関西自然保護機構会誌 *23*（*1*）：*45－49*，*2001*

原　著

ヨシの力学特性の地域差

大阪市立大学大学院工学研究科土木工学専攻　高　田　直　俊

Regional variation in mechanical properties of leed culm. Naotoshi Takada (*Department of Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka City University*)

はじめに

淀川の鵜殿のヨシは硬くて質がよいといわれてきた。鵜殿のヨシ原は現在，本川の河床低下によって，地盤面と本川水面との比高が４ｍを超え，出水時にも地盤面が冠水しなくなって湿性植物相が衰退しつつあり，ヨシはカナムグラ，ヤブガラシ，クズなどのツル性植物に覆われるようになり，かつての勢いは失われている。ヨシの回復を目的としたポンプ揚水と散水水路の整備が上流部で実験的に行われており，その地区においては水条件の改善でヨシは勢いを取り戻している。さらに，地盤面の切り下げによって本川出水時に冠水する実験区が下流部に作られ，ヨシを中心にした湿性植物の回復実験が行われている。切り下げ実験区は，さらに大幅に拡大する計画が実行されつつある。

このようにして一部で回復したヨシが，その背丈と茎径の大きさだけでなく，質的にも本来の「質の良い鵜殿のヨシ」であるかどうかを調べることは意味のあることと考えた。ここでヨシの質は，ヨシズや工芸品を作る際の茎の強さ，あるいは硬さと考え，したがって，引張強度と弾性係数を指標にして，これらの性質が生育環境，特に水条件によってどう異なるかを，鵜殿の２地点を含む淀川の４地点および宇治川の１地点のヨシ原から採取したヨシについて調べた。

本文は，国土交通省近畿地方整備局淀川環境委員会鵜殿部会に提出した討議資料をもとにしたもので，試料採取と試験機製作などには（財）河川環境管理財団の協力を得た。

試料の採取地

主として水条件の違いに基づいて，次の５地点から試料を採取した（図１）。

- 鵜殿陸ヨシ：河口から 31.2 km 地点で，高圧電線から約 50 m 下流，鉄塔から約 50 m 堤防側。
- 鵜殿水ヨシ：31.6 km 地点で，高圧電線から約 10 m 上流の散水実験水路内に回復したヨシ原。
- 豊里水ヨシ：11.8 km 右岸，平成ワンド下流の本川水際の浅い水域の幅の狭いヨシ帯。
- 十三汽水ヨシ：8.2 km 右岸，低水路法線から数ｍ本川寄りの潮の干満による水位変動を受ける干潟上のヨシ原。
- 向島陸ヨシ：宇治川 43.1 km 左岸，堤防から約 100 m の地点。かつては湿潤であったが，現在は本川の河床低下（水位低下）による乾いたヨシ原。

鵜殿陸ヨシ採取地点は，ここ 10 年は冠水していない。また向島陸ヨシ採取地点は，３年に１度，１週間程度の冠水を受けている。ヨシの茎径は地上 0.6～0.8 m で５～13 mm であったが，十三で

は５～８mmで茎径がそろっており，太いものはない。葉鞘から茎が裸出していない茎径が小さく軟らかいものは，未成熟茎として試験試料からはずした。試料採取は２月に行って室内で乾燥し，試験は４月に行った。試験には地上 0.6～0.8 m の節間中央から約 10 cm 長の試料を小刀で切り取って用いた。

引張試験の方法

節間中央から正確に 95 mm 長に切り取った茎の質量と直径を測定する。これを茎の円周方向に３～４分割し，図２の試験片作成ゲージを使って測定部の長さ 40 mm，幅 3 mm の試験片を小刀で切り出し，ノギスで幅 3 mm を確認し，また茎の肉厚を測った。同一箇所から３片を引張試験に供した。なお，当初予想していた以上に強いものがあり，引張試験機の定着力が不足する場合があったので，試験片測定部の幅を２mm に減らした場合もある。

引張試験機は定着部（チャック）以外は通常のものを用いた。試験片の定着部は，試験片ごとに半径と肉厚が異なる円弧であるので，図３のように変形可能なゴムの円柱によって，押さえ板を介して試験片をネジで強く締め付ける方式を採った。ゴム円柱は，この締め付けによって軸方向に伸びないように，目の細かい金網とゴム板を重ねて丸めてあり，またＵ字型金物の試験片の当たるところは細かい傷を付けて粗度を上げ，試験片の滑りを防いだ。Ｕ字型金物は試験片定着部の半径が３，５，６mm のものをヨシの茎径に合わせて使い分けた。引張試験における変位速度は毎分約５mm である。

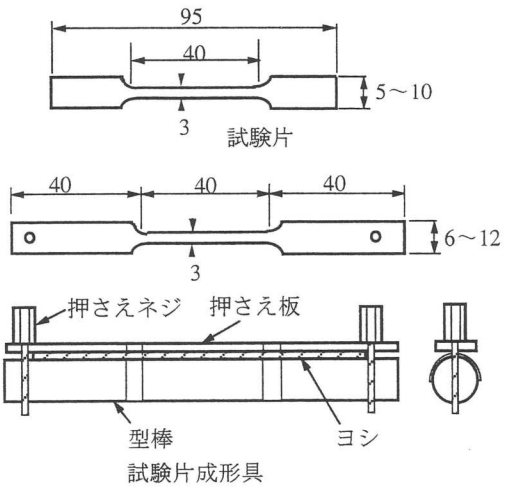


図２． 試験片と供試体成形具.

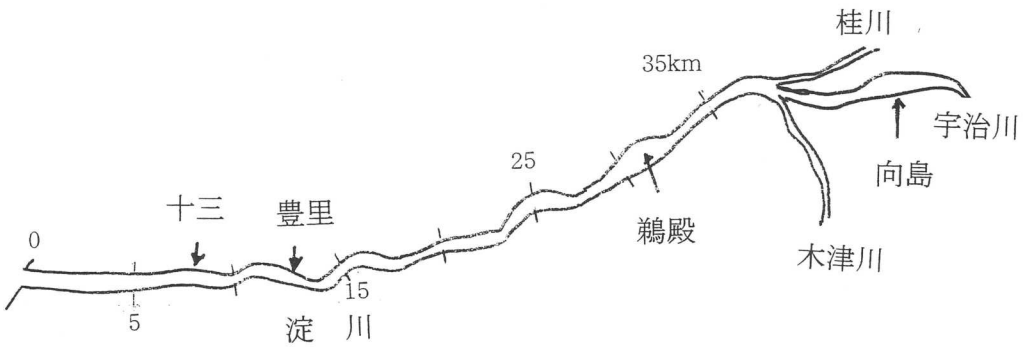


図１． 試料採取地点.

引張強度

引張による試験片の破断は，ヨシの茎が縦に裂けやすいために，測定部端の部分的な繊維の破断が縦に裂けながら他端に及ぶ形をとることが多く，試験片定着状態のわずかな違いからか，最大引張抵抗の値がばらついた。図4に引張力とひずみ（伸びを測定長40 mmで除した値）の関係の例を示す。同じ試料から作った最大4本の試験片から，このばらつきの幅は30％近くに及ぶこともあったので，同じ試料から準備して試験に供した3本の試験片のうちの最大抵抗を引張強度として図5に整理した。なお，試験片の断面は円弧であり，硬い外周部が主として引張に抵抗するものとして，ここでいう「幅」を弧長lとして切り出し幅B（＝3 mmまたは2 mm）とは区別する。したがって，茎径Dから式

$$l = D\sin^{-1}(B/2/D/2)$$

によって弧長を求めている。茎径の小さいときには，弧長と幅の差は無視できない。

図5によると，引張強度は茎径とともに増大する。5地点のヨシは，向島陸ヨシと十三汽水ヨシが強く，次いで豊里水ヨシと鵜殿陸ヨシが続くが，これら2者は強度のばらつきが大きい。鵜殿水ヨシは最下位を占め，その強度は向島陸ヨシの40％程度である。向島陸ヨシは茎径が大きくなると強度低下傾向を示すが，これが一般的な傾向かど

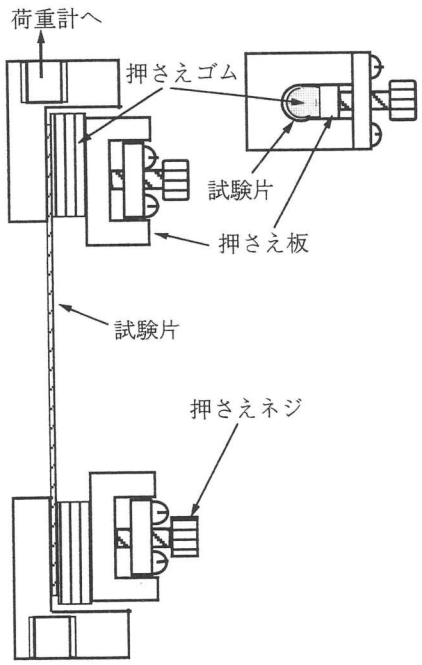


図3．引張試験機への定着方法.

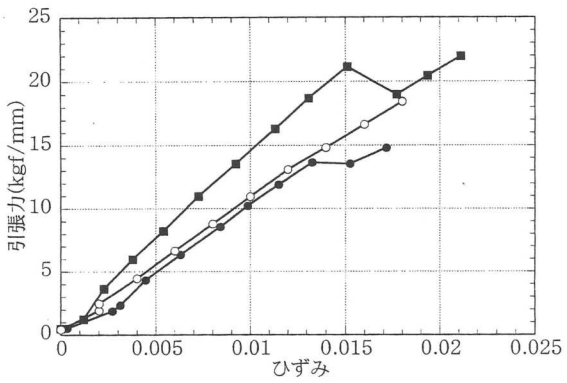


図4．単位幅当たりの引張力－ひずみ関係の例（鵜殿陸ヨシ，茎径11.4mm).

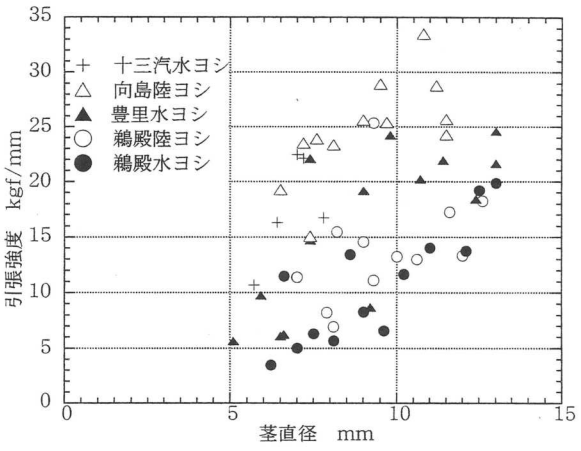


図5．引張強度－茎径関係の比較.

うかは不明である。

伸び剛さ

図6は弾性係数に相当する「伸び剛さ」である。ヨシの材質は外周部が強く，内部は軟らかいので，弾性係数として単位断面積当たりの伸び抵抗で表すことの意味が希薄なため，ひずみに対する前述の弧長の単位幅当たりの引張力で表し，この単位幅当たりの引張力－ひずみ関係線の初期勾配から求めた。引張力－ひずみ関係線は上方に浅く凸なカーブを描くが，同じ試料から得られる3本の引張力－ひずみ関係線の初期勾配はほとんど同じであるので（図1はむしろ例外），それらの平均的な値として表している。

伸び剛さについても強度と同じく，向島の陸ヨシと十三汽水ヨシが上位を占め，次いで鵜殿陸ヨシと豊里水ヨシが続き，鵜殿水ヨシは最下位を占めている。

茎の密度

図7に空気乾燥状態の茎長10 cm当たりの質量と茎径の関係を，図8に肉厚と茎径の関係を示した。両者ともほぼ直線関係が成り立つ。両図に相関係数を書き加えている。前者では豊里水ヨシと鵜殿水ヨシの相関係数がやや低いほかは直線性はよい。肉厚と茎径も直線関係は成り立つが，質量と茎径の関係よりもばらつきがやや大きい。

次に，茎径をD，肉厚をt，茎の平均密度（空洞を除く実質部の）をρ，茎の単位長さ当たりの質量をγとすると，これらの間に次の関係がある。

$$\gamma = \pi \rho [D^2 - (D - 2t)^2] / 4$$

この式に図7から得られる$\gamma - D$関係と，図8の

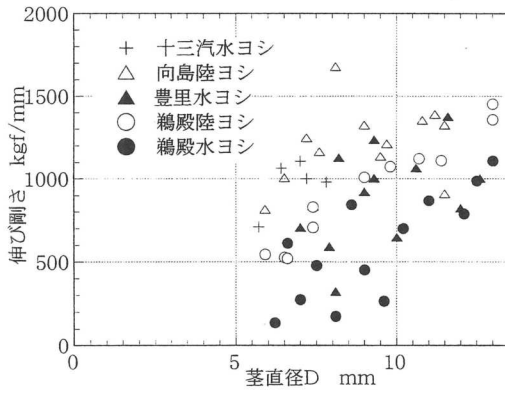


図6．伸び剛さ－茎径関係の比較.

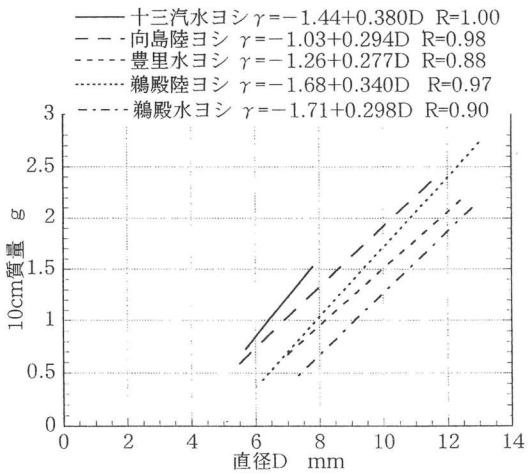


図7．茎長10cm質量－茎径関係の比較.

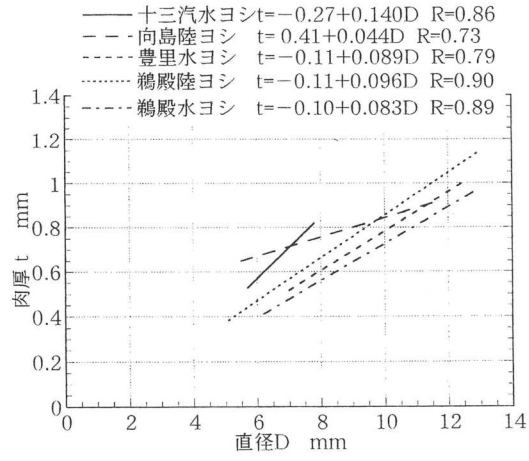


図8．肉厚－茎径関係の比較.

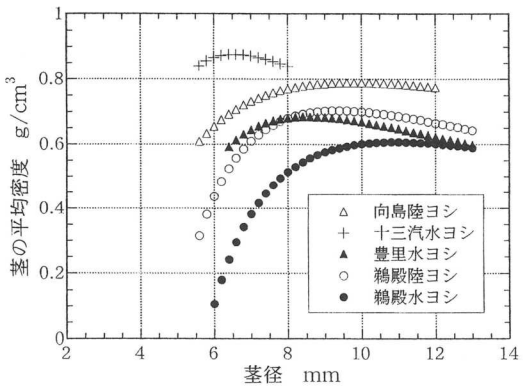


図9．平均密度－茎径関係の比較.

$t-D$ 関係を導入して，茎の平均密度 ρ と茎径 D の関係を導くと図9の関係が得られる。

図9によると，向島の陸ヨシと十三汽水ヨシが上位を占め，次いで鵜殿陸ヨシと豊里水ヨシが続き，鵜殿水ヨシが最下位を占め，引張強度や伸び剛さと同じ順位を示している。

まとめ

引張強度と伸び剛さは，ともに茎径の増加に伴って増加するが，ヨシの力学特性に明らかな地域性が認められた。5箇所の採取地点においてそれらは，十三汽水ヨシと向島陸ヨシが高く，次いで豊里水ヨシと鵜殿陸ヨシ，そして鵜殿水ヨシが最も低い。ヨシの茎の肉厚と単位長さ当たりの質量は，茎径に対して直線関係を示し，茎の密度の地域性は，上述の引張強度と伸び剛さの地域性と整合的な関係を示した。鵜殿水ヨシは回復過程の「若い」立地条件にあるので，その性質が今後も同じかどうかについて追跡調査をしたいと考えている。なお，何人かの研究者にこのような調査例の存在を問い合わせたが，その範囲において前例は聞かなかった。