関西自然保護機構会報 21 (2) : 249−255, 1999

霞ケ浦におけるヨシの人工浮島の研究

建設省土木研究所環境部河川環境研究室　中　村　圭　吾

ARTIFICIAL FLOATING ISLAND VEGETATED *PHRAGMITES AUSTRALIS* IN LAKE KASUMIGAURA

Keigo NAKAMURA *River Environment Division, Public Works Research Institute*

はじめに

豊かな水辺は生物のすみかとなるだけでなく，我々人間の生活を豊かにし，文字通り潤いのあるものとする。しかしながら，現在多くの水辺は無味乾燥な景観に変化しており，水辺生物の生息空間は減少している。そのため多くの箇所で生物の生息空間を保全・回復・創出するための努力がなされている。

人工浮島は，イカダ状の人工浮体の上に水生植物を植栽したものである。その主な目的としては生物生息空間の創造，水質浄化，景観の改善，消波による湖岸保全である。水辺を創造するには本来，自然の状態に近い植生帯を再生するのが最も良いが，水位変動が激しいダム湖，波浪などにより容易に植生帯を回復できない湖沼，景観的アクセントの欲しい池沼，魚類・鳥類の生息場所が必要な水辺においては，人工浮島は有効な構造物である。

人工浮島に似た構造物は，古くは粗朶を組み合わせたような浮き魚礁が1920年代に既に施工されている（廣瀬, 1997)。本稿で紹介する人工浮島に近いものとしては，1979年からドイツにおいてschwimmkampen (floating campus) という名で使われている（Hoeger, 1988)。日本でも滋賀県が琵琶湖において1982年より浮産卵礁として設置しており，コイ，フナ，ホンモロコの産卵床として大きな効果を上げている（中山, 1986)。しかしながら人工浮島が広く認識されるようになったのは，1990年代半ば以降である。1995年に霞ヶ浦で開かれた「第6回世界湖沼会議」において人工浮島に関連した論文が発表されたことが契機となった。当時，雑誌，テレビや新聞などでも人工浮島が取りあげられたこともあり，その後，人工浮島の施工数，参加企業数が大幅に増加した。近年，水環境分野における術語として定着した感がある。筆者が調べた結果によると約15社が人工浮島を製作しており，設置数は約2,000基，総施工面積は，約24,000 m² と試算されている。

人工浮島の構造

浮島の構造分類として，百瀬らはタイプA（乾式)，B（湿式フレーム構造)，C（半湿式フレーム無し)，D（筏式：丸太を組み合わせたもの）に分けている。これを参考に最近の事例も含めて分類すると概ね図1のようになる。まず，大きく分けて，水と植物の接触の有無によって「湿式」と「乾式」に分類される。事例としては「湿式」が多く，「乾式」は少ない。また，「湿式」は「フレーム有り」と「フレーム無し」に分けられる。事例の多い順としては「湿式フレーム有り」が一番多く，7割以上を占めており，あとは「乾式」が2割弱，「湿式フレーム無し」が約1割である（ダム水源

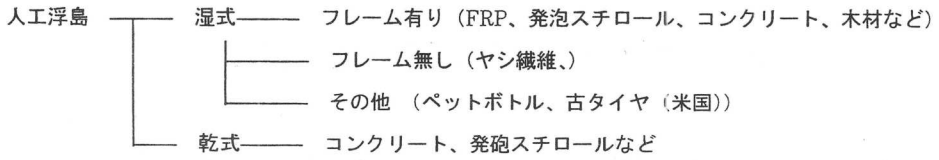


図1 人工浮島の分類.

池センター, 1997；グリーンビジネス, 1999)。最近では「乾式」より「湿式フレーム無し」が多いと思われる。もっとも多用されているのが「湿式フレーム有り」である点は，現在も同じである。

乾 式

「乾式」は植物が水と接触しないために植物による水質浄化効果は期待できないが，大型の木本類が植栽可能（コンクリートタイプ）で，陸生の園芸植物を植栽することも可能である。木本などと組み合わせると鳥類の生息場としての効果，景観的な効果も大きい。霞ヶ浦の高浜入りにおいては，「乾式」の人工浮島と「湿式」の人工浮島を組み合わせた事例もある。乾式タイプの植生基盤としては土壌を使用しているものが多い。発泡スチロールを組み合わせたものもある。

湿 式

「湿式」は植生基盤を囲むフレームの有無により分類できる。「フレーム有り」が人工浮島としては最も一般的なタイプである。

フレームとしては，繊維強化プラスチック(FRP)，ステンレス＋発泡スチロール，特殊発泡スチロール＋特殊ウレタン，塩化ビニール，コンクリートなど様々な材料が使用可能である。

ヤシ繊維を巧みに縫い合わせ，フレームが無い構造としているものがある。このタイプは，フレームが無い分，景観的に柔らかい印象を受ける。

その他のタイプ

その他のタイプとしては，丸太を組み合わせたものや古タイヤをフレームとし，ヤシ繊維を植生基盤としたものを連結したものがある（Muller, 1996)。リサイクルタイプとしてはペットボトルを使用したものもある。

植栽基盤としては，ヤシ繊維が多く，その他，水耕栽培用特殊ウレタンフォーム，漁網，発泡スチロールビーズ，土壌とこれらを組み合わせたものなどが多い。土壌を直接入れる場合も約2割あるが（ダム水源池センター, 1997)，重量が重く，水質悪化を促進する可能性がある。

大きさとしては，1ユニットの1辺が約1m～5mであるが，運搬性・施工性・耐久性を考え1辺約2～3mのものが多い。形状は四角形がもっとも多いが，三角形，六角形あるいはそれらを組み合わせたものなど様々である。各ユニットを隙間無く施工する場合もあるが，最近の事例ではユニット同士を少し離して施工する場合が多い。この理由として，波浪によってユニット同士が衝突して破損しないこと，景観的に面積を大きくとれコストを抑制できること，ユニット間にも浮葉植物，沈水植物，糸状藻類などが繁茂し，魚類の産卵場として機能し，水質浄化効果があること，生物の移動経路となることなどが挙げられる。

人工浮島の機能

人工浮島の機能としては主に，生物生息空間の創造，景観の改善，水質浄化，消波による湖岸の

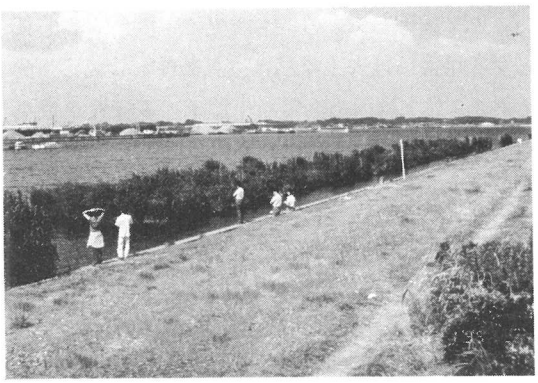


写真1　人工浮島（霞ヶ浦土浦港：湿式フレーム有り）.

保全が挙げられる。ここでは，筆者が研究対象としている霞ヶ浦の土浦港に浮かぶ大きさ約1,000 m²の人工浮島（写真1）及びその他の研究・調査事例を参考に浮島の機能に関して述べる。この浮島は1993年に建設省関東地方建設局霞ヶ浦工事事務所が設置したものであり，タイプとしては「湿式フレーム有り」である。フレームはステンレスと浮体を組み合わせてあり，植生基盤は空隙の多い水耕栽培用特殊ウレタンフォームを用いている。一つのユニットの大きさは，4.5 m×4.5 mで，縦に2例，横に20列連結されており，全体が約1,000 m²である。

生物生息空間としての人工浮島

植　物

土浦港にある人工浮島上の植生は1993年4月設置当初，区画ごとにマコモ，ガマ，カンガレイ，ミクリ・キショウブ，ヨシを植栽したが1996年の調査ではヨシが優先した。ついでマコモ，キショウブ，ミゾソバの順となっていた。侵入種は，ツルヨシ，ケイヌビエ，カサスゲ，メヒシバ，ギシギシ，オオカサモチ，シロネ，サナエタデ，オオイヌタデ，ミゾソバ，セリ，セイタカアワダチソウ，アメリカセンダングサ，タカサブロウ，オオバタネツケバナ，ハコベ，オランダガラシの計17種であった。

この人工浮島の植物群落の主要種はヨシ，マコモ，ツルヨシ，キショウブの4種である。浮島上のヨシ群落の現存量は8.72 kg/m²（乾重）であり，自然群落の数倍であった。浮島全体の植生地上部現存量としては4,075 g/m²（乾重）と推定された。密度が高いのは，この人工浮島の植生基盤の通水性がよく，適度な波浪により酸素・栄養塩の供給が安定的であること，水域が富栄養化していることが原因と考えられる。

魚　類

人工浮島は適度の陰影効果，渦流効果，飼料効果などの魚礁としての基本的機能を有している（中山，1986）。魚類に関しては，我々が1994年に調査した事例では，ブルーギル，タイリクバラタナゴ，モツゴ，ヌマチチブ，カワムツA型，アシシロハゼなどが確認されている。これらの個体はいずれも当歳魚（生後1年未満の個体）であり，人工浮島が稚魚のすみかとして機能していることが実証された。これらの魚の消化管調査を行った結果，人工浮島で確認されたワムシ類等を多く補食しており，人工浮島の採餌場としての機能が確認された。甲殻類のテナガエビも多数捕獲された。他の研究事例では，ヨシノボリ，ウキゴリ，ドジョウ，ウナギ，ヤツメウナギ，ギンブナ，トウヨシノボリ，シマヨシノボリなどが確認されている。アメリカでは，オオクチバスやストライプバスなどのいわゆるゲームフィッシュの増殖も期待されているようである。また，産卵礁としては滋賀県が琵琶湖に設置した人工浮島（浮産卵礁）において，コイ，フナ，ホンモロコの魚卵が，約1,500 m²の範囲の人工浮島60基に8,500万粒確認された調査事例がある（中山，1986）。産卵床としての機能を強化するために，浮島の下にひも状の産

卵基盤を取り付ける例も見られる。我々の調査では，このひも状担体はコイ，ゲンゴロウブナの産卵に使用されつつ，汚泥付着効果もあり，水質浄化と産卵礁の効果が確認されている。これらの調査結果より，人工浮島は水草を産卵場とする魚類にとって格好の産卵礁として機能していることがわかる。

鳥　類

鳥類に関しては，比較的多くの研究事例がある（百瀬ら, 1998；阿部, 1996；Girouz, 1981；Getz, 1989；Hiraoka, 1996）。霞ヶ浦の土浦港の人工浮島では，オオヨシキリ，バンの営巣が確認されているほか，他の地点では加えてカルガモ，カイツブリ，オオバンなどの営巣が確認されている（百瀬ら, 1998）。営巣の条件として百瀬らは，陸生の草本が進入しにくく，抽水植物群落が成立しやすいことを挙げている。また，砂礫帯に営巣するコアジサシの様な鳥類のために人工浮島上に砂礫帯を創出している例もある。

昆　虫

人工浮島に関する陸生昆虫の調査は1996年に我々が行った調査結果がある。調査は，土浦港の人工浮島，近傍の桜川河口のヨシ原，人工浮島付近の住宅地内の空地で行われた。調査方法は，スウィーピング法，ビーティング法，ベイトトラップ法，任意採取，目視観察法を併用して行った。その結果，草地である住宅地内が最も種数が多く，ついで桜川河口，そして人工浮島であった。人工浮島上では，昆虫類が10目35科53分類群，真正クモ類が8科18分類群確認された。人工浮島上の種構成は，桜川河口のヨシ原と比較して現存量は少ないもの，ほぼ同じ構成をしており，生態系としてはほぼ安定した状態となっている思われる。現存量が少ないのは，人工浮島上に土壌がないことに起因しており，生活史の中で土壌を必要とする昆虫には人工浮島は生息条件として不十分である。住宅地内の高茎植生群落は多様性が最も高く，人工浮島の昆虫生態系の供給源となっていると考えられる。また，飛翔力が強く，水辺を好むトンボ類は人工浮島上で多く見られらた。

人工浮島の水質浄化機能について

湖沼の水質問題の大きな原因は，植物プランクトンに偏った生態系である。人工浮島による浄化の本質は，生態系ピラミッドの各栄養段階の生物にすみかを与え，遮光することにより，一次生産者つまり植物プランクトンに偏った生態系を変化させることにある。人工浮島が浄化に寄与する要素として（1）植物体・浮島本体に付着した藻類・バクテリアによる浄化（2）遮光（3）整流作用による沈降促進（4）植物体の栄養塩吸収（5）生物多様性の増大などが挙げられる。基本的には，湖沼沿岸帯のもつ浄化機能に近いと考えられる。湖沼沿岸帯のもつ浄化機能に関しては，植生そのものより，付着藻類や沈降作用による効果が大きいとされている（(社)日本水産資源保護協会, 1994）。

隔離水域による水質浄化実験

人工浮島による水質調査事例は，我々が1995年と1996年に行ったものがある（中村ら, 1997）。霞ヶ浦（土浦市）に，一辺が4mで，水深1.5mの隔離水域を3ヶ設置し，そこで浮島の水質浄化に関する実験を行った（図2）。

実験に使用した浮島は一辺が2m（面積4m²）の正方形で，その上にガマとカンガレイを植栽した。隔離水域は全部で3つ（A, B, C）設置し，そのうち2つ（A, B）に上記の浮島を設置し，残り

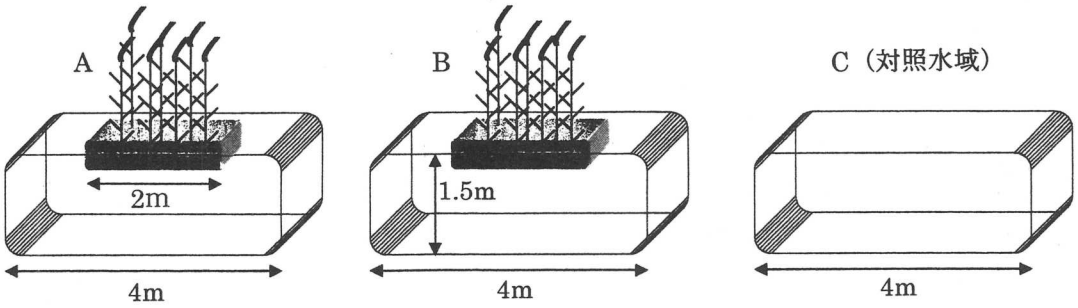


図2　隔離水域実験.

の一つを対照（C）とした。したがって，浮島を設置した隔離水域A, Bの水面に占める浮島占有面積率は25%となる。浮島は1995年5月11日に隔離水域内に設置した。水質調査は事前調査として1995年5月10日，その後5月25日，7月11日，9月22日，12月4日，1996年1月25日の計6回行った。

図3にCODと植物プランクトンに関する結果を示す。浮島を設置しない対照区（隔離水域C）では，夏期にらん藻類であるミクロキスティス（*microcystis aeruginosa*）の水の華が見られ，細胞数は人工浮島のある水域の10倍程となった。一方，浮島を設置した隔離水域では，水の華は発生しなかった。7，9，12月のデータを平均すると25%の浮島占有率で，植物プランクトンの細胞数を94%削減する結果となった。しかしながら，冬季は各水域に大きな差はなく，夏季の植物プランクトンの増殖抑制に効果があることが分かった。また，CODに関して言えば，浮島を設置した水域で夏季の間，対照と比較してより良好な値を示しており，50%程の削減率であった。CODも植物プランクトン量と同様に，冬季の12月，1月の調査を見ると浮島を設置した水域の方が良好な値を示すもののその差は小さくなっている。人工浮島は夏季に植物プランクトンの増殖抑制効果を発揮し，冬の効果は小さいことが分かった。植生帯の面積が増えることにより，年間の水質変動

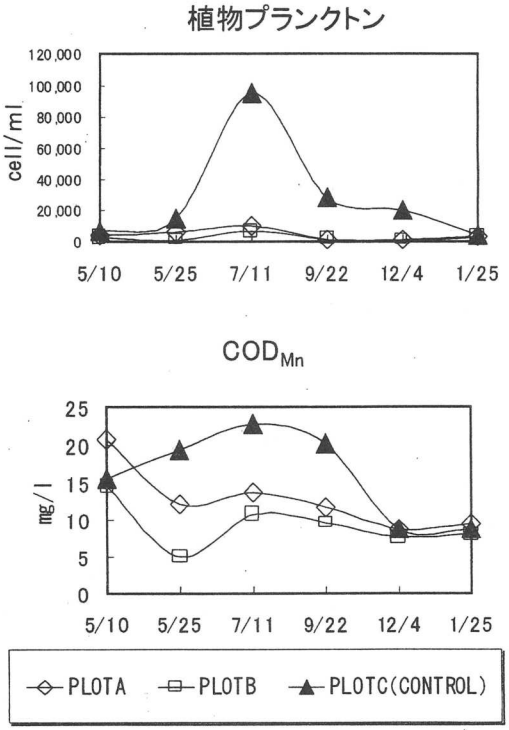


図3　COD_{Mn}と植物プランクトンの年間変化.

が小さくなる傾向があり（中村•鈴木, 1999），人工浮島も同様の効果があると考えられる。また，別の隔離水域を用いた実験によると植物プランクトンの抑制に関してはベニヤ板をおいただけでもほぼ人工浮島と同じ効果があり，遮光が効いていることがわかった。また，窒素などに関しては人工浮島の効果が大きいことがわかっている（大島ら，未発表）。

おわりに

本稿では，人工浮島の概要を説明するとともに，人工浮島の機能として生物生息空間，水質浄化を取り上げ，研究の状況を解説した。湖岸の植生帯は現在各地で減少しており，大きな環境問題となっている。天然の植生帯を復元することが最も重要なことは言うまでも無いが，ダム湖のように水位変動が激しい場合や緩やかな湖岸帯を形成できない場合は，人工浮島は有効な手法と考えられる。

文　献

阿部學. 1996. 機能的ダムから環境創造ダムへ－水鳥のための人工浮島－, 電力土木, No.264, pp.3－10.

Boutwell, J. E. 1995. Preliminary field studies using vegetated floating platforms, National Biological Service (NBS).

(財)ダム水源地環境整備センター. 1997. 浮島研究会資料.

Getz, V. K. and Smith, J. R. 1989. Waterfowl production on artificial islands in mountain meadows reservoir, California, Calif. Fish and Game 75(3), pp.132－140.

Girouz, J-F. 1981. Use of artificial islands by nesting waterfowl in southeastern Alberta. J. WILDL. MANAGE. 45(3), pp.669－679.

月刊 グリーンビジネス No.433. 1999. 特集 浮島, pp.8－17.

Hiraoka, T. 1996. Utilization of artificial floating objects as nest platforms by little Grebes and Eurasian Coots in Lake Teganuma, Central Japan. J. Yamashina Inst. Ornithol. 28, pp.108－112.

廣瀬利男編. 1988. 応用生態工学序説, 信山社, p.70, 1997.

Hoeger, S. 1988. SCHWIMMKAMPEN Germany's artificial floating islands Journal of Soil and Water conservation, 43(4).

百瀬浩, 舟久保敏, 木部直美, 中村圭吾, 藤原宣夫, 田中隆. 1998. 水鳥類による各種植栽浮島の利用状況, 環境システム研究, Vol.26, pp.45－53.

Mueller, G., Sartoris, J., Nakamura, K., Boutwell, J. 1996. Ukishima, floating islands, or schimmkampen ?, LAKELINE, November, pp18－19, p.26.

Nakamura, K., Shimatani, Y. et al. 1995. The ecosystem of an artificial vegetated island, Ukishima, in Lake Kasumigaura, 第6回世界湖沼会議霞ヶ浦'95, 論文集 Vol.1, pp.406－409.

中村圭吾・保持尚志・島谷幸宏. 1995. 人工浮島(霞ヶ浦 土浦港)の効果とその生態系, 河道の水理と河川環境シンポジウム論文集, pp.155－159.

Nakamura, K., Tsukidate, M., Shimatani, Y. 1996. Characteristic of ecosystem of an artificial vegetated floating island, Ecosystems and Sustainable Development, pp.171－181.

Nakamura, K. and Shimatani, Y. 1997. WATER PURIFICATION AND ENVIRONMENTAL ENHANCEMENT BY THE FLOATING WETLAND, Proc. of 6 th IAWQ Asia-Pacific Regional Conference in Korea.

中村圭吾ら. 1999. 消波浮島による湖岸植生帯の復元に関する研究, 学会年会講演集, Vol.33rd p.122.

中村圭吾・島谷幸宏. 1999. 人工浮島の機能と技術の現状, 土木技術資料, Vol.41, No.7, pp.26－31.

中村圭吾, 鈴木宣人. 1999. 調整池における水質

の季節変動と水生植物の占有率，土木学会年次学術講演会講演概要集 第7部 Vol.54th（印刷中）.

中山嘉文. 1986. 浮産卵礁の開発について.（社）全国沿岸漁業振興開発協会，中央講習会資料，pp.185－192.

（社）日本水産資源保護協会. 1994. 平成6年度 赤潮対策技術開発試験報告書.

大島秀則. 1999. 人工浮島調査，関東地建利根川上流工事事務所，利水調査課資料（未発表）.

玉木和之，島谷幸宏ら. 1998. 糸状生物担体の生物生息空間としての効果，土木学会年次学術講演会概要集，共通セッション，Vol.53rd，pp.200－201.

寺園勝二，石居宏志，粟津一雄. 1996. 緑の人工浮島実験について，ダム技術，No.120，pp.35－42.