

人工浮島（霞ヶ浦 土浦港）の効果とその生態系

The effect and ecosystem of an artificial vegetated island,
Ukishima, in Lake Kasumigaura

中村圭吾* 保持尚志** 島谷幸宏****

By Keigo NAKAMURA, Takashi YASUMOCHI, and Yukihiro SHIMATANI

Abstract: The expression Ukishima is here used for an artificial vegetated float island installed in lakes or in dam reservoirs. There are many functions of an Ukishima concerning water environment management such as water purification, an artificial habitat, and improvement of lake shore scenery etc. In this study the function of an Ukishima as habitat in Lake Kasumigaura was mainly investigated. This survey made it clear that Ukishima works as habitat for fishes and prawns, and the biomass at Ukishima is 2.6 times larger compared to the control stations.

Keywords: eco-technology, water quality, floating island, biodiversity

1. はじめに

浮島は元来自然に存在するものである。泥炭層がガスにより浮き上がったり、湖岸の一部が切れたりして、浮島になって湖沼の上を漂う。天然の浮島として日本では尾瀬ヶ原や山形県の浮島大沼が有名である。現在、人工の浮体の上に植物を植えて、人工の浮島をつくる試みが霞ヶ浦の土浦港でされている。このような人工浮島の歴史は意外と古く、ドイツでは“*Schwimmkampen*”(*schwimmen*=swim or float, *kampe*=camp or campus)の名でベストマンロールで知られるベストマン社によって20年近く前からつくられている(Hoeger, 1988)。Hoegerによると浮島の機能は以下のようなものである。①湖岸浸食の防止、湖岸保護②生物のハビタット③景観設計、計画、管理④水質浄化とろ過⑤水を媒体とする伝染病の防止。その他の浮島の利点としては⑥ダムや湖沼の容量に影響を与えないことも挙げられる。人工浮島の他の事例としては、日本においては琵琶湖、渡良瀬遊水池、ダムの貯水池（飯田ダム、奥野ダム）等で、またアメリカではフーバーダムにおいて施工例がある。建設省関東地方建設局霞ヶ浦工事事務所は1993年3月に、前河川環境研究室主任研究員である鈴木興道氏の指導のもとに、人工浮島を土浦港内に設置した。土浦港に設置された人工浮島は、現在世界最大規模でおよそ長さ91.5m、幅9mで、ひとつ約4.5m×4.5mの浮体40個から構成される。ひとつの浮体は鋼製のフレームとそれを浮かべるための発砲スチロールからなっており、そのフレームの中に植栽用に10センチ程度の切り込みが多く入ったスポンジを設置し、さらにネットで覆われた構造になっている。その切れ込みにヨシやガマ等の水生植物が植栽された。

土浦港に設置された人工浮島の主な目的は、①生物生息空間の創出効果②修景効果③水質浄化効果等である。本論文では上記の目的の中でも浮島の生物生息空間（ハビタット）の創出効果と水質浄化効果に着目して行った調査を元に、浮島の効果とその生態系の特徴について考えてみる。

2. 調査方法

1994年10月6日、浮島およびその周辺の6地点（st.1～st.6）、3水深（水面から15cm、30cm、底から20cm、平均水深1.4m）の計18地点で（図-3）生態系調査、水質調査（表-1）及び底泥調査を行った。

* 正会員 建設省土木研究所河川環境研究室 研究員
(〒305 つくば市旭1番)

** 正会員 建設省土木研究所河川環境研究室 研究員

*** 正会員 建設省土木研究所河川環境研究室 室長

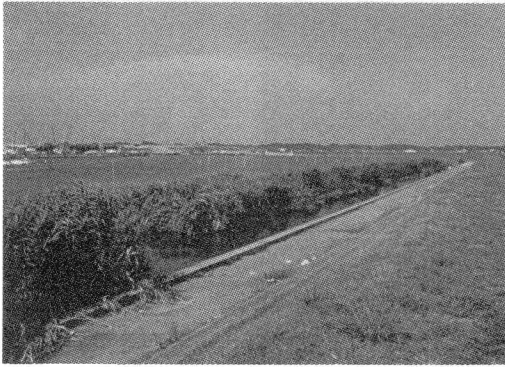


図-1 浮島写真

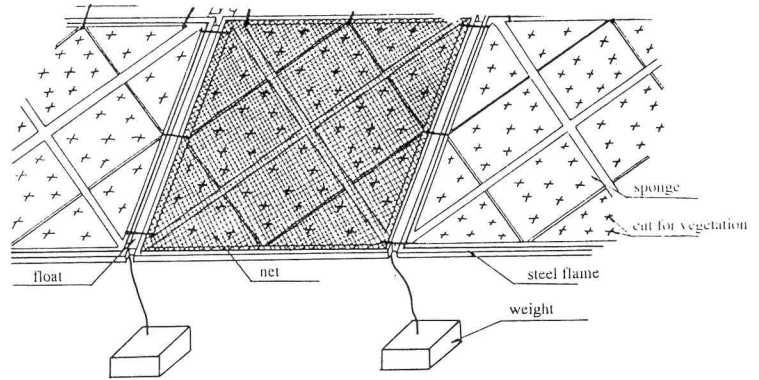


図-2 浮島の構造

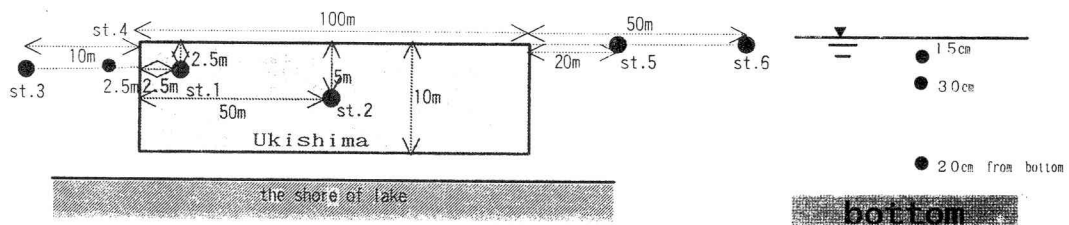


図-3 調査地点図

表-1 調査水質項目

TC (全炭素)	IC (無機態炭素)	COD _{Cr}	COD _{Mn}	SS	VSS	DO	T-P (全リン)	P04-P (オルトリン酸態リン)
T-N (全窒素)	N02-N (亜硝酸態窒素)	N03-N (硝酸態窒素)	NH4-N (アンモニア態窒素)	濁度	Chl-a	一般細菌		

底泥は浮島 (st.1) とその周辺 (st.4) においてエクマンバージで採泥し、含水率をはかり、その後乾燥させてVSSをはかった。さらに試料20gを2ℓに溶かし、以下の水質項目を調べた。

表-2 底泥調査項目

TC (全炭素)	IC (無機態炭素)	COD _{Cr}	COD _{Mn}	T-P (全リン)	P04-P (オルトリン酸態リン)	T-N (全窒素)
N02-N (亜硝酸態窒素)	N03-N (硝酸態窒素)	NH4-N (アンモニア態窒素)				

生態系調査としては、植物プランクトンと動物プランクトンについて水質と同じ6地点3水深 (計18地点) で定量調査を行った。また浮島上の植物の根を30cm×30cm (st.1) の範囲で切り取り、それを10ℓの水で洗い、根に付着していた藻類、動物プランクトンの定量調査を行った。翌日10月7日に浮島とその周辺で魚類及びエビの採捕調査を行った。浮島のある水域 (st.1周辺) では仕切り網とタモ網を使って、浮島の無い水域 (st.5付近) では仕切り網のみを使って採捕調査した。また本文中ではst.1とst.2を「浮島有り」、st.3、st.5、st.6を「浮島無し」のとする。

3. 調査結果

3.1 植物プランクトン

「浮島有り」と「浮島無し」において植物プランクトンに関して構成種の大きな違いは見られなかった。現存量はクロロフィルaの値から式(1)によって計算⁵⁾した。

$$\text{現存量 (mg/m}^3\text{)} = 93.5 \times \text{Chl-a (mg/m}^3\text{)} \quad (1)$$

植物プランクトンの現存量は「浮島有り」で7.6g/m²、「浮島無し」で5.7g/m²であった。また付着藻類が4.2g/m²と計算された。優先種としては、藍藻類のミクロキスティス、オシラトリア、フォルミディウム、珪藻類のヒメマルケイソウ、メロシラ、緑藻類のクラミドモナス、パンドリナ、ミクラクチニウム、オーキスチス、クンショウ藻、スフェロキスチス、また褐色鞭毛藻類のクリプトモナスが挙げられる。これらの種は富栄養化した湖沼等で一般的にみられる種である。水中の植物プランクトンに関しては量的に、2g/m²程度の差しか見られないが、付着藻類の存在によって、全体量としては、「浮島有り」がかなり大きくなっている。

3.2 動物プランクトン

動物プランクトンの現存量は「浮島有り」で3.2g/m²、「浮島無し」で2.4g/m²であった。根に付着していた動物プランクトン量は2.2g/m²であった。浮島下で現存量が多く、特に水表面近くの現存量が多かった。多くみられた種は、原生動物では根足虫類の *Diffugia urceolate*、太陽虫類の *Heliozoa*、繊毛虫類の *Strobilium sp.*、ワムシ類では *Sychaeta sp.*、*Polyarthra vulgaris*、*Trichocerca sp.*、*Asplanchna sp.*、*Brachionus calyciflorus*、*Keratella Cochlearis*、*Anuraeopsis fissa*、*Filinia longiseta* が挙げられる。種の構成に関してあまり大きな差は見られなかったが、浮島のある水域の特徴として根の周りに *Diffugia limnetica*、*Diffugia urceolate*、*Arcella discodes*、*Centropyxis aculeata*、*Euglypha sp.* といった根足虫類が多くみられた。ワムシ類や枝角、カイアシ類は「浮島有り」の方が個体数が多いが原生動物は「浮島無し」の水域の方が多かった。

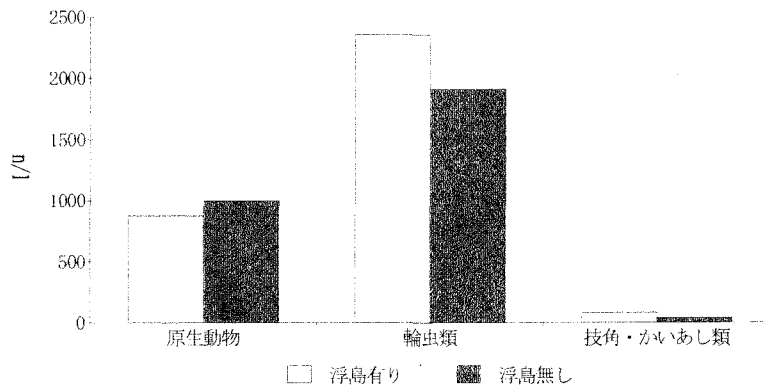


図-4 浮島の有無による動物プランクトン量の違い

3.3 魚類・エビ

採捕された魚類・エビ等は「浮島有り」で8種778個体である。採捕数の多いものは、テナガエビ（389個体）、ブルーギル（202個体）、ヌマチチブ（123個体）が挙げられる。一方、「浮島無し」では3種3個体であり、採捕された魚種はオオクチバス、ブルーギル、テナガエビである。「浮島有り」で採捕された魚類の特徴としては、そのほとんどが当歳魚（生後1年以内）である点である。また魚類の消化管内調査によると原生動物では *Centropyxis* が、ワムシ類では *Philodinidae* が多く捕食されていた。この2種は浮島の下で多く確認されており浮島が魚類の採餌場として機能していることが推測される。

3.4 水質

主な水質項目について「浮島有り」と「浮島無し」を比べてみると主な項目は表-3のようにまとめられる。全体としては「浮島有り」の水域の方が悪い傾向があるが、これは採水時に浮島のフレームや植物の根の付着物を含んでしまったためと思われる。水質に関して浮島の設置によって、水質の浄化効果があると定性的には推測されるが今回の調査でそのことを明らかにすることはできなかった。

表-3 水質への影響

		浮島有り	浮島無し
TC	mg/l	17.15	16.43
IC	mg/l	10.40	10.42
COD(Cr)	mg/l	15.58	13.19
COD(Mn)	mg/l	7.15	5.78
Chl-a	mg/m ³	57.77	43.36
SS	mg/l	21.33	16.22
VSS	mg/l	9.17	5.67
DO	mg/l	6.35	6.93
T-P	mg/l	0.12	0.09
PO ₄ -P	mg/l	0.05	0.04
T-N	mg/l	2.74	2.45
NO ₃ -N	mg/l	1.58	1.57
NH ₄ -N	mg/l	0.31	0.32
濁度		15.38	12.87

3.5 底泥

今回の底泥調査によって次のようなことが分かった。浮島の直下であるst.1でCODcr、CODMn、T-P、PO₄-P、T-N、NH₄-Nの値がst.4に比較して低い値が得られた。また強熱減量（IL）に関してはst.1が高い値となっている。

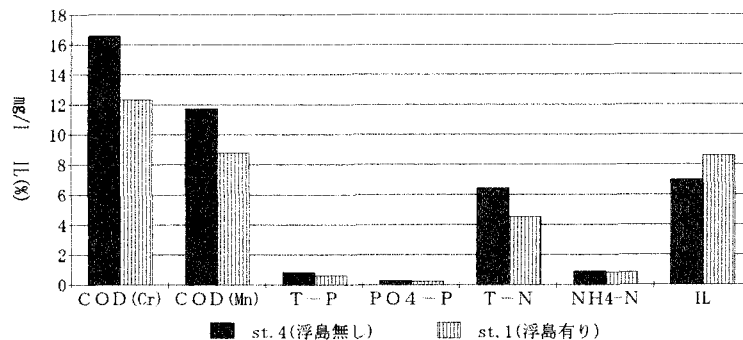


図-5 底泥調査結果

3.6 浮島上の植生

元々、浮島上にはブロック別にマコモ、ガマ、カンガレイ、ミクリ、ヨシを植えたのであるが、その植生は移行し続けている。特にセイタカアワダチソウ、アメリカセンダングサなどの陸上植物が増えてきたのが特徴と言えよう。霞ヶ浦工事事務所の調査をもとに計算してみると浮島上の植物の現存量は2250g/m²（乾重量）で、窒素、リンに換算すると32.4g/m²、2.5g/m²程度である。霞ヶ浦のヨシ原の現存量が776g/m²～3320g/m²（乾重量）とされているので、自然のヨシ原の現存量に引けを取らない量と言える。ただし筆者の感じでは浮島周辺のヨシと比べると2割ほど浮島上のヨシの方が低い。

4. 浮島の生態系の特徴

今回の調査結果をもとに、「浮島有り」と「浮島無し」の水域の炭素に関する生態ピラミッドを図-6に示す。この図より浮島上の大型植物に蓄積された炭素量が圧倒的に多いことが分かる。また根に付着したプランクトンが浮島下の動物・植物プランクトンの現存量を引き上げている。魚類の現存量に関しても浮島（特に浮島下の大型植物の根）の存在が大きいことが分かる。また浮島の効果として生態系構造の上位捕食者の割合が多い構造に変える働きがあることが分かる。浮島の有無による生態系構造の違いを図-7に示す。

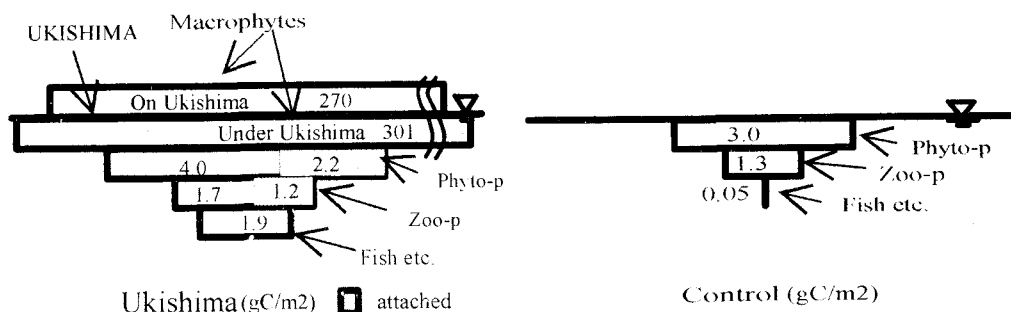


図-6 現存量比較

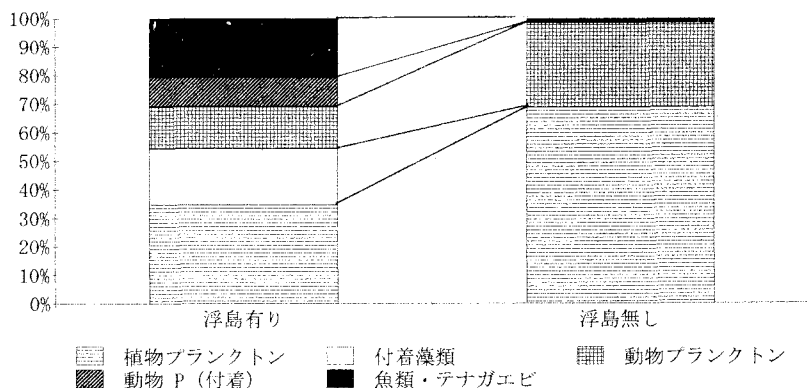


図-7 浮島の生態系構造の特徴

5. 考察

植物プランクトンは種・量とも特に大きな差は無いといえる。ただし浮島下の付着藻類量は大きく無視できない(動物プランクトンも同じ)。このことは水塊中でなく付着物として有機物(植物プランクトン等)が存在することにより水中の有機物量を減ずる働きがあるとも言え水質浄化に役立っていると我々は考えている。

動物プランクトンは浮島下では図-4に示したように、枝角・カイアシ類といった比較的大型の動物プランクトンが多く、原生動物の割合が少ない。浮島下では付着性のプランクトンが多く、枝角・カイアシ類にとって効率的に補食できる場となっていることが原因と考えている。このことをどう評価するかは難しいが、浮島では食物ピラミッドがより健全な形、つまり低次捕食者に偏った食物ピラミッドでなく高次捕食者が適正量存在するバランスのとれた食物ピラミッドが形成されていると考えられる。

魚類・エビ類は浮島下で現存量がかなり多い。このことは浮島の集魚効果の明らかな証拠であり、原因は餌である大型動物プランクトンが多いこと、浮島の消波効果により水域が静かであり生息空間としても適していることが挙げられる。また捕獲された魚類のほとんど当歳魚であり浮島が稚魚の有効なハビタットとなっていることが分かった。また食物連鎖の中で窒素やリンといった栄養塩が植物プランクトンの形でなく大型捕食者(魚類・エビ)の形となって存在していることにより水質浄化にも役立つと考えている。(生態系の改善による水質浄化)

「浮島有り」と「浮島無し」の底泥を比べてみると次のようなことが分かった。COD_{Cr}, COD_{Mn}, T-P(全リン), P₀₄-P(オルトリン酸態リン), T-N(全窒素), NH₄-N(アンモニア態窒素)に関しては「浮島無し」ところで高い値が観測

された。また強熱減量（IL）に関しては浮島のある方が高い値となっている。この事については次のように考えている。まず栄養塩に関しては浮島の下では土浦港を通る船舶及び風の影響で底泥が巻き上げられ、その底泥の一部が浮島の根に捕捉されているようである。この根拠は根の周りや浮島のスポンジに水中でありながら土がついていることである。その捕捉された土についている栄養塩を浮島上の植物が吸収して、無機分の多い土が浮島の下に返っているのではないかと推察される。また、強熱減量が浮島の下で大きいのは浮島の植物の根、あるいはエビの殻などの比較的大きなデトリタスが堆積していたためとおもわれる。実際採泥した際、足で両箇所（st. 1, st. 4）を踏んでみると浮島の外ではヘドロ独特のヌルとした感じがしたのに対し、浮島の下では植物のデトリタス等のためにかなりガサガサとした感じであった。実際採泥したものを見てみると、浮島の下底泥はかなり植物等のデトリタスを含んでいた。

6. 結論

今回の調査の結論としていえること以下のようなものである。

- ①浮島を設置することにより魚類やテナガエビの現存量が大幅に増加している。
- ②浮島の設置により生態系の構造が大きく変化している。
- ③浮島上の植物は巻きあがった底泥を捕捉し自己の栄養とし、底泥中の栄養塩を消費している可能性が示された。
- ④浮島上の植生による栄養塩吸収量はかなり大きなものである。
- ⑤浮島による水質浄化効果の確認は今回の調査ではできなかった。

<参考文献>

- 1) 島谷幸宏: "浮島を造る" 変わる街づくり、朝日新聞、1995年1月13日
- 2) Sven H.: "SCHWIMMKAMPFEN-Germany's artificial floating islands", Journal of Soil and Water conservation, 43(4), 1988
- 3) Okimichi S.: "Effect By Naturally Diverse River Constroction Methods", Ministry of Constroction, 1993
- 4) John E. B.: "Preliminary field studies using vegetated floating platforms", National Biological Service(NBS), 1995
- 5) Gloyna, E. F.: "Basis for waste stabilization pond designs, Advances in water quality improvement", edited by Gloyna, E. F. and Eckenfelder, W. W. Jr., 397-408, Univ. of Texas., 1968