

B-51 小笠原母島における水道水源の保全対策

○山崎 公子^{1*}・小泉 明¹・大塚 宏幸²

¹首都大学東京大学院都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

²小笠原村母島支所 (〒100-2211 東京都小笠原村字元地)

* E-mail: nosu@tmu.ac.jp

1. はじめに

東京都小笠原村母島は、東京港から1,000km南に離れた小笠原諸島にある。母島の面積は20.2km²、人口は約400人で、上水道・下水道ともに普及率はほぼ100%である。水道水源は有効貯水量32,000m³、湛水面積 5,520m²、水深10m、集水面積 0.5km²の乳房ダムが唯一の水源地である。図1に母島の概略を示す。母島は亜熱帯気候に属するため落葉等の腐植が早く、森林地帯となっているダム流域は多くの腐葉土が存在する。したがって、アオコ発生要因とされる全窒素、全リンのダム貯水中の濃度はともに高く、毎年アオコが確認され、水道原水にカビ臭が発生する。乳房ダムには水質保全のため昭和50年代より循環曝気装置が設置されている。貯水循環による水質保全は、表層で繁殖した藻類を底層に移動させ、藻類の増殖を抑制する効果もある¹⁾とされているが、平均水深が10m程度と浅い乳房ダムは、貯水循環による藻類抑制効果は期待できない。そこで、窒素・リン濃度を生活環境の保全に関する環境基準の水道3級である湖沼Ⅲ類型基準値以下に水質改善し、アオコ発生を抑えることが村の懸案事項である。村では、遮光によるアオコ抑制を計画したこともあったが、乳房ダムが海に向かって山からの風の通り道となつて

いること、島に台風が接近することが多い等により、遮光幕や遮光板等の維持が難しいとして実現しなかった。また、乳房ダムの流域は急峻な山地となっているため河川直接浄化などの流入水対策は難しい。

一方、乳房ダムの水辺には、シュロガヤツリが1年中繁茂している。このシュロガヤツリはマダガスカル原産の外来植物であるが、窒素、リンを吸収除去する水質浄化植物として全国各地で栽培されている^{2,3)}。植物による水質浄化は急激な水質改善効果は期待できないが、継続していくことで少しずつ水質改善されると考えられる。小笠原では、固有植物保護のため外来植物の駆除を進めているが、シュロガヤツリは水辺にだけ生育するため現在のところ駆除の対象となっておらず、島の水辺で多く見られる植物である。しかし、貯水池に繁茂するシュロガヤツリは植生管理されておらず、植物の成長に伴って水中から除去されたリンや窒素は、植物の世代交代にともない枯死し水中に没することによって再び水中に戻っている。シュロガヤツリの植生管理を行えば、窒素、リンの除去効果を期待できるが、乳房ダムの周囲は急な斜面となっており、水際に生育するシュロガヤツリは船を利用しないと採取できないため、定期的な植生管理は難しい。また、植生管理されたとしても採取されたシュロガヤツリは、基本的には廃棄物となって埋め立てまたは焼却処理される。離島では、廃棄物の増加は避けたい事項である。また、母島は台風の影響を受けやすく、島内の農家は頑丈な鉄骨製ハウス内で作物を栽培し、台風の風害、塩害に対処している。

これらを考慮し、2007年度に植栽筏を実験的に設置し、水生植物を利用した水質浄化が有効であるかの検討を行った。

2. 実験概要

今回の実験に採用した水生植物浄化法は、植栽筏をダム堤体に連結し、植栽筏での作業が随時行えるようにし、植生管理を容易にしたものである。また、植物は空芯菜を使用し、食材として利用することで廃棄物量の減少を図った。空芯菜は学名 *Ipomoea Aquatica Forsk.* 双子葉植物綱・合弁花亜綱・ナス目・ヒルガオ科・サツマイモ属の外来植物である。外来植物駆除を実施している小笠原への空芯菜の導入に際し、生

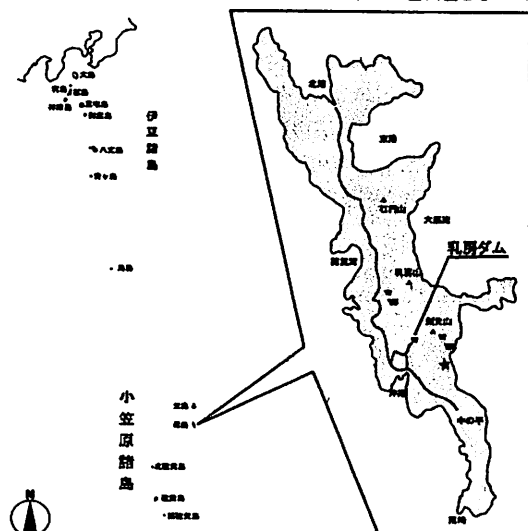


図1 母島概略図

態系へ与える影響の検討を行った。その結果、乳房ダムは市街地のはずれにあり、流出する河川は市街地を数百m流れてから直接海に達するため、固有植物の生育する地域への影響が皆無に近いこと、農家で既に栽培されていることなどの理由により、空芯菜の採用が認められた。空芯菜による水質浄化の効果は、水耕栽培を行うことにより根は水中でヒゲ状に1m近く成長し富栄養化の原因とされる窒素やリンを良く吸収することである。また、水耕栽培された水生植物の根は、水中に酸素を供給する作用により生物化学的酸素要求量(BOD)を低下させる効果も報告されている²⁾。

2007年2月9日に乳房ダムに植栽筏を浮かべ空芯菜の苗を筏に植栽した。筏の大きさは30m²であるが、植栽面積は10m²となった。植栽後、空芯菜が十分に生育したのは5月中旬で、本格的な採取は5月中旬過ぎからとなった。空芯菜は適宜採取し、採取量を食用に供することの出来る収穫量と間引きした除去廃棄量とに分けて記録した。収穫した空芯菜は村内の関係施設などに食材として提供している。

除去目的物質である貯水の全窒素、全リンの測定は、3月から月1回、定期水質測定時に同時に採水し分析した。貯水は6月以降降雨により濁度が増し、測定値も大きく上昇したため、試料をGF/Cでろ過し溶解性の全リン、全窒素についても同時に測定した。2007年度は集中的な大雨が多く、定期測定は降雨への対応が一段落した後に行われたため、高濁度の状態での採水が多い。また、2008年4月にダムにカヤックが配備されたことにより、流入水の水質測定を開始した。

さらに、藻類の状況を把握するために、クロロフィルa・濁度の自動測定装置を植栽筏側面、水深1mの位置に設置し、10分間隔で連続測定を行った。測定値はクロロフィルa濃度が1日の中で最も高くなる15時台の6データを平均し、クロロフィルa、濁度、水温の日代表値とした。

また、窒素・リンの除去速度を算定するために、空芯菜の窒素・リンの含有量も分析した。

3. 実験結果および考察

図2に廃棄量を含めた1年間の空芯菜の採取状況を示す。2008年3月初旬までの1年間で300kgを超える採取量であった。本土では、空芯菜の栽培は夏期だけのところが多いが、亜熱帯地方に位置している乳房ダムでは冬期にも採取されている。しかし、冬期は水温が20℃を下回ることもあるため、空芯菜の成長は夏期に比べ遅い。また、2007年8月末の88kgという採取量は、植替えのために除去廃棄した空芯菜がほとんどを占める。この植替えのため9月は採取量が0であった。

図3に空芯菜の採取量を、月別に除去廃棄量と収穫量にまとめた。採取量は7月、8月で1年間の70%を占めるが、夏期は採取量の約9割が廃棄されている。採取された空芯菜が100%食用に供されたのは数ヶ月だけである。さらに、今回の実験で採取された空芯菜のうち約80%が廃棄されており、今後、この廃棄量を減らし、食材として利用できる割合を増やす

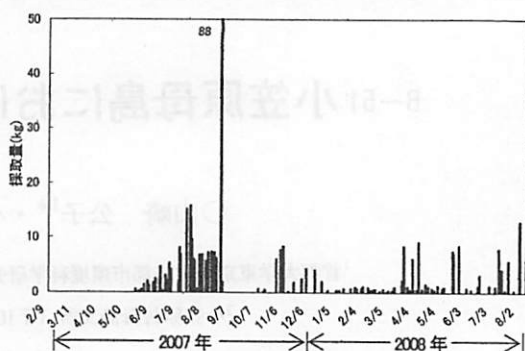


図2 空芯菜採取量

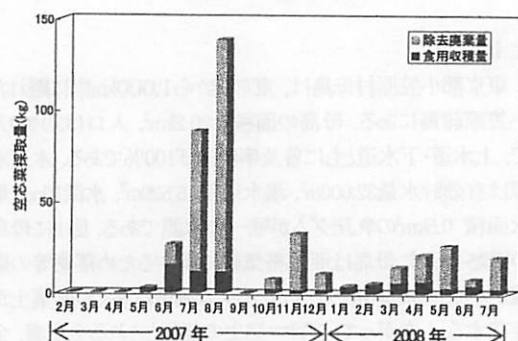


図3 空芯菜採取量月別内訳

ことが課題である。廃棄された空芯菜は、マイマイや蛾の幼虫などの食害にあっているため食用に適さないとされたものが主である。

全窒素、全リンの測定結果を図4、5に示す。溶解性の全窒素は湖沼Ⅲ類型の基準値0.4mg/L付近で変動しているが、全リンは、湖沼Ⅴ類型基準値0.1mg/Lも満足できていない状態である。全窒素の平均値は0.68mg/L、全リンの平均値は0.25mg/Lで、N/P比を求めると約3となり、藻類の生産には相対的に窒素が不足しており、乳房ダムの藻類は窒素制御であると推定できる。

ここで、6月から9月の4ヶ月間の平均値を2007年と2008年で比較した。表1に示すように、全窒素・全リンともに2007年に比べ2008年は減少しており、その減少分はほとんどが溶解性の全窒素・全リンであり、植物の生育に利用される窒素・リンも溶解成分である。2007年の流入水の水質が測定されていない

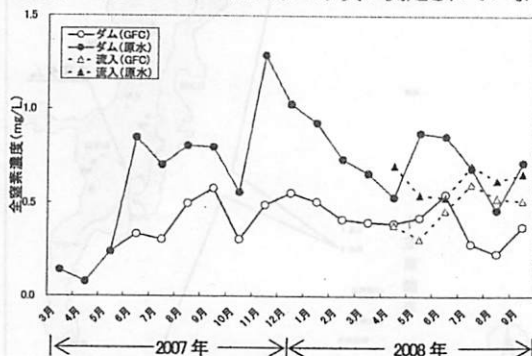


図4 全窒素の月変化(2007年2月～2008年9月)

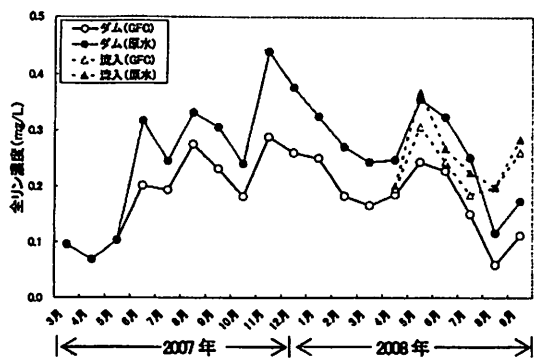


図5 全リンの月変化(2007年2月～2008年9月)

表1 6月から9月の平均値比較

	2007年 6～9月平均値	2008年 6～9月平均値	流入水平均値 (2008)
全窒素	0.79	0.68	0.82
全窒素(GF/Cろ過)	0.43	0.38	0.47
全リン	0.30	0.22	0.28
全リン(GF/Cろ過)	0.22	0.14	0.23

ため断定は出来ないが、2008年の流入水の水質を考慮すると、この全窒素・全リンの減少は植物の生育に利用されたことの影響が大きいと言える。特に、リンについてはダムと流入水の水質とが同様の変動であることから、ダム内でのリンの除去があったと推定できる。

採取された空芯菜の窒素とリン及び炭素の含有量は、採取時湿潤試料換算で窒素が5.15mg/g、リンが0.82mg/g、炭素が53.1mg/gであった。この値を用いて水質改善の目的物質である窒素・リンが空芯菜の生育にともなって貯水中から除去された量を算定すると、2007年2月から2008年7月の期間で窒素は2084g、リンは331g除去されたことになり、全窒素の除去速度は0.38g-N/m²/day、全リンは0.06g-P/m²/dayとなった。空芯菜の生育にともなう窒素、リンの除去速度については、多くの研究がなされており、概ね全窒素の除去速度は0.2～1g-N/m²/day、全リンは0.02～0.1g-P/m²/dayの範囲であることから、今回の実験における空芯菜による窒素・リンの除去速度はこの範囲内である。しかし、夏期に限定すると除去速度は3～4倍の値となっており、低温期は他の植物を栽培することも除去量の増加には必要である。

クロロフィルaの測定結果を図6に示す。クロロフィルaの値は10 μg/L前後で変動しており、最大でも20 μg/L以下の値を保っていた。一般にアオコ発生の判断基準とされる100 μg/L以下を保っていたことから、今回の実験期間(2007年3月～2008年9月)中には、アオコの発生はなかったと推測できる。また、今回の実験開始後、現地での観察ではアオコの発生は確認されていない。

4. まとめ

本論文は、毎年アオコが発生する小笠原村母島の水道

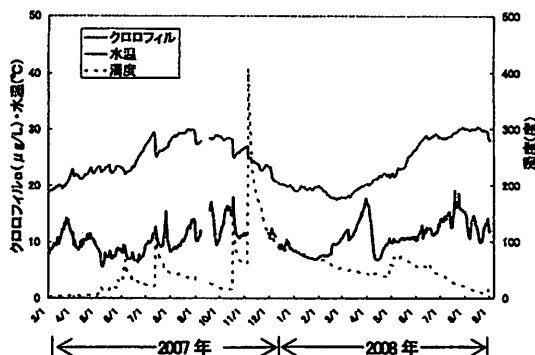


図6 クロロフィルa、湿度の日変化

水源である乳房ダムの水質改善対策として、植栽後による水質浄化実験を実施した結果について述べ、考察した。

全窒素・全リン濃度は夏期の平均値と比べると、2008年は前年よりも減少した。1年半の実験期間では、この減少が植栽後によるものかどうかは断定できないが、今後、長期間に亘って測定を継続していくことで、植栽後による水質浄化効果は明確になる。

今回の実験で、母島では空芯菜は1年を通じて採取できることが分かり、窒素やリンの除去速度も他の研究結果と遜色がないものであった。しかし、採取された空芯菜のうち食用に供されたのは2割程度であり、大部分は廃棄物となっている。虫による食害の他に、台風の接近が予想された場合は、風害や塩害による被害を防ぐため、充分な成長を待たずに採取を行っている。このことも、採取量の減少や廃棄量の増加を招いていると考えられる。これら廃棄される空芯菜について、有効利用方法の開発も今後の課題である。

使用した植栽後、台風や大雨による被害を受けることは無かったが、栽培した空芯菜は強風には弱い。また、冬期は空芯菜の成長も遅くなる。今後は、栽培する植物を再検討し、風や塩分に強い植物や冬期(水温20℃前後)でも成長速度が大きい植物を選択することも必要である。

なお、今回、実験的に設置された後の総費用は30m²で約450万円と、本土で使用されている植栽後(同規模で数十万円)に比べ高価であり、財政規模の小さい離島では大きな負担となるため、今後、植栽後を増設する際には検討も必要である。

参考文献

- 1) 厚生省生活衛生局水道環境部水道整備課監修：湖沼・貯水池を対象とした水道水源保全マニュアル、日本水道協会、p. 25 (1989)
- 2) 縣和一・宋祥甫：水面利用の植物生産 水質浄化と水辺の修景、ソフトサイエンス社(2002)
- 3) 橋本敏子・井澤博文・岡本拓・水田満里：「ポット植栽による水質浄化システム」の開発と県内の当システムを用いた水質浄化の取り組み、広島県保健環境センター、環境技術 Vol. 27, No. 8, pp. 13-19 (1998)