

大型湿地植生の洪水によるダメージと回復過程を考慮した 適正洪水導入規模に関する研究

Appropriate flood intensity analysis to a wetland in old meandering river trace considering the damage by floods and re-growth process of emergent macrophytes

プロジェクト代表者: 田中規夫(工学部建設工学科・助教授)
Norio TANAKA (Associate Professor, Civil & Environmental Eng.)

1.はじめに

埼玉県桶川市太郎衛門橋下流の荒川旧流路群においては、本川の河床低下に伴う攪乱頻度の低下や周辺土地利用の変化による湿地の乾燥化が生じている。そこで、現況の湿地環境の保全と再生を図るための手段・方向性の1つとして、横堤により分断された各池の連結や本川からの洪水の導入による攪乱創出が検討されている。こうした既存湿地に洪水攪乱を導入した場合には、洪水攪乱の規模と頻度というのが重要な視点となる。湿地から陸上にかけて生育するヨシとオギはこの旧流路において優占的な種となっているが、乾燥化に伴い陸上系のオギが流路中央においても進出している部分もある。これらは地上部が破壊されても地下器官を使って再生する能力を持っているため、洪水攪乱が与える影響を長期的に評価することが重要となる。

植物と洪水の関係については、A.茎の破断、B.なぎ倒された後に回復、C.なぎ倒された後に枯死、等のパターンが存在する。これは、植物の持つ茎の降伏強度と破断強度(>降伏強度)と外力の大小関係によって決まると考えられる。A による地下茎生産への影響はヨシ、オギの刈取り実験の知見が活用可能であるが、B や C が地下茎動態に与える影響についての知見は不足している。ダメージの程度を刈取り高さの変化により解明しようとする試みも見られるが、実際の自然現象としての「降伏」と「破断」が植物生産に与える影響については不明である。そこで、本研究では、植物の動態と河川による外力ダメージを関連付けるために、B や C を想定した実験を行い、ヨシとオギの生長特性を解明する。その上で、長期的な動態予測を河川の外力規模と関連付けた解析を行い、洪水導入に要求される条件(洪水規模、洪水導入間隔)についての知見を抽出する。

2.調査および解析方法

2.1 現地観測および現地実験

調査項目それぞれについて実施方法を以下に示す。

(1)ヨシ・オギの強度特性・曲げ剛性調査

ヨシ・オギの茎の期別強度(自然再生対象地とは別途地点:秋が瀬公園内(荒川高水敷上)の湿地(35° 51' N, 139° 39' E))を push-pull ゲージ(AIKOH 9550A)、変位計で観測し、強度特性・曲げ剛性特性を計測した。本調査で得られた値は洪水解析により算出したモーメントと比較するために使用した。

(2)刈取り・なぎ倒し実験

現地実験も秋が瀬公園内の湿地で実施した。オギはやや比高の高い地点(後述するヨシ湿地より0.3-0.5m程度微高地)にある約500m²の純群落、ヨシは湛水深0-0.1m程度の湿地に繁茂する約1000m²の純群落内に設定した。両群落間の距離は100m程度と近接した位置関係にある。

なぎ倒し実験

ヨシ、オギそれぞれの実験区において、1.0 m x 1.0 m のコドラートを12箇所設置した。ヨシには10Nの外力を659本の茎に、オギには20Nの外力を501本の茎に push-pull ゲージを用いて作用させた。これらの力はそれぞれの種における平均的

な破断強度よりも低めに設定した。さらに、なぎ倒し実験に用いた全ての茎の直径を計測した。

破断実験

ヨシやオギの破断実験と本なぎ倒し実験との比較を行なうために、それぞれに種に対し、1.0 m x 1.0 m のコドラートを4箇所、5.0 m x 2.5 m のコドラートを1箇所設置した。茎は地上高さ0.2mで切断した(以後、100%破断実験とする)。同様に、1.0 m x 1.0 m のコドラートを4箇所、5.0 m x 2.5 m のコドラートを1箇所、茎高さの中央で切断した(50%破断実験)。さらに、比較区として、1.0 m x 1.0 m のコドラートを2箇所設置した。

2.2 流れの解析

旧流路の流況を解析するに当たっては、一般座標系の平面2次元非定常流れのモデルに植生を考慮したものを使用した。一般座標系(ζ, η)の基礎式、平面流況解析条件については、田中ら⁶⁾を参照されたい。

2.3 生長解析

本研究においては植物の洪水による茎の破壊を植物の刈り取りと同義として扱う。再生長特性・戦略を評価するため、オギの生長モデル(刈り取り再生長を含む)を作成し、刈り取りが地下茎バイオマスに与える影響を定量評価した。刈り取りがある場合のオギモデルは現地観測³⁾をもとに刈り取り後の生活史とモデル定数の設定を行った。モデルの構造、生活史とモデル定数の詳細は、既往研究¹⁾⁻⁵⁾を参照されたい。

3 実験および解析結果

3.1 現地観測及び現地実験結果

(1) オギ・ヨシの破壊強度

Fig.1 にオギ・ヨシの直径と降伏強度・破壊強度の分布を示す。この図からも明らかなように、ヨシに比べてオギのほうが茎の強度が高い結果となった。この Fig.2 より近似式を作成した上で、上池のオギ・ヨシの平均直径を用いて上池におけるオギとヨシの破壊強度を求めた。また流体力によるモーメントと比較するため、実験結果より破壊モーメント M_b (N·m) を求めた。

(2) なぎ倒し実験・破断実験結果

Fig.2 にオギ・ヨシのなぎ倒し実験・破断実験(100%破断、50%破断)結果を刈り取り後の地下部バイオマス(BGB)に対して示す。この図より、なぎ倒しが冬季の地下部バイオマスの減

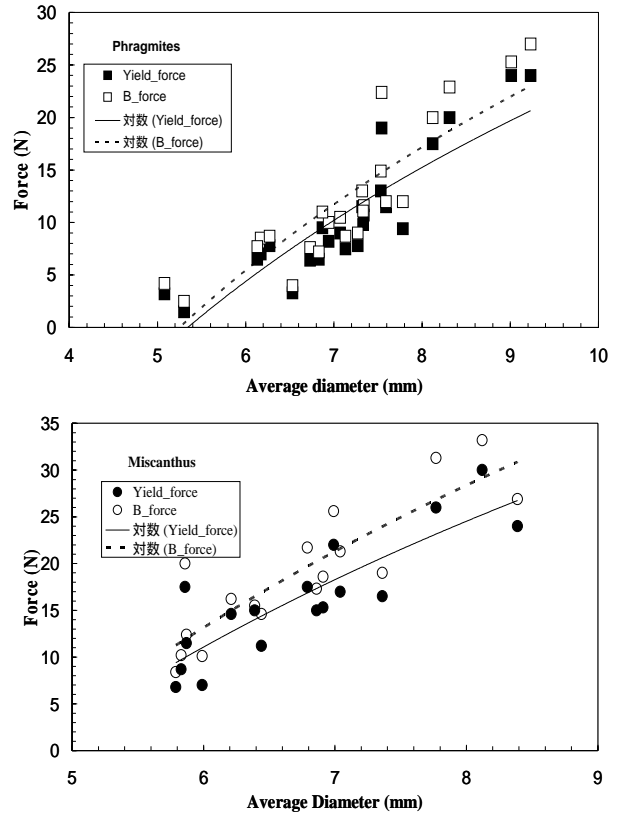


Fig.1 Relationship between force (yield force and breaking force) and average diameter of (a) *Phragmites australis* and (b) *Miscanthus sacchariflorus*

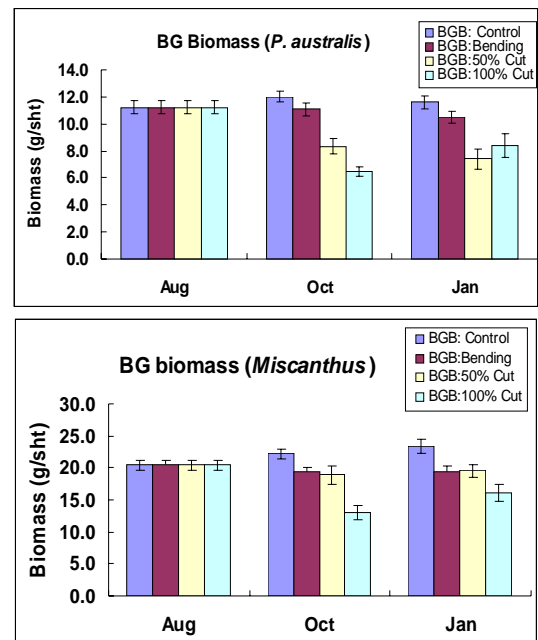


Fig.2 Seasonal change of belowground(BG) biomass in *P. australis* and *M. sacchariflorus*

少に与える影響はヨシ, オギともに 10%程度で 100%破断の場合には両種とも比較区に対し, ヒメガマの刈り取り実験⁵⁾と同様に 30-40%の減少を示した. 従来の 100%破断実験結果は, 弱いダメージにおける地下部バイオマスの減少量を過大評価するおそれのあることがわかる. また, 50%破断の場合に, オギとヨシでは若干異なる傾向を示した. オギの場合は残存する茎から多くの分岐枝を出した (180branches/m²)のに対し, ヨシの分岐枝は極めて少なく (2-3 branches/m²), 再生は主に地下部から出芽したもの (2-3 shoots/m²)であった. すなわち, オギはなぎ倒しや 50%破断において地上部を分岐枝によって再生させ, 地上部を冬季まで維持し, 地下部の減少を極力少なくしたと考えられ, これが 50%実験におけるオギの減少量の少なさに現れていると考えることができる.

3.2 流況解析結果

流況解析結果を用いて, 流れがヨシ及びオギに与える抗力を算出し, その抗力から茎に働く最大モーメント(土壌面地点)を求めた結果, 流量 10 m³/s (Case1): オギ・ヨシともに破壊モーメントに非到達, 流量 20m³/s (Case2): ヨシのみが破壊モーメントに到達, 流量 30 m³/s (Case3): オギ・ヨシともに破壊モーメントに到達, の 3 ケースが想定された. この結果を, 生長解析に反映させた.

3.3 洪水導入間隔の検討

オギ・ヨシともに折れる(100%破断)規模の洪水を想定し (Case3), 洪水導入間隔を変化させ 10 年間の競合解析を行ったものをそれぞれ Fig.3 に示す. なお, 図中の矢印は洪水の導入を示す. 毎年洪水を導入した場合は単独解析⁶⁾同様に, オギ・ヨシともに群落の維持が危うくなる. 洪水間隔 2 年の場合, オギがヨシの影響を受け地上部バイオマスは大きく減少しており, オギ群落からヨシ群落への遷移, または混成群落の維持の可能性が考えられる. しかし洪水間隔 5 年の場合, 初回の洪水導入直後はヨシが優勢となっているが, オギが次第に回復していき, 2 回目の洪水導入によりオギがやや優勢傾向となっている. したがって洪水間隔 5 年の場合, 10 年の解析期間においては混成群落が成り立っているものの, 長期的にはオギが占有していく可能性が大きい.

Fig.1 に示したようにオギの破断強度は, ヨシよりも高いため, 洪水時においてはヨシよりもオギのほうがなぎ倒し状態になる割合は高いと考えられる. これと Fig.2 の結果を合わせて考えると, 100%破断のような大規模洪水を除いて, オギのダメージは, ヨシよりも小さくなる可能性が高い. Fig.3 に示した生長解析結果は, 100%破断条件において 2 - 5 年間隔の洪水はヨシの優位性を若干増大させることを示している. しかし, 小規模洪水の場合にはそれがあてはまらないことを, なぎ倒し実験結果は示している.

4. 結論

本解析手法により茎の破断の有無, 破断の頻度によりヨシとオギの優位性が変化することを定量的に表現可能となった. オギ・ヨシともに折れる規模の洪水を導入した場合, 洪水導入間隔 1 年であれば両種とも群落の維持が危うくなる. 洪水導入

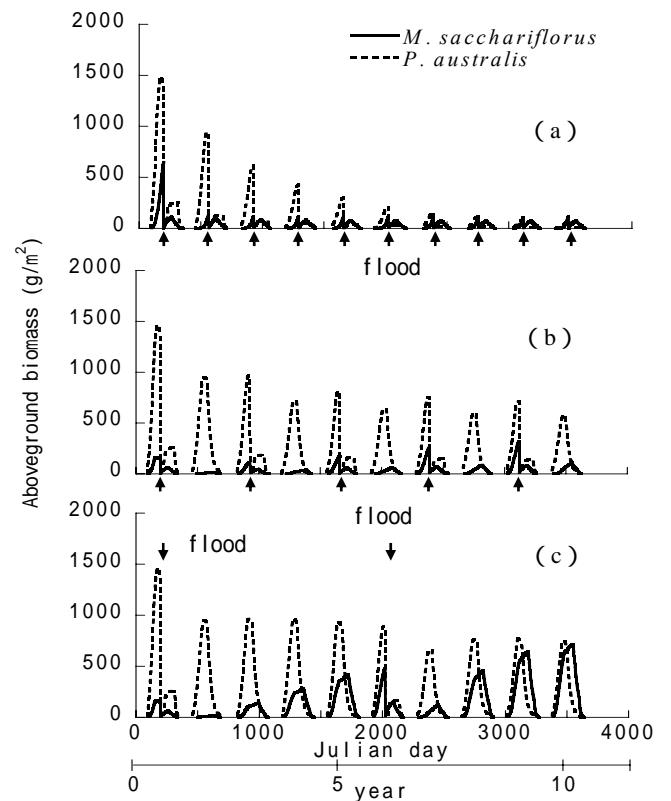


Fig.3 Growth dynamic analyses with different flood interval for competitive stands (a)1 year, (b)2 years, (c)5 years

間隔が 2~5 年程度(本川の確率規模 1/2~1/5 とは異なる)であれば,混成群落が続く可能性があり,洪水間隔が大きくなると,オギの優位性が回復し,ヨシはオギに駆逐される可能性がある.

本論文により,水理モデル,植物強度,生長解析の連動は,ダメージを受けた植物の遷移傾向の評価に対し有効な手法となりうる可能性が示された.しかし,なぎ倒し状態に対する両植物の回復戦略を繁栄させ,その条件に応じた遷移の方向性を解析することについては今後の課題である.

謝辞:本研究は,埼玉大学21世紀総合研究プロジェクト経費の補助を受けて実施したものである.観測にあたっては,(財)埼玉県公園緑地協会戸田公園事務所,荒川上流河川事務所からそれぞれ,観測許可と資料の提供を快諾していただいた.さらに,埼玉大学・湯谷賢太郎助手,2004年当時の大学院生(Shamal君,Thidar君,武村武君,八木澤順治君,小川友浩君,城野裕介君,山内孝太君)に現地観測を手伝っていただいた.記して謝意を表します.

参考文献

- 1) Asaeda, T. and Karunaratne, S. : Dynamic modeling of the growth of *Phragmites australis*, Model description, *Aquat. Bot.*, Vol. 67, pp.301-318, 2000.
- 2) Tanaka, N., Asaeda, T., Tanimoto, K. and Hasegawa, A.: An analysis of the growth of *Typha angustifolia* and *Typha latifolia*, *J. of Hydroscience and Hydraulic Eng.*, Vol. 20, pp.197-206, 2002.
- 3) 田中規夫,湯谷賢太郎,北上裕規,浅枝隆:生長期における刈り取りがオギの翌年の生長ならびにセイタカアワダチソウとの競合関係に与える影響について,土木学会論文集, No.761/ -67, pp. 95-100, 2004.
- 4) Tanaka, N., Asaeda, T., Hasegawa, A. and Tanimoto, K., Modelling of the long-term competition between *Typha angustifolia* and *Typha latifolia* in shallow water - Effects of eutrophication, latitude and initial advantage of belowground organs, *Aquatic Botany*, Vol.79, pp.295-310, 2004.
- 5) Tanaka, N., Watanabe, T., Asaeda, T. and Takemura, T., Management of below-ground biomass of *Typha angustifolia* by harvesting shoots above the water surface on different summer days, *Landscape and Ecol. Eng.*, 2005 (in press).
- 6) 田中規夫, Das, S.C., 武村武, 八木澤順治, 大型湿地植生の洪水によるダメージと回復過程を考慮した適正洪水導入規模に関する研究, 埼玉大学工学部紀要 2005.