

オギの河岸侵食抑制機構と耐力の評価

Control Mechanism and Resistant Strength
of Common Reeds against River Bank Erosion

福岡捷二*・新井田浩**・佐藤健二**

By Shoji FUKUOKA, Hiroshi NIIDA, and Kenji SATO

Control effect of common reed against bank erosion were studied at the Tama River. Erosion-resisting strength of river bank having a common reed were estimated by focusing on soil properties and reed roots. It was found that a common reed functioned so as to restrain the advancement of erosion. Erosion-resistance mechanism of a common reed was clarified by a laboratory curved channel which had a submerged vegetation model attached to the outer bank. Also, the resistance strength of common reeds was estimated by newly developed apparatus.

Keywords: bank vegetation, bank-erosion, resistant strength, common reed

1. はじめに

河道内植生が洪水時の抵抗や河川環境に果たす役割が大きいことから、近年では河道内植生に関する水理的研究が多くなっている¹⁾。一方、河道内植生を植物生態学的な見地から検討した研究もかなりなされており²⁾、どのような場所にどういった植生が群生するかといった知見が得られている。しかしながら、植生を河岸構築材料として工学的に、積極的に利用することを目的とした本格的な研究は、わが国ではほとんどみられない。海外においては、ヨーロッパ、特にドイツ・スイスなどで、自然の生態を保全し環境を考慮した、いわゆる近自然または多自然工法がとられている³⁾。しかし、この工法がとられている河川は、主に小さな河川であって、わが国の河川とはその自然的、社会的特性が異なり、近自然工法の考え方は大いに活用できるが、工法の採用にあたっては十分に検討する必要がある。今後、わが国の河川にふさわしい近自然工法については、大いに検討しなければならないところである。著者らは、河岸に生育している植生を河岸保護材料に用いることを検討してきている。

本研究は、植生の根の土壌保持作用に着目し、高水敷および河岸際に生えている草本類、特にオギの河岸侵食防止工としての効果および耐侵食力を評価することを目的として、現地調査および模型実験によりオギ

* 正会員 工博、P h. D. 東京工業大学助教授 工学部土木工学科
(〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1)

** 学生員 東京工業大学大学院修士課程 工学部土木工学科(同上)

の河岸保護機構を明らかにする。

2. オギをもつ河岸の侵食抑制効果

まず、オギという植生が河岸侵食に対してどれだけの抑制効果があるのかを、河岸侵食と高水敷植生の経年変化⁴⁾によりみる。図-1は多摩川の右岸39~40km区間での河岸侵食と植生の経年変化の関係を示す。高水敷にのる程の洪水は、昭和49年、54年、57年(8月・9月)に発生している。昭和48年において、この区間の高水敷にはススキが群生していたが、昭和49年に洪水を受けたため、昭和51年には高水敷が自然裸地に变化した。これは、高水敷上のススキ群中に土砂が堆積し、ススキが埋もれたため枯れたものと考えられる。その後、昭和51~58年の7年間に4回もの大きな洪水を受けたために、河岸が大きく侵食されたが高水敷上のオギ群との境界付近で河岸侵食が抑えられていることが図-1よりわかる。また、昭和61年の河岸をみると、昭和58年以降侵食はそれほど進んでいない。このことより、オギという植生が大きな侵食抑制効果をもつことがわかる。

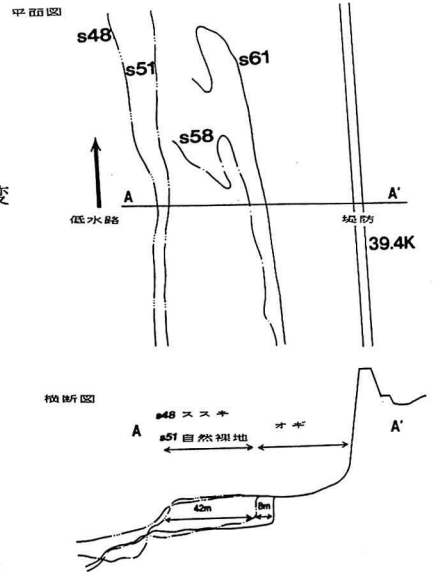


図-1 河岸侵食と植生の経年変化

3. 現地における河岸の植生の状況

先の区域において、河岸およびオギの現地調査を行った。調査区域を図-2に示す。

3.1 オギとその生育環境

オギ(写真-1)は、砂質土壌が厚く堆積する中州や高敷上に生育するもので、河川の中流~下流によく見られ、わが国の河川で一般に見られる草本類である。オギは、ススキとよく似た外形を有しているがススキが株状に生えるのに対して、オギは地下茎を持ち根系がよく発達している。洪水で土砂に埋もれても根系の節から発芽する特性を持ちその高さは2~4mにも達する。茎間隔は、10cm程度とかなり密に生育し、茎は地下茎でそれぞれつながっているが地上には独立して1本づつ生えているように見える。多摩川の調査区域付近は、勾配1/280、幅300m程度で1960年以来河床高が3m程度低下している。したがって、低水路河岸はシルト混じりの礫が大部分で、その上にその上に洪水が運んだ細砂が最大70cm程度堆積している。この砂の部分にオギが群落を形成している。

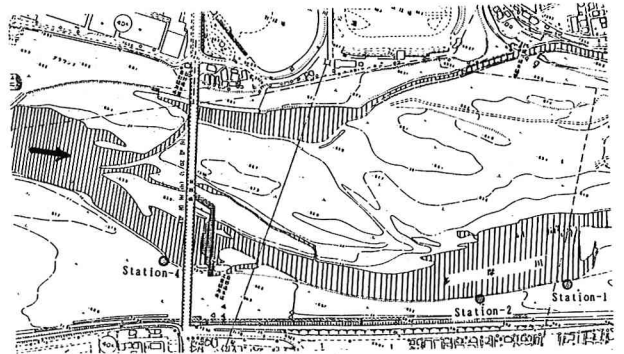


図-2 多摩川調査区域

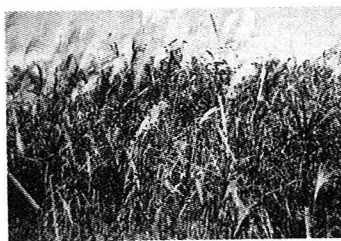
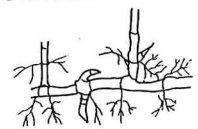
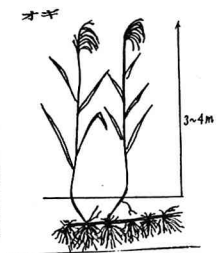


写真-1 オギ



〔地下茎図〕

調査区域の3つの場所においてそこに生

育するオギとその場所の特性について調査した。その結果、河道内の植生群の分布には、その場の冠水頻度が大きく影響すること、オギの場合には中規模の洪水時でしか冠水しない場所に生育していること、また地下茎は砂層にしか入っておらず、生育には砂の粒径・空隙率などよりもむしろ砂層の厚さが影響していることがわかった。

3.2 オギ等を持つ河岸の侵食機構

オギを有する河岸の侵食形態は、概して図-3のようであった。これは、根系の土壌保持作用によって相対的に上層の耐侵食性が高くなるためと考えられる。また、オギ以外の植生を持つ河岸もまたこのような上層が張り出した侵食形態をとる。しかしオギの場合、地下茎がマット状に広がっているため上層との一体性が強く、下層がかなり侵食されても上層はヒサシ状に保持されることができる。

オギを持つ河岸が、どのような過程を経てヒサシ状になるかを次に述べる。図-4は侵食のメカニズムを段階的に示したものである。

洪水水位が上昇してくると河岸に近いオギの周囲の砂が洗われて、根茎が露出してくる。マット状に連続している根の周囲の砂が洗われると、根茎群に流れが直接的に力を及ぼすことになる。この時点で、河床付近の河岸下層部はかなり侵食されていると考えられる。根茎は節を中心に伸びており、この節に流れによる力が集中し、ときには節のせん断破壊に至るものもある。河岸の低部の侵食がいつそう進むと、オギ群と土壌からなる表層部分は安定を失い、この表層部分に作用する流体力に根茎は耐えきれず引っ張り破壊を受け、土壌とともに流され、河岸侵食が進行することになる。このようなプロセスを繰り返して河岸の侵食は徐々に進む。水位が高い状態では、浮力が作用しているためヒサシ状の上層は河岸の近傍に浮いた状態で存在するが、洪水水位が高水敷高さ以下になると露出根茎群と土壌は垂れ下がる。この段階での流速は、十分大きく河岸を覆っているヒサシ状の上層は、河岸付近の粗度を増大させると同時に河岸への直接の水当りを防ぐと考えられる。

このような河岸の侵食メカニズムを、植生がある場合とない場合について比較してみる。

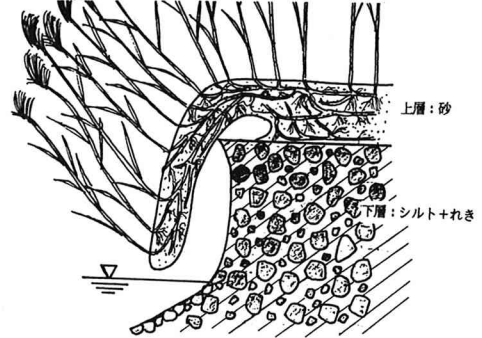
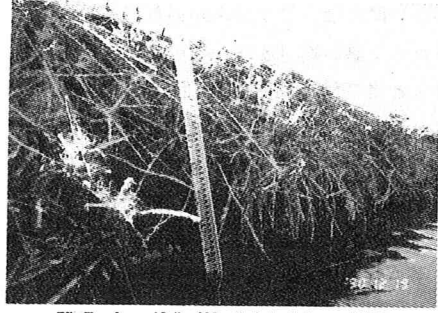


図-3 オギを有する河岸の状況

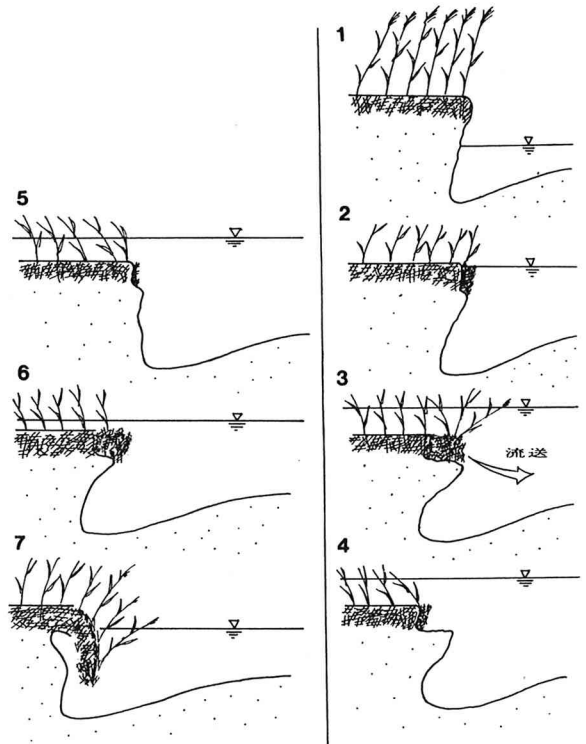


図-4 侵食メカニズム

植生がない場合は、まず河床が掘れ河岸の安定を失うため上層が崩落する。この崩落土が運び去られると再び河岸が侵食され同じ過程を繰り返しながら河岸侵食が進行する。一方、河岸上に植生が群生する場合は上層が根によって保持されているため、先のオギの場合と同様に、河岸がヒサシ状の形態をとる。ここで、現地においてオギの他に見られた河岸植生にオニウシノケグサ(写真-2)が挙げられる。この植生は大きさが50cm程度で密に群生し、かなり密な細い根を持つ株状の草である。この植生を持つ河岸の場合も、オギほどではないが河岸はヒサシ状の形態をとる。

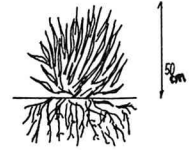
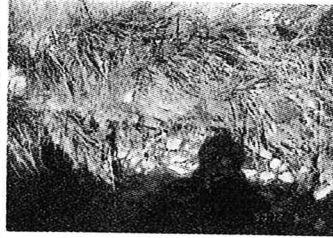


写真-2 オニウシノケグサ

河岸に形成されているヒサシの形状を調べ図-5に示す河岸の侵食特性図を、ヒサシの長さDを横軸に、ヒサシの厚さhを縦軸にとり作成した。

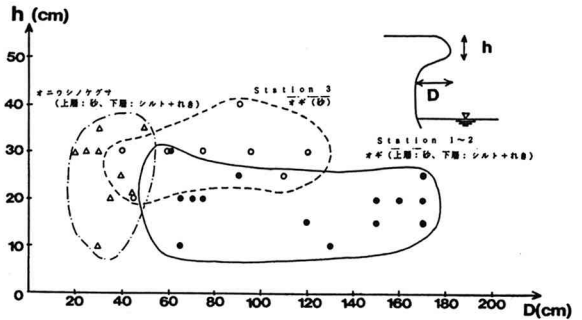


図-5 侵食特性図

この図より、オギとオニウシノケグサを持つ

河岸の侵食形態の違いがわかる。オニウシノケグサの場合、50cmまで下層が侵食されても上層土塊を保持することができる。この50cmという量は、オニウシノケグサ1株の大きさに相当するものである。この植生が群生している河岸の侵食メカニズムは、上層がこの草の根でかなり緊密に保持されているため、下層がこの1株分削れるまでは上層はほとんど侵食を受けないが、下層がこの1株分削れると上層が崩落し、さらに下層の侵食が進行するものと考えられる。一方、オギの場合は Station 1~2、Station 3 の2種のデータを見ると、場の条件や根の張る上層の厚さにもよるが、河岸の下層がかなり侵食を受けても上層を保持できることがわかる。これは、オギ群下の土壌が地下茎により、カーペット状につながっているためである。Station 1~2の方がヒサシを長く保持しているが、これは低水路深さが大きいためである。

4. 侵食抑制効果の評価実験

河岸のヒサシ状に伸びた植生が、洪水時における河岸侵食の進行を弱める効果を確認するために実験を行った。実験は、半径4.5m、幅1m、長さ24m、勾配1/500の円形水路を移動床にし、外岸側壁に植生模型を設置した場合と設置しない場合との2通りを行い、8時間通水後の河床形状・水面形・流速分布を測定し比較した。実験で用いた河床材料は、平均粒径0.82mmの最上珪砂4号である。通水中は河床が低下しないように上流端から給砂を行った。

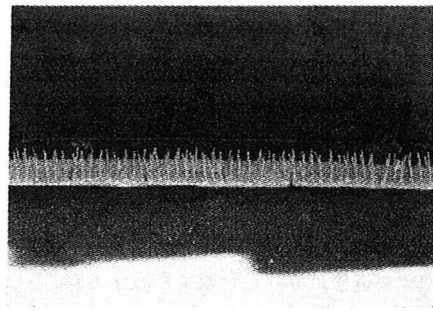


図-6 実験状況図

ヒサシ状植生模型は、図-6のようにスチロール板にヨウジを植えて作成し、縦断距離で1~20mまで設置した。通水条件は、流量 18 l/s, 粗度係数 0.017, 平均水深4.8cmである。流速は電磁流速計(流下成分、水平成分、鉛直成分)で測定した。測定断面は上流から7, 8, 9mの3断面について行った。

実験結果を図-7に示す。ヒサシ状植生模型を設置した場合には外岸部の河床洗掘量が著しく小さくなることがわかる。この理由を、横断面内の流れの構造から考察する。

図-8は上流から8mの断面における測定結果である。この2つの結果を比較すると、ヒサシ状模型を設置した場合の方が外岸付近の2次流成分が著しく小さくなっていることがわかる。また、植生模型を設置しない場合に外岸の壁面近傍で生じる下降流が、植生模型を設置した場合にはヒサシの効果で外岸から離れた位置で生じていることがわかる。このことから、外岸部のヒサシは流れに対して、外岸部に向かう2次の流れを小さくすること、および外岸が流心側に移ったような効果を与えること、の2つの影響を与え、このために外岸部の洗掘量が減少すると考えられる。また、外岸近傍の流速の流下成分を比較すると、植生模型を設置した場合では、ヒサシの効果で流速が減少していることがわかる。このこともまた、外岸の侵食抑制に大きく寄与していると考えられる。

以上により、オギなどの植生が洪水時に河岸をヒサシ形状に保つことで、河床の洗掘が軽減され、河岸近傍の流速が落ちるといふ2つの効果が生じ、これらの効果により河岸侵食が抑制されるという機構が明らかになった。

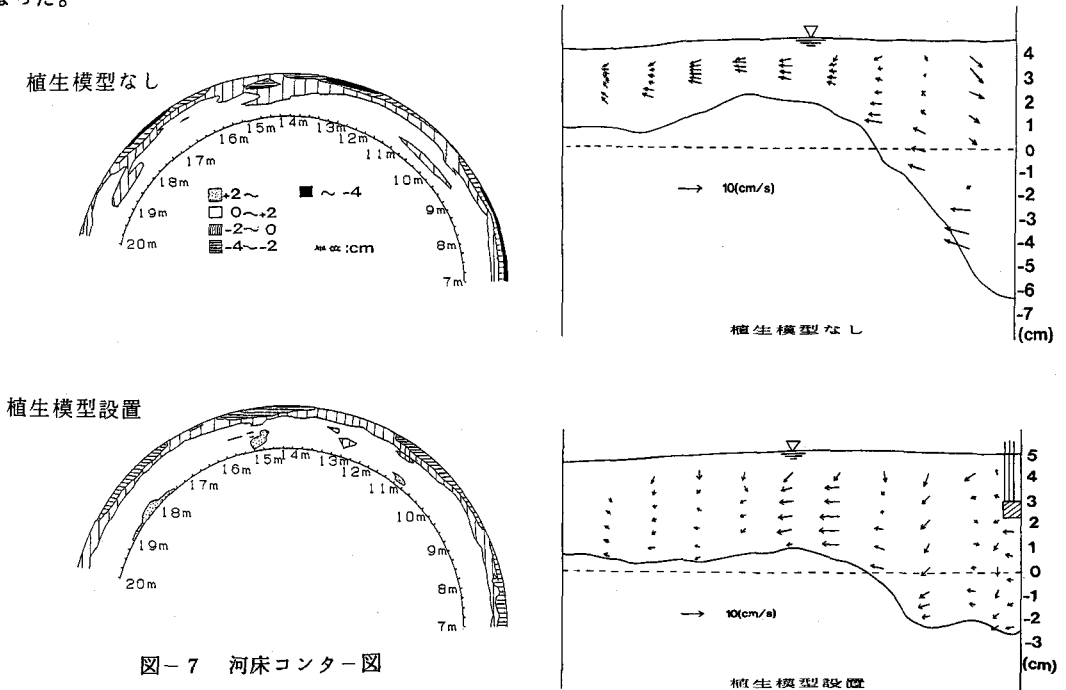


図-7 河床コンター図

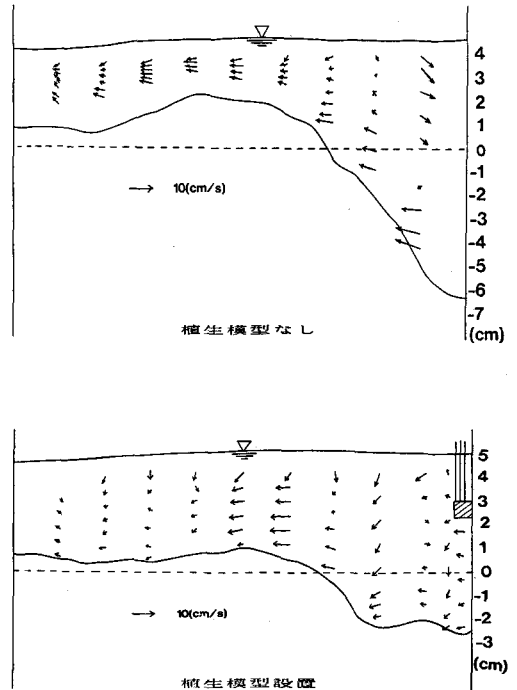


図-8 横断面内の流速ベクトル図

5. オギの耐力

オギなどの植生が河岸をヒサシ形状に保つことで、洪水時の河岸侵食が抑制されることがわかった。そこで、どの程度の外方までこのヒサシ形状が維持されることができるといふことをオギについて検討した。洪水時、このヒサシ状の土塊はオギの地下茎によって維持されている。洪水後に現地を調査した際、河岸上部のヒサシ形状が自重で崩落している場所が数カ所みられたので、それらの崩落土塊についてそれらを支えるオギの地下茎1本당りにどれだけの力がかかっていたを概算した。概算法は、崩落土塊の体積、および地下茎を含んだ土塊の比重を測り、それらより崩落土塊の重量をもとめ、土塊に残されている地下茎の本数で割ることにより地下茎1本あたりの耐力を求めた。その結果、オギの地下茎1本あたりの耐力は、23.0Kgという値が求まった。この耐力を、さらに正確に測定するために写真-3に示す原位置試験機を開発して、オギの引っ張り耐力試験を行った。ここで、引っ張り耐力について試験を行った理由は、植生の引っ張り耐力

がその根の節の耐力に依存すると考えたからである。実際、降伏時においてオギが引きちぎられる位置は常に地下茎の節であることが観察された。試験機は、トラス構造の支持台に吊されたアームに秤が取り付けられていて、オギの茎の下部を2枚の試験プレートで挟み固定し、支持台に取り付けたハンドルを回すことによってアームに張力を加えオギを引っ張るものである。引っ張り角度は、支持台の滑車の取付位置を上下に移動させることによって変化させることができる。試験は、引っ張り角度を鉛直にした場合と斜め（水平から20°程度）にした場合、および土壌が平常時の場合と飽和させた場合の4ケースについて場所を変えて行った。測定結果を図-9に示す。耐力にばらつきはあるものの、オギの耐力はその引っ張り方向、土壌の飽和状態、河岸からの距離にかかわらず、一定とみなすことができ、1本あたり27Kgf程度であることがわかる。これは、降伏時の状態からみて地下茎の節の耐力と考えられる。これより、洪水時にオギはこの耐力でヒサン構造を維持し河岸の侵食を抑制している。

6. おわりに

洪水時に河岸植生、特にオギがどのような機構で河岸侵食を抑制するかを、多摩川での現地調査、実験を通して調べた。その結果、植生を持つ河岸では、植生の根の土壌保持力によって洪水時に河岸がヒサン構造をとり、この構造が河岸侵食を抑制することを明らかにした。また、オギが河岸をヒサン構造に保つ耐力の大きさを明らかにした。多摩川の水位が低水路満杯のときに、先のStation 2の低水路河岸付近で流速を測定した。流速は、水面から河床付近までほぼ一定で1~1.5m/sであった。河岸の侵食速度は、原理的には上層のオギおよびヒサンに働く流体力とヒサンの耐力との相対的な大小関係によって決まる上層の侵食速度と、河岸下層材料の侵食速度から求まることになる。この点の解明が、今後に残された課題である。

参考文献

- 1) 福岡捷二、藤田光一：洪水流に及ぼす河道内樹木群の水利的影響，建設省土木研究所報告，第180号の3，pp 129-192，1990。
- 2) 奥田重俊：多摩川流域の植生と植生図，多摩川流域自然環境調査報告書第1次調査別刷，300p，1976。
- 3) リバーフロント整備センター：まちと水辺に豊かな自然を、多自然型建設工法の理念と実際，pp 1-118，1990。
- 4) 建設省関東地方建設局京浜工事事務所：多摩川の植生，1973；財団法人とうきゅう環境浄化財団：多摩川河川敷現存植生図，1979；財団法人とうきゅう環境浄化財団：多摩川河川敷現存植生図，1984；建設省関東地方建設局京浜工事事務所：多摩川河川敷現存植生図，1986。

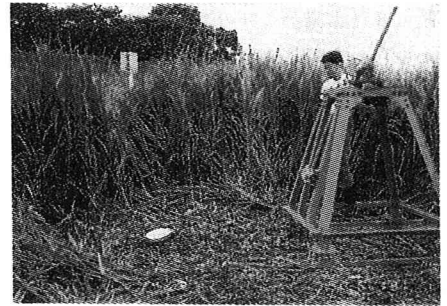


写真-3 引っ張り耐力試験状況

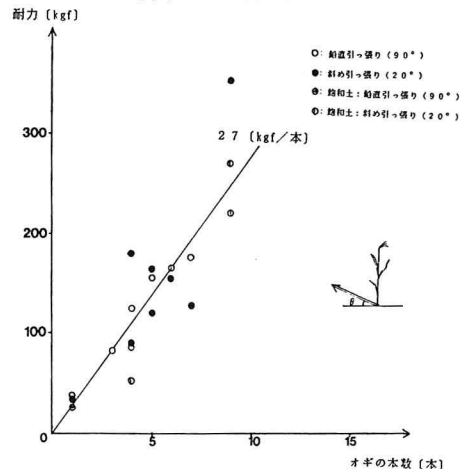


図-9 オギの耐力試験結果