

水辺植生復元技術に関する研究

萩原 運弘 林 豊 高木 史人
(技術研究所) (技術研究所) (技術研究所)

A Study on the Restoration of Waterfront Vegetation

by Kazuhiro Hagihara, Yutaka Hayashi and Fumito Takagi

Abstract

In this paper, the basic characteristics of waterfront vegetation are investigated to develop techniques for restoration. Laboratory experiments are performed to study the wave energy dissipating capacity of model plants and the wave forces acting on them on the bed of a two dimensional wave flume. In addition, the soil condition of the native plants is also revealed through field observations and the use of fertilizer for restorative vegetation is validated in a field investigation.

概 要

ヨシ等の保全や復元技術の確立に対して必要となる水辺植生の基本特性について検討した。まず、擬似植生を用いた水理模型実験によって、水辺植生群のもつ波エネルギー減衰効果および波からの作用波力特性を調べた。次に、植物自生地の土質を調査分析し、植生復元のための客土条件を検討したうえで、現地での植生復元実験から、植物の生育に及ぼす施肥の効果について明らかにした。

§ 1. はじめに

砂浜、磯浜や干潟あるいは水辺植生帯から成る河口部の汽水域は、波浪、潮の干満、水の塩分などの変動により、複雑で過酷ではあるが多様な生物の生息できる環境が形成されている。しかし近年の沿岸開発や都市開発により、水際線の多くが鋼矢板やコンクリートなどの垂直護岸等に改変され、多様な生物が生育生息できる環境空間が失われると同時に、殺風景な景観を創り出してきた。

特に、ヨシ原等の水辺植生帯は生物の産卵や住み場あるいは隠れ場を提供するとともに、その根茎は波や流れに対する土壌保持機能を有している。環境問題に対する対応が益々重要性を増す昨今の状況においては、水辺植生がもつ、このような生態系機能や侵食防止機能も再認識され、その積極的な保全や復元に対する要求も高まってきている。しかし、水辺植生の生育・保持や維持・管理方法の検討において重要となる植生の水理特性や土壌環境特性については、未だ十分に明らかにされていないのが現状である^{1),2),3)}。

本研究は、ヨシ原等の水辺に群生する植生の生態系機能や侵食防止機能に注目し、それらの保全や復元技術の確立に対して必要となる水辺植生の基本特性について検討する。最初に、植生群によって船や風によって起こされる波エネルギーがどの程度まで減衰される

のか、その場合、植物は波からどの程度の流体力を受けるかを擬似植生を用いた水理模型実験によって明らかにする。次に、植物自生地の土質を調査分析することによって、植生を復元する場合にどのような条件の土壌が適しているかを示す。最後に、植物自生地の土壌条件を客土に反映させることが、復元植物の生育には重要であることを現地実験結果から明らかにする。

§ 2. 水辺植生の水理特性

2.1 実験装置および方法

実験には、長さ40m、幅0.8m、高さ1mの吸収式造波装置付き2次元造波水槽を用いた。写真-1のようなビニール製の市販の擬似植生模型を一株ずつ、図-1に示すようにベニア板製の水路床の一区画、すなわち水路長方向B=110.4cm、水路幅方向80cmの面積に千鳥配置した。擬似植生の一株は径1~2mmの48本のビニール線(比重0.825)で構成され、その投影面の高さは $s=22\text{cm}$ 、代表幅は $D=5\text{cm}$ である。正三角形に千鳥配置された植生の設置間隔は、波進行方向に6.9cm、横断方向に8cmであり、植生群(長さ110.4cm、幅80cm、高さ22cm)の空隙率は $\lambda=0.984$ である。本擬似植生は、葉の発達が見られない時季のヨシやシオクグ等の植生を模擬したものである。



写真-1 擬似植生模型

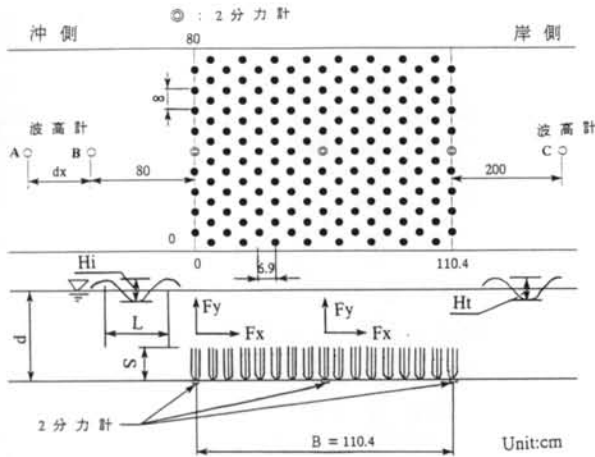


図-1 水理実験装置

擬似植生群による波の反射率 K_r および透過率 K_t を計測するために、図-1に示すように、波高計を植生群最前列より沖側 $(0.8+d_x)$ m の位置 A と 0.8 m の位置 B および植生群最後列より岸側 2 m の位置 C に設置した。波高計 A、B の間隔 d_x は波長の $1/4$ とした。反射率 K_r は、沖側に設置した 2 台の波高計 A、B の時系列記録より入射波高 H_i と反射波高 H_r を分離・推定することにより算定した。また、岸側に設置した波高計 C の時系列記録より透過波の平均波高 H_t をゼロアップクロス法を用いて求め、透過率 K_t を算定した。

一方、図-1に示す植生群の最前列(沖側)、中央列および最後列(岸側)の水路中央線上に設置された各擬似植生に、図-2のようにベニヤ板製水路床の下面に設けた小型 2 分力計 (容量 100gf) を取付け、波の進行方向波力 F_x および鉛直方向波力 F_y を測定した。さらに、比較のために擬似植生一株を単独に設置した場合の波力についても測定した。なお、計測された波力には、植生の動揺による慣性力 (擬似植生の質量 \times 動揺加速

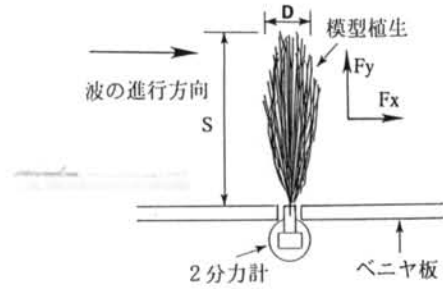


図-2 模型植生と2分力計

度) も含まれている。

実験では、水深を $d=15\text{cm}$ 、 22cm 、 60cm の 3 種類とし、各水深において水深波長比が $d/L=0.1$ 、 0.2 、 0.3 となる規則波を用いた。波形勾配は $H_i/L=0.005\sim 0.1$ の範囲である。なお、植生高水深比 $s/d=1.467$ および 1.0 の場合は、河口や湖岸に生育しているヨシ等を想定している。

2.2 擬似植生の消波効果

各水深 d 別に、擬似植生群からの反射率 K_r および透過率 K_t と波形勾配 H_i/L の関係を、水深波長比 d/L をパラメータとして図-3に示す。水深 d の増大に伴い透過率 K_t は大きくなっている。すなわち、水深が植生高よりも小さい $s/d=1.467$ の場合には、 $K_t=0.25\sim 0.55$ の範囲であるが、水深が植生高と等しい $s/d=1.0$ の場合には、 $K_t=0.5\sim 0.7$ の範囲である。

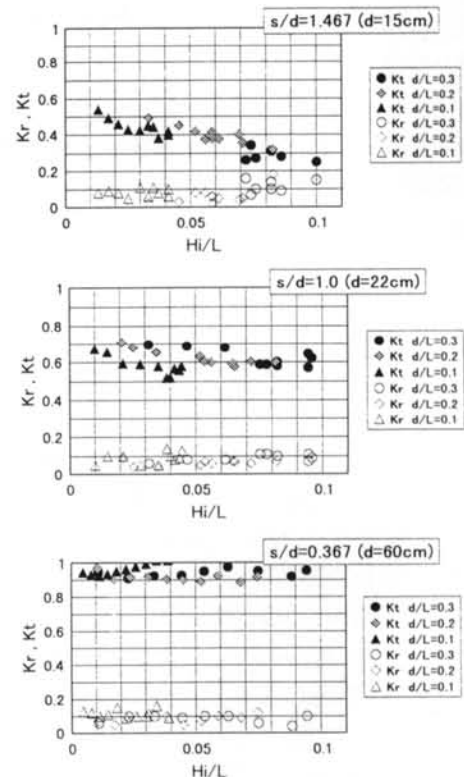


図-3 擬似植生群からの反射率および透過率

さらに水深が植生高よりも大きく、植生が水中に没している $s/d=0.367$ の場合には、 $Kt=0.87\sim 1.0$ となり、入射波エネルギーの大部分が透過している。一方、植生高水深比 s/d の反射率 Kr に与える影響は少なく、各ケースとも Kr は 0.1 前後である。したがって、植生高が水深よりも大きくなるヨシ群落などは、波のエネルギーを減衰させるのに有効であることがわかる。

2.3 擬植生の作用波力

擬植生模型群中の植生一株に作用する波進行方向波力 F_x の正の最大値を $F_x D_{max}$ とする。なお、 D は植生一株の代表幅である。図-4 は、 $d/L=0.2$ の場合について、各水深 d 別に無次元波力 $F_x D_{max}/\rho g D^3$ と入射波高植生高比 H_i/s の関係を、設置位置をパラメータとして示したものである。比較のために植生一株のみを単独に設置した結果も示している。いずれの場合も、 H_i/s の増加および s/d の減少に伴い水平水粒子速度が大きくなるので、 $F_x D_{max}$ は増大している。水深が浅い $s/d=1.46$ の場合には、植生群による波高減衰が著しいため、中央や後列に位置する植生に作用する波力は小さくなっている。

次に、植生一株を構成する柱状部材に作用する波進行方向波力 (F_x /柱状部材(48本)) の評価にモリソン式を適用し、式中の抗力係数 C_d および質量係数 C_m を算定した。 C_d および C_m の算定はフーリエ解析を用いる方法⁴⁾によった。また、波の水粒子速度 u および水粒子加速度 du/dt は微小振幅波理論により求めた。図-5 および図-6 に、植生群中の中央列に設置した植生に対する C_d 、 C_m と CKC 数あるいは CR_e 数の関係を、 s/d 、 d/L および β をパラメータとして示す。 CKC 数および CR_e 数は植生上端 ($s/d=1.47$ の場合は静水面の位置) の KC 数と Re 数であり、それぞれ次式で定義される。

$$CKC = U_{mc} \cdot T / Dp \quad (1)$$

$$CR_e = U_{mc} \cdot Dp / \nu \quad (2)$$

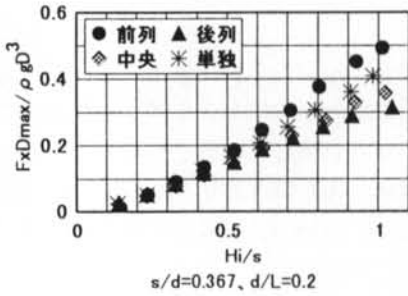
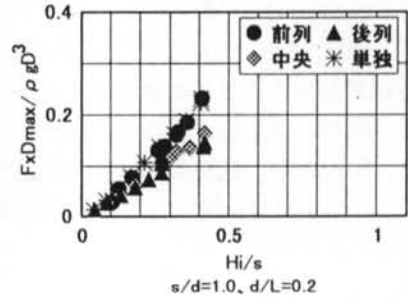
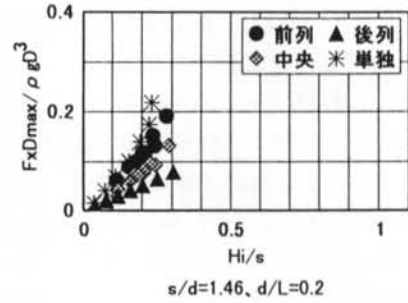
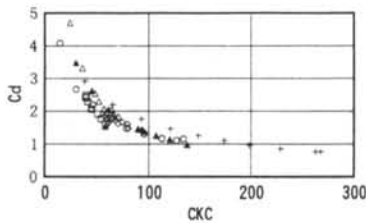


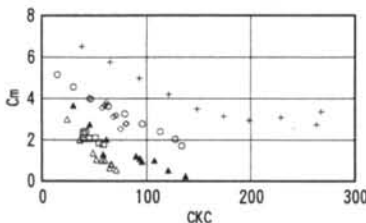
図-4 無次元波力と入射波高植生高比の関係

ここに、 U_{mc} は植生上端での水粒子速度の最大値、 T は波の周期、 ν は水の動粘性係数、 Dp は植生一株を構成する柱状部材一本の換算直径 ($=0.155$) である。また、 β は Re 数と KC 数との比を示す周波数パラメータで、次式により定義される。

$$\beta = CR_e / CKC = D^2 p / (\nu T) \quad (3)$$



| s/d | d/L | β | |
|-------|-------|---------|-----|
| □ | 1.47 | 0.3 | 4.1 |
| ○ | | 0.2 | 3.2 |
| △ | 1.0 | 0.3 | 3.4 |
| ▲ | | 0.2 | 2.6 |
| ○ | 0.37 | 0.3 | 2.1 |
| + | | 0.2 | 1.6 |



| s/d | d/L | β | |
|-------|-------|---------|-----|
| □ | 1.47 | 0.3 | 4.1 |
| ○ | | 0.2 | 3.2 |
| △ | 1.0 | 0.3 | 3.4 |
| ▲ | | 0.2 | 2.6 |
| ○ | 0.37 | 0.3 | 2.1 |
| + | | 0.2 | 1.6 |

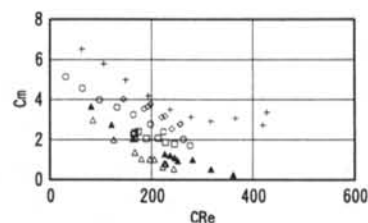
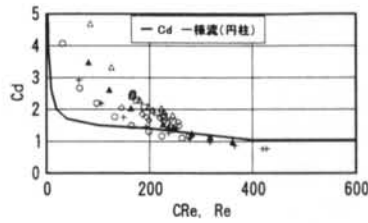


図-5 C_d 、 C_m の CKC 数に対する変化

図-6 C_d 、 C_m の CR_e 数に対する変化

Cd は、CKC 数および CRe 数の増加に対して減少する傾向を示す。Cd と CRe 数の関係を示す図中には、定常流中における円柱の抗力係数とレイノルズ数 ($Re = \text{主流速度} \times \text{円柱径} / \nu$) との関係を実線で記入している。本擬似植生の Cd は $200 < CRe$ の範囲で定常流中における円柱の Cd と概ね一致している。Cm も CKC 数および CRe 数の増加に伴い減少しているが、s/d や β の影響は明らかである。s/d が同じ場合の Cm は、d/L および β の減少に伴い大きくなっている。振動流中における Cd および Cm と KC 数の関係に及ぼす β の影響 (但し、 $\beta > 497$) においては、 β の減少に伴い Cd は増加し、Cm は減少することが振動流発生装置を用いた室内実験より明らかにされている⁵⁾。しかし本擬似植生のように、 β が非常に小さい場合における円柱の Cd および Cm について調べた結果は報告されていない。

§ 3. 水辺植生自生地の土壤環境特性

植生を復元する場合に使用する客土は、水辺植生が自生している場所と類似した土質が生態系の復元という意味合いからも適している。そこで、平成 8 年 1 月 10 日に、静岡県榛原郡吉田町、大井川支流二級河川坂口谷川の河口から 500m 地点の左岸のヨシ・シオクグの自生地においてピットを掘り、ヨシとシオクグの根の状態を調査するとともに、土を採取して土質を調べた。

3. 1 自生地の状況

調査地点のヨシ・シオクグ自生地の河川敷は、水際から 30cm 程度の高さの平坦部が幅 3~4m あり、その後急に堤防へと立ち上がっていた。水際はほぼ垂直に切り立ち、水際の水深は 30cm 程度で、川の中心に向かって徐々に深くなり、川幅はおよそ 15m であった。なお、調査地点の川の水質は pH7.03、塩分 1.01%、DO7.6mg/l であり、海水が約 1/3 混じった汽水域である。

ヨシは、草丈が 1.2m ほどであったが枯死し、緑の部分は無かった。一方、シオクグの草丈は 20cm 程度で、ヨシとは異なり根元の部分に緑が残った株が多かった。ヨシとシオクグはモザイク状に生えており、種類毎に群生はしていなかった。株の密度はどちらも 200 本/m² ほどで、被度はヨシがおよそ半分を占め、シオクグは 1/3 程度であった。水際に近い部分の密度が高く、水際から 3~4m 離れたところでは、踏み荒らされて株数は減少していた。

水際から約 1m の地点で、川と平行に幅・奥行きとも約 1m、深さ 90cm のピットを掘り、ピット内部から土壤の垂直断面を観察した。ピットの垂直断面は、灰色の粘土質と、茶色の土がモザイク状になった層が表層から深度 90cm まで続き、他の層構造は認められなかった。表層か

ら 50cm 位までは茶色が強かったが、それ以深は灰色が強くなっていた。深度 30cm 近辺では長径 5cm ほどの丸い石がいくつか見られた。土中には植物の破片が多く見られ、主にヨシの地下茎とヒゲ根であった。

ヨシの地下茎は表層からピット最深部の 90cm まで散在していた。垂直に伸びた直径約 1cm の太い地下茎も多く、そこからほぼ 5cm 毎にヒゲ根が出ていた。一方、シオクグの根は深度 5~15cm 程度のごく浅い場所を横走り、所々で垂直に枝分かれをし地上に露出して葉をつけていた。枝分かれした部分には、多数のヒゲ根が放射状に伸びているのが見られた。自然状態では、ヨシの地下茎は垂直方向に伸びることにより浅いところに位置するシオクグの根とすみ分けていることがわかった。しかし低水護岸のように下がコンクリートの場所では地下茎が下に延びられないため、ヨシを大量に植えると地下茎が過密になり、シオクグと競合する可能性が考えられる。

3. 2 自生地の土壤特性

各深度毎に約 1kg ずつ土を採取し、密閉して持ち帰り、10cm 毎の酸化還元度、含水率、pH、電気伝導度、塩分、有機物量、粒度分布の測定を行った⁶⁾。

3. 2. 1 酸化還元度

酸化還元度は、 $\alpha\alpha'$ ジピリジール液を新しく露出させた土の面に滴下し、紫色に発色するまでの時間を測定して指標とした。 $\alpha\alpha'$ ジピリジール液は、氷酢酸 50ml に水を加えて 500ml にし、 $\alpha\alpha'$ ジピリジールを 1g 溶解させて作った。

深度毎の酸化還元度は、深度 40cm までは酸化状態であったが、深度 50cm 以深は土の色が茶色から灰色を帯びた色へと変化し、呈色反応も土が弱い還元状態にあることを示した。しかし、ヨシのように根に酸素を送れるタイプの植物には影響は少ないと考えられる。

3. 2. 2 含水率

含水率は、陶器の皿に土のサンプルを約 30g 取って湿重を計量し、110°C の乾燥炉で約 18 時間乾燥させた後再び計量して、減少した重量を土が含んでいた水の重量として求めた。

図-7 に示すように、土壤の含水率は 40~60cm の深度において最も高く、41.4~42.3% であった。また含水率が低かったのは深度 10cm と 90cm で、それぞれ 26.3% と 25.6% であった。この理由としては、深度 10cm のところは川の水面上にあり、また深度 90cm のところは、細砂とシルト・粘土交じりの土質で空隙率が小さいため、含水量も低かったと考えられる。後述する強熱減量ともよく似た分布をしていることから、有機物に含まれている水分が関係している可能性もある。

3. 2. 3 pH

pH は、土のサンプル 10g に純水 25 ml を加えて懸濁さ

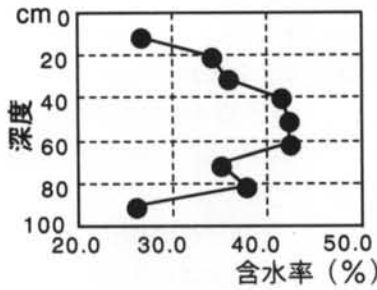


図-7 含水率の深度に対する変化

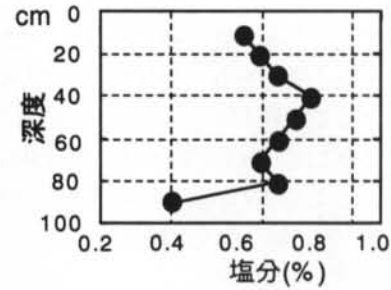


図-9 土壌塩分の深度に対する変化

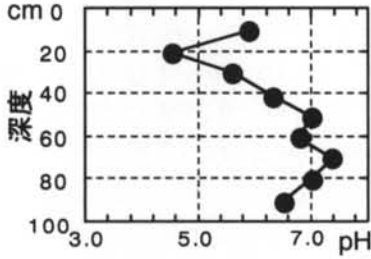


図-8 pHの深度に対する変化

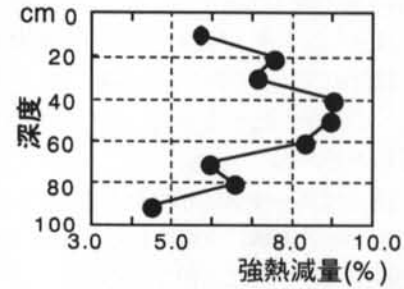


図-10 強熱減量の深度に対する変化

せ、30分後にpH電極を懸濁液中に入れて測定した。

図-8に示すように、深度毎の土壌のpHは深度10cmでは5.9と弱酸性であったが、深度20cmで一度4.5まで酸性になったあと深度30cmで5.6まで戻り、その後徐々に高くなって深度40cmから80cmは6.8~7.3とほぼ中性となった。さらに、深度90cmでは6.5位と低くなる傾向が見られた。なお、この場所の河川水のpHは7.0であった。

3.2.4 塩分と電気伝導度

pHの測定に使用した懸濁液に25mlの純水を加えて50mlとし、そこに10gの土を加えて測定した。

土壌塩分の深度毎の変化を図-9に示す。表層から80cmまでは0.6~0.8%まで変化し、90cmで0.4%まで低下した。電気伝導度(mS/cm)は塩分として測定した結果を電氣的に換算しているため、挙動は塩分と同じある。

3.2.5 土中の有機物量(強熱減量)

土質工学会基準JSF T6-1968(土質工学会編,1972)の強熱減量試験法に基づき測定した。あらかじめ110°Cで炉乾燥した土を容量25mlの蓋付の坩堝(るつぼ)に2g程度入れ、0.001g単位まで土の質量を計量したのち800°Cで3時間強熱した。強熱停止後、坩堝をデシケーターに移して室温に戻し、その後、損失した土の質量を測定した。

(強熱後の損失質量) / (強熱前の土の質量) × 100%を強熱減量(%)とした。

図-10に示すように、強熱減量は表層で5.63%であったが、深度が増すにつれて大きくなり、深度40cmで7.02%となった。その後少しずつ低下し、深度90cmでは4.43%まで減少した。深度50cm近辺の強熱減量が大きい

のは、その近辺における植物(ヨシ)の根の生育が良かったことを反映しているのではないかと考えられる。

3.2.5 粒度分布

土の粒度分布を次のようにして求めた。まず約300gの土を水に懸濁させて2mmと850μmのふるいを通過させ、茎、根などを取り除いた後、懸濁させた土を水ごとバットに入れ、110°Cで18時間炉乾燥させた。その後、メッシュサイズが2000、850、425、250、106、75μmのふるいにかかけ、それぞれの残留分と75μmの通過分の重量を測定した。

深度10、20、40、60、80および90cmの粒度分布を図-11に示す。各深度においては、大部分が75μm以下のシルト・粘土で構成されており、深度40cmで最大であった。すなわち、250μm以上の粒径の砂はほとんどの深度において数%に過ぎず、最も割合の多かった深度90cmにおいても10.6%に過ぎなかった。

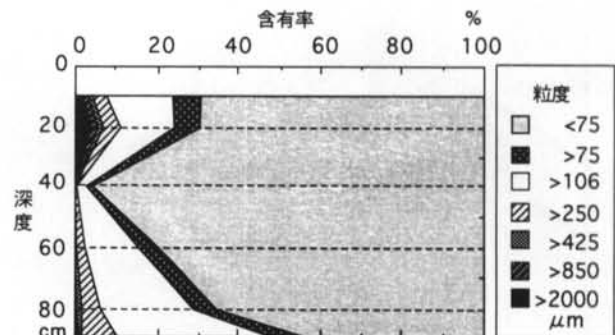


図-11 深度別の粒度分布

§ 4. 水辺植生復元地の土壤環境特性

シオクグ自生地の土壌は粒径 $75\mu\text{m}$ 以下、弱酸性で酸化的なシルト・粘土質であることが判明したため、植生復元地の客土としては荒木田土を用いるのが適当であると考えられた。そこで、JR 横浜駅東側の帷子川（かたびらがわ）左岸の‘よこはまポートサイド水際公園’の低水護岸において、水辺植生復元実験を行った。

4.1 植生復元地の概要⁷⁾

JR 横浜駅東側の帷子川左岸の‘よこはまポートサイド水際公園’は、左岸一帯 1.83ha を芸術・文化活動の拠点となるように計画されたもので、水際は、長さ 400m 、幅 5m にわたって既存の低水護岸にシオクグ等の水辺植生を復元するものである。

この低水護岸は図-12に示されるように、海側の消波領域と陸側の植栽領域に大別される。海側の消波領域では、生物が入り出ることができるスリットの付いたプレキャストコンクリート製の枠‘エコウォール’の内側に様々な粒径の碎石を充填して消波効果と底生生物の生息場所を期待している。一方、陸側の植栽領域では、荒木田土の上にヤシ殻繊維マットで育苗した植物を敷き詰め、その上に透水性コンクリート製‘マルチブロック’を配置し、土壌流出を防止している。なお海側に近い植栽領域には、傾斜をつけて碎石を敷き詰め、エコウォールのスリット等から侵入した生物が陸側へ移動できるように配慮している。

本実験では全長 400m 、幅 5m の低水護岸のうち、長さ 150m の部分を実験区とした。また、植栽する植物を選定するために静岡県大井川河口産のヨシ、シオクグ、アイアシ、ヒメガマの植生予備試験を実施し、潮の干満と航行波による土壌流出に対して比較的良好な結果を示したシオクグを用いた。

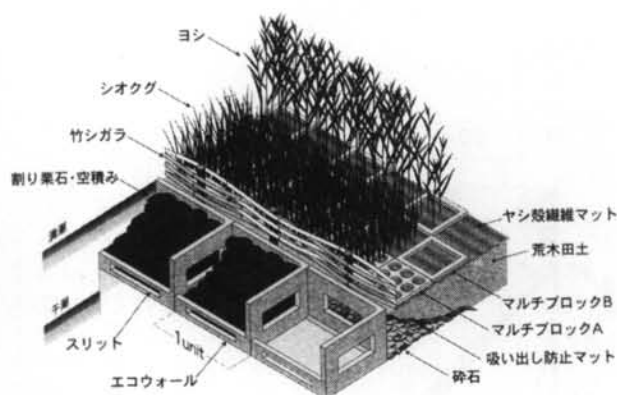


図-12 ‘よこはまポートサイド水際公園’低水護岸

4.2 植物の生育に及ぼす施肥の影響

植生復元地の客土として用いた荒木田土は 79.8% が $75\mu\text{m}$ 以下のシルト・粘土であったため、 10% の砂を混入しシルト・粘土の比率を全体の 70% として、自生地の含有率に近くした。しかし、自生地の有機物量が 7% と客土の荒木田土より高かったため、植物の生育に及ぼす堆肥の影響について調べた。

実験区を3分割し、それぞれにパーク堆肥を 0 、 10 および 20% の割合で混合した荒木田土を客土した。その上に、予めヤシ殻繊維マットに育苗したシオクグをマットごと設置した。

シオクグの生育指標として、株密度、最大草丈、葉緑素指数の3項目とし、 1996 年6月12日から 1998 年6月30日までの約2年、1回/月の間隔で測定した。ただし、冬季の12月から3月までの4ヶ月間は、シオクグが枯れているため測定しなかった。測定区域は $60\text{cm} \times 60\text{cm}$ のマルチブロックをコードラートと見なし、海側から陸側にかけて各 6 個 $\times 2$ 列ずつ設定した。

4.2.1 最大草丈

図-13に示すように、シオクグの最大草丈は、7月頃が最も高く、年々高くなる傾向がある。また秋頃になると枯れ始めるため草丈も低くなる。パーク堆肥ごとの最大草丈の差を見ると、パーク堆肥の堆肥濃度が 10% の場合、草丈が高い傾向がある。しかし濃度 0% の場合は、草丈は最大でも 80cm 以下であり、濃度 10% の場合に比べて2割程度低かった。

4.2.2 株密度

図-14に示すように、堆肥濃度が 0% の場合には、施肥をしたものと比べて明らかに低い株密度を示した。1年目では、濃度 10% の場合の株密度は濃度 20% の場合のものより高いが、2年目以降は大きな差がないところから、最初に植栽したときの密度差によるものと考えられる。株密度が6月頃に低くなるのは、前年から生育していた株が枯れて本数が減るためで、7~8月になって新芽が出てくると株数が増え、株密度も回復した。

4.2.3 葉緑素指数

図-15に示すように、葉緑素指数の堆肥濃度による差異は認められない。季節ごとの葉緑素指数の変化をみると、前年の株が枯れる6月頃に少し葉緑素量が低下する傾向があり、これは最大草丈が低くなっている時期と一致する。また、秋になって枯れたときに葉緑素量も低下することがわかる。

4.2.4 施肥の効果

以上の結果より、パーク堆肥により施肥を行えば、シオクグの株密度に大きな影響を及ぼすことが明らかになった。すなわち、荒木田土に 10% から 20% の濃度でパーク堆肥を混入すると、混入しない場合よりも株密度が約5倍、最大草丈が約1.2倍になることが、また葉緑素指数に

§ 5. おわりに

本研究では、まず、擬似植生を用いた水理模型実験によって、水辺植生群のもつ波エネルギー減衰効果および波からの作用波力特性を検討した。次に、植生復元地の客土条件を決定するために、植物自生地の土質を調査分析した。さらに、現地での植生復元実験から、植物の生育に及ぼす施肥の影響について調べた。得られた主な結論を示す。

(1) 水深 d の増大に伴い透過率 Kt は大きくなったが、植生高 s が水深よりも大きい $s/d = 1.467$ の場合には、 $Kt = 0.25 \sim 0.55$ であった。一方、 s/d の反射率 Kr に与える影響は少なく、 Kr は 0.1 前後であったことから、植生高が水深よりも大きくなるヨシ群落などは、波のエネルギーを減衰させるのに有効であることを示した。

(2) 植生一株を構成する柱状部材に作用する波力の評価にモリソン式の適用性を検討した。擬似植生の抗力係数 Cd は $200 < Re$ 数の範囲で定常流中における円柱の Cd と概ね一致すること、および質量係数 Cm も Re 数および KC 数の増加に伴い減少するが、 Re 数と KC 数との比を示す周波数パラメータ β によっても影響を受けることを示した。

(3) 大井川支流坂口谷川左岸河口から 500m 地点のヨシ・シオクグ自生地において、ヨシとシオクグの根の状態を調査するとともに、土を採取して土質を調べた。そして、ヨシの地下茎は垂直方向に伸びることにより浅いところに位置するシオクグの根とすみ分けていること、またヨシ・シオクグ自生地の土壌は粒径 $75 \mu m$ 以下、弱酸性で酸化的なシルト・粘土質であることが明らかになった。

(4) 帷子川左岸の「よこはまポートサイド水際公園」の低水護岸において、客土としては荒木田土を用いたシオクグ復元実験を行い、植物の生育に及ぼす堆肥の影響について調べた。その結果、荒木田土に 10% から 20% の濃度でパーク堆肥を混入すると、混入しない場合よりも株密度が約 5 倍、最大草丈が約 1.2 倍になることを、また葉緑素指数には差異はなく、施肥と葉緑素量には相関がないことを明らかにした。

平成 9 年度には河川法の改正により「河川環境の保全・整備」が治水や利水と並んでその目的に位置づけられ、生物の生息環境の確保などの自然環境に配慮した整備の考え方が取り入れられた。これからの建設工事においては多様な生き物と共生した新しい工事の方法、すなわち「水辺生態系保全建設工法」が益々求められている。

謝辞

本研究の実施に当たり、防衛大学校林建二郎助教授の指導および「よこはま水辺環境研究会」の方々の多大な協力があったことを付記し、謝意を表す。

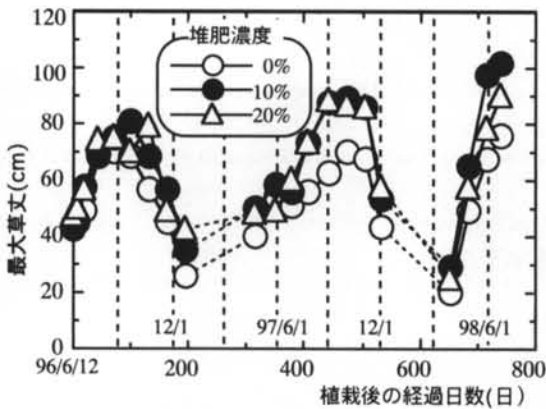


図-1 3 最大草丈の経時変化

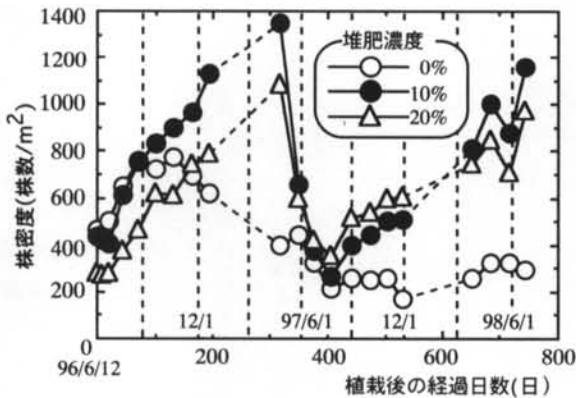


図-1 4 株密度の経時変化

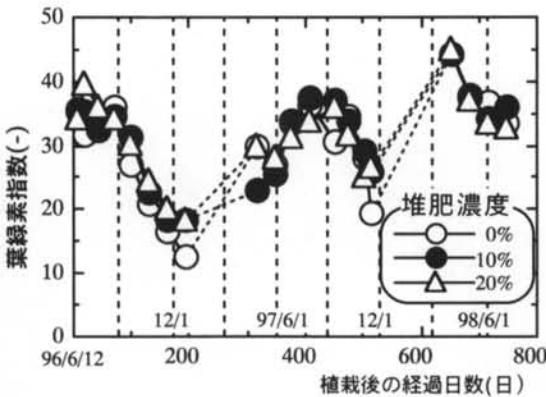


図-1 5 葉緑素指数の経時変化

は差異はなく、施肥と葉緑素量には相関がないことがわかった。

以上のことから、荒木田土に 10% 以上のパーク堆肥を混合して客土すると、シオクグが密生することが明らかになった。自生地の調査を行った 1 月頃の時期の株密度との比較では、2~6 倍の株密度になっていたことから、自生地よりも富栄養な土壌になっていると考えられる。

参考文献

- 1) Bouter, E. E. : "Wave Damping by Reed" , P.I.A.N.C.-A.I.P.C.N., Bulletin, No. 75, pp56-63, 1985.
- 2) 福岡捷二, 渡辺明英, 新井田 浩, 佐藤健二 : "オギ・ヨシ等の植生の河岸保護機能の評価" ,土木学会論文集, No.503/II-29, pp59-68, 1994.
- 3) Mazda, Y, E. Wolanski, B. King, A. Sase, D. Ohtsuka, and M. Magi : "Drag Force due to Vegetation in Mangrove Swamp" , Mangroves and Salt Marshes, 1(3), pp193-199, 1997.
- 4) Keulegan , G. H. and L. H. Carpenter : " Force on Cylinders and Plates in an Oscillating Fluid" ,Journal of Research of the National Bureau of Standards, Vol. 60, No. 5, pp423-440, 1958.
- 5) Sarpkaya, T : " Vortex Shedding and Resistance in Harmonic Flow about Smooth and Rough Circular Cylinders" , BOSS-76, Vol. 1, pp220-235, 1976.
- 6) 三好 洋 : "土壌診断法 (作物別-観察・調査・分析)" , (社)農山村文化協会, p245, 1978.
- 7) 高木史人, 林 豊, 秋山恵二郎, 清水富士男, 勝野武彦, 藤崎健一郎, 鈴木 光, 竹田佳代 : "汽水域のコンクリート低水護岸における生態系緑化研究" , 第29回日本緑化工学会研究発表会要旨集, pp232-235, 1998.