



Title	夕張産アオダモ材の生長と基礎材質
Author(s)	宮島, 寛; MIYAJIMA, Hiroshi; 上田, 恒司 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 42(3), 609-624
Issue Date	1985-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21146
Type	departmental bulletin paper
File Information	42(3)_P609-624.pdf



夕張産アオダモ材の生長と基礎材質*

宮島 寛** 上田恒司** 山崎亨史**

Growth Rate and Wood Quality of Aodamo (Japanese
Ash Tree) Grown in Yubari District, Hokkaido*

By

Hiroshi MIYAJIMA**, Koji UEDA**
and Michifumi YAMAZAKI**

目 次

1. 緒 言	609
2. 材料および方法	610
3. 結果および考察	611
3.1 供試木の生長経過	611
3.2 平均年輪幅, 容積密度数および生材含水率	613
3.3 収 縮 率	616
3.4 力学的性質	616
3.4.1 ヤング係数およびせん断弾性係数	616
3.4.2 静的曲げ性能	619
3.4.3 縦圧縮強さ	619
3.4.4 衝撃曲げ性能	619
3.4.5 せん断強さ	619
3.4.6 硬 さ	620
3.5 材質指標と諸性質との関係	620
4. 結 言	622
文 献	623
Summary	623

1. 緒 言

最近, プロ野球選手のバットがよく折れるという苦情が聞かれ, またその供給資源についても, 関心が高まっている。プロ野球コミッショナー事務局の調査では昨年5~7月の3カ月間の公式戦で, 546件の折損例があり, このうち折損部分が飛び散るなどの分離例が132件のほった, と報告している。当研究室においては, このバット材としてのアオダモの生長と材

* 1985年2月28日受理 Received February 28, 1985.

** 北海道大学農学部木材加工学講座

** Laboratory of Wood Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

質に関し、その中心的産地である浦河営林署管内から昭和52年4月に供試木を選び、同一地域のヤチダモとの比較試験を行っている。このアオダモ資源をさらに広い区域から求めるべく、今回は浦河営林署管内から比較的離れた夕張営林署管内のものについて、ほぼ同様の研究を行った。

アオダモの材質は非常に強靱で、スポーツ用具、天秤棒、各種器具の柄などとして賞用されており、貴重な資源である。特に野球のバットとしては金属バットを禁止しているプロ野球、大学野球にとって重要な資源である。プラスチックを加圧注入した圧縮バットが使用禁止になっている現在では、わが国におけるバット材として最適の樹種である。ヤチダモは孔圏の道管がアオダモより大きく、かつ密に多列に並ぶので、この部分の強度が弱く、プロ野球の打撃練習では50~70打で年輪界から剝離が始まるといわれている。これに対しアオダモでは道管が小さく、かつ数も少ないので、ヤチダモよりかなり耐久性がある。このような意味でバット材としてアオダモが最適の樹種となっている。プロ野球選手1人当りの年間のバット使用本数は平均50本、多い選手では70本といわれているので、プロ野球のみでも相当量のアオダモ資源を毎年消費している。最近はこれに大学野球も加わり、使用量は急速に増加しているものと思われる。

この研究の目的はつぎの3つである。(1)供試木採取地域のアオダモの材質評価を行い、バット材としての適性を判定する。(2)バット材としての材質適性を推定しうる材質指標を選定する。(3)バット適材資源の育成方法を提案する。これらの目的により今回の研究を進めた。また現在使用されているバットの材質についても明かにするために、北海道大学硬式野球部から折れたバット20本、未使用のもの2本およびwhite ash製1本を提供してもらい、材質試験を行った。

この研究を行うに当たり、現地調査、供試木の伐倒、造材、運搬などにご協力いただいた北海道営林局渡辺悖技官はじめ夕張営林署の方々に感謝の意を表す。また、供試材としてバットを提供された北海道大学硬式野球部長今宮明男教授にお礼を申し上げる。

この研究は昭和59年度文部省科学研究費補助金(特定研究)「森林の生態系維持と森林資源の高度の有効利用に関する研究」の「木材の高度利用のための木材材質評価」研究班の分担課題として行われたものである。

2. 材料および方法

材料採取方法：北海道営林局夕張事業区513林班い小班(栗山町滝の下)内に25m×25mの標準地を設け、胸高直径4cm以上のものについて毎木調査を行い(表-1および2)、この中から胸高直径20cm程度のアオダモ供試木3本を選んだ。しかし、このうち1本には欠点が多かったので、代りの供試木を標準地内から選ぼうとしたが、適切な立木がなく、隣接地から1本選び、これに代えた。これら供試木は表-3に示すように、胸高直径20~22cmで、いずれ

もバット原木が採取できる品質のものである。供試木の伐採を昭和59年6月4日に行い、翌日材料を実験室に搬入した。

試験方法： 供試木の周辺の立木状況を調査の後、地上高約25 cmの位置で伐倒し、0.3 m、1.3 m、3.3 m、5.3 m……と一般的な樹幹解析の方法に従い、厚さ約5 cmの円盤を採取し、4半径方向における生長量測定後、その4半径方向から年輪に対する接線方向3 cm、半径方向は辺・心材別に年輪幅の変化を考慮に入れて、1~2.5 cmに分割、繊維方向を3 cmとする試片を作製し、これらについて平均年輪幅、容積密度数および生材含水率を測定した。また、1.3 m付近の材から収縮率測定用の試片を採取した。

これら円盤採取後の丸太については長さ約1 mに分け、強度試験用材を製材し、これを約4か月天然乾燥後、4日間の人工乾燥により含水率を約12%とし、断面2 cm×2 cmおよび2.5 cm×2.5 cmの試験体を作製し、つぎのような力学的性能の試験を行った。すなわち、曲げ剛性試験によりヤング係数、ねじり剛性試験によりせん断弾性係数、静的曲げ試験によりヤング係数、曲げ比例限度および曲げ強さ、縦圧縮試験により縦圧縮強さ、ブロックせん断試験によりまさ目面および板目面のせん断強さ、硬さ試験によりまさ目面および板目面の硬さ、衝撃曲げ試験により吸収エネルギーを求めた。

以上の材料のほか北海道大学硬式野球部から提供された使用中に折れたバット20本の破壊状況の観察後、未使用のもの2本およびwhite ash製1本の計23本について、各1本から断面2 cm×2 cmの試験体を2本ずつ採取し、上述の各種力学的性能試験を行った。その結果は各表に(B)として示されている。

3. 結果および考察

3.1 供試木の生長経過

標準地における毎木調査の結果を表-1に示す。胸高直径4 cm以上は91本 (ha当たり1,456本)であるが、全数の約1/2は10 cm以下、80%は18 cm以下である。アオダモは最も本数が多く、32%を占める。これも80%は18 cm以下である。この標準地内の幹材積は表-2に示すように、12.8 m³ (ha当たり204 m³)であるが、このうち1/2は胸高直径29 cm以上の7本によるものである。特に胸高直径54 cmのアサダは2.34 m³あり、これ1本で全体の18%を占めている。このように、この標準地は小径木を主とする広葉樹二次林である。

供試木は表-3に示すように、胸高直径はいずれも20~22 cmで、樹齢は100年前後である。浦河産材の22 cmのものは88年であったので、夕張産材の方がさらに生長が悪いといえる。生長経過は図-1および2に示すように、幼齢時に被圧されていたため、胸高直径は40年で5~6 cmである。以後の約60年間の生長で20~22 cmに達している。育成する場合には幼齢時から開放し、生長を促進し、30~40年で胸高直径20 cm以上になるような育林技術を確立すべきである。特に留意すべきことは植栽する場合の密植を避けることである。広葉樹の植栽

には樹幹を通直にするという理由で、1万本/haもの苗木を植えるべきであるという考え方があるが、以後の除・間伐の作業が大変で、かつ一般に広葉樹の場合は幼齡樹の伐採後の萌芽をどのように処理するか、という大きな問題が出て来るであろう。したがって、植栽本数は500~700本/haが考えられるが、できるだけ少ない方がよいのは当然である。そして幼齡時に下刈りと枝打ちを充分に行うことが重要である。この方が密植後の除・間伐より作業がしやすいと思われる。アオダモの場合、枝打ちは樹高4mに達したとき2mまで、6mで3mまで、8mで4mまで行うのが適切であろう。アオダモは針葉樹より枝の数が遙かに少ないので、枝打ちは比較的楽であると思われる。そして4mまで枝打ちした段階で、約300本/haとすれば生長は促進されるものと予想される。ここの供試木では樹高8mに達するのに約40年を要しているが、育成木では植栽後10年以内にこの樹高に達し、以後平均年輪幅3mm(年平均直径生長6mm)

表-1 標準地(25m×25m)内毎木調査表

Table 1. Number of trees in a sample plot (25 m×25 m)

胸高直径 D. B. H. (cm)	ア	キ	イ	ト	ア	シ	エ	シ	サ	セ	ア	計
	オ	タ	タ	ド	ズ	ナ	ゾ	ウ	ワ	ン	サ	
	ダ	ブ	マ	ナ	ノ	ザ	ザ	シ	ノ	キ	ダ	
Species	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
4	6	1	1	1		2						11
5-6	2	3	5		1	1						12
7-8	3	2	4	4	1	1						15
9-10	2	4	1			1						8
11-12	6	2			1			1	1			11
13-14	2	2							1			5
15-16	1	1	1		1					1		5
17-18	2	2	1	1								6
19-20	1						1					2
21-22	4											4
23-24		1	1									2
25-26												
27-28		1	2									3
29-30		1										1
31-32				1			1	1				3
33-34		1			1							2
54											1	1
計 Total	29	21	16	7	5	5	2	2	2	1	1	91

A: *Fraxinus lanuginosa*, B: *Magnolia kobus* var. *borealis*, C: *Acer mono*, D: *Abies sachalinensis*, E: *Sorbus alnifolia*, F: *Tilia japonica*, G: *Prunus sargentii*, H: *Prunus ssiori*, I: *Carpinus cordata*, J: *Kalopanax pictus*, K: *Ostrya japonica*.

で生長を続け、植栽後30年で、胸高直径20cm以上に達するのが理想であり、これを可能にする育種と育林技術の確立が望まれる。

3.2 平均年輪幅、容積密度数および生材含水率

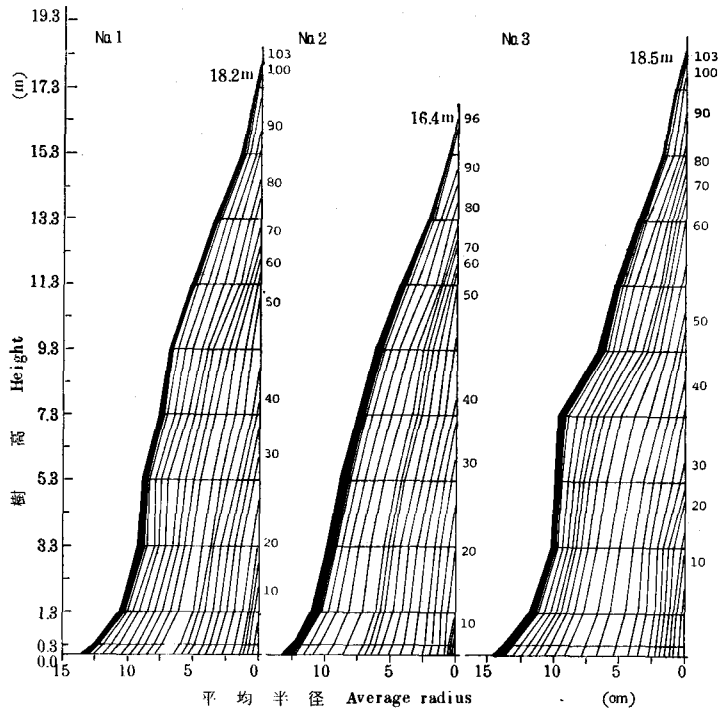
樹幹解析用円盤から採取した試片について測定した結果を表-4に示す。平均年輪幅の平

表-2 標準地内樹幹材積
Table 2. Total stem volume in a sample plot (25 m×25 m)

胸高直径 D. B. H (cm)	ア	キ	イ	ト	ア	シ	エ	シ	サ	セ	ア	計
	オ	タ	タ	ド	ズ	ナ	ゾ	ウ	ワ	ン	サ	
Species	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
4	0.023	0.004	0.004	0.004		0.008						0.043
5-6	0.02	0.03	0.05		0.01	0.01						0.12
7-8	0.06	0.04	0.08	0.08	0.02	0.02						0.30
9-10	0.06	0.12	0.03			0.03						0.24
11-12	0.30	0.10			0.05			0.55	0.05			0.55
13-14	0.14	0.14							0.07			0.35
15-16	0.10	0.10	0.10		0.10					0.10		0.50
17-18	0.26	0.26	0.13	0.13								0.78
19-20	0.18						0.18					0.36
21-22	0.92											0.92
23-24		0.32	0.32									0.64
25-26												
27-28		0.49	0.98									1.47
29-30		0.56										0.56
31-32				0.67			0.67	0.67				2.01
33-34		0.79			0.79							1.58
54											2.34	2.34
計	2.063	2.954	1.694	0.884	0.970	0.068	0.850	0.720	0.120	0.100	2.34	12.763

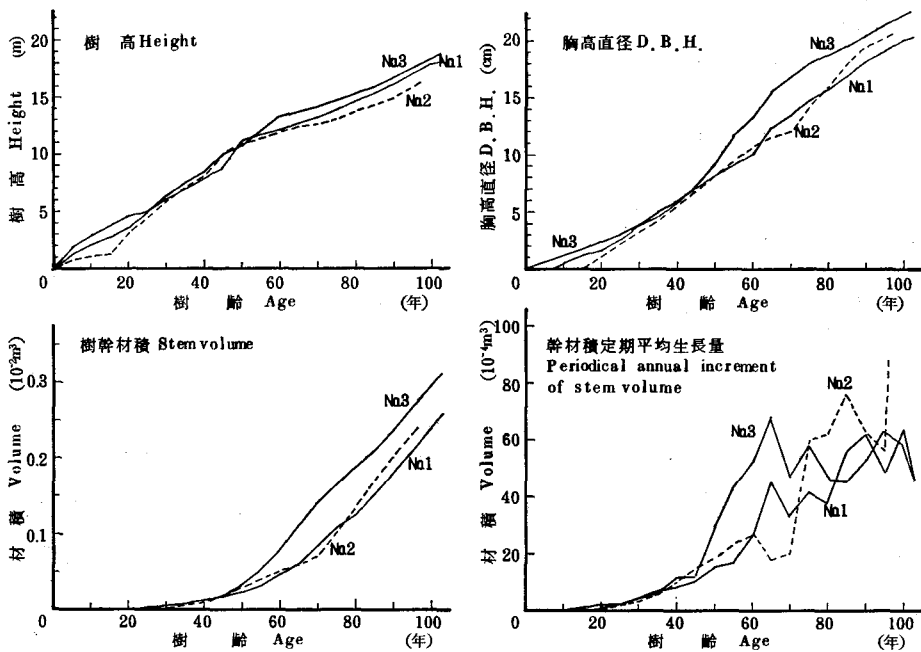
表-3 供試木
Table 3. Trees tested

供試木 Tree No.	胸高直径 D. B. H. (cm)	樹高 Height (m)	枝下高 Clear length (m)	伐根年輪数 No. of rings on stump	幹材積 Volume of stem (m³)
1	20	18.2	7.5	103	0.256
2	20	16.4	6.0	96	0.240
3	22	18.5	6.4	103	0.314



圖—1 樹幹解析圖

Fig. 1. Basic stem-growth diagrams.



圖—2 生長曲線

Fig. 2. Growth curves.

表—4 平均年輪幅, 容積密度数および生材含水率
Table 4. Average width of annual rings, basic density and moisture content in green condition

	供試木 Tree No.	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準偏差 S. D.	変化係数 C. V. (%)
平均年輪幅 Av. ring width (mm)	1	1.2	2.2	0.7	0.30	24.0
	2	1.4	3.8	0.6	0.50	34.7
	3	1.4	3.1	0.6	0.56	40.3
	All	1.4	3.8	0.6	0.46	34.2
容積密度数 Basic density (kg/m ³)	1	588	650	533	19.4	3.3
	2	601	670	505	21.8	3.6
	3	576	629	516	21.4	3.7
	All	588	670	505	20.8	3.5
生材含水率 Moisture content (%)	1	52.1	96.4	41.6	14.4	27.7
	2	51.7	95.2	41.0	10.7	20.7
	3	58.3	108.2	43.5	17.1	29.3
	All	54.2	108.2	41.0	14.4	26.6

試験体数 No. of specimens: No. 1=80, No. 2=71, No. 3=84.

均値は1.2~1.4 mm, 最大値3.8 mmで, 生長経過で述べたように肥大生長がよくないため, 一般に狭い。浦河産材の平均値が1.3 mmであったので, ほぼ同じといえる。アオダモ材における年輪幅と材密度または力学的性質との関係はヤチダモ材ほど明瞭ではないが, それでも年輪幅の極めて狭いものこれらの性質は劣るので, このように年輪幅の狭い材部を多く含む原木から, バット材を採材することは避けるべきである。

容積密度数の平均値は576~601 kg/m³, 総平均588 kg/m³で, 浦河産材の608 kg/m³より若干小さい。この値のばらつきは少く, 標準偏差で約20 kg/m³, 変化係数では全体で3.5%である。また最小値が505 kg/m³であるので, 特に低密度材を含んでいない。

生材含水率の全平均値は54.2%で, 範囲は41~108%である。このようにアオダモは生材含水率の低い樹種である。辺・心材別に生材含水率を見ると, 表-5に示すようになり, 平均値は辺材部48%, 心材部58%で, 浦河産材の場合と同じく心材部の方が辺材部より高く, いわゆる多湿心材樹に入る樹種である。このアオダモの場合, 0.3 mの位置における含水率が高く, 全供試木の平均値は, 辺材部56.2%, 心材部83.6%で, 特に着色心材部の値は高く, 100%前

表—5 辺材および心材の生材含水率
Table 5. Moisture content of sapwood and heartwood in green condition

供試木 Tree No.	辺材 Sapwood		心材 Heartwood	
	試片数 No. of specimens	含水率 M.C. (%)	試片数 No. of specimens	含水率 M.C. (%)
1	32	46.7	49	54.7
2	29	47.4	42	54.7
3	34	49.6	51	63.6
All	95	48.0	142	57.9

後であった。1.3 m 以上の位置における平均値は辺・心材部ともに 40% 台であった。浦河産材もほぼ同様な値で、このような生材時の低含水率材は生材状態でもよく燃えるため、アオダモを林内作業中に薪として利用することとなり、その中径木以上が極めて少い原因の一つになっていると思われる。

3.3 収縮率

測定結果の平均値を表-6 に示す。浦河産材と比べ、まさ目および板目方向はやや小さいが、繊維方向はやや大きく、体積収縮率がほぼ同じという結果となった。このことは繊維の通直性が夕張産材の方がやや悪いという想定もできる。

3.4 力学的性質

3.4.1 曲げヤング係数およびせん断弾性係数

試験体全数について行った曲げおよびねじり剛性試験の結果を表-7 に示す。総平均はヤング係数 135 t/cm²、せん断弾性係数 11.8 t/cm² で、ともに浦河産材の 126 および 10.6 t/cm² より大であった。使用バットの値はそれぞれ 141 および 10.8 t/cm² であった。繊維の通直性が良

表-6 収縮率 (平均値)
Table 6. Shrinkage (average values)

供試木 Tree No.	平均 年輪幅 Av. ring width (mm)	容積 密度 Basic density (kg/m ³)	平均収縮率 Av. shrinkage*			気乾 (15%) まで Green to 15%MC			全収縮率 Green to ov. dry			
			板目 Tang. (%)	まさ目 Rad. (%)	たて Long. (%)	板目 Tang. (%)	まさ目 Rad. (%)	たて Long. (%)	板目 Tang. (%)	まさ目 Rad. (%)	たて Long. (%)	体積 Vol. (%)
1	1.2	567	0.29	0.15	0.022	5.0	1.5	0.19	9.2	3.8	0.50	13.9
2	1.5	583	0.27	0.12	0.028	4.8	1.4	0.25	8.7	3.2	0.68	13.0
3	1.3	557	0.25	0.14	0.023	4.4	1.6	0.19	7.8	3.6	0.54	12.2
All	1.4	569	0.27	0.14	0.025	4.7	1.5	0.20	8.6	3.5	0.57	13.0
(U)	1.5	614	0.32	0.17	0.022	4.6	1.7	0.13	9.1	4.2	0.46	13.3

Remarks: (U) shows the test result for Aodamo wood grown in Urakawa district.

表-7 曲げヤング係数 (E)、せん断弾性係数 (G) および E/G
Table 7. Modulus of elasticity (E), modulus of rigidity (G) and E/G

供試木 Tree No.	試片数 No. of specimens	E (t/cm ²)					G (t/cm ²)					E/G				
		平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)
1	45	138	163	127	8.4	6.1	11.7	13.4	10.1	0.84	7.2	11.9	14.7	9.9	1.1	9.9
2	42	138	161	108	11.8	8.6	11.8	13.3	10.5	0.78	6.6	11.8	14.2	9.1	1.2	10.0
3	49	130	160	104	14.7	11.3	11.8	13.6	9.9	0.99	8.4	11.0	13.2	9.5	1.0	9.5
All	136	135	163	104	11.9	8.8	11.8	13.6	9.9	0.87	7.4	11.5	14.7	9.1	1.1	9.4
(B)	46	141	182	90	22.1	15.7	10.8	12.5	9.3	0.89	8.3	13.3	17.7	7.6	2.7	20.0

[Remarks] (B): Test results for the specimens taken from used baseball bats.

表—8 強度試験結果
Table 8. Results of strength test

供試木 Tree No.	試片数 No. of speci- mens	平均年輪幅 Av. ring width (mm)					試験時含水率 Moist. cont. (%)				
		平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)
1	19	1.2	1.9	0.8	0.38	31.5	12.0	14.3	10.9	0.93	7.8
2	19	1.6	3.0	1.0	0.43	26.7	12.8	14.9	11.1	1.21	9.4
3	21	1.4	2.7	0.8	0.63	45.7	12.7	15.7	10.9	1.51	11.9
All	59	1.4	3.0	0.8	0.49	34.9	12.5	15.7	10.9	1.22	9.8
(B)	23	1.8	2.9	1.0	0.57	31.0	12.4	13.1	9.6	0.84	6.8
供試木 Tree No.	試片数 No. of speci- mens	試験時比重 Specific gravity					曲げヤング係数 M. O. E. (t/cm ²)				
		平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)
1	19	0.72	0.76	0.66	0.023	3.3	139	162	110	10.8	7.7
2	19	0.74	0.77	0.70	0.021	2.9	140	163	121	11.4	8.1
3	21	0.70	0.76	0.64	0.031	4.4	129	158	105	16.0	12.4
All	59	0.72	0.77	0.64	0.025	3.5	136	163	105	12.8	9.5
(B)	23	0.72	0.82	0.67	0.032	4.4	140	177	89	22.0	15.7
供試木 Tree No.	試片数 No. of speci- mens	曲げ比例限度 S. P. L. (kg/cm ²)					曲げ強さ M. O. R. (kg/cm ²)				
		平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)
1	19	425	488	325	42.4	10.0	1196	1335	1071	67.4	5.6
2	19	402	479	351	38.7	9.6	1201	1387	1032	106.1	8.8
3	21	388	478	305	47.2	12.1	1150	1269	938	88.8	7.7
All	59	404	488	305	42.4	10.5	1181	1387	938	87.3	7.4
(B)	23	396	604	241	76.6	19.4	1200	1399	971	111.0	9.2
供試木 Tree No.	試片数 No. of speci- mens	縦圧縮強さ M. C. S. (kg/cm ²)					衝撃吸収エネルギー Tough. (kgm/cm ²)				
		平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)
1	13	554	593	478	31.6	5.7	0.84	1.17	0.26	0.27	31.6
2	13	552	606	518	25.8	4.7	1.20	1.68	0.90	0.23	19.2
3	14	541	590	483	30.1	5.6	0.94	1.69	0.33	0.31	33.0
All	40	549	606	478	28.6	5.2	0.99	1.69	0.26	0.27	26.7
(B)	23	524	725	447	64.6	12.3	1.05	1.81	0.53	0.31	29.4

表—8 強度試験結果(続)
Table 8. Results of strength test (continued)

供試木 Tree No.	試片数 No. of specimens	せん断強さ τ -LR (kg/cm ²)					せん断強さ τ -LT (kg/cm ²)				
		平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)
1	13	164	187	139	12.3	7.5	160	200	125	20.1	12.6
2	13	168	181	149	10.6	6.3	174	203	150	18.2	10.5
3	14	154	182	129	14.1	9.1	158	185	127	15.7	10.0
All	40	162	187	129	12.1	7.5	164	203	125	17.6	10.7
(B)	23	154	185	129	15.0	9.8	166	205	87	23.0	13.8

供試木 Tree No.	試片数 No. of specimens	まさ目かたさ H-rad. (kg/mm ²)					板目かたさ H-tang. (kg/mm ²)				
		平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	標準 偏差 S.D.	変化 係数 CV (%)
1	13	2.55	3.20	2.08	0.31	12.1	2.85	3.48	2.07	0.37	13.0
2	13	2.44	2.58	2.33	0.09	3.6	2.86	3.27	2.63	0.20	6.8
3	14	2.38	3.09	2.08	0.27	11.2	2.47	3.38	1.87	0.33	13.3
All	40	2.45	3.20	2.08	0.23	9.5	2.72	3.48	1.87	0.30	11.0
(B)	23	2.33	3.16	1.77	0.36	15.4	2.65	3.80	2.02	0.45	17.0

Remarks S.P.L.: Stress at proportional limit, M. C. S.: Maximum crushing strength, Tough.: Toughness, τ -LR: Shear strength for LR-plane, τ -LT: that for LT-plane, H-rad.: Hardness tested on radial face with a 10 mm diameter steel ball, H-tang.: Hardness tested on tangential face.

表—9 浦河産材と夕張産材の比較
Table 9. Comparison of some properties of the wood grown in Yubari (Y) with those grown in Urakawa (U)

産地 Lo- cality	平均 年輪幅 Av. ring width (mm)	容積 密度 Basic density (kg/m ³)	生材含水率 M. C. at green		ヤング 係数 M. O. E. (t/cm ²)	せん断 弾性係数 Modu. of rigidity (t/cm ²)	曲げ 強さ M. O. R. (kg/cm ²)	縦圧縮 強さ Max. crush. strength (kg/cm ²)	衝撃吸 収エネ ルギー Tough- ness (kgm/ cm ²)	硬さ Hardness		せん断強さ Shear strength	
			辺材 Sap (%)	心材 Heart (%)						まさ目 Rad. (kg/mm ²)	板目 Tang. (kg/mm ²)	まさ目 τ -RT (kg/cm ²)	板目 τ -LT (kg/cm ²)
夕張(Y)	1.4	588	48.0	57.9	135	11.8	1181	549	0.99	2.5	2.7	162	164
浦河(U)	1.3	608	44.7	49.0	126	10.6	1149	585	0.91	2.9	2.6	175	173
(B)	1.8	(0.72)	—	—	141	10.8	1200	524	1.05	2.3	2.7	154	166

Remarks: () shows specific gravity based on weight and volume at the time of test.

いとヤング係数が大となり、せん断弾性係数は小となるので、使用バットは繊維が比較的通直であったと思われる。このことは(ヤング係数)/(せん断弾性係数)である E/G にも明瞭に現われ、夕張産材が11.5であるのに対し、バット材は13.3と高くなっている。また、浦河産材もほぼ同じく13.1であった。

3.4.2 静的曲げ性能

強度試験結果をまとめて表-8に示す。また、先に行った浦河産材との比較を表-9に示す。まず試験体の基礎材質として、平均年輪幅は前述の円盤についての値と同じく、平均値で1.4 mm (範囲0.8~3.0 mm)、試験時含水率は10.9~15.7%の範囲で、平均12.5%、同比重は0.64~0.77の範囲で、平均0.72であった。使用バットからの試験体の値はそれぞれ1.8 mm (1.0~2.9 mm)、12.4% (9.6~13.1%) および0.72 (0.67~0.82) で、年輪幅がやや広く、比重はほぼ同じである。

一般的な使用条件において重要な性質となる静的曲げ性能についてはつぎのように評価できる。まず曲げヤング係数は3供試木のうちNo. 3のみがやや小で、平均129 t/cm²、全平均が136 t/cm²であり、使用バットの値はNo. 1および2とほぼ同じく140 t/cm²であった。曲げ比例限度および曲げ強さは供試木別およびバット材の間にあまり差がなく、平均値はそれぞれ400 kg/cm²および1,200 kg/cm²前後であった。曲げ強さの最小値が938 kg/cm²で、一般的な木材の曲げ強さとして、かなり高い値であるといえる。変化係数が10%以下であることも材質が比較的安定していることを示すものである。しかし、これも平均年輪幅が1 mm以下のものが入らないように育成すれば、強さはさらに高い範囲に安定するであろう。なお、米国産ash類の含水率12%材の曲げ強さの平均値は886~1083 kg/cm²であるので³⁾、この点に関しては道産アオダモ材の方が優れているといえる。

3.4.3 縦圧縮強さ

平均値が540~550 kg/cm²という高い範囲にあり、変化係数は5%程度で安定している。バット材はやや小で、平均値は524 kg/cm²であった。

3.4.4 衝撃曲げ性能

バットの材料としては衝撃曲げ性能が重要であるが、JISにはこれを適切に評価できる試験方法がなく、不十分であるが、衝撃曲げ試験により吸収エネルギーを測定した。この値は変化係数が30%を越すものがあるように、ばらつきが非常に大きく、この結果からアオダモ材の衝撃曲げ性能を評価することはむずかしいが、その特に低いものがあるか、どうかで性能を判断するのが妥当であろう。平均値0.99 kg·m/cm²は浦河産材の0.91 kg·m/cm²とほぼ同じ値である。この値が、0.26, 0.33, 0.50 kg·m/cm²と特に低かったのは、髓近くの着色心材部から採った試験体であった。したがってバット材料としては着色心材部は欠点と見るべきであろう。

3.4.5 せん断強さ

まさ目面と板目面のせん断強さにはほとんど差が見られない。しかし、変化係数を見ると

板目面の方がばらつきが大きいことがわかる。これはせん断面に大きな道管が並ぶ孔圏が来るか、否かということによる。孔圏にアオダモより大きな道管が数多く並ぶヤチダモでは、板目面のせん断強さはまさ目面のそれより20%程度小さいという結果を先に得ている。アオダモ材のせん断強さの平均値が 160 kg/cm^2 というかなり高い値であり、かつ板目面の最小値も 125 kg/cm^2 あり、これがパット材としてヤチダモより優れている点である。

3.4.6 硬 さ

平均値はまさ目面 2.45 kg/mm^2 、板目面 2.72 kg/mm^2 で、板目面の方が若干高かった。浦河産材ではそれぞれ2.9および 2.6 kg/mm^2 で、逆にまさ目面の方が大きいという結果であったが、この理由は不明である。浦河産材の値が若干高いのは、材密度が高いことによる。

ここで、パットから採材した試験体についての材質をまとめるとつぎのようになる。

平均値については、平均年輪幅が 1.8 mm で夕張産材の 1.4 mm よりやや広がったが、比重は 0.72 で同じであった。力学的性質においてはヤング係数がやや優る程度で、顕著な差は見られなかった。個々の値では、曲げ強さが $1,300 \text{ kg/cm}^2$ 以上を示したのは、いずれも平均年輪幅 2.0 mm 以上のものであった。White ashは平均年輪幅 2.9 mm でパット材の中で最大であるが、比重は 0.72 で平均値と同じである。しかし、ヤング係数 159 t/cm^2 、曲げ強さ $1,339 \text{ kg/cm}^2$ 、縦圧縮強さ 725 kg/cm^2 という非常に高い値であった。一方、せん断弾性係数は 9.8 t/cm^2 で比較的lowく、繊維がここに試験したアオダモ材より通直であったと思われる。

3.5 材質指標と諸性質との関係

木材の各種強度については破壊試験を行わなければ、正確にわからない。これを予測する

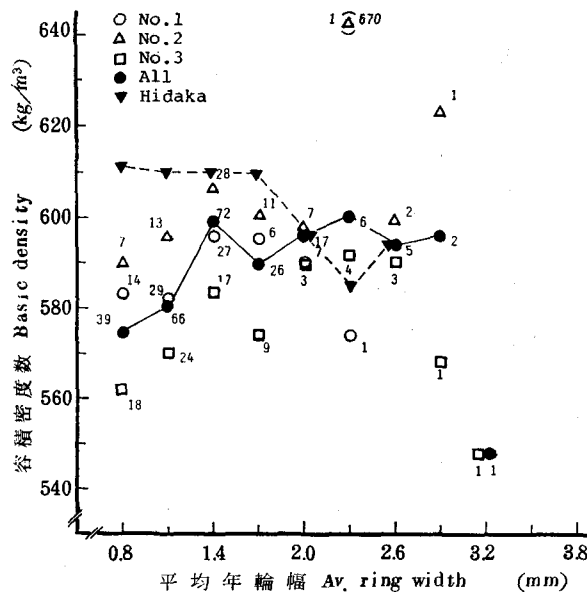


図-3 平均年輪幅と容積密度数との関係

Fig. 3. Relation between average ring width and basic density.

方法として、年輪幅、比重、ヤング係数などいくつかの材質指標があげられている。広葉樹環孔材の場合、一般に年輪幅の狭いものは材密度が小で、力学的性質が劣るという傾向があり、このような樹種では年輪幅による材質予測もある程度可能である²⁾。

本研究の試験結果について年輪幅、比重およびヤング係数の3つを材質指標として、最もその正確度の高いものを選び出すよう検討してみた。

平均年輪幅と容積密度数との関係を図-3に、平均年輪幅、気乾比重およびヤング係数に対する曲げ強さの関係を図-4、5および6に示す。

まず、平均年輪幅による容積密度数の予測はこのアオダモ材の場合、ほとんど不可能である。環孔材でありながら、両者の関係が

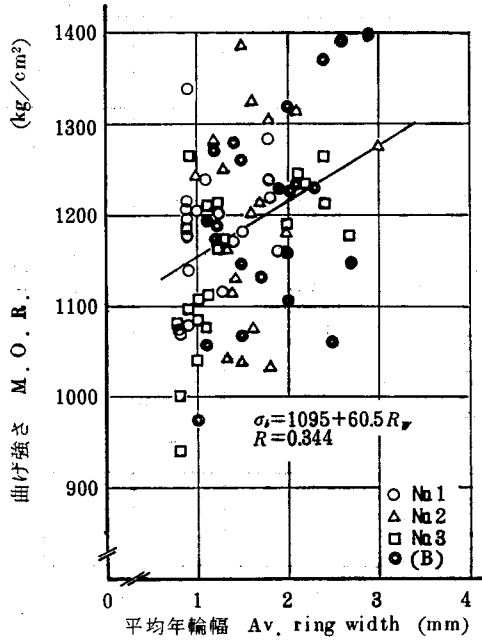


図-4 平均年輪幅と曲げ強さとの関係

Fig. 4. Relation between average width of annual rings and modulus of rupture.

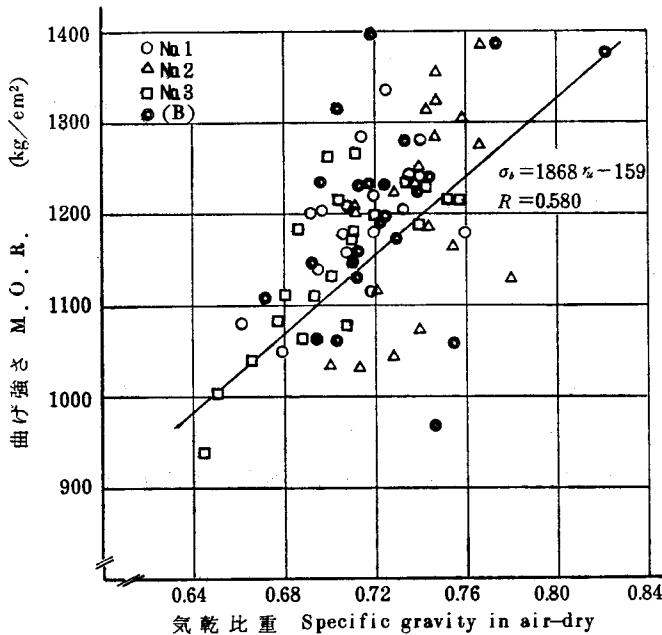


図-5 気乾比重と曲げ強さとの関係

Fig. 5. Relation between specific gravity in air-dry.

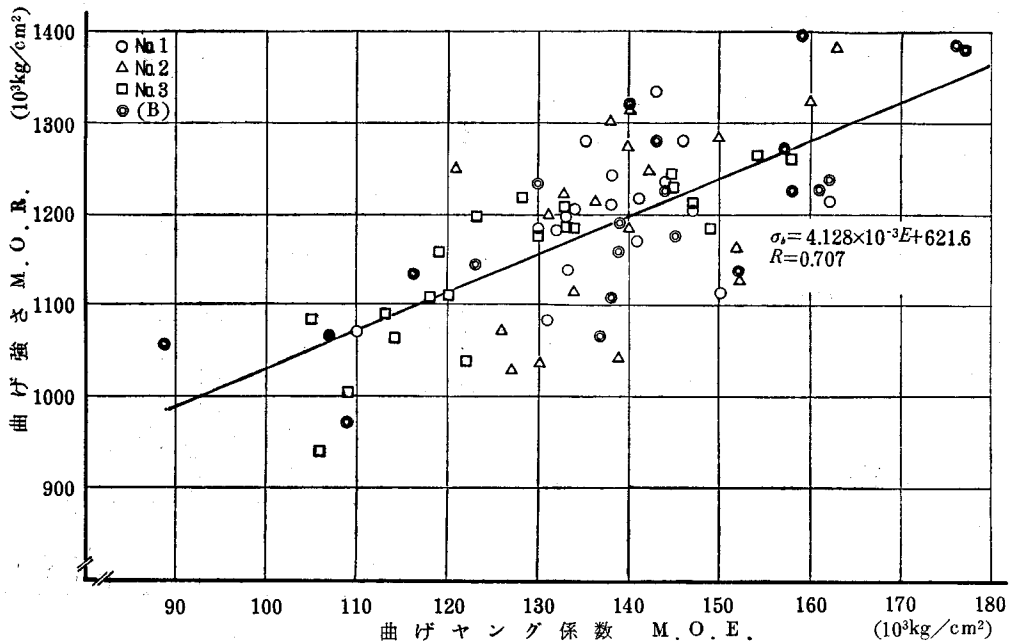


図-6 曲げヤング係数と曲げ強さとの関係

Fig. 6. Relation between modulus of elasticity and modulus of rupture.

不明瞭なのは前述のように孔圏の道管がヤチダモなどより小さく、かつ数が少いからである。

つぎに、曲げ強さを予測する指標として、平均年輪幅、比重およびヤング係数の3つを検討すれば、図-4~6に示すように、それぞれの指標と曲げ強さとの関係における相関係数は0.344, 0.580 および 0.707 となり、曲げ強さの予測にはヤング係数が最も良い指標となりうるということがわかる。したがって、曲げ強さの大きいバット材料を選ぶ方法としてはヤング係数測定により材質評価を行うのが、最も合理的であるといえる。

4. 結 言

野球のバット材料として貴重な資源であるアオダモについて、(1)北海道内の産地による材質特性を確め、(2)利用適性を推定しうる指標を選び、さらに(3)適材育成の方法を提案する、ということをも目的として本研究を行った。材料として北海道営林局夕張事業区内から胸高直径20~22 cmの供試木を3本選び、生長経過を調べ、基礎材質試験を行った結果はつぎのようにまとめられる。

1) 胸高直径4 cm以上を対象とした標準地毎木調査の結果ではアオダモの1/2が10 cm以下、80%が18 cm以下であった。さらに、4 cm以下は無数といってよいぐらいあるが、20 cm以上は極めてまれである。アオダモはこのように更新はよいが、大きくなったものが極めて少い原因について究明すべきである。

2) 供試木の樹齢はいずれも100年前後であった。特に約40年までは被圧されていたもので、この時点での胸高直径は5~6 cmである。育成にあたっては幼齢時の生長を促進する必要がある。

3) 平均年輪幅は直径生長が悪いため狭く、各供試木における平均値は1.2~1.4 mmで、最大値3.8 mmであった。平均年輪幅と材質との関係はあまり明瞭ではないが、年輪幅1 mm以下のものには材密度および力学的性質の劣るものが多い。

4) 容積密度数の各供試木における平均値は576~601, 全平均が588 kg/m³で、浦河産材はそれぞれ582~623 および 608 kg/m³であったので、夕張産材の方が若干低い。

5) 生材含水率は辺材部48%, 心材部58%で、後者の方が高い。これは浦河産材の45%および49%に比べ、辺材部がほぼ同じ値で、心材部が若干高い。しかし、0.3 mの位置における含水率は辺材部56%, 心材部84%と高く、この部分を除くと、辺・心材部ともに40%台の値であった。このようにアオダモは生材含水率の低い樹種である。

6) 平均収縮率は板目方向0.27%, まさ目方向0.14%, 繊維方向0.022%で、浦河産材に比べ、横方向でやや大、縦方向でやや小であった。

7) ヤング係数 E およびせん断弾性係数 G は135および11.8 t/cm²で、ともに浦河産材の126および10.6 t/cm²より若干大であった。使用バットの値はそれぞれ140および10.8 t/cm²であった。 E/G は夕張、浦河およびバット材でそれぞれ11.5, 13.1 および 13.3であった。

8) 曲げ強さの平均値は各供試木およびバット材間にほとんど差がなく、含水率約12%で1,200 kg/cm²前後であり、最小値も938 kg/cm²という高い値であった。米国産アッシュ類の平均値が886~1,083 kg/cm²であるので、これらより強いといえる。

9) 縦圧縮強さ、衝撃曲げ吸収エネルギー、せん断強さおよび硬さの試験結果は浦河産材に対し顕著な差は見られなかった。衝撃吸収エネルギーの値は着色心材部で低かった。

10) 曲げ強さを予測する指標として、平均年輪幅、容積密度数および曲げヤング係数の3つについて検討したが、これらの中では曲げヤング係数が最も信頼度が高かった。

文 献

- 1) 宮島 寛: 日高産アオダモ材の生長と基礎材質. 北大演報, 36-2, 421-450, 1979.
- 2) 大沢正之・宮島 寛・東山一男: 北海道産ナラ材の材質に関する研究, 1. 産地別ナラ材の材質の比較. 北大演報, 17-2, 793-869, 1955.
- 3) F. P. L.: Wood handbook. Agr. Handbook No. 72, 1974.

Summary

It is well known that Aodamo (*Fraxinus lanuginosa*)-wood is the best material for baseball bats in Hokkaido. In a previous paper (1), growth rate and some physical and mechanical properties of Aodamo-wood grown in Urakawa district were reported in comparison with Yachidamo-wood (*Fraxinus mandshurica* var. *japonica*) taken from the same site. In this

paper, growth rate and wood quality of Aodamo grown in Yubari district are described. The test was carried out using three sample trees having 20 to 22 cm diameter at breast height taken from a sample plot, where the d. b. h. of every standing tree having 4 cm d. b. h. or more were measured. Also the small clear specimens taken from used baseball bats were tested in the same way in order to get general data.

The test results are summarized as follows:

1) The result of measurement of d. b. h. of the trees in a sample plot (25 m × 25 m) revealed that the diameters of about one half of Aodamo trees were 10 cm or smaller and about 80% were 18 cm or smaller. There were very few useful sized Aodamo trees, especially more than 20 cm d. b. h. It may be considered that the natural regeneration of Aodamo trees are very easy but very difficult to grow up to useful size.

2) The ages of the sample trees were about 100 years old. The d. b. h. at about 40 years old was only 5 to 6 cm. It might be considered that they grew up under big broad leaved trees for the early time.

3) The average width of annual rings was very narrow. The average value for all sample trees was 1.4 mm and ranged from 1.2 mm to 1.4 mm for each sample tree. The maximum value was 3.8 mm. It might be that Aodamo-wood having 1 mm ring width or smaller was inferior in quality to the others having wider rings.

4) The average values of basic density for each sample tree were 576 to 601 kg/m³ and averaged 588 kg/m³ for all samples. These values were a little smaller than those of the wood grown in Urakawa district. Those ranged from 582 to 623 kg/m³ and averaged 608 kg/m³.

5) The average values of moisture content of sap- and heartwood were 48% and 58%, respectively. In this case, the moisture content at 0.3 m above ground level was higher than other positions and showed 56% in the sapwood and 84% in the heartwood, especially much higher in the colored fault heartwood, in which the values were about 100%. In general, it might be seen that living Aodamo trees have low moisture content in their trunks.

6) The value of average shrinkage for 1% moisture change were 0.14%, 0.27% and 0.022% for the radial, tangential and longitudinal directions, respectively. These values were slightly lower in the radial and tangential directions and a little higher in the longitudinal direction than the wood grown in Urakawa district.

7) The moduli of elasticity and rigidity were 13200 and 1160 MPa respectively, and these are slightly larger than those of Urakawa's. The values for the used baseball bats were 13700 and 1060 MPa, respectively.

8) The difference of the average values of the modulus of rupture among each sample tree, the wood from Urakawa district and the used baseball bats was not clear and the values were about 120 MPa. As the minimum value was 92 MPa, it could be seen that Aodamo-wood was strong in static bending.

9) The values of the maximum crushing strength, absorbed energy in impact bending, shearing strength and hardness were similar to those of the wood from Urakawa district.

10) Measuring the modulus of elasticity of Aodamo-wood was the best way to predict the modulus of rupture, because the correlation between the moduli of elasticity and rupture was the highest in comparison with that between the average ring width and the modulus of rupture or with that between specific gravity and the modulus of rupture.