

ダケカンバを野球のバットに使うには

性能部 構造・環境グループ 秋津 裕志

■はじめに

国内で使用される野球の木製バットは、アマチュアを含めると年間20万本の需要があるといわれています。しかし、そのほとんどが輸入材で、北米材のシュガーメープルが8~9割を占めています。図1, 2にバットに使われている樹種の曲げ性能と密度を示します^{1,2)}。図から分かるように、シュガーメープルに近い値を示しており野球のバットへの利用の可能性があります。ダケカンバの野球のバットとしての適性が示されれば、ダケカンバの新たな利用方法として、価値の向上につながり、林業の活性化に貢献できると考えられます。

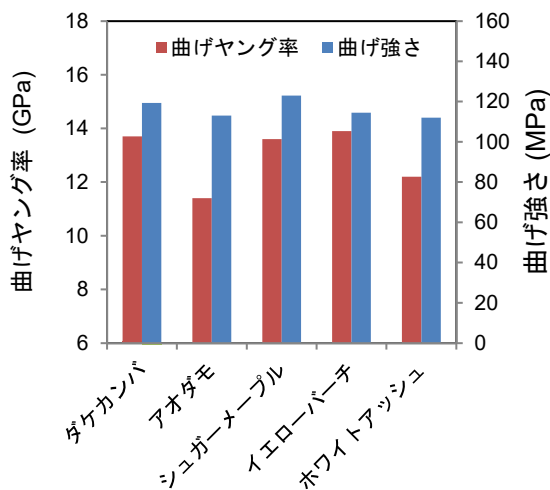


図1 バット用材の曲げ性能

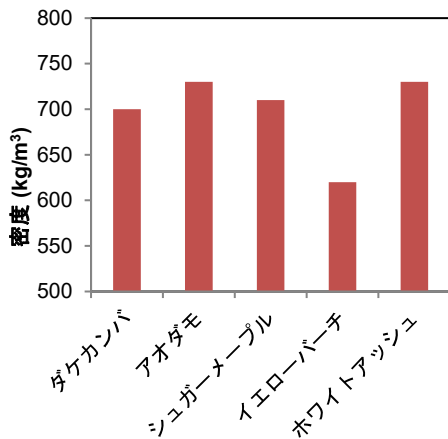


図2 バット用材の密度

米国メジャーリーグ (MLB) においては、木製バットの主原料がホワイトアッシュからシュガーメープルへとシフトしました。それに伴いバットの破壊 (MPF, catastrophic multi-piece failures) が増加し問題となりました。そこで2000年代後半に大規模な調査が実施され、散孔材では板目面でボールを打つことから、MPFの発生が木材の板目面の繊維傾斜と関係していることが明らかとなりました³⁾。MLBでは安全性を重視し、MPFの原因である繊維傾斜角 (SoG, slope of grain) を全数測定するという規定を設けることとなりました⁴⁾。ダケカンバはシュガーメープルと同じ散孔材でMPFへの懸念が生じます。そこで、MPFの原因とされるSoGと強度の関係については衝撃曲げ試験によって検討することとし、ダケカンバ材のバット用材としての適性を、現在使用されている樹種と比較検討しました。

■繊維傾斜角 (SoG) と衝撃曲げ強度の関係

ダケカンバのSoGが衝撃曲げ性能にどのような影響を与えるか調べるために、SoGが0°, 22.5°, 45°, 67.5°と90°の試験体を用意し、確かめることにしました。0°と90°では強度や密度に差がありすぎて同じ形状では同じ衝撃試験機での評価ができないため、試験体の形状を0°と22.5°では10 mm (半径方向) × 7 mm × 100 mm, 密度485 ± 20 kg/m³, 45°, 67.5°と90°では15 mm (半径方向) × 12 mm × 100 mmで、密度784 ± 40 kg/m³の直方体試験体にしました。

衝撃曲げ強度の測定には、写真1に示すスパン60 mmの小型シャルピー式衝撃曲げ試験機を用い、荷重面を木口面かまさ目面、またはその中間としました。荷重値から最大荷重 (衝撃曲げ強度) および破断に要したエネルギー (衝撃破壊エネルギー) を求めました。試験体は密度に差があるため、それらを密度で除した比衝撃曲げ強度と比衝撃破壊エネルギーを求めました



写真1 シャルピー式衝撃曲げ試験機

(図3, 4)。これらの計算結果をもとに式 (1) のハンキンソン式⁶⁾にフィッティングし係数 n を求めました。

$$f = \frac{PQ}{P\sin^n\theta + Q\cos^n\theta} \quad (1)$$

ここで、 f は衝撃曲げ強度および衝撃破壊エネルギーを、 P と Q はそれぞれ $\theta=0$ および $\theta=90$ の強度または破壊エネルギーを示します。繊維方向に対する繊維直交方向の物性の比 Q/P は、比衝撃曲げ強度で0.127, 比衝撃破壊エネルギーで0.067となり、係数 n は、それぞれ2.37と2.03になりました。Wood handbookに記載されたimpact bendingでは衝撃曲げ破壊エネルギーが使われ $Q/P=0.05$ となっています⁴⁾。本実験でも比衝撃破壊エネルギーでは近い結果が得られ、SoGが大きくなると破壊が脆性的になるため、曲げ破壊エネルギーがより

低下すると考えられます。またWood handbookでは曲げ試験でのハンキンソン式の係数は $n=2$ とされています。本実験の結果は幾分大きくなりましたが試験体の形状の違いの影響などが考えられます。また、衝撃破壊エネルギーのSoG=0°の試験体は、繊維傾斜方向に沿わずに繊維を切断する破断面でした。これは、破断面積や細胞レベルでの破断面の違いが、破断に要する時間や仕事に影響したために、衝撃破壊エネルギーのばらつきとなったと考えられます。

■バット材の衝撃曲げ強度

ダケカンバの衝撃曲げ性能を、バット用材として使用されているシュガーメープル、ホワイトアッシュ、ヒッコリーと比較しました。バットのグリップを模した直径23mmの円柱形の試験体に加工し、試験体長さを320mmとしました。円柱形の試験体のSoGの測定は、ダケカンバのような散孔材では板目面の測定が困難なため、インクドット法で測定しました³⁾。インクドット法は、図5の板目面に示すように、インクを滴下して、その滲みで、試験体長軸に沿った基準線から1cmの幅で外れるまでの距離をXcmとし、なす角 θ を式 (2) によって求めました。板目面、まさ目面のSoGをそれぞれ $TaSoG$, $RaSoG$ とし式 (3) より全体のSoGとなる $TrueSoG$ を求めました⁵⁾。得られた結果を表1に示します。

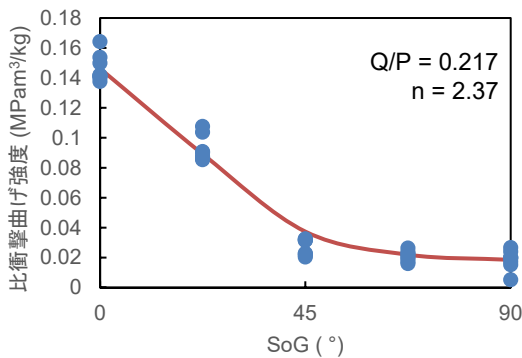


図3 ダケカンバ材のSoGの違いによる比衝撃曲げ強度

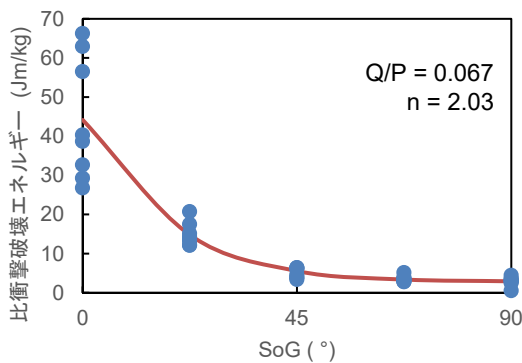


図4 ダケカンバ材のSoGの違いによる比衝撃破壊エネルギー

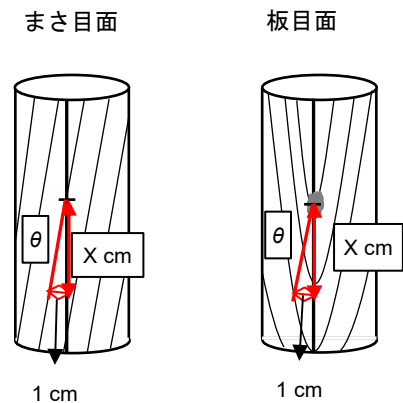


図5 SoGの測定方法 (インクドット法)

表1 衝撃曲げ性能試験に用いた試験体の密度とSoG

樹種	板目面		まさ目面	
	密度 (kg/m³)	True SoG (°)	密度 (kg/m³)	True SoG (°)
ダケカンバ	650±57	7.1±3.4	635±55	6.4±3.1
シュガーメープル	706±27	5.3±3.6	705±42	5.5±2.9
ホワイトアッシュ	683±56	3.5±1.7	684±65	4.0±1.9
ヒッコリー	816±79	3.9±1.5	822±74	4.1±1.9

$$\theta = \frac{1}{\tan(1/x)} \times \frac{180}{\pi} \quad (2)$$

$$\text{TrueSoG} = \sqrt{(\text{TaSoG})^2 + (\text{RaSoG})^2} \quad (3)$$

衝撃曲げ試験には、大型のシャルピー式衝撃曲げ試験機を用い、荷重面を試験体のまさ目面、板目面でそれぞれ行いました。

樹種間でSoGに違いがあるため、前述のダケカンバで得られた結果からハンキンソン式をもとに式(4)で、 $\theta=0$ に補正し、樹種間の比衝撃強度と比衝撃破壊エネルギーを比較しました。

$$P = f \left(\frac{\sin^n \theta}{Q/P} + \cos^n \theta \right) \quad (4)$$

ここで Q/P と n は、前述の測定から得られた値をあてはめ、比衝撃曲げ強度では $Q/P=0.127$ 、 $n=2.37$ 、比衝撃破壊エネルギーでは $Q/P=0.067$ 、 $n=2.03$ としました。その結果、図6、7に示すように、ダケカンバの比衝撃曲げ強度と比衝撃破壊エネルギーは他のバット用材とほぼ同様の値となり、バット用材として十分な強度を有していることが分かりました。

■おわりに

ダケカンバが現在使用されているバットの他の樹種と比較して、十分な強度を有していることがわかりました。しかし、バット材として利用していくためには、強度だけでなく、バットに加工して野球選手に実際に使用してもらい、打感などの主観的な評価と耐久性など様々な検討が必要となります。また、安定的にバット用材として供給できなければ普及していきません。今後は、安定的な供給体制の構築とバットとしての実用性能の評価を行う予定です。

■引用文献

- 1) 武藤吾一，小泉章夫：バット用材としてのアオダモ，ホワイトアッシュおよびシュガーメープルの材質特性，北海道大学演習林研究報告，64（2），pp. 113-122（2007）。
- 2) 大崎久司，村上 了，秋津裕志：北海道厚真町産カンバ人工林材の材質特性，木材学会誌 65，pp. 189-194（2019）。
- 3) Drane, P., Sherwood, J., Colosimo, R., Kretschmann, D. : A study of wood baseball bat breakage, Proc. Eng. 34, pp. 616 – 621（2012）。

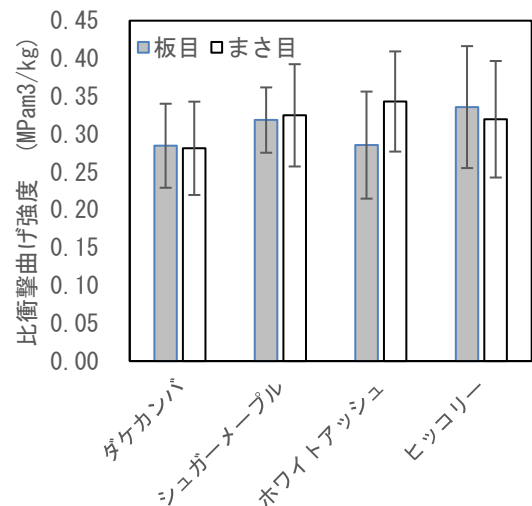


図6 SoG $\theta=0$ に補正したときの板目とまさ目の比衝撃曲げ強度

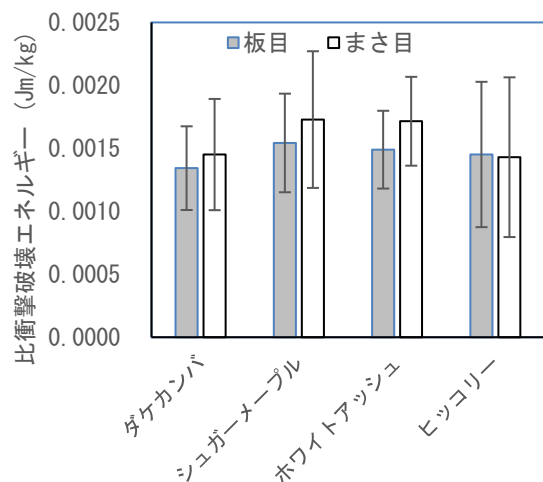


図7 SoG $\theta=0$ に補正したときの板目とまさ目の比衝撃破壊エネルギー