

木管楽器リード用の葦について

このドキュメントは今後更新されません。 [こちら](#)をご覧ください。

葦はか弱い？

人間は考える葦である、との言葉を残したパスカルは、風に揺れる葦を *le plus faible de la nature* (自然界で最もか弱い存在) と考えていたようです。しかし、葦は本来、繁殖力の旺盛な植物です。不用意に移植すればあっという間に周囲の在来種を駆逐してしまいます。世界の外来侵入種ワースト 100 にも入っており、一部地域では *invasive weed* として駆除の対象になっています。葦は決して「か弱い存在」ではありません。



木管楽器の奏者にとっても、葦は気まぐれで、強情で、扱いにくい存在です。クラリネットを始めとする木管楽器は、葦でできた薄い板(リード)を振動させて音を出すのですが、天然モノであるリードの質は一枚一枚微妙に異なります。しかも、その時々で吹き心地が大きく変わったりします。そのため、多くの奏者が、リードの選別と調整に日々苦心しています。「たかが 200 円弱の葦の切れ端」ではありますが、リードの善し悪し(ヨシ葦?) が楽器本体より重要だと考えている奏者は少なくありません。奏者以外の方にとっては信じがたいことかもしれませんが、「100 万円の高級楽器+調子の悪いリード」と「5 万円の安物楽器+調子の良いリード」ならば、多くの奏者が迷わず後者を選ぶでしょう。

リードの選び方や調整法については、演奏家や楽器製作者が著した多くの教本があります。また、リードの振動については、古くからたくさんの音響学者が取り組んできました。しかし、葦そのものの性質に関する情報は、残念ながらきわめて限られています。そこで当サイトでは、葦に関する最近の研究成果の中から奏者にとって重要と思われるものを取り上げ、順次紹介していきたいと思えます。葦の基礎的な性質を知ること、リード

に対する見方が変わるかもしれません。

どんな葦？

リードに使われるのは *Arundo donax* という種類の葦です。日本ではダンチクと呼ばれています。特別な葦ではなく、世界各地に生育しています。葦の詳しい性質については後で詳述します。



なぜ葦？

木管楽器に限らず、たわみ振動をする薄い板をリードと呼びますが、これは、言うまでもなく葦(reed) から来ています。葦とリード(振動板)は切っても切れない関係にあると言えるでしょう。このページでは、「なぜ葦なのか」を中心に、葦とリードの深い関わりについて述べたいと思います。なお、ここではクラリネットやサクソなどのシングルリードを前提としています。

プラスチックや FRP (繊維強化複合樹脂) などの人工材料が実用化されたのは 20 世紀以降です。したがって、クラリネットの進化の過程(レジスターキーが発明された 17 世紀~キーシステムが完成した 19 世紀)で、葦のライバルになり得たのは木ぐらいでしょう。葦は木に比べて

- 1) 割ったり削ったりしやすい
- 2) 水を吸ったときの(かたさの)変化が小さい
- 3) より大きな変形(曲げ変形)に耐えられる

といった利点があります。ただ、これだけで葦がグローバルスタンダードになったとは思えません。なぜなら、葦には

- 1) 材質のばらつきが大きい(不均質)
- 2) 糖の溶出に伴って材質が大きく変わる(不安定)

という欠点もあるからです。また、そこら中に葦が生えている南欧ならともかく、欧州内陸～北部では、葦より木の方がずっと身近だったはずです。

これは個人的な見解ですが、「最初のリードが葦で作られた」ことが、今なおリードに葦が使われている最大の理由ではないでしょうか。

多くのリード楽器の祖先は古代の葦笛です。つまり、昔はリードも管体も葦でできていました。ところが、楽器の発達とともに、管体はより硬い材料で作られるようになります。管の素材を変えても音色はそれほど変わらないし、硬い木の方が精密に加工でき、正確な音程を得られるからです。

一方、リードの材料を変えるにはかなりの勇気が要ります。吹奏感や音が大きく変わるからです。そして、葦笛を祖とする以上、葦のリードから生まれる音が「オリジナル」であり「スタンダード」です。したがって、葦以外の材料でリードを作ろうと思ったら、できるだけ葦に近い性質を持った材料を探さなければなりません。

しかし、材料科学がめざましく進歩した現代でさえ、葦に近い材料を見つけたり、創り出したりすることは容易ではありません。そもそも、葦が容易に手に入る状況では、代替材など要りません。こうして、多くの管体が柔らかい木から硬い木へ、硬い木から金属へと変化する間、リードには葦が使われ続けました。



もし、茶道が南欧で完成されていたら、竹製ではなく、*Arundo donax* でできた茶筌（ちゃせん）がスタンダードになっていたはずです。クラリネットが東アジアで完成されていたら、竹のリードがスタンダードになっていたかもしれません。

なぜリードは葦なのか、という問いは、なぜ OS に Windows を使うのか、という問いに似ています。Windows の長所を否定はしませんが、それだけで世界標準になったわけではありません。葦も同じだと思います。長所も確かにあります。でも葦を調べれば調べるほど、「葦でなければならない」とは思えなくなります。後述するように、葦は均質な材料ではないし、安定した扱いやすい材料でもありません。それにも関わらず今なお使われ続けているのは、葦に近い性質を持ち、安価で、加工しやすい材料がまだ見つかっていないからです。その意味で、葦は一種のデファクトスタンダードだと思います。葦に限りなく近い画期的なリード材料が現れない限り、葦の地位が揺らぐことはないでしょう。

他の葦や竹ではだめなのか？

ひとことで葦と言っても、*Arundo donax* によく似たものは何十種類もあります。竹も含めればその数はさらに増えるでしょう。それらの中には、*Arundo donax* に近い性質を持ったものもあるはずですが、ただ、既に大規模に商用栽培されている *Arundo donax* を他の種類の葦に切り替えるメリットはほとんどありません。

竹については、代表的なマダケやモウソウチクが葦に比べて重く、堅く、リードにした場合には音を出しにくく音色が硬い、と指摘されています。リードにするなら、より小径で葦に近い種類の竹を選ぶ必要があるでしょう。ただ、葦の欠点である不均質性や不安定性は、多くの竹にも共通する性質です。したがって、よほどのメリット（コストを劇的に下げられる等）がないかぎり、竹リードを実用化する意味はないと思います。

やはり南仏産がよいのか？

Arundo donax は、育つ場所を選ぶほど弱い植物ではありません。スペイン、イタリア、黒海沿岸、メキシコ、アルゼンチンなど様々な場所でリード

用の葦が栽培されています。また、振動特性に限って言えば、産地による明確な差異はないようです。乾燥条件（乾燥際の温度や湿度）が振動特性に与える影響もほとんどありません。ミストラルがどうのこうのとまことしやかに言う人もいますが、人工的に管理された環境で乾燥した方が腐朽や異常収縮を防げる場合もあります。

現段階では、「南仏の葦が他の地域の葦より優れている」「南仏の気候がリードづくりに最適である」といった話は、「都市伝説」の域を出ていません。少なくとも、産地や乾燥条件が葦の材質に与える影響は、個体や節位置の違いによる材質のばらつきや、わずかなカットの違いによる吹き心地の違いに比べてはるかに小さいと考えられます。

もちろん、様々な産地の葦を1万本ずつ集めて徹底的に調べれば、何らかの違いがでるかもしれませんが、あまり意味のあることとは思えません。最近では、スペイン産の葦がフランスで加工され、**Made in France** に変身したりしています。このような状況では、葦の産地を議論すること自体ナンセンスです。メーカーによって吹き心地が違うとしたら、それは産地の違いではなく、葦の選別方法やカットの違いを反映していると考えられます。

葦の構造

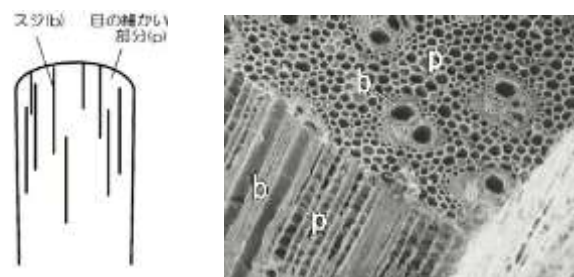
ここでは、リード材料としての *Arundo donax*、つまり「死んだ葦」の構造や成分について説明します。「生きた葦」の性質（生育環境など）については、植物図鑑等をご参照ください。

シングルリードの場合、最も大きく振動する部分は、葦の内側の部分（内層部）に当たるので、ここでは内層部の構造を中心に述べます。

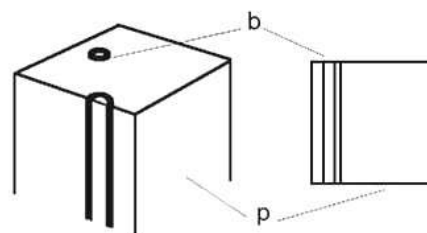


リードの先端を光にかざすと「スジ」が見えま

す。これは「維管束（下写真 b の部分）」です。正確には、維管束の周囲を取り巻く「維管束鞘」の細胞がスジのように見えているのです。一方、スジ以外の目の細かい部分は、「柔細胞」という種類の細胞でできています（下写真 p）。

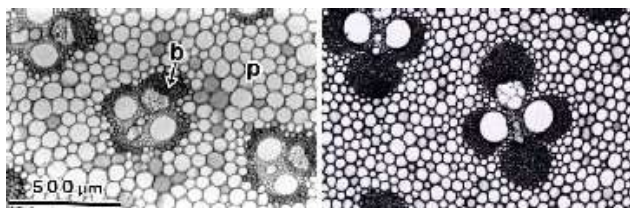


この構造を簡単に表すと、下図のようになります。つまり、長さ方向に連続した維管束鞘 (b) の間を、スポンジのような柔細胞 (p) が埋めています。



柔細胞は直径が大きく、壁が薄いのにに対して、維管束鞘の細胞は逆に直径が小さく壁が厚くなっています。そのため、両者の密度は大きく異なります（柔細胞が約 0.3g/cm^3 、維管束鞘が約 1.2g/cm^3 ）。結果的に、スジが多い（または太い）ほど、葦は重くなります。スジの量は、リードの堅さにも影響します（後述します）。

さて、葦と竹の構造はよく似ています。ただ、下に示すように、竹の維管束鞘は葦のそれに比べてより大きく発達しています。また、硬い表皮の部分が葦に比べて厚いので、竹でリードを作った場合、非常にかたく（振動しにくく）なります。



葦（左）とモウソウチク（右）の横断面

葦の成分

葦や竹や樹木の体を支えているのはセルロースです。セルロースとは、ブドウ糖がいくつもつながってできた堅い高分子です。木綿や紙も、主にセルロースからできています。セルロースの繊維を鉄筋とすると、コンクリートに当たるのがリグニンです。リグニンは一種のポリフェノールで、分子が網目状につながってできています。そして、セルロースとリグニンをつないでいるのが、ヘミセルロースという成分です。

これら 3 つの主成分に関して言えば、葦も竹も木も大した違いはありません。一方、葦や竹は、水で溶け出すような成分（水可溶物）が非常に多いという特徴を持っています。竹の場合、この水可溶物はデンプンが主ですが、葦の水可溶物は、主にブドウ糖、果糖、ショ糖（砂糖）からなっています。維管束鞘が多いほど水可溶物が少ないことから、水可溶物の多くは、葦の柔細胞に含まれていると考えられます。

	葦	竹	木
セルロース	47	43	51
ヘミセルロース	31	35	28
リグニン	26	22	29
水可溶物	13	9	5
無機分	3	2	0.2

竹はマダケ、木はシトカスプルス

木の場合、水で溶け出るような成分が材質に大きな影響を与えることはありませんが、葦や竹の場合には、水可溶物の有無によって、振動特性や吸湿性が大きく変化することがわかっています。

葦に含まれる水可溶物は、低い湿度ではほとん

ど湿気を吸いませんが、高い湿度では大量に湿気を吸います。新品のリードを湿度の高いところに放置すると、ジトッと湿った状態になりますが、これは、こぼれた砂糖やインスタントコーヒーが勝手に湿気を吸ってベタつくのと同じです。

リードをすぐ使える状態に保つために、高い湿度を保つような「リード保管ケース」が市販されていますが、カビが生えやすくなるので、あまり好ましいとは思えません。そもそも、唾液で濡らして使うリードの場合、あらかじめ高い湿度で保管しておく意味はあまりないように思います。

なお、リードを長時間水につけて水可溶物を取り除くと、カビが生えにくくなりますが、リードの質が変わる（柔らかくなる、音色が硬くなる、へたりやすくなる）ので注意を要します。

シングルリードの場合、表皮に近い部分はリードの振動にほとんど関与しないので、あまり重要とは思えませんが、参考までに、表皮付近の構造と特徴的な成分について説明します。

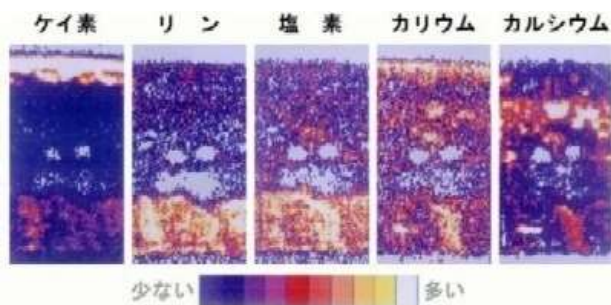


葦の中で最も密度が高いのは、最も外側の表皮、いわゆる「カワ」の部分だと思われがちですが、最も密な部分は、実はちょっと内側に入った部分です。下の写真からわかるように、最外層にはまだ空隙（穴ぼこ）がありますが、それより少し内側の部分は、細胞壁の穴ぼこを無機物が埋めた状態になっており、空隙が全くありません。

表皮付近には、ケイ素（シリカ）が沈着しており、それより少し内側にはカルシウムが沈着しています。これらの無機物は、内層部にはあまり含まれていません。このような無機物が葦の振動特

性にどのような影響を与えるのかは、まだよくわかっていませんが、その部分をより硬く（または堅く）している可能性があります。

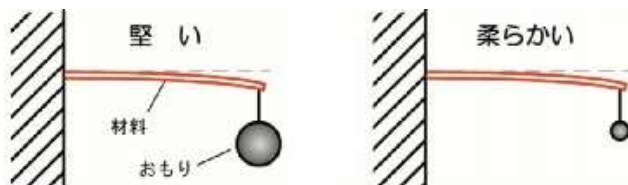
表皮付近がリード先端部に当たるダブルリードでは、無機物の多寡がリードの質を左右するかもしれません。ちなみに、無機物が多く含まれた材を切ったり削ったりすると、刃物の寿命が短くなります。ご注意ください。



Stefan Glave et al. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 150, 673-678 (1999)より

葦のかたさ

リードを選ぶときによく使う「かたさ」は、一定の（わずかな）量だけ変形させるために必要な力の大きさを表す「堅さ」です。リードの場合、曲がる（たわむ）変形が主体となるので、ここでは、一定のわずかな量だけ曲げるときに必要な力を表す「曲げ（たわみ）ヤング率」を「堅さ」と考えます。曲げヤング率の単位には、圧力の単位であるパスカル(Pa)が使われます。



では、乾いた葦の堅さを他の材料と比較してみましょう（右表）。葦は、プラスチックに比べるとかなり堅いと言えます。しかしその堅さはキリと同じくらいで、建物に使われるスギや、ピアノなどの響版に使われるスプルースに比べれば3~5割

ほど柔らかいことがわかります。葦はどちらかと言えば「軽くて柔らかい」材料の部類に入ります。

振動させて使う場合、材料の重さも重要です。堅さが同じなら、より軽い材料の方が、少ない力で大きく振動させられるからです。上の表に示したように、堅さを密度で割った値（比ヤング率）で見ると、葦や木などの植物材料がかなり高い値を示します。葦やキリではプラスチックの約10倍、楽器響版用のスプルースにいたっては、鉄やジュラルミンに匹敵します。葦や木が「軽い割に堅い」のは、木目方向に整列した強いセルロース繊維によります。このような構造は、繊維強化材料（CFRPなど）のお手本であるとも言われています。

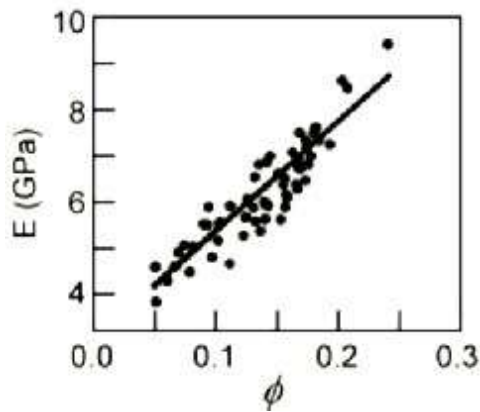
様々な材料の堅さと密度

	堅さ(GPa)	密度(g/cm ³)	堅さ/密度
葦	7	0.4	17
植物材料			
バルサ	1	0.1	9
キリ	6	0.3	23
スギ	10	0.4	25
スプルース	15	0.5	30
カシ	14	0.7	21
カバ	14	0.7	21
合成樹脂			
ABS	3	1.1	3
塩化ビニル	3	1.4	2
エポキシ	3	1.3	2
ウレタン	3	1.2	2
アクリル	5	1.2	4
無機材料			
ガラス	75	2.2	34
鉄（軟鋼）	210	7.8	27
ジュラルミン	70	2.7	26
人造繊維			
アラミド繊維	130	1.4	93
炭素繊維	230	1.7	135

※ 葦および木材については、木目方向の値を示す。

スジが多いほど堅い

前述したように、葦は維管束鞘の間を柔細胞が埋めた構造になっています。そして、維管束鞘の堅さは柔細胞の10倍くらいです。したがって下図に示すように、スジが多いほど堅くなります。

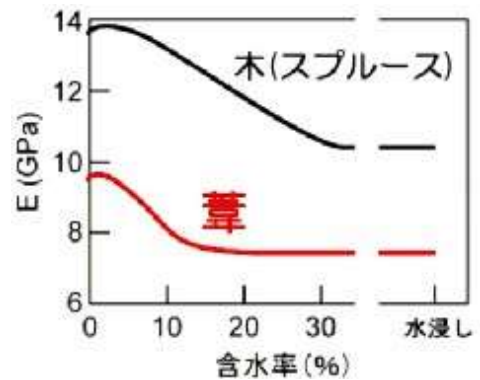


葦の堅さ(E)とスジの割合(ϕ)の関係

先端部分で「スジ」の分布が偏ったリードが、均一に振動しないのは当然のことと言えるでしょう。

湿らせると柔らかく、濡らすと重くなる

リードを水で濡らすと柔らかくなります。ただ、濡らせば濡らすほど振動しやすくなるとは限りません。リードの質は、葦が湿気を吸って柔らかくなる（変形しやすくなる）効果と、水を吸って重くなる（振動しにくくなる）効果の兼ねあいで決まるからです。葦が湿気を吸って柔らかくなるのは、細胞壁を構成する分子の間に、「湿気＝水分子」が割り込んでいくからです。葦の細胞壁に入れる水の量は20%程度なので、それ以上の水は、「液体の水」として細胞の穴ボコに溜まります。穴ボコに溜まった液体の水は、葦の材質に影響しません。したがって、下のグラフのように、葦は含水率20%までは徐々に柔らかくなりますが、それ以上では堅さが変化しません。つまり、葦を湿らせる（～含水率20%）と柔らかくなるが、濡らす（含水率20%～）と重くなる、というわけです。

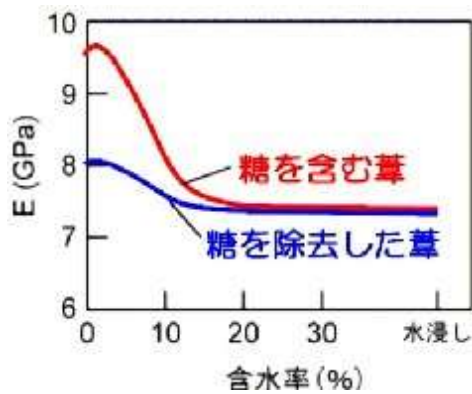


「リードの表面をこすって気孔（穴ボコ）をつぶすと、リードがすぐに柔らかくならない」という人がいますが、気孔が閉じていようがまいが、湿気（気体状の水分子）はいずれ葦の中まで到達します。つまり、葦が柔らかくなるのを防ぐことはできません。ただ、表面の気孔をつぶすことにより、穴ボコへの水の浸透が妨げられ、リードが重くなるのを「遅らせる」効果はあるでしょう。

さて、木の細胞壁は、葦よりもたくさんの湿気を含むことができます（葦は20%、木なら30%）。このことは、湿気を吸ったときの堅さの変化が、葦より大きいことを意味しています。葦は木に比べて、湿気を吸ったときの堅さの変化が小さい＝より安定している、と言えるかもしれません。

糖を取り除くと柔らかくなる

買ったばかりのリードを、どっぷり水に浸けたり、ぶっ続けで何時間も吹いたりすると、葦に含まれていた水可溶物（糖）が溶け出します。それを再び乾かしても、堅さが元には戻りません。つまり、いったん水浸しにすると、リードはかなり柔らかくなります（下図）。



上のグラフからわかるように、含水率が 20%以上では糖の影響がありません。したがって、すぐに水浸しになってしまうリードの先端部では、糖の有無はリードの質に影響しません。ただ、シングルリードの場合、唇が当たる部分から下のいわゆるハート部分は、すぐには水浸しになりません。つまり、糖がハート部分の堅さを維持しています。リードをいったん水浸しにすると「腰」がなくなる。という意見がありますが、これは、糖の除去によってハート部分が柔らかくなり、唇の圧力に対してリードがより大きくたわむことを意味しているのかもしれません。

奏者の中には「リードを水に浸けたらカタくなる」という人もいますが、少なくとも堅さ（ヤング率）について、そのような兆候は認められません。ただ、糖を除去すると音色が「硬く」なることがわかっているので、それが「カタさ感」に影響している可能性があります。

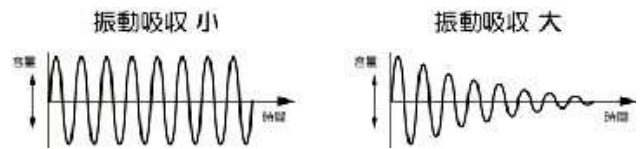
先のグラフからわかるように、糖を除去すると含水率の変動に対する堅さの変化が小さくなります。つまり、水浸しにして糖を除去した方が、リードの堅さは「安定化」すると言えます。

葦の振動吸収能

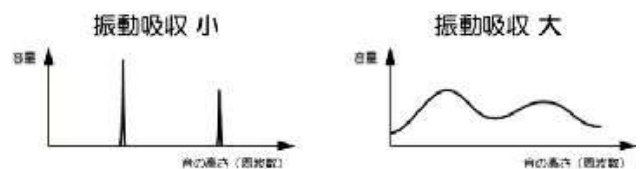
薄い鉄板を叩くと、振動がしばらく続きます。ところが、ゴムの板を弾いても振動は続きません。これは、与えられた力がゴムに吸収されてしまう＝熱に変わって逃げてしまうからです。

下図のように、材料をポンと叩いたときの振動

の様子を比べると、振動吸収力が小さい材料では音が長く響きますが、振動吸収力の大きい材料だと音がすぐに小さくなります。このときの減衰の速さから、対数減衰率や損失正接といった振動吸収力の指標を求めることができます。



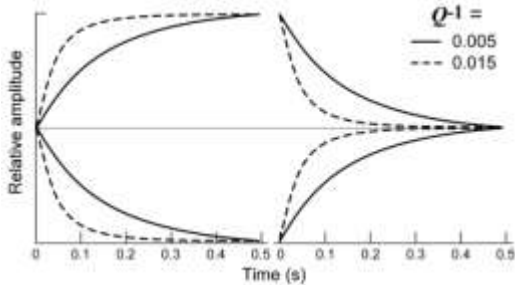
て、少ない力で大きな音を出したいときには、振動吸収力の小さな材料が適しています。実際、ピアノやヴァイオリンなどの響板には、振動吸収力が小さい木（スプルースなど）が使われます。では、振動吸収力が非常に小さい金属やガラスで楽器を作れば、もっと良い音がするのでしょうか。実は、振動吸収力があまり小さくても困るのです。次の図に示すように、振動吸収力の小さい材料は、特定の高さの音に鋭く反応します。ピークは高く、鋭くなります。逆に振動吸収力が大きい場合、ピークは低くなりますが、幅は広がります。様々な高さの音をムラなく響かせるためには、ある程度の振動吸収力も必要だと言えます。



このように特定の周波数で大きく振動することを「共振」と言いますが、建築物の場合、共振が鋭いと困ったことが起きます。「電線が風で唸る」程度なら問題になりませんが、橋が風で共振すれば落ちてしまうことだってあります。当然ながら、様々な周波数の音にまんべんなく反応しなければならないスピーカーの振動板には、振動吸収力の大きい材料が選ばれます。

振動吸収力が小さいと、音の余韻が長くなると同時に、音の立ち上がりが遅くなります。リード

の場合、マリンバやハーブと違って「音の余韻」はあまり重要ではありません。反応の良さを重視するなら、振動吸収力が大きく、立ち上がりの速い材料が良いように思います。



実線：振動吸収小、破線：振動吸収大

様々な材料の振動吸収力（内部摩擦×1000）

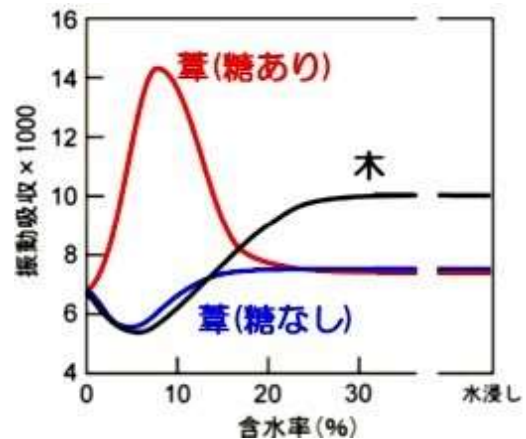
	乾いた状態	濡れた状態
葦	15	8
葦（糖を除去）	7	9
バルサ	15	22
キリ	7	10
スギ	6	8
スプルース	6	11
カシ	9	14
カバ	9	14
ウレタン樹脂	50	
アクリル樹脂	51	

このように、振動吸収にはいろいろな側面があり、その指標も用途に応じて様々です。ここでは簡便のため、共振の鈍さから求めた内部摩擦または減衰の速さから求めた損失正接を「振動吸収力」と記述します。

葦や木の振動吸収力が金属やガラスより大きいのは、葦や木を構成する細胞壁の中に、柔軟な「非結晶」成分が含まれているからです。一方、同じ非結晶の合成樹脂に比べて、葦や木の振動吸収力が小さいのは、セルロースの結晶でできたとても堅い繊維（マイクロフィブリル）が、木目方向に配列しているからです。つまり、金属ともプラスチックとも違う、植物材料独特の振動吸収特性は、複数の成分が複雑に組み合わせられた複合構造に由

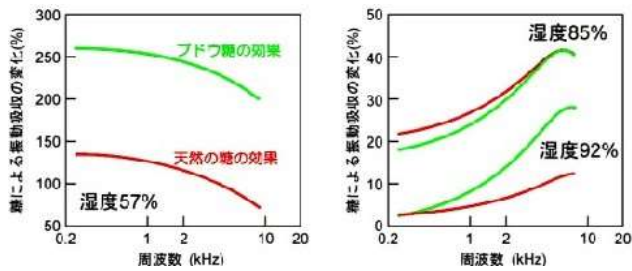
来しています。

一般に、乾いた木を湿らせると、振動吸収力が大きくなります（下図黒線）。これは、高い湿度で楽器が鳴らなくなる原因の一つです。一方、乾いた葦を湿らせると、木の場合とは逆に振動吸収力が小さくなります（下図赤線）。乾いた葦が異様に大きい振動吸収力を示すのは、葦に含まれる糖が振動吸収力を高めているからです。水に浸けて糖を取り除いた葦（下図青線）は、木と同じような性質を示します。



振動吸収力が小さいほど、効率よく振動させられるなら、糖を取り除いた方が良いでしょう。実は、葦に含まれる糖の働きは、それほど単純ではないようです。

下のグラフは、葦に含まれる糖が、いろいろな周波数の振動に対する振動吸収力をどの程度変化させるかを示しています（赤線）。低い湿度では、糖が幅広い周波数にわたって振動吸収力を高めています（下左）。一方、高い湿度では、糖が高周波数の振動を大きく吸収します（下右）。別の言い方をすれば、糖が振動吸収力を高める周波数域が、湿度とともに高周波側へ移動するのです。同様の効果は、ブドウ糖を人工的に含浸した場合にも認められます（緑線）。



リードは一つの周波数だけで振動するわけではありません。チューニングのA音は440Hzですが、実際には880Hz、1760Hzといった様々な音の成分が含まれています。一般に、多くの音の成分を含むほど音色が豊かになりますが、周波数の高いキンキンした音の成分が多いと、音色が硬くなる場合もあります。

リードを適度に湿らせると、そこに含まれる糖が高い周波数の振動を選択的に吸収するため、音色が柔らかくなると考えられます。逆に、リードを長時間水浸しにすると、糖の効果が失われ、音色が硬くなります（後述）。

もちろん、糖を抜いたり入れたりすると、リードの堅さや密度も変わります。堅さや密度が変われば、吹き心地も変わるはずですが、したがって、リードを水浸しにしたり、ブドウ糖漬けにしたりしたときの音色の変化が、振動吸収特性の変化のみによって生じたとは言いきれません。ただ、糖がもたらす特異な効果が、リードの質に関与しているのは確かです。

葦に含まれる糖の効果

新品のリードを長時間続けて吹いたりすると質が悪くなる、と指摘する奏者は少なくありません。その原因の一つと考えられるのが、葦に含まれる糖の容脱です。葦には多量の糖が含まれており、それがリードの堅さや振動吸収特性に少なからぬ影響を与えています。そのため、長時間の演奏や水に浸すことによる糖の容脱は、良くも悪くもリードの材質を大きく変化させます。糖を除去するメリットとして、次のようなものがあります。

- 1) 材質変化が小さくなる（安定する）
- 2) 振動しやすくなる（ただし乾燥状態のみ）
- 3) カビにくくなる

一方、デメリットとして、

- 1) 音色が悪くなる
- 2) へたりやすくなる
- 3) 予期せぬ変形を生じる場合がある

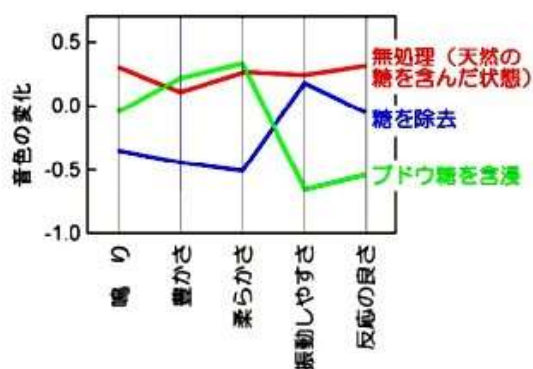
が挙げられます。奏者が何を望むかによって評価は分かれますが、ここでは、糖を除去したときの音色の変化について解説します。

人間はたくさんの優れたセンサーを持っています。特に、熟練した奏者の耳や指や舌は、機械が検知できないような微妙な変化を捉えることができます。一方、この繊細な人間センサーは、好みや体調に左右される場合もあります。リード一枚一枚のばらつきもまた評価を難しくします。もし全く同じリードを2枚用意できるなら、片方をそのままに、他方を水浸しにしてから両者を比較すれば、「水浸し処理」の影響を確実に評価できます。しかし、質の揃った「たった2枚」すら用意できないのが天然材料の難しさです。

奏者の好みや体調変化、リードのばらつきを除外するためには、評価の方法に工夫が必要です。ここではその一例を示します。まず、多数（32名）の熟練した奏者に、それぞれ10枚のリードを渡します。リードの種類は、奏者が普段使っているもの（V社の3-1/2など）です。そして、普段、リードを選ぶときと同じやり方で、リードの質を評価してもらいます。項目は「鳴り」「豊かさ」「柔らかさ」「振動しやすさ」「反応の良さ」の5つで、それぞれ「非常に豊か」～「非常に貧弱」という具合に5段階で評価してもらいます。なお、これらの項目は、100名近い奏者を対象にあらかじめ行ったアンケートの結果に基づいています。

次にリードを回収し、うち4枚は長時間水に浸

けて糖を除去します。4枚は、いったん（天然の）糖を除去した後、ブドウ糖溶液に浸けます。残りの2枚は、そのままにします。これらのリードを十分に乾かした後、再び奏者に評価してもらいます。もちろん、どのリードにどんな処理をしたか、奏者には知らされません。この実験の結果が下のグラフです。これは、1回目の評価と2回目の評価の差を、「音色の変化」とし、全ての結果を平均したものです。



もし、奏者の好み、体調、評価方法（リードの湿らせ方等）や評価の基準が、1回目と2回目の評価の間に大きく変化したなら、無処理すなわち「何も処理していないリード」に対する評価が、1回目と2回目で大きく違うはずですが、ところが、無処理のリードに対する評価は、1回目と2回目ではほとんど変化しませんでした（赤線）。このことは、熟練した奏者が、常に（ほぼ）同じ基準でリードを評価していることを示しています。

一方、水浸しにして糖を除去すると（青線）、評価が大きく変化しました。「振動しやすさ」や「反応の良さ」にはほとんど変化がありませんでしたが、「鳴り」「豊かさ」「柔らかさ」については（統計的に有意な）低下が認められました。つまり、リードを水浸しにすると、鳴りが悪くなり、音色が貧弱で硬いものになると言えます。

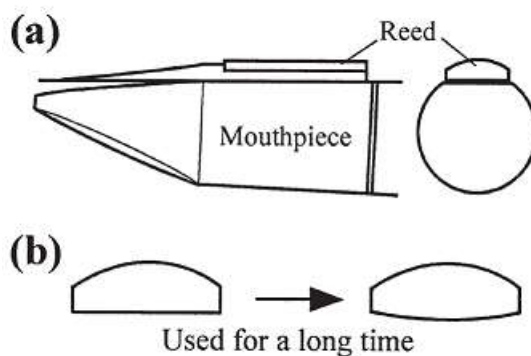
さらに、いったん水浸しにした後、人工的に糖をしみ込ませたリードは、「鳴り」「豊かさ」「柔らかさ」が、無処理のものと同程度でした（緑線）。つまり、いったん劣化したそれらの品質が、糖の

含浸によって回復したと考えられます。このことは、葦に含まれる糖がリードの鳴りや音色の豊かさ、柔らかさに寄与していることを示しています。

ただ、人工的に糖をしみ込ませた場合、「振動しやすさ」や「反応の良さ」が悪化しました。これは、葦の細胞壁だけでなく、細胞の穴ボコにまで糖が入りこみ、リードが「重く」なったためと考えられます。以上のことから、新品のリードを長時間続けて吹いたり水浸しにしたりすると、鳴りや音色が悪くなる可能性が高い、と言えます。

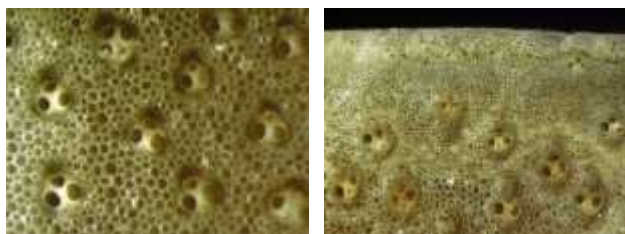
使用に伴う裏面の膨張

リードが鳴らなくなる原因として意外に見過ごされがちなのが、裏面の膨張です。



上図 a のように、新品のリードの裏面は平らに加工されており、マウスピースの面（テーブル）にぴったり密着しています。ところがリードの中には、使っているうちに裏面がだんだん膨らんでくるものがあります（下図 b）。こうなるとリードとマウスピースの間に隙間ができ、息が集まらなくなります。この原因は葦の乾燥過程にあります。

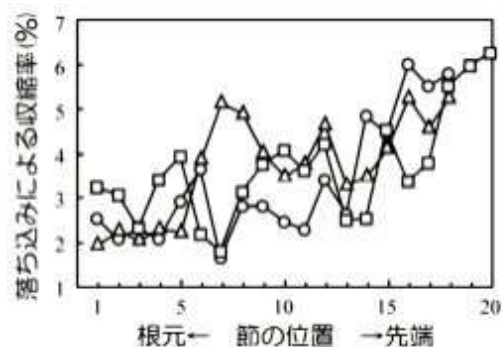
下の写真左側は、伐採直後の葦の断面です。細胞の断面はきれいな円形をしています。ところが、これを乾燥していくと、柔細胞のあちこちが不規則につぶれ始めます。このような細胞の崩壊は「落ち込み」と呼ばれています。葦や竹の柔細胞は、大径で壁が薄く、しかも水で完全に充たされているために、乾燥温度が低くても（～30℃）著しく落ち込みます。似たような現象は木材でも起こりますが、乾燥温度が高い場合に限られます。



生の葦（左）と、乾燥後の葦（右）の横断面

一般に、生木を乾かす場合、ゆっくり乾かした方が割れや反りが少なくなります。リードを作る際も、伐採した葦をまず屋外で風に曝し、数ヶ月かけて非常にゆっくり乾かします。これは一見理にかなっているように見えます。ところが調べてみると、葦の場合、ゆっくり乾かした方が著しい落ち込みを生じることがわかりました。また、節を付けたままだと落ち込みが酷くなることもわかりました（乾燥速度が低下するため）。要するに、リード用の葦は、細胞がより大きく落ち込むような条件で乾燥されているのです。

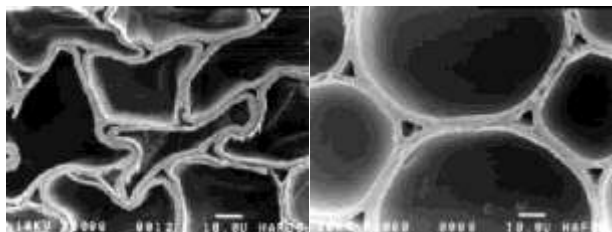
下のグラフは、伝統的な方法で作られたリードに、どの程度落ち込みが含まれているかを示しています。個体や節の位置によって若干の違いはありますが、全ての葦に落ち込んだ細胞が含まれています。クラリネットのリードには、根元から数えて3~10番目くらいの節が使われますが、その範囲に限っても、最大で5%程度の落ち込み収縮が生じています。これは、もしその落ち込みが回復したら、リード裏面中央部が0.15mm（厚さ3mm×5%）膨らむかもしれないことを意味しています。0.15mmというのはわずかなようですが、リード裏面中央部だけが上質紙2枚分膨らめば、息が漏れるには十分です。



残念ながら、特殊な方法（凍結乾燥、溶媒置換など）を使わない限り、落ち込みを完全に防ぐことはできません。落ち込んだ細胞の形は、乾燥後も残ります。そして、その状態でリードに加工されます。したがって、市販のリードのほとんどは、落ち込んだ細胞を含んでいると言えます。

落ち込んだ細胞が永久に落ち込んだままならば、何の問題もありません。ところが厄介なことに、湿気を吸ったり吐いたり（吸放湿）を繰り返すと、落ち込んだ細胞が徐々に元の形に戻っていくのです。先の写真に示したように、細胞の落ち込みは、表皮からちょっと内側に入った中層部で顕著に発生します。したがって、リードの中央部分の方が、端部（サイド）部分よりも、より多くのつぶれた細胞を含むことになります。そのため、落ち込んだ細胞が元に戻ると、端部より中央部が大きく膨張します。このとき、硬い表皮に覆われたリードの表（おもて）面はほとんど変形できないので、結果的に裏面の中央部だけが膨張するのです。

下の写真は、乾燥過程で落ち込んだ細胞（左）と、蒸気を当てて形を回復させた細胞（右）を示しています。80°C以上で数分蒸すと、つぶれた細胞の形はほぼ元通りになります。細胞の変形を一時的に固定している非結晶成分が、水と熱の作用によって柔らかくなるからです。これは服に蒸気を当ててシワを取るのに似ています。



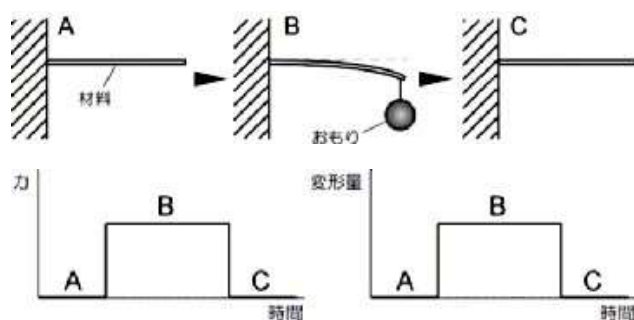
裏面が膨らんだリードを元に戻すのは不可能です。リードを硬い平面に押し当てて強い力をかければ、ある程度は平らになるでしょうが、根本的な解決にはなりません。裏面を削るといふ荒技もありますが、リードの吹き心地が変わるのを覚悟する必要があります。

落ち込みの回復によって裏面が膨らむというなら、もう一度細胞を落ち込ませれば元に戻るじゃないか、という考え方もありますが、いったん乾燥した葦を再び水浸しにすると、一部の成分が溶け出して細胞が弱くなり、再び乾燥する際により著しく落ち込むことがわかっています。そのため、リードを水浸しにしてから再び乾かすと、多くの場合、裏面中央部が（逆に）凹みます。

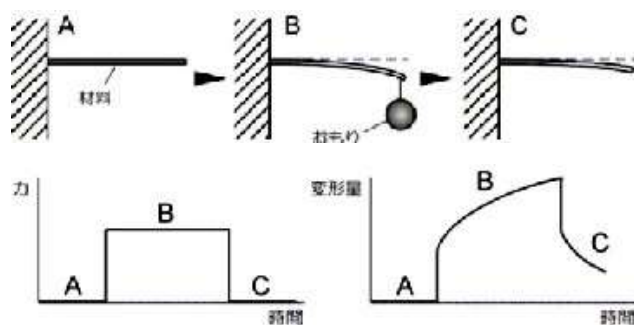
したがって、落ち込み由来のトラブルを防ぐには、落ち込みを含まない葦でリードを作るしかありません。実は、これはそれほど難しいことではありません。先に述べたように、落ち込みを起こさずに乾かすことは不可能ですが、蒸気を当てることによって落ち込んだ細胞を元に戻すことはできるからです。具体的には、葦を乾燥する際に節を取り去り、細かく割って、低い温度で速やかに乾燥すれば、それだけで落ち込みはかなり減ります（ついでにカビや腐朽菌による汚染も防げます）。そして、蒸気を当てて落ち込みを完全に回復させた上でリードに加工すればよいのです。伝統にこだわるリードメーカーには受け入れられない方法だと思いますが・・・。

使用に伴う弾力の喪失

下の図のように、鉄板を押せばたわみます。押すのをやめれば、たわんだ板は元に戻ります。加えた力に応じて変形するが、力を加える速さや時間に関わらず、力を抜けば元に戻る、それが弾力性（弾性）です。その意味では、鉄板もゴムボールも「弾性体」です。

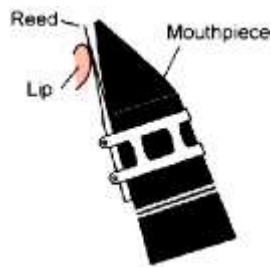


葦や木も、力を加える時間が短いなら弾性体と見なせます。ところが、下図のように長時間力を加え続けた場合、変形が徐々に進行し、おもりを取り除いた後も変形が残ることがあります。



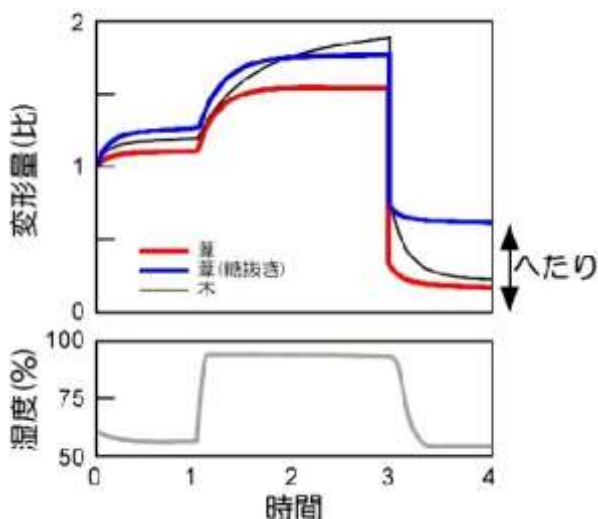
時間とともに徐々に進行する変形を「クリープ」、そういう性質を示す材料を「粘弾性体」と言います。プラスチックは代表的な粘弾性体です。葦や木も、特に湿った状態においては顕著な粘弾性を示します。木の柵が徐々にたわむ、紙を巻いたままにしておくとクセがつく、これらは木や紙のようなセルロース系材料が粘弾性体であることを示しています。

リードは、下唇によってマウスピース側にたわめられ、音を出している間中、その状態が維持されます。しかも不幸なことに、葦や木といった植物材料は湿度



一定の状態よりも、湿度が変化する過程で大きなクリープを生じます。つまり、乾く過程であれ、湿る過程であれ、湿気が入り出す最中に力が加わると、より大きくへたるのです。リードがへたると、リードとマウスピースの間の隙間が保てなくなり、音が詰まったり、コントロールの幅が狭くなったりします。

次のグラフは、葦の薄い板に一定の力を加えたときのたわみ量の変化を表しています。最初の1時間は湿度を60%に保ち、次に90%に上げ、2時間経ってから除荷します。新品の葦（赤線）は、木（スプルー材、黒線）に比べて、常に変形量が小さいことがわかります。つまり、葦は木よりへたりにくいと言えるでしょう。ただ、葦を水浸しにして糖を除去すると、明らかにへたります（青線）。



水浸しにするとへたやすくなる、という現象は、葦の仲間である竹にも認められています。糖を抜いたからそうなるのか、あるいは糖が抜ける過程で他の成分に変化が生じるのか、詳しいこと

はまだわかっていません。ただ、リードを水浸しにするとへたやすくなることだけは間違いなさそうです。

これは想像です。上の実験では、葦の板に静かに力をかけただけです。しかし実際には、下唇の圧力が加わると同時に、薄いリード先端部が激しく振動します。この振動が葦の劣化に関与している可能性は十分にあります。さらに、リードの表面に徐々に沈着する様々な物質（唾液の成分、汚れなど）が何らかの形でリードの質に影響する可能性も否定できません。もしリードの「汚れ」が振動に少なからぬ影響を与えるなら、それを防ぐことでリードの寿命を延ばせるかもしれません。

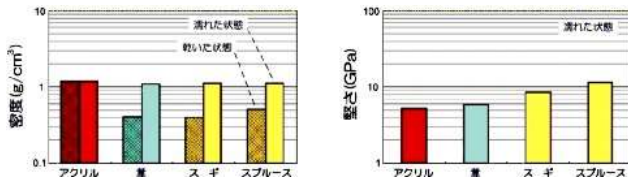
プラスチックリードはなぜ売れる？

以下、プラスチック系の人工材料でできたリードをひっくるめてプラリードと呼ぶことにします。私の周りに、プラリードを持ってる人はけっこういます。でも、普段からそれを愛用しているという人はいません。かくいう私も1枚持っています。私のような貧乏人にとって、2000~3000円もするプラリードは、決して安い買い物ではありません。でも、「もし、万が一、こいつが使い物になるんなら、吹いてるうちに質が変わることもないし、へたることもないし、一生リードに悩まずに済むかも・・・」という淡い（甘い）期待から、なげなしの小遣いをはたいて買ったのです。でも、ちょっと吹いてみて、激しく後悔しました。なんとなく「ボヨン」とした吹き心地だし、高音は詰まるし、ジャンプすると「キャッ」って鳴るような気がするし・・・。もちろん、もっと上手な人が吹いたらまともな音が出るのかもしれませんが、とりあえず本番どころか練習にも使う気がしません。こういう人は意外と多いはず。そして、そういう人のおかげで、プラリードの会社はつぶれずに済んでいるのではないのでしょうか。少なくとも、リード楽器奏者全員に1枚ずつ行き渡るまでは、プラリードは売れ続けるでしょう。たとえ

それが「最初で最後の」1枚だとしても。

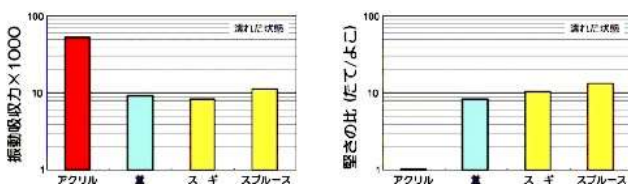
葦とプラスチックの違い

密度と堅さ（たわみにくさ）について、代表的なプラスチックであるアクリルと、葦や木を比較してみましょう。



乾いた状態では葦や木の方が圧倒的に軽いのですが、濡れた状態では、プラスチックも葦も木もほぼ同じ密度です。これは、葦や木の細胞の穴が、密度 1g/cm³ の水で満たされるからです。堅さについても、葦とプラスチックに大差はありません。ではいったい何が違うのでしょうか。

下のグラフには、振動吸収力と、縦と横の堅さの比を示してあります。葦や木は、水に濡れると振動吸収力が大きくなりますが、それでもプラスチックに比べると 1/5 程度です。また、プラスチックの性質には縦も横もありませんが、葦や木の場合、木目の方向が堅く、それと直角の方向が柔らかいという性質（異方性）を持っています。



振動吸収が大きいと、与えた力が音にならずに熱になってしまいますから、プラリードが「吹いた感じがしない」のは、振動吸収の大きさによるのかもしれません。

一方、異方性に関しては、それがどのような形で吹き心地や音に影響を与えるのか、まだはっきりとはわかっていません。ただ、異方性が高い材

料ほど音色が「好ましい」と評価されることが既にわかっています。したがって、リード材料としては、葦と同程度かそれ以上の異方性を持ったものが望ましいと思われます。

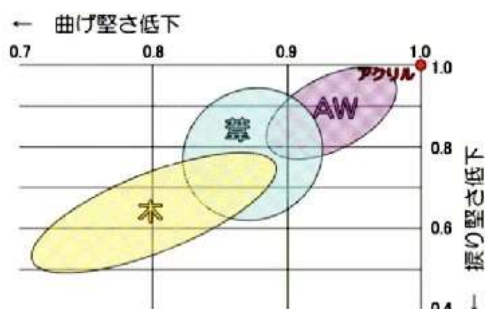
材料科学の発達した現代では、実に様々な材料が手に入ります。密度や堅さ、振動吸収力が葦と同程度の材料は、比較的容易に手に入れる（あるいは創る）ことができます。ただ、葦の異方性を真似するのは容易ではありません。

異方性の高い人工材料としては、グラスファイバーやカーボンファイバーで強化した樹脂（GFRP、CFRP）がよく知られています。ところが、これらの材料は、堅さや強さを目指して開発されたので、葦のような「軽く、柔らかい材料」を作るには適しません。横方向を柔らかくするには、柔らかいプラスチックを使うか、プラスチックを泡状にするという手がありますが、そうすると、堅いファイバーとの間にズレが生じやすくなります。また、この種のファイバーは非常に堅い（葦のスジの 10~40 倍！）ので、葦と同じような堅さのものを作ろうと思ったら、ファイバーをかなり「まばらに」配置しなければなりません。まばらにするのは難しくありませんが、「まばらに」かつ「均一に」配置するのは容易ではありませんし、できたとしても、かなり値段が高くなりそうです。

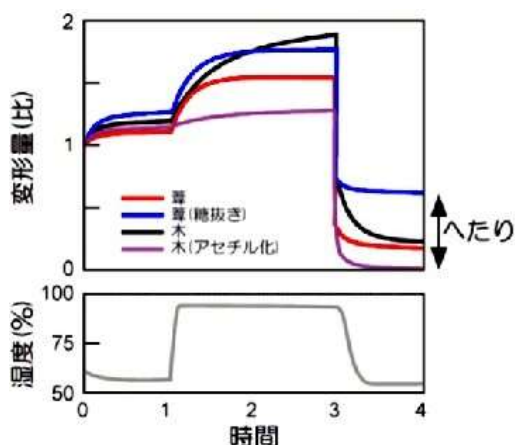
葦と木の違い

さて、材質が葦に近い、という意味では、木が最有力候補です。成分や細胞壁の構造も似ていますし、何より安価で簡単に手に入ります。ただ、木にはいくつかの欠点があります。

次に示すグラフは、種々の材料を水で濡らしたときの堅さの変化を示しています。横軸は曲げ堅さの変化、縦軸は捩り堅さ（捩れにくさ）の変化を表します。葦（水色）に比べて、木（黄色）は、濡らしたときの堅さの変化が大きいことがわかります。つまり、木は葦に比べて水分の影響を受けやすい不安定な材料と言えます。



もう一つの木の欠点は「へたりにやすさ」です。下図のように、力を加えた状態で湿度を変化させると、木（黒線）は葦（赤線、青線）と同等かそれ以上により大きく変形します。吹いている間にへたりにやすいのです。



密度、堅さ、振動吸収力、異方性、どれをとっても木は葦にいちばん近い材料です。しかも、安価で容易に入手でき、きちんと選別しさえすれば質のそろったリードを多数作ることが可能です。材質の不安定性やへたりにやすささえ解決できれば、それなりに良いリードが作れそうです。

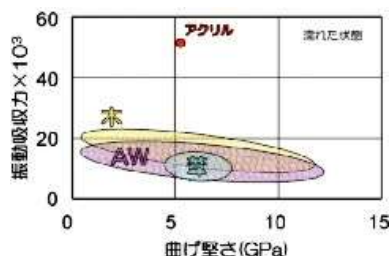
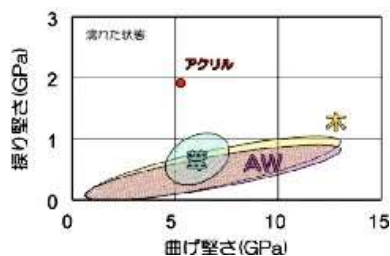
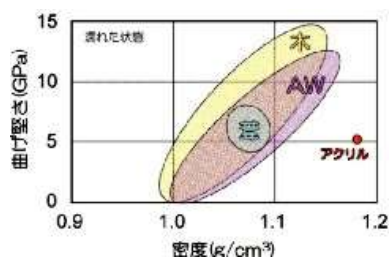
木の材質安定性を高め、へたりにくくする方法はたくさんあります。化学処理がその一つです。何かをコーティングして湿気を遮ったりするのではなく、木そのものの性質を変えてしまうのです。化学処理は一般に大きな寸法の材料には適しません。薬品を均一に注入するのが難しいからです。でも、寸法の小さいリードなら、均一に処理するのはそれほど難しくありません。

よく知られた化学処理にホルムアルデヒド処理があります。この処理をすると、木の振動吸収

力が小さくなり、効率よく振動できるようになるため、既にギター響板などに応用されています。ただ、この処理は木の持つ様々な性質のバランスを大きく変えてしまいます。また、安全性の点で、口に入れるリードには適しません。

一方、木の性質のバランスをあまり変えることなく、湿気に対する安定性を高めることができ、かつ安全性が極めて高い処理として、アセチル化処理があります。処理の過程で酢酸が生じますが、水洗で除去できます。そもそも酢酸=お酢、ですから、悪影響は一切ありません。以下、アセチル化処理した木を AW と略します。

ひとことで「木」といっても、種類によって性質が様々なので、葦に近い木を探すため、バルサ、キリ、スギ、各種スプルース、カバ、カシ、サクラなど、幅広い種類の木について調べてみました。

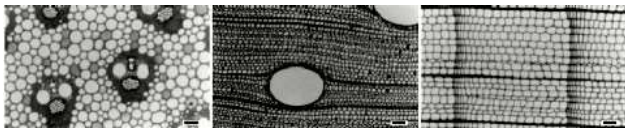


上図は、濡れた状態で測定した様々な性質（曲げ堅さと密度の関係、捩り堅さと曲げ堅さの関係、振動吸収力と曲げ堅さの関係）です。木と AW はあまり変わりません。また、木の中には、葦に近い

ものもあります。一方、代表的なプラスチックであるアクリルは、木とも、AWとも、葦とも違うことがわかります。異方性のないアクリルの場合、振り堅さが曲げ堅さの1/3程度ですが、異方性材料である葦や木は振り堅さがぐっと低いことがわかります。

木の欠点である材質の不安定性やへたりやすさは、アセチル化によってどの程度改善されるのでしょうか。前のページのグラフに示したように、AWは葦以上に材質が安定していることがわかります。しかも、AWはほとんどへたりません。

このようにして、様々な木を調べた結果、キリやスプルースといった比較的軽い木が、葦によく似た性質を持つことがわかりました。このうち、葦に近かったのがキリです。ただ、キリは導管が太いため、薄い(100ミクロン程度)リードの先端で割れてしまいます。そこで、キリに次いで葦に近かった各種のスプルースでリードを作ることにしました。スプルースなどの針葉樹の組織は、目が細かく、比較的均質です。これは、質の揃ったリードを作るのに向いています。



左から、葦、キリ、シトカスプルースの断面(右下のバーは100ミクロン)



こうしてできた木のリードを、何人かのプロの奏者の方に試奏していただいたところ、ほとんどの方から「実用化は十分可能」との評価を頂きました。演奏会本番で使ってくださいました方もおられ

ます。奏者によっては「かたい」「吹きにくい」という評価もありましたが、これについてはカットの工夫でかなり改善されると考えています。

これは個人的な意見です。私は、AWリードが葦に取って代わるとは思っていません。葦に近い、というだけで、葦そのものではないからです。葦リードとAWリードでは、音色や吹き心地が明らかに違います。ですから、AWリードの音は自分の目指す音ではない、という人がいて当然です。でも、少なくとも、AWリードはリードとして使えます。そこが「使えないプラリード」との決定的な違いです。また、木のフルートと銀のフルートを使い分けるように、葦のリードと木のリードを使い分ける人がいたっていいと思っています。現状では「葦または葦またはプラスチック」ですが、「葦にするか秋田スギにするかカナダ産スプルースにするか」で悩めるようになったらおもしろいな、と思っています。