

特色ある学校

諏訪湖の環境改善

—課題研究における水質検査とヒシの活用—

長野県岡谷工業高等学校 環境化学科 小林 聖児

1. はじめに

本校は、明治45年3月に平野農蚕学校として開校し、その後蚕糸学校を経て岡谷工業高等学校と組織改革を重ねてきた。

平成23年に創立100周年を迎え、これまでに諏訪地域の産業界に多くの技術者を送りだしている。現在、全日制課程5学科（環境化学・機械・電子機械・電気・情報技術）を配置し、「技術者たる前に人間たれ」の信条のもと、「質実剛健」と「至誠一貫」の精神を涵養した技術者の育成を学校目標としている。



図1 諏訪湖のヒシの繁殖状況

本校環境化学科は、学制改革前の応用化学科から昭和23年度改革後に工業化学科へ、そして平成23年度より環境化学科へと学科改変をして現在に至る。工業化学科から環境化学科に学科改変をし、今までの化学工業教育に加え、

環境や新エネルギーについての教育に重点を置き、地域と連携し、社会貢献できる技術者の養成を新たな学科目標として教育活動に取り組んでいる。

2. 取組の背景（地域の課題）

長野県岡谷市、諏訪市、諏訪郡下諏訪町にまたがる諏訪湖は、長野県最大の湖沼であり、諏訪圏の観光資源としてかかせない存在である。しかし、昭和40年代より高度経済成長や都市化によって悪臭が漂い発泡するなど汚濁が進行し、富栄養化によるアオコの発生が深刻な地域問題へと発展した。その後、下水道の整備や市民による水質改善活動により、アオコが減少し全リンが環境基準を下回るなど水質は改善されつつある。しかし、水質浄化に伴い生息生物に変化が現れ、植物性プランクトンの減少により水草や大型ミジンコが増加し、依然として化学的酸素要求量（COD）は環境水準を上回っている。浮葉植物であるヒシの大量繁茂や湖底の貧酸素の拡大によるものと考えられる水生生物の大量死など、新たな課題が生じている。

そこで、本校環境化学科では、身近な諏訪湖の環境改善を課題研究のテーマとして、「ヒシ」「水質」の2つのテーマで『泳げる諏訪湖』を

目標に学習を展開している。

3. 「ヒシ」 についての取組内容

(1) ヒシ班の研究概要

ヒシとは、図1 (p. 17) に示すような浮葉植物で、夏季になると繁茂し漁業や諏訪湖の富栄養化に影響を与えるため刈り取っている。しかし、刈り取ったヒシを焼却処分すると二酸化炭素を発生し、燃焼させるために化石燃料を多く使う。そこで、刈り取ったヒシを有効利用する方法である堆肥化の研究を行った。

まず、ヒシの諏訪湖における採取場所・採取時期・ヒシの部位によって肥料の三大栄養素である窒素分・リン分の含有率の変化を調査し、ヒシが肥料に向いているか検証を試みた。また、採取したヒシで堆肥をつくり、野菜を栽培し、化学肥料などと比較しながらヒシ肥料の性能について調べた。



図2 ヒシ刈り取り機

(2) ヒシ班の取組内容

ヒシ班では、まず諏訪湖のヒシの繁茂状況を知ることから始めた。長野県諏訪建設事務所の協力を得て、諏訪湖浄化の取組について講義を受けた後、実際にヒシ刈り取り機で刈り取り体験を行った。

ヒシに含まれる窒素・リン分の測定は、乾燥したヒシをケルダール分解し、窒素分をアンモニアとして蒸留し、発生したアンモニアを逆滴定して求めた。リン分は発色剤を加えて吸光度法によって求めた。



図3 ヒシのケルダール分解

また、堆肥化については下諏訪郡富士見町にある(株)みのり建設が事業化しているため、実際に堆肥化する工程を見学し、ヒシを堆肥化するためのノウハウを学び、堆肥化に必要な微生物「食いしん坊」をいただいた。これらを学校へ持ち帰り、自分たちが回収したヒシを堆肥化し、実際に各種土壌で野菜の栽培を試みた。生徒の発案で、野菜としてトマトを栽培して、その糖度を測定することでヒシ肥料の有効性を調べた。

(3) ヒシ班の研究成果

ヒシの窒素分・リン分の測定結果を図4の表1～3に示す。

| | ガラス | 雷部 | 湊 | 高木 |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 窒素 (%) | 3.893 | 2.861 | 3.474 | 2.006 |
| リン (%) | 1.857 | 2.440 | 2.062 | 1.975 |

| | 根 | 莖 | 葉 | 実 |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 窒素 (%) | 3.365 | 2.488 | 3.963 | 2.417 |
| リン (%) | 2.143 | 1.750 | 2.279 | 1.702 |

| | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 窒素 (%) | 8.296 | 6.349 | 0.650 | 2.423 | 0.676 | -0.110 |
| リン (%) | 3.406 | 2.342 | 1.829 | 1.484 | 1.903 | 1.576 |

図4 窒素・リン含有率

データはヒシの採取場所、ヒシの部位、採取した月ごとに窒素・リンの含有率を平均したものである。ヒシの部位ごとの含有率は窒素・リンともに根と葉で含有率が高くなり、月ごとのデータでは4月・5月で含有率がともに高くなることがわかった。また、今回測定したデータを平均すると、窒素とリンの含有率はそれぞれ約3%と約2%となり、日本土壌協会発行の「堆肥等有機物分析法」によると、生ごみに含まれ

るそれよりも高いことがわかった。よってヒシも肥料として有効利用できると考えた。

次に、堆肥化したヒシによるトマトの糖度測定の結果を図5に示す。

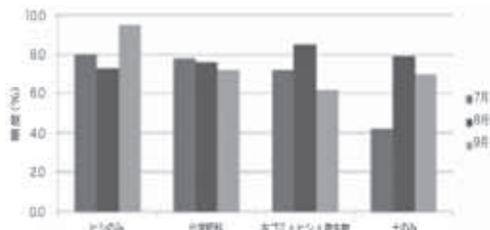


図5 各種肥料におけるトマトの糖度

月ごとの糖度を平均すると、一番糖度が高くなったのはヒシのみでつくった肥料であった。しかし、化学肥料やヒシに生ゴミと食いしん坊を加えて堆肥化した肥料もほぼ同等の値を示し、さらに土のみで栽培したトマトも8月・9月では比較的高い糖度を示したため、今後は野菜種を増やして果実の糖度について検証を進めると同時に、葉物野菜についても肥料価値を研究したい。

4. 「水質」についての取組内容

(1) 水質班の研究概要

水質班では、第6期諏訪湖水質保全計画の環境基準を満たしていない化学的酸素要求量(COD)と浮遊懸濁物(SS)の測定と、アオコ量の指標となるクロロフィル測定・諏訪湖の透明度測定を行うための技術を、企業・大学と連携して培い、その調査結果から諏訪湖の水質保全・環境改善の状況を考察した。

(2) 水質班の取組内容

水質班は、企業連携の取組として、クリーンレイク諏訪(豊田終末処理場)にて水質検査講習を平成28年度は3回行った。水質検査講習では、測定値の安定しないCODについて技術的指導をいただき、自分たちで測定する際も値が安定するようになった。また、諏訪湖の微生物

物について、実際に顕微鏡で観察をしながら講義を受けた。



図6 水質検査(左:COD 右:微生物)

大学連携の取組として、信州大学山地水環境教育研究センターの指導のもと、諏訪湖の定期観測に同行して、湖水の採水を行った。また、クロロフィル量の測定について、自分たちでデータが採れるよう講習を受け、採水を学校に持ち帰って分析を行った。



図7 諏訪湖湖心での透明度測定

(3) 水質班の研究成果

諏訪湖湖心(湖中央部)で湖水の透明度と光量子の測定を行った結果を図8に示す。これらは水の中で光合成が行える深度の目安となる値である。一般に水生植物は、水中の光子量が水面の1%以下になると光合成ができなくなることが知られているが、測定では水深3.0mより下では湖表面の数値の1%を切り、光合成を行

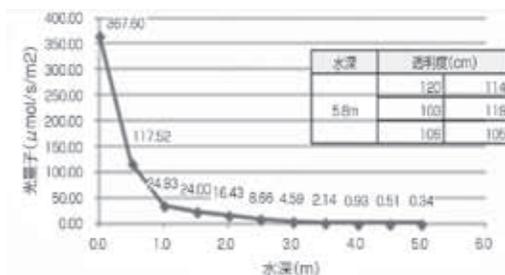


図8 透明度・光子量の測定結果

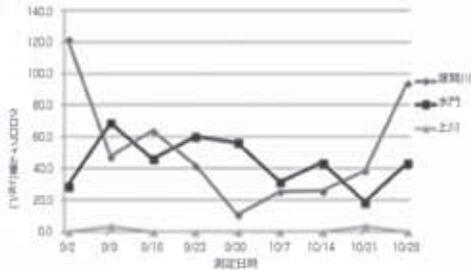


図9 クロロフィル量の測定結果

うことができないことがわかった。

クロロフィル量の測定結果を図9に示す。

クロロフィル量は、経験上 50 µg/L を超えると植物プランクトンの量が多くなり、アオコが発生しやすくなると言われている。測定箇所ごとにばらつきがあったが、塚間川付近では 50 µg/L を大きく超えることがあり、特にアオコが発生しやすい箇所であることがわかった。

CODは湖沼や海域における環境規制項目の一つとして用いられ、環境基準は 3 mg/L 以下となっている。第6期諏訪湖水質保全計画の目標値は 4.6 mg/L であるが、測定箇所全てで観測日によって目標値を超える結果であった。(図10) また、クロロフィル量の多かった塚間川付近と水門付近においてCODとの相関が確認され、それぞれの測定研修による検査技術の向上が実証された。

水質班は地域貢献として、採水の際に諏訪湖周辺の清掃を実施している。清掃により身近な諏訪湖の環境を間近に観察し、諏訪湖の環境改善への興味関心と愛着が強くなっていった。

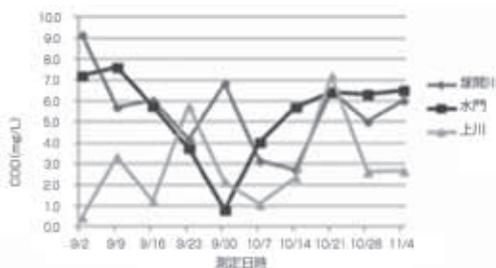


図10 化学的酸素要求量 (COD) の測定結果

5. 成果の発信

『泳げる諏訪湖』を目標に掲げた2つのテーマの研究について、岡谷エコロータリークラブの月例会で、環境改善の提案を測定した数値に基づいて校外発表を行った。また、長野県が主催するサイエンスミーティングではポスター発表により広く諏訪湖の現状と課題を伝えた。

6. おわりに

生徒にとって身近な諏訪湖の環境改善を課題研究のテーマ(教材)としたことで、環境についての知識を深め、測定技術、観測データによる環境把握、具体的取組の意義等について自ら考えて主体的に学ぶことができた。

また、様々な企業・大学・団体と連携・活動することで、高校には無い多様な文化に触れて、活動への意欲が持続し向上していった。

そして、研究の成果を校外発表することでコミュニケーション力、表現力、問題解決力を養うことができた。

今後も、幅広く地域連携を続けて、ヒシ肥料の有効性の実証栽培・実験と水質データの蓄積を継続し、生徒の研究成果が地域に還元できるような取組をめざしたい。