



Title	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
Author(s)	武藤, 吾一; 小泉, 章夫
Citation	北海道大学演習林研究報告, 64(2), 113-122
Issue Date	2007-09
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/30302">http://hdl.handle.net/2115/30302</a>
Type	bulletin (article)
File Information	64(2)_113-122.pdf



[Instructions for use](#)

# 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

武藤 吾一<sup>1</sup> 小泉 章夫<sup>1</sup>

Mechanical properties of aodamo (*Fraxinus lanuginosa*), white ash  
(*Fraxinus americana*), and sugar maple (*Acer saccharum*) as baseball bats

by

Goichi MUTO<sup>1</sup>, Akio KOIZUMI<sup>1</sup>

## 要 旨

アオダモ (*Fraxinus lanuginosa*) は, バット用材としての生産を北海道の天然林に依存しており, 蓄積資源の減少が懸念されている。アオダモの人工育成技術確立に寄与するため, 北海道内8地域で採取したアオダモ, アメリカ合衆国5地域で採取したホワイトアッシュ・シュガーメープル, プロ野球・大学野球で使用され折損したバットを供試材料とし, 各種強度試験を行った。試験結果から, 造林適地の選定において重要となるアオダモの強度特性の地域間差を明らかにした。また, アオダモの成長速度と強度指標の間に顕著な関係が見られなかったことから, 人工育成において速い成長速度と優良な材質の両立が可能であることがわかった。さらに, 近年, バット用材としてのシェアを広げている北米材のホワイトアッシュ・シュガーメープルについてアオダモとの強度特性の違いを明らかにした。最後に, プロ野球・大学野球使用バットの結果から, 現在バット材として重要視されている強度指標を明らかにした。

---

2007年2月28日受付, Received February 28, 2007

2007年7月2日受理, Accepted July 2, 2007

1: 北海道大学大学院農学研究院木材工学研究室 (〒060-8589 札幌市北区北9条西9丁目)

Laboratory of Timber Engineering, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, 060-8589 Japan

## 1. はじめに

アオダモ (*Fraxinus lanuginosa*) は、曲げ強さをはじめとする力学的特性に優れ、野球用バットに用いられる主要な樹種である。現在、バット用のアオダモ原木のほとんどは北海道内で伐採されており、そのすべてを天然林に依存している (澤田 1985; 西田 1978)。近年、北海道内のアオダモ蓄積資源の減少が深刻化しており、バット材料としてアオダモ材を安定的に供給しつづけるためには人工造林によるアオダモ資源の育成が不可欠であるとされている。これまでにアオダモの試験的な人工造林が行われてきているが、良好な成果は得られていない (吉田 1994; 福長 2005)。最近では造林用に優良個体の選抜育種もはじめられており (半田 2002)、人工林の施業技術の確立が望まれるところである。アオダモの人工造林を行う上で、伐期を短くして効率的に材を生産すること、バット材に適した樹形と材質を持つアオダモを選抜することが重要である。そのためにはアオダモ造林適地の検討、良好な肥大成長と優良な材質が両立するかの検討、バット材に求められる材質の指標を明らかにする

ことが必要であろう。バット材としての材質評価を念頭においた北海道産アオダモ材の強度特性については宮島ら (1979, 1985) の日高産と夕張産についての報告があるが、供試木数はそれぞれ1林分から3個体ずつであり十分とはいえない。

本研究では、アオダモの強度材質の地域間差、肥大成長と強度特性の関係を調べることで、アオダモ以外でバット材としてよく利用されるシュガーメープル、ホワイトアッシュとの材質特性の差異を検討すること、プロ野球や大学野球で使用されているバット材の材質評価と合わせて、バット用材料評価に必要な材質指標を明らかにすることを目的として、各種の強度試験を行なった。

## 2. 材料および試験体

供試材料の概要を表1に示す。これらのうち、アオダモは北海道の胆振・日高地方の苫小牧市(植苗)、むかわ町、平取町、日高町、新冠町、新ひだか町、浦河町、および厚真町で採取された丸太材(直径10~15cm、長さ40cm)、および板材(断面寸法3×7cm、

表1 材料の採取地(ソース)、供試木数および試験体数

Lot No.	樹種	採取地・ソース	供試木数	試験体数
1	アオダモ	植苗(天然林)	3	32
2	アオダモ	むかわ(天然林)	9	35
3	アオダモ	平取(天然林)	5	14
4	アオダモ	日高(天然林)	10	29
5	アオダモ	新冠(天然林)	3	30
6	アオダモ	新ひだか(天然林)	9	39
7	アオダモ	浦河(天然林)	4	47
8	アオダモ	厚真(人工林)	5	22
9	アオダモ	プロ野球バット	2	6
10	アオダモ	大学野球バット	3	6
11	ホワイトアッシュ	インディアナ州	5	15
12	ホワイトアッシュ	バージニア州	5	15
13	ホワイトアッシュ	ペンシルベニア州	5	15
14	ホワイトアッシュ	大学野球バット	1	2
15	シュガーメープル	アイオワ州	5	15
16	シュガーメープル	インディアナ州	5	15
17	シュガーメープル	ノースキャロライナ州	5	15
18	シュガーメープル	ペンシルベニア州	4	12
19	シュガーメープル	プロ野球バット	1	3
20	シュガーメープル	大学野球バット	1	2
	合	計	90	369

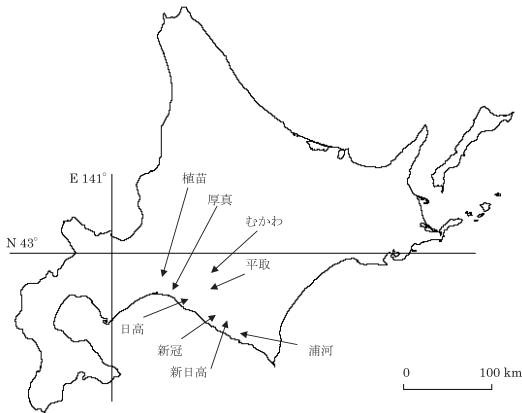


図1 アオダモ供試木の採取地

長さ90cm)を用いた(図1)。なお使用した丸太は、バット用原木として伐採された個体から用材を玉切りした残りの地上高4~5mの高さから得たものである。

厚真町を除く7林分が天然林であるのに対し、厚真町のアオダモは、1980年頃に防風林として列状に植栽されたカラマツ (*Larix kaempferi*) とヤチダモ (*Fraxinus mandshurica* var. *japonica*) のうちヤチダモに混じって植えられていたものである。防風林周辺の地形は平坦で周囲はカラマツ人工林と畑作地であり、ここから採取されたアオダモは樹高成長・直径成長ともに約20年の生育期間を通して常に良好であり、天然生アオダモ個体の平均的な成長量を大きく上回っていた(福長 2005)。

北米材のホワイトアッシュはアメリカ合衆国のインディアナ州、バージニア州、ペンシルベニア州、シュガーメープルはアイオワ州、インディアナ州、ノースキャロライナ州、ペンシルベニア州で採取された板材(断面寸法3×7cm,長さ90cm)を用いた(図2)。

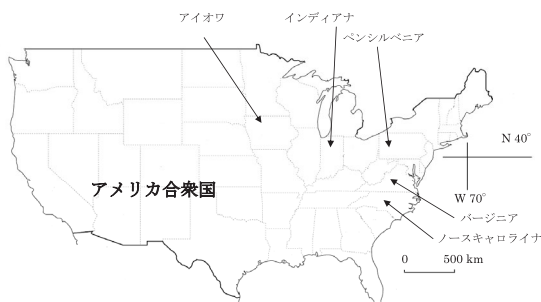


図2 ホワイトアッシュ,シュガーメープル供試材の採取地

各樹種のうち、採取ソースをバット製品としたものは、プロ野球と大学野球で使用され折損したバットの非破壊部から採材したものである。

これらの材料から断面寸法20×20mmの無欠点小試験体を採材した。アオダモの丸太材は、髄から直交4方向に柁目板を木取り、気乾状態に乾燥した後、樹皮側から連続的に試験体を作製した。これらの丸太から採取した試験体については、試験体断面中央の年輪について髄からの年輪数を測定して形成層年齢とした。

板材は、長さを60cmに切り揃え気乾状態まで乾燥後、できるだけ多くの試験体を作製した。なお、板材から作製した無欠点小試験体は、一端から35cmまでの部分を曲げ試験等用、残りの25cm部分を衝撃曲げ試験用の試験体とした。

バット製品は、バットを軸方向に2つに割った後、両片から2~3体の試験体を作製した。全ての小試験体は、温度20℃・相対湿度65%(夏季は30℃・68%)に設定した恒温恒湿槽内で含水率が約12%になるよう約2週間調整した後、強度試験に供した。

### 3. 試験方法

無欠点小試験体の寸法と平均年輪幅(ARW)を測定した後、振り試験、縦振動試験、曲げ破壊試験を行ったのち、曲げ試験の非破壊部から作製した試験体を用いて、部分圧縮試験、縦圧縮試験、せん断試験を行った。一部の供試材料については衝撃曲げ試験を行った。

振り試験は、試験体の一端を固定し、他端に4.9N×140mmの振りモーメントを負荷する方法で行い、150mm区間での振り率の測定値からせん断弾性係数(G)を求めた。縦振動試験は、試験体の中央部を手で支持し、一端をハンマーで打撃することで発生させた縦振動音をFFTアナライザにより解析して、動的ヤング率( $E_d$ )を求めた。曲げ試験、部分圧縮試験、縦圧縮試験、せん断試験、衝撃曲げ試験はJIS-Z2101に準拠した方法で行い、曲げ試験から曲げヤング率(MOE)、曲げ強さ(MOR)、および静的曲げ破壊エネルギー(U)を、部分圧縮試験から辺長の5%部分圧縮強さ(5%LBS)を、縦圧縮試験から縦圧縮強さ(CS)を、せん断試験からせん断強さ(SS)を、衝撃曲げ試験から衝撃曲げ吸収エネルギー( $U_d$ )を、それぞれ求めた。なお、Uは、曲げ荷重-変位曲線において、負荷開始から試験体が破壊した後、荷重が

0.8 $P_{max}$  まで減少した点までの曲線と x 軸とで囲まれる面積と定義した。また、JIS-Z2101では $U_d$ を(衝撃仕事量÷試験体の断面積)としているが、本研究では静的曲げ試験から得た $U$ と比較するために衝撃仕事量をそのまま $U_d$ とした。

本研究ではバットとして評価すべき性能として、軽さ(バットコントロールのよさ、スイングスピードの速さ)、折れにくさ(安全性を考慮して折損時に破片が飛ばないことを含む)、反発係数(飛距離に関係する)、および打球時の「しなりやすさ」を考慮した。これらの性能を、それぞれ、比重(SG)、曲げ強さ(MOR)と静的曲げ破壊エネルギー( $U$ )または衝撃曲げ吸収エネルギー( $U_d$ )、辺長の5%部分圧縮強さ(5%LBS)、および曲げヤング率(MOE)または動的ヤング率( $E_d$ )の各材質指標によって評価が可能であると想定した。このうち、バット材の折れにくさの指標としては、打撃時の挙動が動的であることから、従来、 $U_d$ が用いられることが多かった。しかし、 $U_d$ を求めるためにはシャルピー型などの衝撃曲げ試験装置が必要となる。そこで、本研究ではより簡便に、静的曲げ試験の荷重たわみ曲線から曲げ破壊に要するエネルギー( $U$ )を算出することにし、その方法の妥

当性について検討を行なった。

#### 4. 結果と考察

樹種・採取地(ソース)別の強度試験結果を表2に示す。アオダモ丸太材から採取した試験体の形成層年齢は10~60年の範囲であった。これらのうち、髓に近い部位は未成熟材を含むおそれがあったため、採取地ごとに形成層年齢とSGおよびMOE/Gとの関係を調べたが、とくに傾向は認められなかった。そこで本研究ではすべてを成熟材として取り扱った。

##### 4.1 アオダモ材の強度特性の地域間差

道内の天然林に生育するアオダモの材質の地域変異を調べるため、人工林である厚真町を除いた7採取地の試験結果について、強度特性値の分散分析を行った。その結果、ARWについて有意水準1%、SG、G、5%LBS、およびCSについて有意水準5%で有意差が検出された(表3)。各強度指標の採取地ごとの平均値および標準偏差を図3に示す。

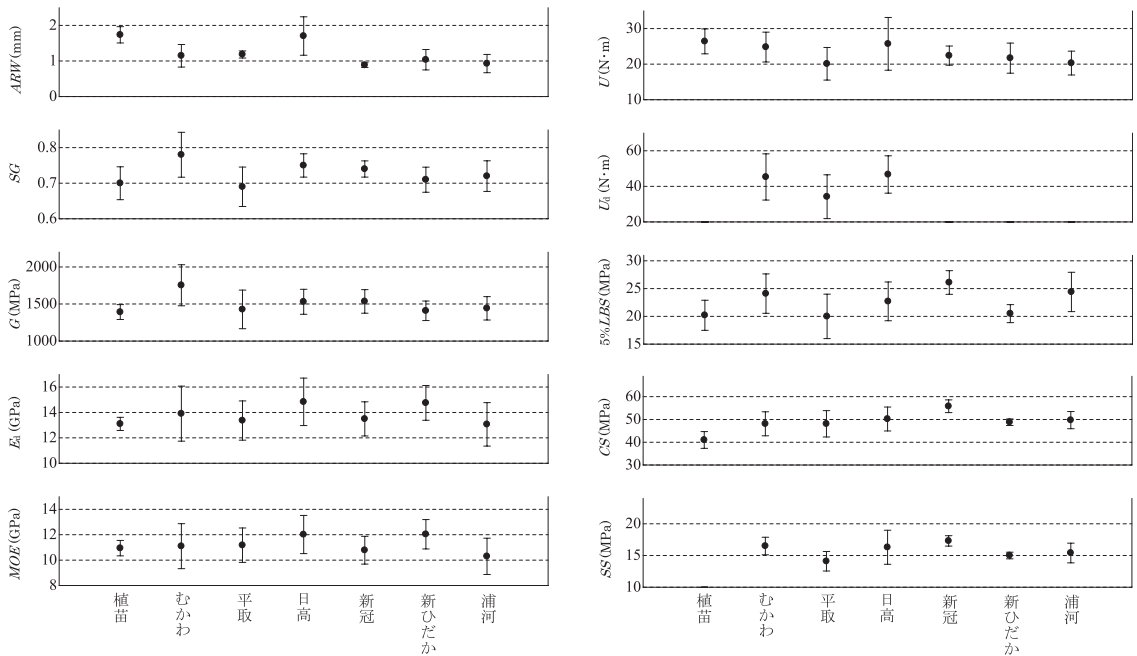


図3 アオダモの材質特性値の採取地間差

誤差棒は標準偏差を示す。

表2 樹種・採取地(ソース)別の試験結果(平均値)

樹種	Lot No.	ARW (mm)	SG	G (MPa)	E <sub>d</sub> (GPa)	MOE (GPa)	MOR (MPa)	U (N·m)	U <sub>d</sub> (N·m)	5%LBS (MPa)	CS (MPa)	SS (MPa)
ア オ ダ モ	1	1.7 (13.2)	0.70 (6.6)	1391 (7.2)	13.1 (4.0)	10.9 (5.6)	116 (8.8)	26.4 (13.3)	—	20.2 (13.4)	41.0 (9.0)	—
	2	1.1 (27.8)	0.78 (8.1)	1753 (15.8)	13.9 (15.6)	11.1 (16.0)	118 (14.5)	24.8 (17.0)	45.3 (28.7)	24.1 (14.7)	48.1 (11.0)	16.5 (8.4)
	3	1.2 (8.5)	0.69 (8.1)	1427 (18.2)	13.4 (11.6)	11.2 (12.1)	109 (11.1)	20.1 (22.9)	34.2 (36.1)	20.0 (20.0)	48.1 (12.1)	14.1 (10.9)
	4	1.7 (31.8)	0.75 (4.4)	1530 (11.0)	14.8 (12.6)	12.0 (12.5)	115 (10.9)	25.7 (28.8)	46.7 (22.5)	22.7 (15.4)	50.2 (10.4)	16.3 (16.5)
	5	0.9 (7.4)	0.74 (3.1)	1535 (10.4)	13.5 (9.9)	10.8 (10.1)	118 (6.5)	22.4 (12.1)	—	26.1 (8.7)	55.8 (5.0)	17.3 (4.8)
	6	1.0 (27.7)	0.71 (5.0)	1408 (9.4)	14.8 (9.3)	12.0 (9.6)	109 (5.4)	21.7 (19.5)	—	20.5 (7.9)	48.8 (2.9)	15.0 (3.5)
	7	0.9 (27.7)	0.72 (6.0)	1442 (10.9)	13.1 (13.1)	10.3 (13.9)	107 (10.8)	20.3 (16.5)	—	24.4 (14.5)	49.7 (7.6)	15.4 (10.0)
	Ave.	1.3	0.73	1522	14.1	11.4	113	23.3	43.3	22.4	48.9	15.7
	8	3.5 (29.2)	0.73 (4.2)	1595 (3.3)	13.8 (11.5)	10.7 (11.5)	109 (3.3)	32.1 (30.3)	—	20.5 (9.2)	50.5 (4.8)	14.3 (6.4)
	9	2.0	0.72	1343	—	14.0	115	26.3	—	19.4	52.7	14.2
10	2.1	0.77	1654	—	13.1	129	24.2	—	25.3	56.2	16.6	
ホ ワ イ ト ア ッ シ ユ	11	3.2 (35.4)	0.76 (3.9)	1233 (7.7)	15.0 (16.5)	12.5 (15.8)	115 (10.1)	20.6 (11.7)	37.0 (22.6)	22.0 (6.5)	52.7 (8.9)	15.1 (4.8)
	12	3.1 (37.0)	0.70 (12.9)	1158 (21.6)	15.8 (18.2)	13.0 (16.5)	114 (15.3)	31.1 (68.6)	39.2 (66.3)	20.6 (21.1)	50.3 (10.7)	13.7 (20.8)
	13	5.4 (22.1)	0.73 (4.7)	1373 (8.0)	13.2 (25.1)	11.1 (22.8)	106 (10.0)	25.5 (21.6)	49.3 (22.2)	22.4 (10.4)	46.9 (12.2)	14.3 (4.2)
	Ave.	3.9	0.73	1255	14.6	12.2	112	25.7	41.8	21.7	50.0	14.4
14	1.9	0.74	1463	—	12.5	133	23.3	—	26.0	—	15.8	
シ ユ ガ ー メ ー プ ル	15	1.9 (32.9)	0.75 (3.7)	1485 (5.8)	17.1 (5.8)	14.1 (5.3)	129 (5.5)	22.7 (12.7)	50.2 (14.0)	21.4 (5.4)	58.6 (5.3)	14.6 (3.3)
	16	3.5 (31.0)	0.70 (1.6)	1427 (7.9)	15.6 (6.8)	12.9 (6.1)	124 (3.1)	21.7 (13.3)	44.0 (14.8)	17.3 (6.6)	57.3 (3.2)	14.4 (5.7)
	17	4.1 (38.7)	0.69 (6.7)	1307 (14.8)	15.3 (7.4)	12.5 (6.0)	112 (3.5)	20.4 (20.0)	38.4 (34.9)	16.2 (15.4)	51.6 (3.4)	12.9 (13.7)
	18	1.8 (19.1)	0.72 (1.2)	1379 (5.3)	18.3 (2.6)	15.1 (2.6)	128 (0.9)	30.4 (28.2)	54.9 (29.4)	18.9 (2.1)	58.5 (1.8)	14.8 (5.7)
	Ave.	2.9	0.71	1401	16.5	13.6	123	23.4	46.6	18.5	56.4	14.1
	19	3.6	0.73	1452	—	12.5	120	20.2	—	20.6	55.0	—
20	2.1	0.74	1570	—	14.9	138	19.3	—	19.2	—	14.9	

それぞれ、上段に平均値、下段の括弧内に変動係数(%)を示した。

ARW: 平均年輪幅, SG: 気乾比重(含水率12%), G: せん断弾性係数, E<sub>d</sub>: 動的ヤング率, MOE: 静的曲げヤング率, MOR: 曲げ強さ, U: 静的曲げ破壊エネルギー, U<sub>d</sub>: 衝撃曲げ吸収エネルギー, 5%LBS: 5%部分圧縮強さ, CS: 縦圧縮強さ, SS: せん断強さ

表3 アオダモ天然林の採取地間分散分析の結果

要因	自由度		分散		分散比
	採取地間	採取地内	採取地間	採取地内	
ARW	6	36	0.68	0.12	5.52**
SG	6	36	0.0065	0.0021	3.13*
G	6	36	120248	39639	3.03*
$E_d$	6	35	3.34	2.94	1.14
MOE	6	36	2.52	2.02	1.25
MOR	6	36	128	148	0.86
U	6	36	37.08	26.04	1.42
$U_d$	2	18	278.49	135.98	2.05
5%LBS	6	36	27.01	9.92	2.72*
CS	6	33	59.88	20.45	2.93*
SS	5	31	6.48	3.05	2.13

\*\*：有意水準1%で有意差あり，\*：有意水準5%で有意差あり

$E_d$  と MOE については採取地間で有意差は認められなかったが、両者は同様の傾向を示し（図3）、どちらを指標に用いても差し支えないことがわかった。両者の相関係数は0.959であり、 $E_d$ /MOEの比の平均値は1.235であった（図4）。

$U_d$  はむかわ町、平取町、日高町の3箇所の試験体についてのみ衝撃曲げ試験を行って求めたが、静的曲げ試験の荷重たわみ曲線から求めた  $U$  と同様の傾向を示し、 $U_d$  の代わりに  $U$  を指標として使えることが示された。両者の相関係数は0.808で、 $U_d/U$ の比の平均値は1.768であった（図5）。なお、衝撃曲げ試験による  $U_d$  の測定値にはばらつきが多いという報告（宮島 1985）があり、本試験の結果でもそのような傾向が見られた。

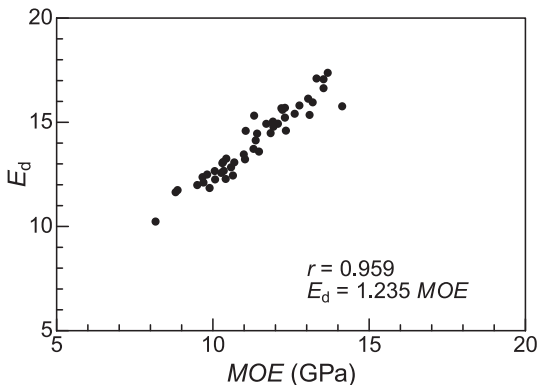


図4 曲げヤング率 (MOE) と動的ヤング率 ( $E_d$ ) の関係 (各データは供試木平均値)

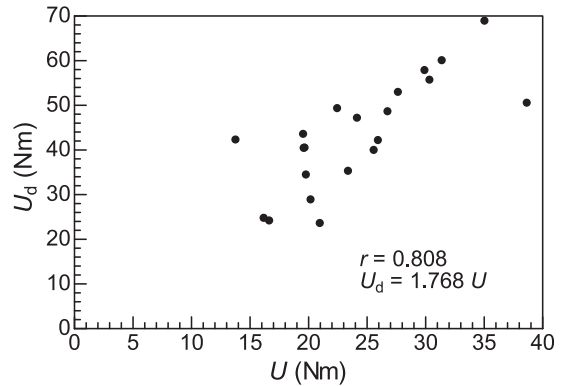


図5 静的曲げ破壊エネルギー ( $U$ ) と衝撃曲げ吸収エネルギー ( $U_d$ ) の関係 (各データは供試木平均値)

5%LBSの平均値は20.0~26.1MPaの範囲となり、7採取地の総平均は22.4MPaであった。図3に示したように変動の小さい新冠町と新ひだか町では平均値の差が明らかであり、有意差が検出される結果となった。

地域間差については、植苗と日高町の肥大成長が良好であり、材料を採取した林分が成長に関して適性の高い土地であることが推測された。一方、材質面では、バット性能に関わる指標のうちSGと5%LBSに有意差が見られたものの、有意水準は低いものであった。また、曲げ性能の指標であるMOE、MOR、および  $U$  については有意差が検出されなかった。強度特性については地域的な材質変異が小さいことが示唆された。

#### 4. 2 成長速度と強度特性の関係

効率的な材の生産を目指した人工造林を行う上では、いかに速い成長速度でアオダモを育成するかが重要な課題となるが、同時にバット材に適した材質のアオダモを育成することにも注力する必要がある。そこで、通常の天然生アオダモよりも速い成長速度で成長したアオダモの材質を調べるため、約20年前に人工造林されて良好な肥大成長を示した厚真町のアオダモを供試材料とし、前項で検討した天然林である7採取地の結果と比較した。

厚真町の試験体のARWは天然林と同様に林分内の変動が大きかったが、平均値は3.5mmと天然林の2倍以上のきわめて良好な肥大成長を示した。一方で、ARWとSGの間に相関関係は認められず、結果として、SGの平均値は厚真町とその他の天然林にお

いていずれも0.73となり、差は認められなかった(図6)。環孔材樹種の中には、年輪幅が広がるのに伴い1年輪内に占める木繊維の割合が増加するために比重が大きくなる傾向を示すものがある。しかし、今回のアオダモ供試材の年輪幅の範囲内では比重への影響は認められなかった。厚真の年輪構造について光学顕微鏡を用いて観察したところ、年輪幅が広いことに加えて孔圏幅が広く孔圏内の道管径が大きい傾向がみられた。このことが今回のアオダモについてARWとSGの間に相関が認められなかった要因と考えられる。

Uについては、厚真町とそれ以外の林分間で1%水準で有意差が認められ、厚真町がそれ以外の天然林の値を平均で38%上回った。U以外の指標については厚真町とそれ以外の天然林の間に有意差は認められず、ARWとの相関も認められなかった(図6)。

既往の研究においても、アオダモのARWとその他の材質指標の間には明瞭な関係性が見られないことが報告されているが(宮島 1979, 1985), それらの

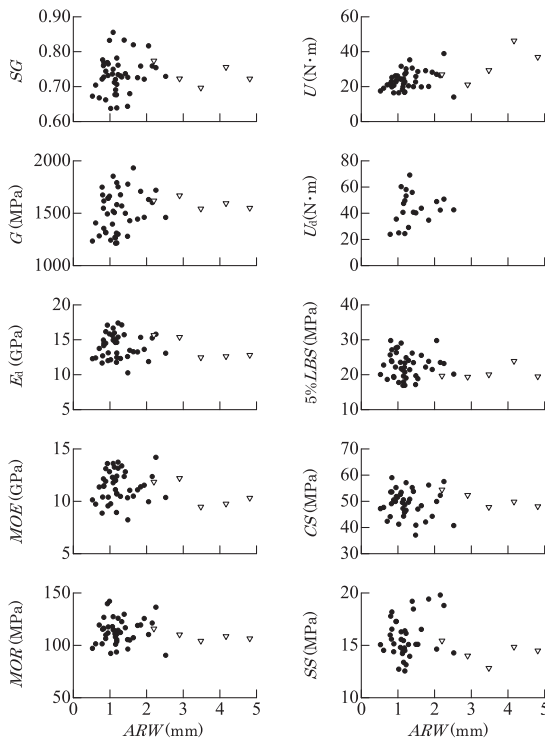


図6 アオダモの平均年輪幅とその他の指標の関係 (各データは供試木平均値)

▽は厚真の供試木

研究で用いられたアオダモのARWの個体平均値は1.2~1.4mmの範囲であった。今回の結果から、ARWが2mmを超えるアオダモについても、Uを除く強度指標の間に顕著な関係性が見られないことを確認することができた。また、ARWが通常よりも大きな厚真町産アオダモの強度特性は天然生アオダモに劣っておらず、アオダモの人工造林において、速い成長速度と、バット材に適した材質は両立が可能であることが示唆された。

### 4.3 材質特性値の樹種間差

アオダモ、ホワイトアッシュ、およびシュガーマーブルの材質特性値の平均値と標準偏差を図7に示す。ここで、アオダモは厚真町を除く天然林における測定値である。アオダモ、ホワイトアッシュ、およびシュガーマーブルの強度特性の樹種間差を明らかにするため、強度特性値について一元配置の分散分析を行った

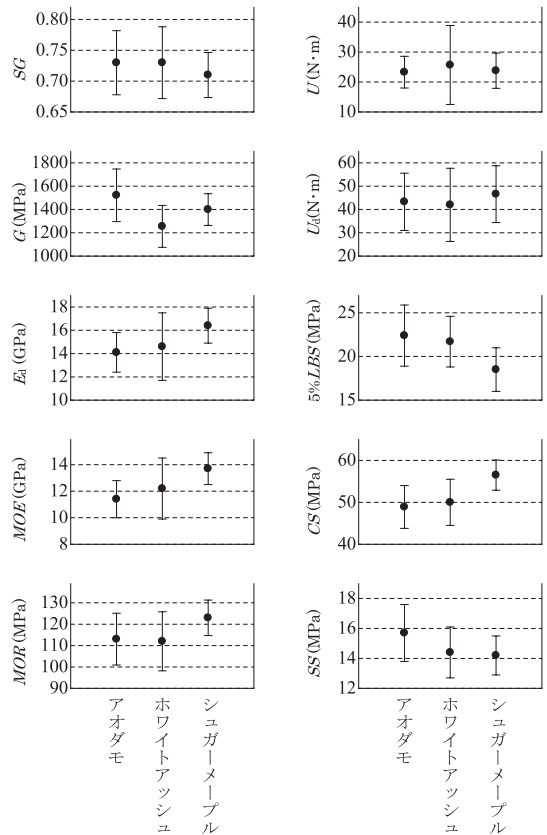


図7 材質特性値の樹種間差

誤差棒は標準偏差を示す



表4 材質特性値の樹種間差に関する分散分析結果

要因	自由度		分散		分散比
	樹種間	樹種内	樹種間	樹種内	
SG	2	74	0.0031	0.0025	1.25
G	2	74	416136	39634	10.50**
$E_d$	2	73	39.08	3.85	10.15**
MOE	2	72	31.28	2.52	12.43**
MOR	2	72	757	134	5.66**
U	2	72	41.51	54.48	0.76
$U_d$	2	50	92.73	174.74	0.53
5%LBS	2	74	105.87	10.08	10.50**
CS	2	71	368.91	23.77	15.52**
SS	2	68	18.95	2.90	6.53**

\*\*：有意水準1%で有意差あり

結果, G,  $E_d$ , MOE, MOR, 5%LBS, CS, および SS について有意水準1%で樹種間の差が検出された(表4)。

各樹種の強度特性を整理すると, アオダモは3樹種の中で G, 5%LBS, SS が大きく,  $E_d$  と MOE は小さかった。シュガーメープルは MOE, MOR, CS に優れ, 5%LBS と SS は小さかった。ホワイトアッシュは G が顕著に小さく繊維の通直性がよかったことが窺えたが, その他の指標はアオダモとシュガーメープルの中間的な値を示した。バット材に対する一般的な評価として「シュガーメープルと比べてアオダモのバットはしなりやすい」とされているが, MOE に関する結果はこの評価と一致した。また, MOR についてもシュガーメープルが最大であったことから, バット性能として重要な曲げ性能に関してはシュガーメープルが優れているといえる。シュガーメープルは材質的に優れたものの, 重いために操作性, スイングスピードの点で不利であるとされるが, 今回の結果では3樹種間で SG の差は認められなかった。また, シュガーメープルは5%LBS が小さかったことから, 反発係数は3樹種の中で最も小さかったと推測される。

#### 4.4 バット材の強度と材質指標

プロ野球・大学野球バットの材質特性値をバット製品以外の試験体(アオダモ, ホワイトアッシュ, シュガーメープル)と比較した結果, SG に大きな差が見られなかった(表2)。その他の特性値についてはプロ野球と大学野球のバットで傾向が異なっていた

が, MOE の高さは両者に共通していた。MOE の平均値はプロ野球バットが13.5GPa, 大学野球バットが13.4GPa であり, 使用した樹種に関係なく MOE の値が高かった。バット製品の MOE はシュガーメープル板材の平均値とほぼ同等であり, 今回の天然生アオダモ材の平均値を約18%上回る結果となった。SG がバット製品とそれ以外の試験体でほぼ同等であったことから, バット製品は比ヤング率 (MOE/SG) が大きかったといえる。バット製造の現場では, 特にプロ野球向けの製品について, 手でバット材を叩きその打音を判断基準として使用する材を選別している。この選別は, 本研究で行った縦振動試験と同様に比ヤング率の評価を行っているものと推測されるが, バット製造の現場において比ヤング率の高い材が選択的に使用されていることが, 今回のバット製品と天然生アオダモの MOE の差に現れたと考えられる。今回試験したアオダモの個体平均値がバット製品の比ヤング率(プロ野球と大学野球の平均値18.1GPa)に達したものは全体の約10%であった。バット製品の材質を目標とする場合には, 比ヤング率による優良木の選抜が重要になるといえる。

## 5. 結論

本研究で得られた結果について以下にまとめる。

- (1) 北海道内に生育する天然生のアオダモについて地域的な材質変異を明らかにするため, 各強度指標の分散分析を行ったところ, バット重量の指標である SG と反発係数の指標である5%LBS について有意差が検出された。一方, バットのしなりやすさに関係する MOE と, 折れにくさの指標である MOR については有意差が検出されず, 今回対象とした胆振・日高地方について曲げ性能に関わる指標の地域的な材質変異は小さいことが示唆された。
- (2) アオダモについて ARW と SG の間に相関は見られなかった。アオダモの ARW と他の強度指標の関係について, ARW が2mm 以上の範囲においても U を除いて顕著な相関が認められず, また, 極めて肥大成長の良好な厚真産アオダモの強度特性が天然生アオダモに劣らなかったことから, アオダモの人工造林において速い成長速度とバット材に適した材質の両立が可能であることが示唆された。
- (3) 主要なバット用樹種であるアオダモ, ホワイトアッシュ, シュガーメープルについて, 各強度指標の分散分析を行ったところ, G,  $E_d$ , MOE, MOR,

5%LBS, CS, およびSSについて有意差が検出された。特に、MOE, MOR, 5%LBSといったバット性能に関わる強度指標について樹種間差が顕著であった。各樹種の材質の特徴をまとめると、3樹種間にバット重量(操作性, スイングスピード)の点で差はない、アオダモは打球時にしなりやすいが、材面が硬いため反発係数は大きい、シュガーメープルはしなりにくく強度も大きい、材面の硬さは大きくない、ホワイトアッシュはアオダモとシュガーメープルの中間的な材質を持つ、と評価することができた。

- (4) プロ野球・大学野球バットの試験結果から、実際の製品に用いられている材料は樹種に関わらず比ヤング率(MOE/SG)が大きいことがわかった。このことは、バット製造の現場において比ヤング率の大きな材が選択的に使用されていることを示すものである。アオダモ人工林の育成を行う場合には、比ヤング率による優良木の選抜が有効であることが示唆された。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、ご協力いただいた北海道大学大学院農学研究院森林資源生物学研究室の矢島

崇教授、福長絢一郎氏、樹木生物学研究室の佐野雄三博士、ならびに、試験材料を提供していただき貴重な助言を賜った(株)北海道バット産業の西村勝宏社長に深く感謝の意を表します。

## 引用文献

- 福長絢一郎(2006):バット生産を目的としたアオダモ人工林育成, 北海道大学大学院農学研究科森林資源生物学分野, 平成17年度修士論文
- 半田孝俊(2002):アオダモ優良個体の選抜と増殖, 北海道の林木育種 45(1), 14-17.
- 宮島寛(1979):日高産アオダモ材の生長と基礎材質, 北海道大学演習林研究報告 36(2), 421-450.
- 宮島寛, 上田恒司, 山崎亨史(1985):夕張産アオダモ材の生長と基礎材質, 北海道大学演習林研究報告 42(3), 609-624.
- 西田厚生(1978):アオダモ材の有効利用, 北海道営林局業務研究発表集録 23, 87-95.
- 澤田秀邦(1985):北海道のアオダモに関する基礎資料, 日本野球機構・北海道森林技術センター, pp.1-18.
- 吉田真希子(1994):「バットの森」について, 林業技術 631, 33-35.

### Summary

Almost all of the aodamo (*Fraxinus lanuginosa*) used for manufacturing baseball bats is being logged from the natural forests in Hokkaido. This has raised a concern regarding the depletion of resources. To obtain the fundamental data necessary for establishing aodamo plantations, the mechanical properties of small clear specimens of the aodamo logged from eight sites in Hokkaido, white ash (*Fraxinus americana*) and sugar maple (*Acer saccharum*) logged from five sites in the United States, and the baseball bats broken at the NPB (Nippon Professional Baseball) and college baseball league of Hokkaido games were investigated. The following properties were measured: average ring width (*ARW*), specific gravity (*SG*), modulus of rigidity (*G*), dynamic modulus of elasticity ( $E_d$ ), static modulus of elasticity for bending (*MOE*), modulus of rupture (*MOR*), energy absorbed during bending fracture tests (*U*), energy absorbed during impact bending ( $U_d$ ), local bearing strength (*LBS*), compressive strength parallel to the grain (*CS*), and shear strength (*SS*).

As a result, significant differences were observed in the values of *G*, 5%*LBS*, and *CS* of the aodamo logged from different sites. *MOE*, *MOR* and *U* that were important properties for baseball bats had no differences among logged sites. No significant correlations were observed between the *ARW* and other mechanical properties of aodamo, except *U*. Therefore, it was suggested that rapid growth and suitable mechanical properties for baseball bats could be stand together for the aodamo plantations. Significant differences among aodamo, white ash, and sugar maple were observed in the values of *G*,  $E_d$ , *MOE*, *MOR*, 5%*LBS*, *CS*, and *SS*. The specific *MOE* of broken baseball bats was high; this was suggested to be a mechanical quality index to the material for baseball bats.

Keywords: *Fraxinus lanuginosa*, *Fraxinus americana*, *Acer saccharum*, baseball bat, mechanical property