

## (研究資料)

## スギ, ミズナラ埋もれ木の材質試験

三輪雄四郎<sup>(1)</sup>, 太田 貞明<sup>(2)</sup>, 米延 仁志<sup>(3)</sup>

MIWA, Yushiro, OHTA, Sadaaki and YONENOBU, Hitoshi : Wood Quality  
in Fossil Woods of SUGI (*Cryptomeria japonica* D. DON)  
and MIZUNARA (*Quercus crispula* BL.)  
(Research note)

**要 旨** : 秋田県山本郡二ツ井町より出土したスギ・ミズナラ埋もれ木について年輪幅, 容積密度数, 衝撃曲げ性能, 静的曲げ性能を測定し, それらの材質を検討した。供試体が埋木したのは<sup>14</sup>Cの検定より1550±130年前と推定された。スギは800年生以上と推定され, 年輪幅は300年以降1mm前後とかなり緻密である。ミズナラは180年生と推定され比較的成長のよい材である。容積密度数の平均値はスギで265kg/m<sup>3</sup>, ミズナラで470kg/m<sup>3</sup>であり, 通常材の文献値よりスギでは若干低い値を示したが, ミズナラでは通常材の文献値と大きな差はなかった。衝撃曲げ吸収エネルギーの平均値はスギで0.19 kgf·m/cm<sup>2</sup>, ミズナラで0.27 kgf·m/cm<sup>2</sup>であり, スギ・ミズナラともに通常材の文献値より低い値を示したが, 特にミズナラでは通常材の文献値より極端に低くなり, 埋もれ木の特徴であると考えられた。静的曲げ性能に関しては, スギの曲げ強さの平均は486 kgf/cm<sup>2</sup>, 曲げヤング率の平均は4.69×10<sup>4</sup> kgf/cm<sup>2</sup>, ミズナラの曲げ強さの平均は568 kgf/cm<sup>2</sup>, 曲げヤング率の平均は7.96×10<sup>4</sup> kgf/cm<sup>2</sup>である。スギは通常材の値と比較してほぼ比重に相当する値である。ミズナラは比重の割には低い値となっているが, 衝撃曲げ性能ほど大きな低下はみられない。

## 1 緒 言

埋もれ木は火山灰などの土中に長期間埋もれていたものであり, 石炭化あるいは化石化する前の状態のものをいう。一般に青灰色~青黒色を示し, 神代木などと称して, 細工物, 家具, 数寄屋建築などの部材として珍重されている。このように埋もれ木は実用の用途に供されているにもかかわらず, 強度を含む材質についての研究がなされていないので, 検討することとした。

本研究で用いた材は秋田県山本郡二ツ井町切石(北緯40°10', 東経140°20', 海拔100 m)より1981年に出土し, その後約8年間屋根を架けて保存していたスギとミズナラである。年代については当初約300年前の能代地震の際の山崩れによって埋木したといわれていたが, その後の<sup>14</sup>Cによる年代測定によると, それよりは古い1550±130年前であると推定された(名古屋大学アイソトープ総合センターサンプル No. NUTA-997,998)。埋もれていた場所は沢沿いにあり, 土中の水分が多いため保存状態は良好であった。

本試験は二ツ井町の依頼により受託研究として行ったものであり、供試材の提供及び現地での調査の際に便宜をはかっていただいた二ツ井町企画調整課の皆様、年輪幅の測定などで協力いただいた藤沢義武氏（現九州林木育種場）、年代測定に協力していただいた名古屋大学農学部木方洋二教授、試験体作成に尽力していただいた木材利用部木工班、及び受託研究共同担当者として協力・助言いただいた企画調整部金谷紀行氏、の方々に謝意を表したい。

## 2 実 験

### 2. 1 供試材

#### 2. 1. 1 スギ *Cryptomeria japonica* D. DON

スギの供試材は災害によって根倒しを受けたものと推定され、大きな根張り部分を有し、一部樹皮も付着していた（Photo. 1）。直径は根元から3mの位置で約2mであった。出土したときは完全な樹幹であったと思われるが、樹幹の上部半分はその後の出土作業、運搬の際に欠落したと思われる。本材の根元から約6.5mの部分より直径約1.6m、厚さ約50cmの円盤（Photo. 2）を採取し、実験に供した。円盤には樹心近辺で心腐れによると思われる半円状の欠落部分が存在する。最内年輪の曲率から判断して髓から約12cmの部分が欠落していると推定される。辺材部と思われる外側で灰色を呈していたが、大部分は若干くすんだ褐色を呈しているもののそれほど大きな変色もなく、保存状態は極めて良好であった。

#### 2. 1. 2 ミズナラ *Quercus crispula* BL.

ミズナラの供試材は元口側に若干の根張りを有しており元から約2mの部位で幹回り2.3mであった。本材の元から5mの部分より厚さ1mの円盤（Photo. 3）を採取した。その部分の直径は65cmである。樹心近辺及び放射状に腐朽の著しい部分が存在している。材色は明らかに変色し、黒褐色で、切削



Photo. 1. スギ埋もれ木  
Fossil wood of SUGI.

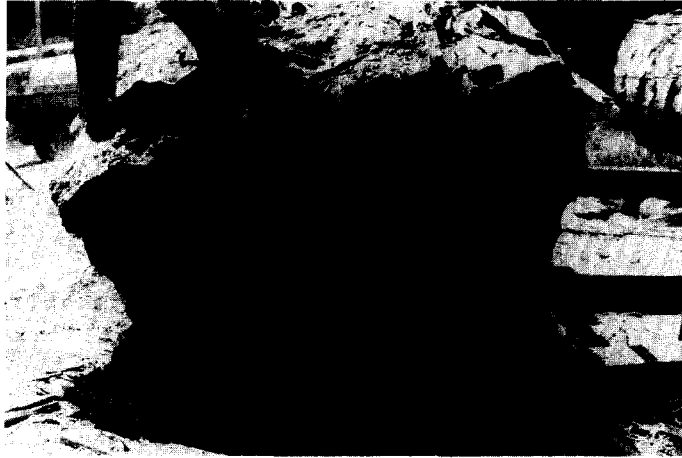


Photo. 2. スギ埋もれ木の供試円盤  
Transverse section of SUGI fossil wood.



Photo. 3. ミズナラ埋もれ木の供試円盤  
Transverse section of MIZUNARA fossil wood.

面で光沢を呈していた。

## 2. 2 実験方法

### 2. 2. 1 年輪数及び年輪幅

供試円盤の表面を手カンナを用いて平滑にし、円盤上にビデオカメラを装着した移動距離測定装置(ソニー・マグネスケール)を設置し、モニター(倍率約10倍)で年輪界を確認しながら年輪数及び年輪幅

を測定した。

### 2. 2. 2 容積密度数

供試円盤より最も多くの年輪が入る方向に幅（接線方向）3 cm，厚さ（繊維方向）1 cmの短冊状の試片を鋸断し，水中に浸漬し飽水状態に達したあと，半径方向に連続して2 cm間隔でナイフを用いて小割りした。おのおの小試験体について常法によって容積密度数を求めた。

### 2. 2. 3 衝撃曲げ試験及び静的曲げ試験

供試円盤より容積密度数の測定部位とほぼ同一の半径方向に連続した断面2×2 cmの試験体を採取した。長さは衝撃曲げ試験体で28cm，静的曲げ試験体で32cmとした。試験方法はJISの木材の衝撃曲げ試験方法（Z2116-63）及び木材の曲げ試験方法（Z2113-63）に準拠した。なお，試験時の含水率はスギで15.1±0.9%，ミズナラで14.1±1.4%であった。

## 3 結 果

### 3. 1 年輪数及び年輪幅

#### 3. 1. 1 スギ

測定可能な年輪数は724年，長さで92.2cmであった。円盤外側からの距離と年輪数の図より，髓近辺の欠落部分12cmを加えた全体の年輪数は約800年と推定された。現存する秋田天然スギの最高樹齢は約350年と推定されていることから考え，秋田スギとしては非常に樹齢が高い。Fig. 1に年輪幅の経年変化を示した。髓から300年以降では年輪幅1 mm前後と非常に狭い値で一定しており，特に600年以降では1 mm以下の年輪がほとんどである。300年以前では内側に向かって徐々に広くなり，約180年から200年の広い値のあと再び狭くなっている。

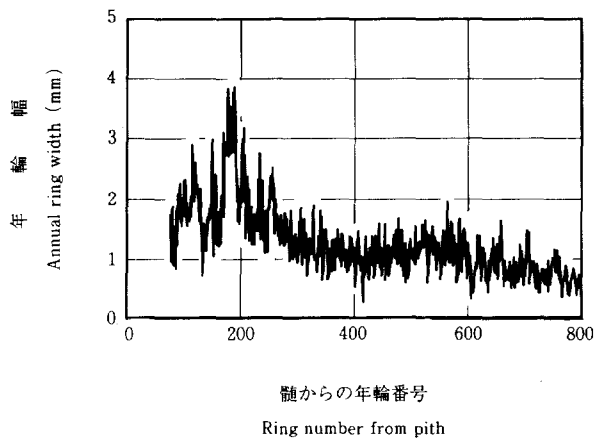


Fig. 1. スギの年輪幅の樹齢による変動  
Variation of annual ring width of SUGI with ring number from pith.

3. 1. 2 ミズナラ

樹心近辺では腐朽が著しく、年輪の測定が不可能であった。測定可能な年輪数は165年、長さで30.1cmであった。スギ同様に樹心近辺の測定不能部分(約5 cm)も加えた全体の年輪数を推定すると約180年であった。Fig. 2に年輪幅の経年変化を示した。約120年までは直線的に狭くなり、その後は1 mm前後で一定している。また、87年、118年に見られるように前後との差が約2 mmもあるピークが認められる。

3. 2 容積密度数

3. 2. 1 スギ

Fig. 3に容積密度数の半径方向分布を示した。髄から26~37cmの部分は肉眼でも判別可能な腐朽のため極端に低下している。健全であると認められる部分の容積密度数は245~296kg/m<sup>3</sup>の範囲にあり、平

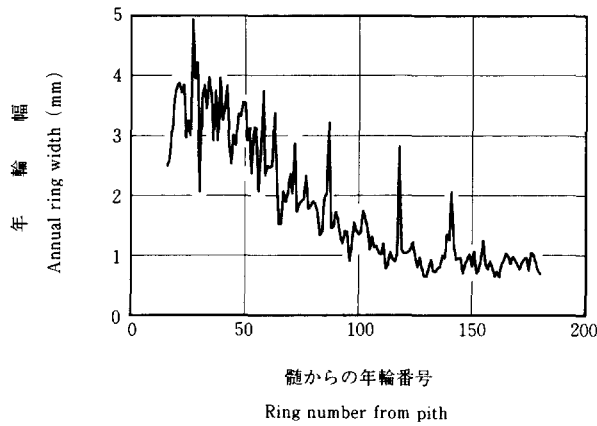


Fig. 2. ミズナラの年輪幅の樹齢による変動  
Variation of annual ring width of MIZUNARA with ring number from pith.

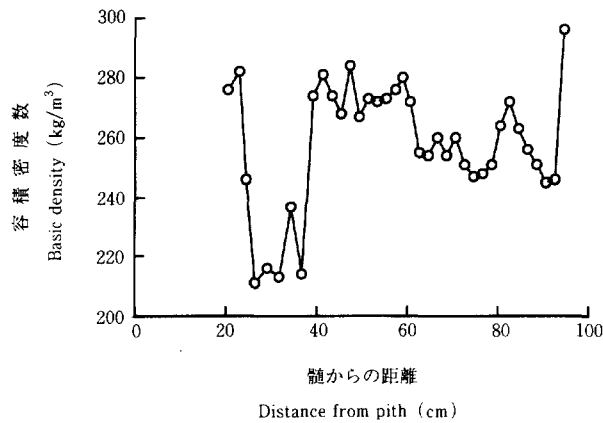


Fig. 3. スギの容積密度数の半径方向分布  
Radial variation of basic density of SUGI.

均で265kg/m<sup>3</sup>である。既報の造林スギに関する通常材の容積密度数によると192～450kg/m<sup>3</sup>の範囲にあり、平均値は318kg/m<sup>3</sup>となっている（小田，1972）。このことから本供試材は既報の値の範囲に含まれるが比較的低い値となっている。この原因はもともと低かったのか、埋木中に低下したのかは不明である。加納（1961）は年輪幅が1.5mm以下では容積密度数は年輪幅の減少に伴って反比例的に増加すると述べているが、それを考えると本材のように容積密度数が低いのは土中に埋もれていた影響が現れていることが考えられる。

### 3. 2. 2 ミズナラ

Fig. 4に容積密度数の半径方向分布を示した。最外部で容積密度数の低下がみられるが、明らかに肉眼でも腐朽していることが判別できる内側部分では、それほど大きな低下が認められない。これは肉眼で認められる腐朽が大きな道管の存在する孔圏部で著しく、晩材部ではそれほどではないことによる。容積密度数の値は407～526kg/m<sup>3</sup>の範囲にあり、平均で470kg/m<sup>3</sup>である。この値は既報（大澤，1955；大澤，1959）の通常材の全乾比重と収縮率より計算した値350～770kg/m<sup>3</sup>、平均で540kg/m<sup>3</sup>より若干低い値となっているが、それほど大きな低下はみられない。

## 3. 3 衝撃性能

### 3. 3. 1 スギ

Table 1に衝撃曲げ性能を、Fig. 5に衝撃曲げ吸収エネルギーの半径方向分布を示した。肉眼ではっきり腐朽が認められる髓から40cm以内では、衝撃曲げ吸収エネルギーはほとんどゼロに近い。その部分を除いた健全と思われる部分は0.13～0.25 kgf・m/cm<sup>2</sup>、平均で0.19 kgf・m/cm<sup>2</sup>である。この値は通常材の平均値0.421、標準偏差0.133 kgf・m/cm<sup>2</sup>（中井，1982）に比べてかなり低い値となっている。一般に衝撃曲げ吸収エネルギーは比重の影響をかなり強く受ける。しかし、通常材の平均比重0.38に対して本供試体の平均比重0.31と20%近く小さいことを考慮しても、衝撃曲げ吸収エネルギーの低減が大きく、埋もれ木の特徴を示していると考えられる。

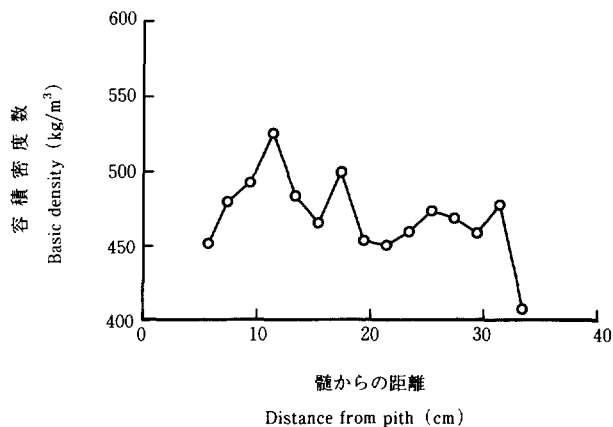


Fig. 4. ミズナラの容積密度数の半径方向分布  
Radial variation of basic density of MIZUNARA.

Table 1. スギの衝撃曲げ性能  
Impact bending properties of SUGI.

番号 No.	髄からの距離 Distance from pith (cm)	平均 年輪幅 Average annual ring width (mm)	気乾比重 Specific gravity in air dry	衝撃曲げ吸収 エネルギー Absorbed energy in impact bending (kgf·m/cm <sup>2</sup> )
1	22.0	2.0	0.31	0.08
2	25.0	1.7	0.27	0.02
3	28.0	1.7	0.26	0.02
4	30.6	2.5	0.28	0.02
5	32.6	2.9	0.27	0.02
6	41.5	1.7	0.34	0.20
7	44.3	1.7	0.31	0.18
8	47.1	1.8	0.34	0.23
9	49.9	1.4	0.32	0.21
10	52.7	1.2	0.32	0.22
11	55.5	1.3	0.32	0.25
12	58.3	1.3	0.32	0.18
13	61.1	1.1	0.32	0.20
14	63.9	1.1	0.32	0.18
15	66.7	1.1	0.31	0.22
16	69.5	0.8	0.31	0.21
17	72.3	1.3	0.30	0.18
18	75.1	1.1	0.29	0.18
19	77.9	1.2	0.30	0.19
20	80.7	1.1	0.31	0.21
21	83.6	1.2	0.31	0.16
22	86.4	0.9	0.31	0.17
23	89.2	0.9	0.31	0.13
24	92.0	0.9	0.30	0.15
総平均	AVE.	1.4	0.31	0.16
腐朽部 (No. 1~5) を除く平均 Ave. except for decayed parts (No. 1~5)		1.2	0.31	0.19

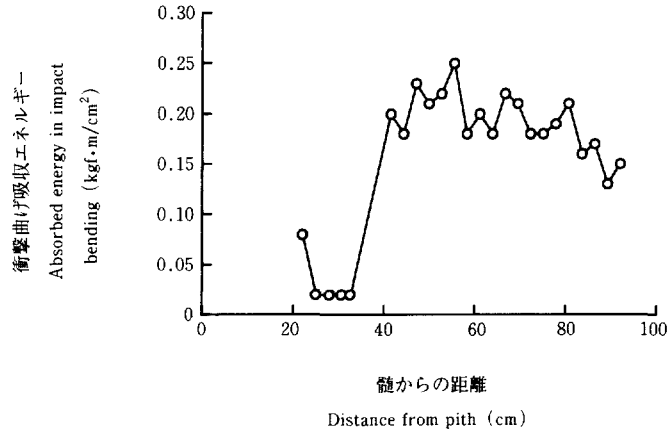


Fig. 5. スギの衝撃曲げ吸収エネルギーの半径方向分布  
Radial variation of absorbed energy in impact bending of SUGI.

### 3. 3. 2 ミズナラ

Table 2 に衝撃曲げ性能を, Fig. 6 に衝撃曲げ吸収エネルギーの半径方向分布を示した。試験体番号 1, 5, 6 は破壊後試験体がバラバラになるほど腐朽が進んでいた。そのほかの試験体も破壊面が脆い破壊の形態を示していた。通常材の衝撃曲げ吸収エネルギーの平均値  $1.05 \text{ kgf}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$  (中井, 1982) に対して, 番号 1, 5, 6 を除いたものは  $0.19\sim 0.41 \text{ kgf}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$  の範囲にあり, 平均で  $0.27 \text{ kgf}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$  と極端に低い値を示している。本供試体の容積密度数は, 正常材に比べそれほど大きな低下は見られないにもかかわらず, これだけ大きく衝撃曲げ吸収エネルギーが低下していることから, 土中に埋もれていたことが衝撃性能に対して非常に大きく影響しているものと考えられる。

## 3. 4 曲げ性能

### 3. 4. 1 スギ

Table 3 に静的曲げ性能を, Fig. 7 と Fig. 8 に曲げ強さと曲げヤング率の半径方向分布を示した。試験体番号 2 から 5 までは肉眼でもはっきり腐朽が認められる。そのほか正常と思われる部分の曲げ強さは  $411\sim 581 \text{ kgf}/\text{cm}^2$  の範囲にあり, 平均で  $486 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ , 曲げヤング率は  $4.00\sim 5.99 \times 10^4 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ , 平均で  $4.69 \times 10^4 \text{ kgf}/\text{cm}^2$  であり, この値は通常材の曲げ強さ平均値  $663 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ , 標準偏差  $88.6 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ , 曲げヤング率平均値  $8.17 \times 10^4 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ , 標準偏差  $1.2 \times 10^4 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ , (中井, 1982) に比べて低い値を示しているが, 衝撃曲げ吸収エネルギーほど大きな差はみられず, 単に比重が低いことが関係していると考えられる。



Table 2. ミズナラの衝撃曲げ性能

Impact bending properties of MIZUNARA.

番号 No.	髄からの距離 Distance from pith (cm)	平均 年輪幅 Average annual ring width (mm)	気乾比重 Specific gravity in air dry	衝撃曲げ吸収 エネルギー Absorbed energy in impact bending (kgf·m/cm <sup>2</sup> )
1	6.0	2.2	0.55	0.12
2	8.1	2.2	0.61	0.19
3	10.2	3.3	0.67	0.21
4	12.3	2.8	0.68	0.25
5	14.4	1.8	0.61	0.16
6	16.5	1.7	0.55	0.13
7	18.6	1.8	0.65	0.26
8	20.7	1.8	0.57	0.24
9	22.8	1.4	0.63	0.25
10	24.9	1.2	0.62	0.29
11	27.0	1.1	0.67	0.41
12	29.1	1.0	0.66	0.39
13	31.2	0.7	0.61	0.27
14	33.3	0.8	0.59	0.21
総平均	A V E.	1.7	0.62	0.24
腐朽部(No.1,5,6) を除く平均 Ave. expt for decayed parts (No.1,5,6)		1.6	0.63	0.27

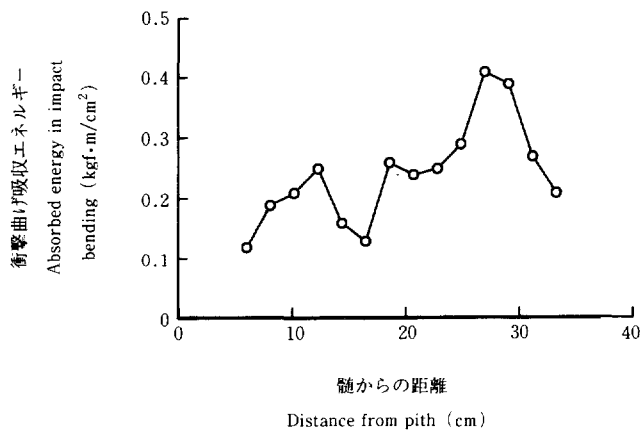
Fig. 6. ミズナラの衝撃曲げ吸収エネルギーの半径方向分布  
Radial variation of absorbed energy in impact bending of MIZUNARA.

Table 3. スギの静的曲げ性能  
Static bending properties of SUGI.

番号 No.	髄からの距離 Distance from pith (cm)	平均 年輪幅 Average annual ring width (mm)	気乾比重 Specific gravity in air dry	曲げ強さ Bending strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	曲げヤング率 Young's modulus in bending ( $\times 10^4$ kgf/cm <sup>2</sup> )
1	21.0	1.3	0.34	440	4.82
2	24.0	1.7	0.34	80	3.46
3	28.9	2.4	0.28	68	1.81
4	32.7	2.8	0.27	55	1.88
5	38.5	2.2	0.29	109	2.39
6	41.1	1.5	0.34	526	4.98
7	43.7	1.7	0.33	541	5.08
8	46.3	2.2	0.34	555	5.80
9	48.9	1.5	0.33	507	4.84
10	51.5	1.3	0.34	581	5.99
11	54.1	1.2	0.33	508	5.46
12	56.7	1.2	0.33	524	5.01
13	59.3	1.1	0.32	515	5.04
14	61.9	1.1	0.31	497	4.53
15	64.5	1.0	0.31	493	4.69
16	67.1	0.9	0.30	439	4.37
17	69.7	1.1	0.31	478	4.44
18	72.3	1.0	0.30	464	4.11
19	74.9	1.1	0.30	442	4.11
20	77.5	1.2	0.30	472	4.22
21	80.1	1.1	0.30	476	4.63
22	82.8	1.1	0.32	453	4.14
23	85.3	0.9	0.32	450	4.07
24	88.2	0.8	0.31	461	4.54
25	91.1	1.1	0.30	411	4.00
26	93.7	0.8	0.31	467	4.40
総平均 AVE.		1.4	0.31	424	4.34
腐朽部 (No. 2~5) を除く平均 Ave. except for decayed parts (No.2~5)		1.2	0.32	486	4.69

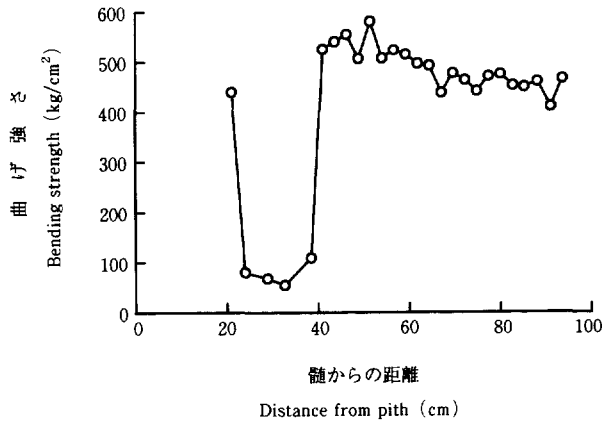


Fig. 7. スギの曲げ強さの半径方向分布  
Radial variation of bending strength of SUGI.

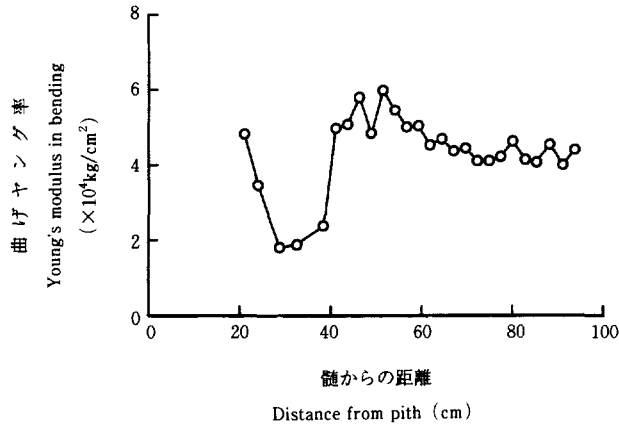


Fig. 8. スギの曲げヤング率の半径方向分布  
Radial variation of Young's modulus in bending of SUGI.

### 3. 4. 2 ミズナラ

Table 4 に静的曲げ性能を, Fig. 9 と Fig. 10 に曲げ強さと曲げヤング率の半径方向分布を示した。外側の試験体番号13, 14は比重も低く強度値も低い。またそのほかの部分では衝撃曲げ吸収エネルギーの分布と異なり, 曲げ強さでは髄からの距離によらずほぼ一定で, 曲げヤング率では逆に外側に向かって低下している。正常と思われる部分の平均値は曲げ強さ568 kgf/cm<sup>2</sup>, 曲げヤング率7.96×10<sup>4</sup> kgf/cm<sup>2</sup>であり, この値は通常材の曲げ強さ平均値983 kgf/cm<sup>2</sup>, 標準偏差165 kgf/cm<sup>2</sup>, 曲げヤング率平均値10.6×10<sup>4</sup> kgf/cm<sup>2</sup>, 標準偏差2.38×10<sup>4</sup> kgf/cm<sup>2</sup>, (中井, 1982) に比べて低い値を示した。一般的なミズナラの気乾比重0.45~0.90に対して本供試材は0.67と平均的には同程度であるから, 本供試材は比重の割には曲げ性能もかなり低下していることがいえる。しかし衝撃曲げ吸収エネルギーの場合ほど極端な低下は見られない。

Table 4. ミズナラの静的曲げ性能  
Static bending properties of MIZUNARA.

番号 No.	髄からの距離 Distance from pith (cm)	平均 年輪幅 Average annual ring width (mm)	気乾比重 Specific gravity in air dry	曲げ強さ Bending strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	曲げヤング率 Young's modulus in bending (×10 <sup>4</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )
1	6.0	1.2	0.66	322	7.45
2	8.1	1.2	0.77	606	10.01
3	10.2	1.0	0.62	299	7.11
4	12.3	1.1	0.70	539	9.78
5	14.4	0.9	0.68	646	9.40
6	16.5	1.1	0.64	504	8.64
7	18.6	1.0	0.65	471	7.87
8	20.7	1.1	0.63	413	6.40
9	22.8	1.1	0.63	580	7.15
10	24.9	1.1	0.65	603	7.09
11	27.0	0.9	0.66	642	6.43
12	29.1	0.8	0.66	674	6.83
13	31.2	1.1	0.54	379	3.56
14	33.3	0.8	0.53	176	1.96
総平均 AVE.		1.0	0.65	490	7.12
腐朽部 (No.1,3) を除く平均 Ave. except for decayed parts (No.1,3)		1.0	0.67	568	7.96

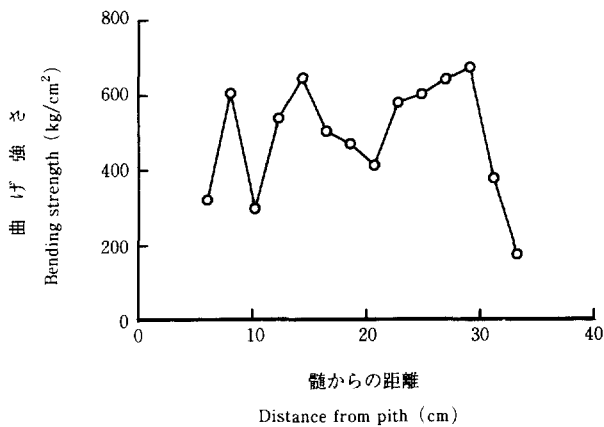


Fig. 9. ミズナラの曲げ強さの半径方向分布  
Radial variation of bending strength of MIZUNARA.

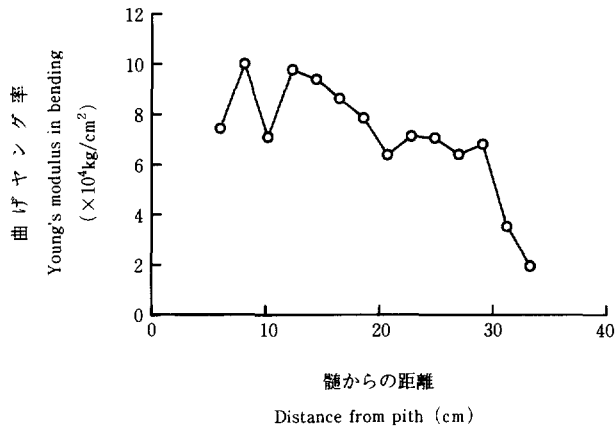


Fig. 10. ミズナラの曲げヤング率の半径方向分布  
Radial variation of Young's modulus in bending of MIZUNARA.

### 3.5 まとめ

スギは800年生以上と推定され、現存する秋田天然スギに比べて非常に樹齢が高かった。

容積密度数は通常材の文献値よりスギでは若干低い値を示したが、ミズナラでは通常材の文献値と大きな差はなかった。

衝撃曲げ吸収エネルギーはスギ、ミズナラともに通常材の文献値より低い値を示し、特にミズナラでは通常材の文献値より極端に低くなり、埋もれ木の特徴であると考えられた。

静的曲げ性能はスギでは通常材とそれほど大きな違いはなく、ほぼ比重に相当する値である。ミズナラは比重の割りには低い値となっているが、衝撃曲げ性能ほど大きな低下はみられない。

以上のことから、埋もれ木の特徴は容積密度数にはそれほど大きな変化がなくても、衝撃曲げ性能は著しく低下することであり、利用の際には十分な注意が必要である。特に、ミズナラにおいてその傾向が強い。

### 引用文献

- 加納 孟：スギの材質（第2報）. 西川産スギ, 林試研報, 134, 115~139 (1961)  
 中井 孝ほか：日本産主要樹種の性質. 日本産35樹種の強度的性質, 林試研報, 319, 13~46 (1982)  
 小田正一：日本産主要樹種の性質. 枝条率, 用材率, 完満度, 枝下高率, 心材率, 生材含水率, 平均年輪幅, 容積密度数について, 木材部資料, 47(3), 1~5 (1972)  
 大澤正之ほか：北海道産ナラ材の材質に関する研究Ⅰ. 産地別ナラ材の材質の比較, 北大演習林報, 17(2), 793~869 (1955)  
 ——ほか：同上 Ⅱ. 十勝産ナラ材の年輪密度, 比重, 及び収縮率, 同上, 20(1), 53~76 (1959)

**Wood Quality in Fossil Woods of SUGI (*Cryptomeria japonica* D. DON)  
and MIZUNARA (*Quercus crispula* BL.)  
(Research note)**

MIWA, Yushiro<sup>(1)</sup>, OHTA, Sadaaki<sup>(2)</sup> and YONENOBU, Hitoshi<sup>(3)</sup>

Summary

Annual ring widths, basic densities, impact bending properties and static bending properties in fossil woods of SUGI (*Cryptomeria japonica* D. DON) and MIZUNARA (*Quercus crispula* BL.) excavated at Futatsui-machi in Akita prefecture were examined. The year when they were buried is estimated 1 550 ( $\pm$  130) years ago by <sup>14</sup>C testing.

Sugi has 800 annual ring numbers, with very narrow ring widths about 1 mm after 300 rings from the pith. MIZUNARA has 180 annual ring numbers, with relatively wide ring widths. Average basic density of SUGI is 265 kg/m<sup>3</sup>, showing a little lower value than that of normal wood. It is considered that the density decreased during the period the wood was buried underground. That of MIZUNARA is 470 kg/m<sup>3</sup> which is about same as that of normal wood.

Average absorbed energy in impact bending of SUGI is 0.19 kgf·m/cm<sup>2</sup>. This value is a little lower than that of normal wood. That of MIZUNARA is 0.27 kgf·m/cm<sup>2</sup>. This value is significantly lower than that of normal wood, and this means that the influence during period it was buried underground is very large. Static bending properties of SUGI shows reasonable values to the density. In MIZUNARA the wood has lower static bending properties than normal wood, but the difference is not so large as in the case of impact bending properties.

---

Received January 24, 1991

(1) (2) Wood Technology Division

(3) Nagoya University