中・高校生による環境教育・環境学習の例として、青森県理科研究発表会は昭和23年から開催されており、青森県における環境教育の先駆けです。また、現在では総合学習の一環として環境教育が盛んに行われている。しかしながら、学校の現場では、専門家の不在、器具資材の不足、理科離れなど様々な問題を抱えている。

演者は中学校、市民団体、行政機関との連携で行

った水生生物調査では、生徒達がデジタル顕微鏡などの最新の機器に触れ、専門家から適切なアドバイスを受けたことが自然の仕組みを理解するうえで大きな力となり、生徒達が新鮮な感動を覚えたことが報告されている²⁾。これは、行政機関がコーディネーターとして役割を果たして学校と市民団体との連携を図ったもので、今回の提案の契機になりました。

本シンポジウムにおける小・中・高校生、市民、研究者がそれぞれの立場で行っている環境教育の報告は、提言を具現化したもので、児童・生徒が自然に親しみ、自然を科学する心を育む大きな力になっており、今後の環境教育のあり方に参考になれば幸いです。

文献

- 1) 環境省・文部科学省：環境保全の意欲の増進及び環境教育の推進に関する基本的な方針、平成16年9月。
- 2) 三上 一、他：みんなでつくる環境学習—五戸川における新郷中学校の水生生物調査—、第40回日本水環境学会年会講演集、p.298、2006。

*宮嶋克幸（滋賀県総合教育センター）、中村大輔（滋賀県びわ湖フローティングスクール）
川田美和（草津市立笠縫東小学校）、川嶋宗継（滋賀大学教育学部）

1. はじめに

日本では、エコスクールといえ、環境に配慮した学校施設、たとえば、太陽光発電や屋上緑化など施設整備面中心の取組が多かったが、最近では、学校での環境に配慮した活動も含めた取り組み事例も各地で見られてきた。ヨーロッパでは、ヨーロッパ環境教育財団（Foundation for Environmental Education in Europe）が、学校での主体的な環境に配慮した活動に対して、その学校をエコスクールとして認定・更新するプロジェクトを指しており、エコスクールに取り組もうとする学校は、先生や保護者も参加しながら課題の決定から、調査・計画・実行まで、子どもたちが主体的に取り組むことを重視しながら、環境学習を行っている。

ここに紹介するエコスクール笠縫東の事例は、ヨーロッパで行われているエコスクールに近く、子ども（Children）を中心として、先生（Teacher）、保護者（Parents）、地域の人たち（Supporters）、すなわちC-T-P-Sが連携する組織を立ち上げ、学校の傍を流れる葉山川を主たるフィールドとして、身近な生活環境の調査探検、計画づくり、実行と評価といったプロセスを学校全体で取り組んで行っている環境学習の取組である。

2. エコスクール笠縫東支援委員会の活動

笠縫東小学校では、「環境教育とは、つながり（関係性）の教育、人と人、人と自然の関係を改善する過程、学習と他者、自己を結ぶ営みであり、つながりを意識させる営みである」という考え方を根本に据えて、地域と連携した環境教育を行っている。これを推進するために、エコスクール支援委員会を立ち上げ、定期的に会議を開き、地域で子どもたちが活動していく際に、どんな支援ができるかについて話し合っている。

支援委員会は、学校、PTA、公民館、自治会連合、社会福祉協議会、県環境学習支援センター、滋賀大学、草津市環境課、NGO・NPO、琵琶湖博物館、教育センターの教員・職員等で構成されており、学校が計画する学年ごとの環境学習の取組に対して、実施内容・支援内容を協議した後、場合によっては支援委員会の構成員が子どもたちの学習を支援するために授業に参加したりしている。

大学や教育センターといった教育機関は、教員と環境学習プログラムを研究・開発し、指導案の作成、授業の準備、ゲストティチャーとして授業への参加を通して、環境学習の支援を行っている。学校教員との共同研究で環境学習教材・プログラム開発に取り組んでいる。

地域の NGO は特に、低学年・中学年の子どもた

ちのフィールド学習（葉山川周辺植生、水中の生きもの探索活動、水とのふれあい）の支援を行っている。野外活動に、日頃、河川の調査や環境保全・改善活動を行っている NGO の支援の果たす役割は大きい

3. 環境学習の成果 —葉山川博物館—

支援委員会では、環境学習の成果の発表の場として、学校の中に「葉山川博物館」を開館し、地域との交流を図っている。この博物館では、子どもたちが学芸員となって、博物館に訪れた人たちに学んだことを解説する。また、訪れた人に、ふるさとメッセージカードを作成してもらい、これを展示することで、地域の自然という共通テーマで世代を超えた交流を行う場を設定している。

本校では、学習の総まとめとして第6年時に子ども環境会議を開催している。子どもたちが学んできたことをもとにして、よりよい環境を創っていくための提言を行う会議である。支援委員会のメンバーと一緒に考え、地域に発信している。

4. 考察

環境教育を通して、生きた知識を獲得し、行動につなげていくためには、体験活動の導入は不可欠である。学校教育の主体は教員であるが、地域住民と一緒に考え、行動していく場を設定することは体験学習を進めていく有効な方法である。時には実践者と専門研究者との連携も重要であり、子どもたちの学習支援に寄与するであろう。

学校教育において一層環境教育を推進していくためにはこういった支援委員会が重要な役割を果たすと思われる。

木村善一（青森県つがる市立稲垣中学校）

1. はじめに

つがる市稲垣町（旧稲垣村）は、津軽地方（西北地域）岩木川下流に広がる水田地帯に位置し、現在も米作を中心とした農業を主産業とした地域である。

「稲わら」や「もみ殻」は米の収穫後に残る資源でありながら、稲わらの利用頻度は低く、西北地域では、不要なものは焼いてしまえのごとく、秋の「わら焼き公害」の原因となったり、もみ殻は捨て場のない産業廃棄物のように扱われ、放置されたままの状態になるなど環境問題の1つとなっている。

このような稲作の盛んな地域の中で、大量に出る稲わらやもみ殻を活用して、環境を浄化することはできないものかと考え、水質浄化具のひとつでもある「エコフィッシュ」が導入され、平成12年から本校生徒においても『総合的な学習の時間』の一環として環境学習として取り組み、今年度まで11年間続けられてきた。その活動の経過等を報告する。

2. 活動の概要

（1）活動を始めたきっかけ

平成12年度、『総合的な学習の時間』において、「地域の教材を授業に取り入れたいが何かないものか。」と考えた佐藤智史教諭（現五所川原第三中学校）が市役所の長瀬公秀さんに問い合わせたところ、もみ殻燻炭を利用した水質浄化について研究している近藤祐一郎先生（東北工業大学）を紹介いただき、連絡したところ、「エコフィッシュ」に出会い、本校でも取り入れることにした（図1）。

（2）活動内容

主として1学年を対象に『総合的な学習の時間』を利用し活動を続けてきた。

稲わらで魚の形を作り、その中にもみ殻燻炭を入れて、「エコフィッシュ」と名付けられた水質浄化具を作成し、実験用の水路に設置し、設置場所前後の水質調査（pH、COD、溶存酸素、電気伝導率、濁度など）を行った。

また、使用済みとなった「エコフィッシュ」は堆肥として野菜作りに活用できないか研究をしている。



図1 エコフィッシュ

（3）活動期間

平成12年～平成21年まで（11年間）

平成12年度（社）日本水環境学会東北支部「東北・水すまし賞」受賞

平成17年度（社）日本水環境学会「みじん子賞」受賞

※今年度も1学年で実施予定（9月30日）

3. 活動の結果

（1）水質検査から

水路にエコフィッシュを設置した上流側100m付近と設置場所から下流側約3m付近の水質を調べてみると設置後2時間くらいでは、水質にほとんど差は見られなかった。

しかし、約1ヶ月後に同じ場所で再調査してみると、明らかに設置場所から下流のpHは7.0に近づくと、COD、溶存酸素、電気伝導率、濁度とも浄化の効果が見られた。

また、水量が少なく、水流が全くない場所ではあまり効果が認められなかった。ある程度水量があり、穏やかな流れがある場所の方が水質浄化の効果が認められた。

すなわち「エコフィッシュ」の効果は即効性のものではなく、ある程度の期間があつて効果の出るものだという結果が出た。

（2）総合学習としての生徒の様子

平成12年度から14年度までは学年全員の生徒が「エコフィッシュ」による体験学習を行ってきたが、平成15年からは4コースからの選択のひとつとした。

生徒は環境コース・福祉コース・産業コース・食品コースからの選択の中から環境コースを選択した生徒だけが「エコフィッシュ」による浄化調査を行うのだが、選択したどの生徒も、作る作業から興味をもって取り組み、完成後に水路に沈め、設置後どのくらい水質が浄化されるのかとても関心が高かったようだ。

また、稲わらが水質浄化に有効に活用されること他に、使用済みとなった古いものは、堆肥として更に活用できることにも興味を示したようであった。

4. 考察

平成12年度以来、環境教育の一環として「エコフィッシュ」を設置後の水質状況の調査等を行ってきたが、生徒達にとって、身近な地域に関わる環境問題について考える題材になった他、「1年生で終わることなく、2年生、3年生でも続けて調べてみたい。」という意欲もあり、同学年の生徒が継続していく必要性もあると感じた。

これまでも調査等に関わって、つがる市役所、美土里ネット西津軽、稲垣藁の会、東北工業大学の方々には大変お世話になり、感謝申し上げます。

(青森県立五所川原農林高等学校)

伊藤 岳、片山亜里紗、奈良竜一、
成田憲治、山崎 勇志

1. はじめに

本校では2006年に林野庁の補助事業の一環として「五農の森」を整備し、その一角に「水辺のビオトープ」を設置して、生態系の復元に取り組んでおります。設置当初は「ヤリタナゴ」や「モツゴ」などの魚類、「マルバオモダカ」などの水生植物、「ショウジョウトンボ」といった生物が発見されていたが、近年それらを見るのが少なくなった。

原因として考えられるのが一つは水質の悪化の問題、もう一つは現在繁茂している「ガマノホ」の存在である。

現在の状況から2006年の状況に戻すためにはどうしたらよいかを考えて、現在取り組んでいる。

2. 材料と方法

今回の研究にあたって使用した材料は、水質調査用にパックテスト、生態調査用に胴長、網、フォーク、レーキ。

水質調査では、

化学的酸素要求量 (COD)

アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)

亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)

硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)

リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$)

の5項目について調べた。

3. 結果

パックテストにおける水質調査の結果、CODは常に8ppm以上の値を示しており、ビオトープ内に流れ込んでいる水は汚れていることがわかる。また、アンモニア態窒素は10月～11月にかけて高い値を示し、亜硝酸態窒素は4月当初と10月に高い値を出しました。硝酸態窒素はほぼ変動がなく、リン酸態リンは一般的に望ましいとしている値は下回っている。

生態調査の結果は、スジエビ等の小型生物は発見できたが、2006年当初発見された「ヤリタナゴ」や「モツゴ」は発見できなかった。

4. 考察

水質調査や生態調査の結果から、私たちは池に異常繁茂している「ガマノホ」が影響を及ぼしていると仮定し、「ガマノホ」の除去作業をすることにした。しかし、水中に生えている「ガマノホ」は除去するのにも一苦労。ここで、一つの問題が発生。除去した「ガマノホ」の処理についてどうするかということである。現在は池の近くに野積みしてある状態であるが、この処理の方法についても今後考えていかなければならない。

*原田正光・山田貴浩・橋本孝一（いわき地域環境科学会）

1. はじめに

福島県いわき市を中心に活動している「いわき地域環境科学会」は、1989年から地域の自然環境の調査研究や情報交換、環境保全意識の啓発等に取り組んできた。これら活動の中で、小中学校における環境学習の支援が大きな柱の一つになっており、児童や生徒の指導、先生方の指導を行っている。このような例は、当会から派生したいくつかのNPOでも見られ、これらNPOと連携した地域ぐるみの環境教育の支援体制が整備されつつある。ここでは、当会の概要ならびに環境活動の事例をいくつか紹介する。

2. いわき地域環境科学会

2-1. 設立の目的と活動概要

いわき地域環境科学会（以下、科学会とする）は、いわき地域の環境に関する情報交換や意見発表の場を提供し、会員相互の学識の向上を図るとともに、地域の環境の質の向上に寄与することが目的として設立された。会員は、民間企業・行政機関・教育機関・市民からの普通会员と民間企業から維持会員とで構成されており、地域環境の調査や研究、保全活動を行っている。

科学会の事業は、講演会・シンポジウム、環境研究発表会や子供環境研究発表会の開催、自然観察会、環境講座、研究会活動として植生調査や海浜生物生息調査など各種調査を行っている。また、これらの活動を記録した会誌「EQUAL」や会報「ふいーど」を発行している。

2-2. 活動の変遷

設立から22年目を迎えたが、初期の10年は地域の環境情報の収集と会員相互の学識の向上が主な活動の中心であった。10周年記念事業を契機に、得られた地域の環境情報を地域に還元しようとする流れが出始めた。また、得意とする分野でさらに活動を深化させるために複数のNPO法人の設立が起こった。森林の保全や整備をテーマにしたNPOいわきの森に親しむ会、水環境調査や環境教育をテーマにしたNPOいわき環境研究室の設立である。

科学会の活動には、これらNPO法人の構成員も加わり、たがいに連携協力をしながら、事業を行っていることが多い。さらに他の団体も巻き込んだ連携活動に発展させているケースも見られる。

これらの活動は、会員以外の市民にも、いわき地域の環境の現状を知り、今後の方向性などについて考えてもらうきっかけになっている。また、いわき市や福島県が行う河川改修やまちづくりなどの事業においても、科学会が収集した環境情報や活動の成果が反映されている。小中学校をはじめとする地域の環境教育の支援活動もこのような連携の中で行われている。

3. 環境教育のための支援活動

3-1. 子供環境研究発表会の開催

1996年から毎年、小学生児童の夏休みの理科自由研究の成果発表の場として、環境関連作品を集めてポスターまたは口頭による発表会を実施してきた。各自の成果を大人に向けて発表する機会になるとともに、次年度につながる情報交換ができる場として活用してもらっている。

3-2. 環境教育教員等の養成講座の支援

小中学校において環境教育を行う教員やその支援スタッフのキャリアアップを目的として、福島高専の社会人の学び直しニーズ対応教育推進プログラム「地域の環境資源を活用した小学校環境教育教員等の要請講座」や福島県超学際研究機構の「体験的環境教育指導員養成講座」において、講座の企画や実施を行うなど連携・支援を行なった。

3-3. 小中学校や公民館における環境学習支援

科学会には小中学校や公民館などから、環境学習の講師や補助スタッフとしての支援依頼が多い。くらしの中の水や河川・湖沼などの水環境に係る内容、森や海辺の環境など、当会が収集している環境資源データを活用して学習支援が行われている。

NPOいわきの森に親しむ会やNPOいわき環境研究室とは、互いに連携を取りながら学習支援を行っている。この背景には、公民館の講座は土日に開催されることが多く、いずれの団体でも対応が可能であるが、小中学校の授業はほとんどが平日開催となる。このため、仕事をリタイアされた構成員が多いこれらNPO団体が平日の支援を行なっている。

3-4. 市民環境調査会の開催

科学会では、地域の環境の現状を把握する調査活動を行っているが、会員だけでなく市民参加の活動を展開している。これは、市民への生涯学習の機会の創出にもなっている。活動例として、景観保全に対する市民意識を高めることを目的の一つにした自然景観の保全調査がある。また、いわき地域の砂浜の汚れ状況を調べて、保全活動につなげていくことを目的に海岸浄化プロジェクトを日本財団の助成を受けて行っている。

4. 今後の展望

環境学習を行う主体の自立を促すため、科学会では小中学校教員や地域ボランティアなどの指導人材の育成に重点を置いた活動を行うようにしている。住民に地域への愛着を持ってもらい、環境保全の意識を高めてもらううえで、地域の環境資源を活用した学習が効果的であると考えている。環境学習を通して、地域の環境資源データを収集して蓄積する体制づくりやこれらの情報の効果的な活用方法を検討したいと考えている。

矢野篤男（東北工大・環境情報工学）

1. はじめに

（社）日本水環境学会は水域の清浄化など水環境に関連する分野の学術的調査・研究及び知識の普及を図り、良好な水環境の保全及び創造に寄与し、学術文化の発展に貢献することを目的とした環境省認可の公益法人である。全国に7つの支部を持ち、各支部ではそれぞれ独自に地域に根ざした活動を実施している。東北支部では会員相互の情報交換の場の提供として講演会、研究会、支部セミナーの開催はもとより、次代を担う小中高校生の優れた環境活動の表彰および地域の若い技術者への技術支援を目的とした環境基礎講座の開催など支部の地域貢献の活動に力を注いできた。以下に「東北・水すまし賞」について紹介する。

2. 「東北・水すまし賞」とは

東北支部の重要な活動のひとつとして、東北地域の小・中・高校生を対象に水環境の保全に関わる優れた活動・研究に対して個人・団体を表彰する「東北・水すまし賞」（以後、水すまし賞という）がある。「水すまし賞」の名称の由来は水生昆虫「ミズスマシ」と「水を澄ます」をかけたものである。本賞は次代の環境を担う若い人たちの環境活動を支援する目的で、平成4年度に創設され、毎年、東北6県それぞれから1~2件、総数6~8件を表彰してきた。水すまし賞は例年、6月に募集を開始し、12月25日に締切り、1月に水すまし賞選考委員会が開催され、授賞団体を決定する。

3. 水すまし賞の選考基準

水すまし賞の選考の考え方は研究においては、生徒が主体であり、実施年数は考慮せずに内容の深さや学年地域への広がり等を考慮している。また、地域活動においては、実施年数も考慮し、地域とのつながりや環境保全に対する寄与度などを考慮している。本賞の応募テーマを見ると高校生では高度な専門性のある研究的な内容のテーマが多く、一方、小・中学生では水生生物の調査・観察および水辺の清掃活動など身近な環境の観察から環境活動へ繋げるようなテーマが多い。このように応募されたものの中から選考するのは大変難しい作業と同時に楽しい作業でもある。本賞では子供達の環境活動が目立たないけれど、長年継続し、学校全体または地域へどれだけ大きな影響を与えているかを一応の選考の目安としている。

4. 出前表彰式

本賞のユニークなところとして出前表彰式(写真1)がある。毎年3月、卒業式、終業式にあわせて支部長、副支部長の支部役員が授賞校へ出向き表彰式を実施している。在校生、父兄の前で表彰される児童・生徒た



写真1 支部役員による出前表彰式

ちの嬉しそうな顔に接するたびに本賞の意義を強く感じるところである。また、我々、環境の専門家と生徒ならびに学校の先生達と直接、いろいろな意見を交換でききる貴重な機会でもある。

5. 小・中・高校別の受賞校数

水すまし賞は平成4年に創設して以来、これまで「水すまし賞」を受賞した個人・団体は80余となった。図1に小・中・高校別の受賞校数を示す。

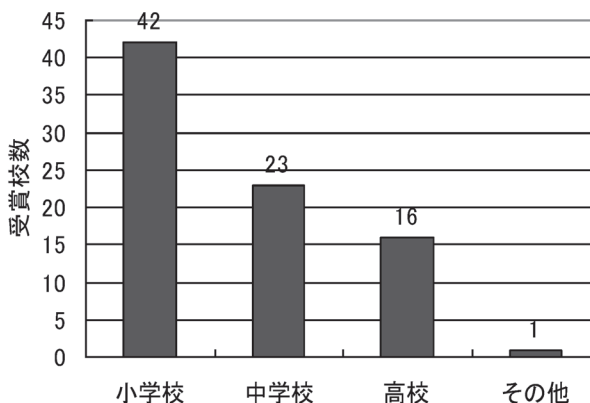


図1 小中高校別の受賞校数

図に示すように、これまで受賞した82団体のうち、小学校が42校(51%)で最も多い。次いで中学校の23校(28%)そして高校は16校(20%)で最も少なかった。このように小・中・高校別に受賞校の傾向を見ると初等教育ほど環境活動もしくは環境教育に取り組んできた傾向が窺える。

6. おわりに

東北支部では東北地域における環境 NGO, NPO の活動、小中高校の環境活動について情報収集を積極的に行っており、これらの情報収集から地域で優れた環境活動・研究をしている団体を毎年、水すまし賞への応募、ならび日本水環境学会「水環境文化賞」候補として推薦している。このような活動を通じて一人でも多くの“若い芽”が育ち、将来、地域の環境を担う人材として活躍することを願いたい。

*川嶋宗継（滋賀大学・教育学部）、Chitchol PHALARAKSH（チェンマイ大学理学部）、
Tatporn KUNPRADID（チェンマイラジャパット大学理工学部）

1. はじめに

近年、地球的規模あるいは地域の環境問題がますます深刻になり、人類を含むあらゆる生命の生存基盤が揺らいできたといっても過言ではないであろう。環境問題の解決のためには技術的工夫、経済的措置、法整備を行うとともに、住民の環境意識の高揚、環境教育の進展が大きな課題である。

筆者は、長年にわたり、びわ湖・集水域の環境科学的研究、環境教育研究・実践を行なってきた。加えて、びわ湖で得た成果を活かしつつ、途上国における環境教育の推進に関心を持ち、プログラム・教材開発を進めてきた。ここでは、1992 年来フィールドとしてきたタイにおける環境学習プログラム・教材開発、特に、タイ北部で学校と地域と高等教育機関が連携して進めている、水環境を素材とした体験型の環境学習の実践について紹介し、学校・地域・教育機関の連携のあり方、支援のあり方について議論したい。

2. フィールド

タイ北部を流れる河川をフィールドとして、水環境学習を展開している。

- 1) ピン川：ミャンマーとの国境を源流とし、チェンマイ市を縦断し、チャオプラーヤ川となってバンコクの中央を流れる川。近年、汚濁が進行し改善が望まれている。ピン川に流入する汚濁の著しいメカ運河の水質改善運動が今年チェンマイで始まった。
- 2) ラオ川、カム川：チェンライ県の山岳地帯に源として、コック川に合流し、メコン川に流入する川。少数山岳民族の村を流れ、村民にとっての重要な水資源となっている。地域によってはそのまま、あるいは、ごく簡単な処理で飲用に供している。

3. 活動内容

約 10 校の学校をパイロット校として、環境教育の実践活動を行っているが、各学校における活動の基本を、地域の河川環境の保全をめざしたワークショップを生徒・教員の参加の下で開催することにおいている。特に、生徒が主体となっていく生物・化学的モニタリング結果に地域の現状を加味して教材開発・実践を行なっている。その際に、総合的に水環境調査や水生生物調査をする教員・生徒のために作成した、河川・湖の水質の水生生物検索方法や、簡単な水質分析方法に関するガイドブックの活用を図っている。

山岳民族の村では、地域住民が子どもと一緒に進める環境保全活動・環境学習の支援方法を探り実践を行っている。河川の保全に関しては、生物学的モニタリングを取り入れているが、アカ・サンスック村では住民だけでモニタリングができる日も近いと思っている。森林再生活動も今後の重要な課題であり、技術面の取組に加えて、環境学習のプログラム・教材開発の検討を開始した。

4. 成果と考察

タイ北部の教員の環境・環境問題に対する意識高まってきており、水環境を素材とした環境学習は重要であるとの認識も高いが、野外活動、体験学習、実験を取り入れた学習は非常に少ない。指導できる教員不足に加えて、地域の支援や野外活動予算も限られているのが現状である。そういった状況の中で、教員のためのワークショップを開いたり、学校に出かけて行き一緒に調査に取り組んだりしているが、着実に理解ある教員や地域住民が増加してきている。

昨年からはチェンマイにパイロット校の生徒と教員を招聘し 2 日間の環境教育ワークショップを開催しているが、生徒や教員の積極的参加が見られている。参加した各学校は 1 年間の学習の成果を発表し、質疑の後、グループに分かれて、本年度は、「How to Improve Worse Aquatic Environments and Develop Sustainable Better Aquatic Environments」というテーマで議論を行った。2 日目は全員でチェンマイ市の重要な河川やモートを訪れ、共同で水環境調査を行い視点の共有化を図っている。本ワークショップは情報交換として有効であるだけでなく、参加生徒にとって大きな刺激となり環境保全への意欲の高まりが感じられる。今後、タイの他地域だけでなく周辺の東南アジア諸国に参加・体験型の環境学習を導入し、環境教育の進展に有効な方法論について研究を継続する予定である。