

## アカマツの繊維傾斜度

中 川 伸 策<sup>①</sup>

Shinsaku NAKAGAWA: Variation in Spiral Grain of Akamatsu

(Pinus densiflora SIEBL. et ZUCC.)

**要 旨:** アカマツを構造材として利用する場合に、品質に大きな影響を及ぼす因子の一つとして、繊維傾斜度の大小が挙げられる。これは、繊維傾斜度が、用材の乾燥後のねじれ量と高い相関関係をもつため、利用上の欠点となっている。63個体から採取した円板について測定した繊維傾斜度は、樹心から外側へ向かって変化している。この繊維の傾斜は、ほとんどの個体で、S傾斜から始まり、その角度は外側へ向かって増加し、最大値が現れるようになり、最大値はほぼ樹心から10年輪目までに出現している。円板に現れる最大繊維傾斜度と総平均値(絶対値)との間には、1%水準で、有意な相関があるので、前者を個体の代表値とみなすことができる。

各個体から採取した円板について、繊維傾斜度の樹心から外側へ向かう変化の仕方をみると、S傾斜の範囲内で変化する個体が全体の60%を占める。次いで、最初はS傾斜を示すが、後にZ傾斜に移行するもの、および、その後さらにS傾斜へ繰り返し変化する個体が約35%出現する。残りの約5%の個体は、極めて小さい繊維傾斜度を示し、樹心から数年輪後に5%以下の最大繊維傾斜が現れている。

したがって、構造用材としての適性条件をもつアカマツは、各個体のかなり若い時期においても、5%以下の最大繊維傾斜度を目安にして選ぶことができる。

## ま え が き

すでにアカマツにおいて繊維傾斜度は、構造用材の材質指標として、重要なものの一つであることが知られている<sup>②</sup>。したがって、繊維傾斜度の少ないアカマツをどのようにして選ぶか検討する必要がある。このためには、樹幹内における繊維傾斜度の変化を明らかにするとともに、各個体の代表値をどのように決定するか検討しなければならない。また、早期検定の可能性についても検討する必要がある。

この報告においては、繊維傾斜度の樹幹内変化の調査、および、それに基づいた出現型の分類、代表値の決定、早期検定の可能性の検討などの結果について述べる。

この研究は、すでに実行中の「材質育種に関する研究」の一部として、追加実行されたものである。

この試験を実行するにあたっては、木材部材料科長須藤彰司氏、前材質研究室長(現加工技術科長)中野達夫氏の御指導をいただいた。また、この報告のとりまとめに際しては、材質研究室長太田貞明氏のご協力を得た。これらの方々にたいし、深く感謝いたします。

## 1. 調査地および供試木の概要

供試木は、あらかじめ立案した研究計画に基づいて、東北産アカマツは、青森営林局管内、岩手営林署前森山国有林459林班は小班(2種林、面積24.74ha)の50~60年生林分のなかの0.7haを、また、関西産アカマツは、大阪営林局管内、福山営林署清六山国有林27林班の小班の林分内に0.42haを試験林分として設定し、それぞれから採取したものである。

Table 1. 供試木の概要  
Sample trees.

産地 Locality 東北 Tohoku

| 母樹 No.<br>Tree No. | 樹 齡<br>Age<br>(year) | 樹 高<br>Height<br>(H)<br>(m) | 胸 径<br>Breast<br>height<br>diameter<br>(D)<br>(cm) | 枝 下 高<br>Clear<br>length<br>(m) | 完 満 度<br>Degree of<br>fullbody<br>(H/D) | 枝下高率<br>Percentage<br>of clear<br>length<br>(%) | 幹 材 積<br>Stem<br>volume<br>(m³) |
|--------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| 3                  | 58                   | 19.80                       | 33.2                                               | 12.85                           | 59.6                                    | 64.9                                            | 1.1751                          |
| 22                 | 60                   | 17.40                       | 25.6                                               | 10.80                           | 68.0                                    | 62.1                                            | 0.6310                          |
| 24                 | 59                   | 17.80                       | 24.9                                               | 11.40                           | 71.5                                    | 64.0                                            | 0.5747                          |
| 28                 | 58                   | 17.20                       | 15.9                                               | 13.75                           | 108.2                                   | 79.9                                            | 0.2354                          |
| 35                 | 59                   | 17.08                       | 29.3                                               | 9.95                            | 58.3                                    | 58.3                                            | 0.7455                          |
| 39                 | 58                   | 17.12                       | 25.1                                               | 10.35                           | 68.2                                    | 60.5                                            | 0.5376                          |
| 55                 | 59                   | 18.50                       | 22.9                                               | 9.60                            | 80.8                                    | 51.9                                            | 0.4940                          |
| 94                 | 59                   | 18.70                       | 27.3                                               | 10.30                           | 68.5                                    | 55.1                                            | 0.7156                          |
| 102                | 58                   | 17.65                       | 25.7                                               | 8.45                            | 68.7                                    | 47.9                                            | 0.4958                          |
| 114                | 58                   | 18.50                       | 18.8                                               | 12.75                           | 98.4                                    | 68.9                                            | 0.3315                          |
| 116                | 58                   | 20.05                       | 27.4                                               | 12.00                           | 73.2                                    | 59.9                                            | 0.6995                          |
| 119                | 60                   | 20.10                       | 25.7                                               | 11.65                           | 78.2                                    | 58.0                                            | 0.6499                          |
| 129                | 60                   | 20.13                       | 20.7                                               | 14.40                           | 97.2                                    | 71.5                                            | 0.3934                          |
| 173                | 57                   | 18.25                       | 30.3                                               | 13.15                           | 60.2                                    | 72.1                                            | 0.8449                          |
| 189                | 58                   | 18.87                       | 28.6                                               | 12.20                           | 66.0                                    | 64.7                                            | 0.8395                          |
| 199                | 62                   | 20.95                       | 39.9                                               | 11.30                           | 52.5                                    | 54.0                                            | 1.6703                          |
| 213                | 57                   | 17.06                       | 17.2                                               | 12.40                           | 99.2                                    | 72.7                                            | 0.2773                          |
| 214                | 60                   | 17.25                       | 17.1                                               | 13.50                           | 100.9                                   | 78.3                                            | 0.2885                          |
| 215                | 60                   | 19.25                       | 18.8                                               | 12.65                           | 102.4                                   | 65.7                                            | 0.3553                          |
| 224                | 57                   | 18.86                       | 21.8                                               | 11.65                           | 86.5                                    | 61.8                                            | 0.4816                          |
| 256                | 60                   | 18.63                       | 18.5                                               | 11.20                           | 100.7                                   | 60.1                                            | 0.3193                          |
| 269                | 58                   | 17.35                       | 22.7                                               | 10.35                           | 76.4                                    | 59.7                                            | 0.4880                          |
| 273                | 59                   | 18.30                       | 23.5                                               | 12.55                           | 77.9                                    | 68.6                                            | 0.5010                          |
| 276                | 59                   | 17.80                       | 24.3                                               | 12.60                           | 73.3                                    | 70.8                                            | 0.5169                          |
| 277                | 59                   | 18.10                       | 29.0                                               | 8.40                            | 62.4                                    | 46.4                                            | 0.7973                          |
| 291                | 59                   | 17.97                       | 18.6                                               | 11.35                           | 96.6                                    | 63.2                                            | 0.3259                          |
| 318                | 55                   | 19.95                       | 33.0                                               | 13.70                           | 60.5                                    | 68.7                                            | 1.0606                          |
| 359                | 53                   | 17.42                       | 25.0                                               | 11.10                           | 69.7                                    | 156.9                                           | 0.5785                          |
| 384                | 59                   | 20.70                       | 34.3                                               | 12.25                           | 60.3                                    | 59.2                                            | 1.1913                          |
| 390                | 60                   | 17.83                       | 24.3                                               | 11.80                           | 73.4                                    | 66.2                                            | 0.5587                          |
| 396                | 59                   | 16.25                       | 25.1                                               | 11.35                           | 64.7                                    | 69.8                                            | 0.1917                          |
| 398                | 59                   | 17.94                       | 19.3                                               | 11.54                           | 93.0                                    | 64.3                                            | 0.3508                          |
| 405                | 59                   | 18.45                       | 28.6                                               | 12.00                           | 64.5                                    | 65.0                                            | 0.7895                          |
| Max.               | 62                   | 20.95                       | 39.9                                               | 14.40                           | 108.2                                   | 156.9                                           | 1.6703                          |
| Av.                | 58.6                 | 18.40                       | 24.9                                               | 11.68                           | 77.0                                    | 66.4                                            | 0.6092                          |
| Min.               | 53                   | 16.25                       | 15.9                                               | 8.40                            | 52.5                                    | 46.4                                            | 0.1917                          |

Table 1. (つづき) (Continued)

| 産 地 Locality 関 西 Kansai |                      |                             |                                                     |                                 |                                         |                                                 |                                 |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| 母樹 No.<br>Tree No.      | 樹 齡<br>Age<br>(year) | 樹 高<br>Height<br>(H)<br>(m) | 胸 径<br>Breast<br>height.<br>diameter<br>(D)<br>(cm) | 枝 下 高<br>Clear<br>length<br>(m) | 完 満 度<br>Degree of<br>fullbody<br>(H/D) | 枝下高率<br>Percentage<br>of clear<br>length<br>(%) | 幹 材 積<br>Stem<br>volume<br>(m³) |
| 13                      | 64                   | 18.45                       | 27.3                                                | 10.80                           | 67.6                                    | 58.5                                            | 0.4395                          |
| 17                      | 52                   | 19.90                       | 27.5                                                | 13.40                           | 72.4                                    | 67.3                                            | 0.5118                          |
| 21                      | 53                   | 18.80                       | 26.7                                                | 12.40                           | 70.4                                    | 66.0                                            | 0.5249                          |
| 23                      | 51                   | 19.00                       | 18.5                                                | 13.20                           | 102.7                                   | 69.5                                            | 0.2623                          |
| 31                      | 51                   | 18.10                       | 18.5                                                | 13.50                           | 97.8                                    | 74.6                                            | 0.2540                          |
| 44                      | 53                   | 22.95                       | 25.7                                                | 17.70                           | 89.3                                    | 77.1                                            | 0.5446                          |
| 45                      | 52                   | 23.55                       | 27.5                                                | 15.85                           | 85.6                                    | 67.3                                            | 0.6311                          |
| 58                      | 58                   | 21.00                       | 17.1                                                | 15.50                           | 122.8                                   | 73.8                                            | 0.2450                          |
| 66                      | 56                   | 22.76                       | 28.1                                                | 16.90                           | 81.0                                    | 74.3                                            | 0.5817                          |
| 67                      | 53                   | 21.90                       | 28.7                                                | 15.20                           | 76.3                                    | 69.4                                            | 0.5822                          |
| 115                     | 60                   | 20.30                       | 27.9                                                | 14.90                           | 72.8                                    | 73.4                                            | 0.5123                          |
| 166                     | 59                   | 18.76                       | 16.0                                                | 12.15                           | 117.3                                   | 64.8                                            | 0.1878                          |
| 179                     | 59                   | 23.15                       | 35.5                                                | 15.00                           | 65.2                                    | 64.8                                            | 0.9457                          |
| 185                     | 51                   | 19.85                       | 20.9                                                | 13.70                           | 95.0                                    | 69.0                                            | 0.2910                          |
| 207                     | 54                   | 20.60                       | 29.3                                                | 13.20                           | 70.3                                    | 64.1                                            | 0.6060                          |
| 217                     | 50                   | 18.70                       | 19.6                                                | 14.10                           | 95.4                                    | 75.4                                            | 0.3128                          |
| 230                     | 51                   | 17.20                       | 17.1                                                | 13.80                           | 100.6                                   | 80.2                                            | 0.1941                          |
| 233                     | 53                   | 16.35                       | 13.7                                                | 11.80                           | 119.3                                   | 72.2                                            | 0.1364                          |
| 242                     | 53                   | 18.10                       | 28.9                                                | 10.90                           | 62.6                                    | 60.2                                            | 0.5230                          |
| 255                     | 53                   | 15.82                       | 23.8                                                | 10.40                           | 66.5                                    | 65.7                                            | 0.2957                          |
| 259                     | 53                   | 14.00                       | 24.1                                                | 8.15                            | 58.1                                    | 58.2                                            | 0.2933                          |
| 267                     | 50                   | 15.50                       | 16.2                                                | 8.70                            | 95.7                                    | 56.1                                            | 0.1840                          |
| 281                     | 54                   | 15.90                       | 16.9                                                | 11.40                           | 94.1                                    | 71.7                                            | 0.1741                          |
| 289                     | 52                   | 18.93                       | 23.6                                                | 12.50                           | 80.2                                    | 66.0                                            | 0.4036                          |
| 305                     | 56                   | 21.40                       | 25.4                                                | 16.70                           | 84.3                                    | 78.0                                            | 0.4664                          |
| 315                     | 53                   | 20.00                       | 23.0                                                | 14.60                           | 87.0                                    | 73.0                                            | 0.3940                          |
| 343                     | 52                   | 19.50                       | 15.1                                                | 15.10                           | 129.1                                   | 77.4                                            | 0.1903                          |
| 353                     | 51                   | 21.47                       | 24.0                                                | 17.65                           | 89.5                                    | 82.2                                            | 0.4346                          |
| 379                     | 53                   | 19.16                       | 16.3                                                | 16.00                           | 117.5                                   | 83.5                                            | 0.2017                          |
| 409                     | 59                   | 18.30                       | 27.9                                                | 11.90                           | 65.6                                    | 65.0                                            | 0.4547                          |
| 429                     | 59                   | 18.10                       | 15.4                                                | 15.10                           | 117.5                                   | 83.4                                            | 0.1619                          |
| Max.                    | 64                   | 23.55                       | 35.5                                                | 17.70                           | 129.1                                   | 83.5                                            | 0.9457                          |
| Av.                     | 54.1                 | 19.28                       | 22.8                                                | 13.62                           | 88.7                                    | 70.4                                            | 0.3852                          |
| Min.                    | 50                   | 14.00                       | 15.4                                                | 8.15                            | 65.2                                    | 56.1                                            | 0.1364                          |
| 総 括<br>Total            |                      |                             |                                                     |                                 |                                         |                                                 |                                 |
| Max.                    | 64                   | 23.55                       | 39.9                                                | 17.70                           | 129.1                                   | 156.9                                           | 1.6703                          |
| Av.                     | 56.4                 | 18.82                       | 23.9                                                | 12.62                           | 82.6                                    | 68.3                                            | 0.5007                          |
| Min.                    | 50                   | 14.00                       | 15.4                                                | 8.15                            | 52.5                                    | 46.4                                            | 0.1364                          |

供試木の選定方法は、すでに出された報告に述べてある<sup>18)</sup>。

Table 1 に両産地のアカマツ供試木の概要を示す。それによると、東北産アカマツは、関西産に比べ、平均樹齡がやや高く、胸高直径も若干大きい。また、幹材積では、約 1.6 倍を示していることがわかる。

## 2. 繊維傾斜度の測定法

供試用円板は、胸高部位以上の箇所から採取したものをを用いた。このことは、かつてアカマツ造林木について、予備的に調査した結果、地上から 1.2m 以上の高さで採取したものであれば、幹を代表しうる値を示すものとみなされたためである。これらの円板について、節、腐れ、などの欠点を避け、生材状態で、髓を含む山～谷方位について、軸および接線方向の長さを各々 3 cm に木取って試料とした。

繊維傾斜度の測定法は、これまで筆者が、カラマツ材について行った方法と同様に、割裂法による<sup>2)-4)7)8)</sup>。各年輪に現われた基準線から割裂線までの距離は、カーブリーダー（オートプロセス社製）を用い、1/100mm 精度で測定した。この値と軸方向の長さとの比を求め、パーセントで表示し、同一年輪の両方位の値を平均して繊維傾斜度とした。

## 3. 結果および考察

### 3-1. 繊維傾斜度の幹のなかの分布

全供試木 63 本（東北産 31 個体、関西産 32 個体）について、幹の地上から 1.2m～5.2m の部位を対象とし、樹心から外側までの各年輪の晩材部に現われた繊維傾斜度を測定した。

幹のなかの繊維傾斜度は、樹心からの年輪番号の大小、各個体間によって異った値を示しているが、これらのなかから代表的なものを抜き出して、東北産は Fig. 1 に、関西産は Fig. 2 に示す。これらの結果から、いずれの供試木についても、繊維傾斜度の方向は S 傾斜から始まること<sup>9)11)</sup>、繊維傾斜度の最大値が、樹心からの年輪番号の比較的少ない時期に出現していることは明らかである。

各供試木の最大繊維傾斜度の範囲は S 4.5～17.1%，平均 S 9.3% で、この値は樹心からおよそ 12 年輪目に現われている。同様に平均繊維傾斜度では 1.4～9.5%，平均 4.9%，その標準偏差は  $\pm 0.5 \sim 3.6$  % である。前述した最大値について、東北産と関西産とを比べると、それぞれ 9.2、9.5% で両者ともに同程度の大きさを示し、産地の違いによる差異はほとんど認められなかった。

すでに筆者が、同じ手法で測定したカラマツ（長野営林局管内）の最大繊維傾斜度をみると、52 年生母樹 24 本の 9.5%<sup>9)</sup>、その 13 年生クローン 214 本の 9.0%，49 年生 200 本の 9.0%<sup>7)</sup>、54 年生 193 本の 10.0% ならびに 31 年生 183 本の 11.4%<sup>6)</sup>（換算値）などである。したがって、アカマツの最大繊維傾斜度の大きさは、カラマツ樹幹のもつそれとほぼ等しい値を示しているといえる。

「材質育種に関する研究」<sup>13)14)</sup>において、多くの材質指標が繊維長によって区分した、未成熟材と成熟材のそれぞれにおいて、どのような挙動を示すか述べているので、それにしたがって、繊維傾斜度がそれぞれの材部で、どのような出現頻度を示すかを求め、その結果を Fig. 3 に示す。それによると繊維傾斜度の未成熟材における出現範囲は Z 6～0～S 18%，モード値は S 6% である。これに対し、成熟材のそれは Z 10～0～S 17%，モード値は S 4% である。未成熟材および成熟材における S 方向の傾斜だけの出現率は、それぞれ 97%，84% で、前者に S 傾斜の出現率が高い。一方、最大繊維傾斜度は、75% の個体で未成熟材に現れていることがわかる。この最大繊維傾斜度と各円板の平均繊維傾斜度（絶対値）との関係

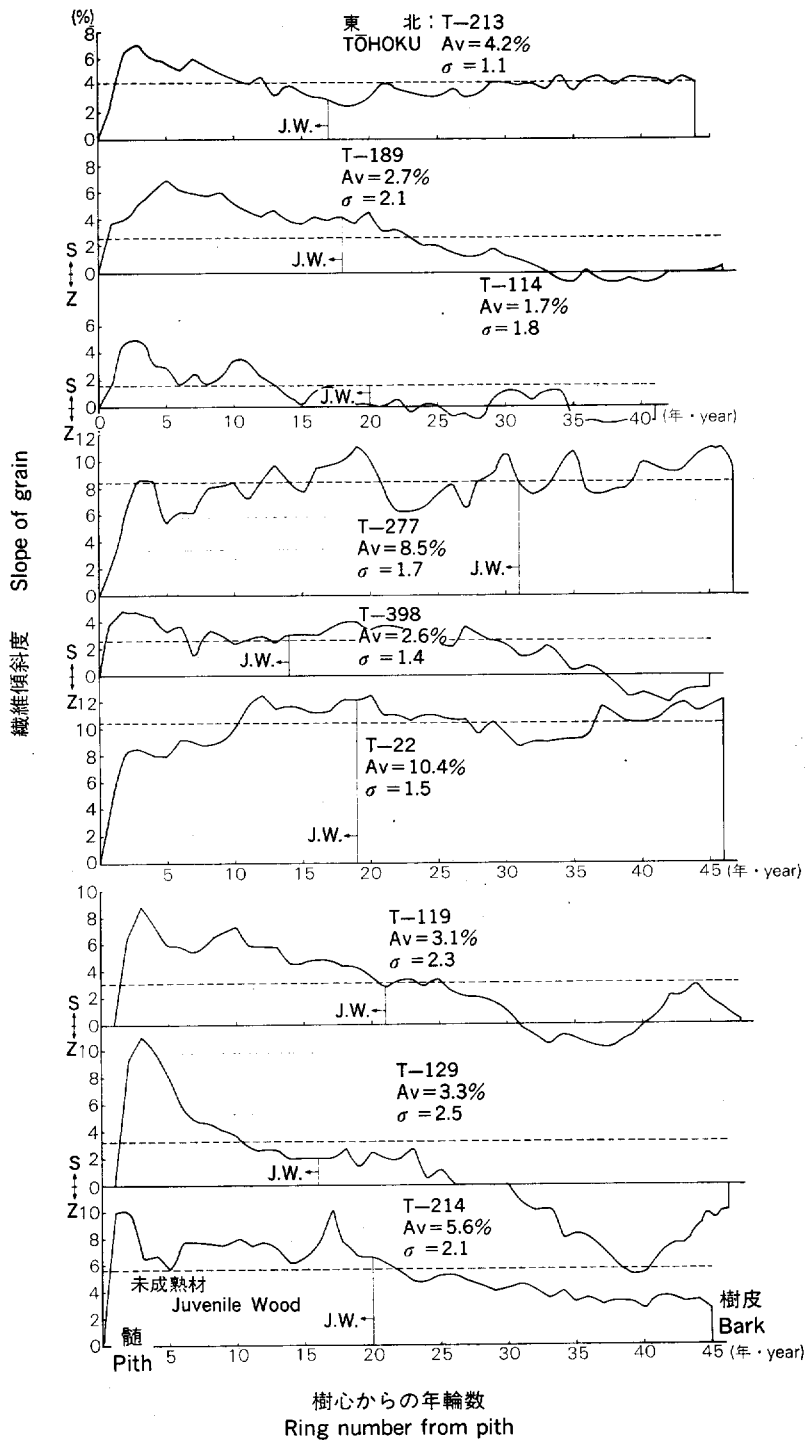


Fig. 1. 繊維傾斜度の樹心から外周までの各年の変化 (東北)  
 Variation in the slope of grain of annual rings from pith to bark.

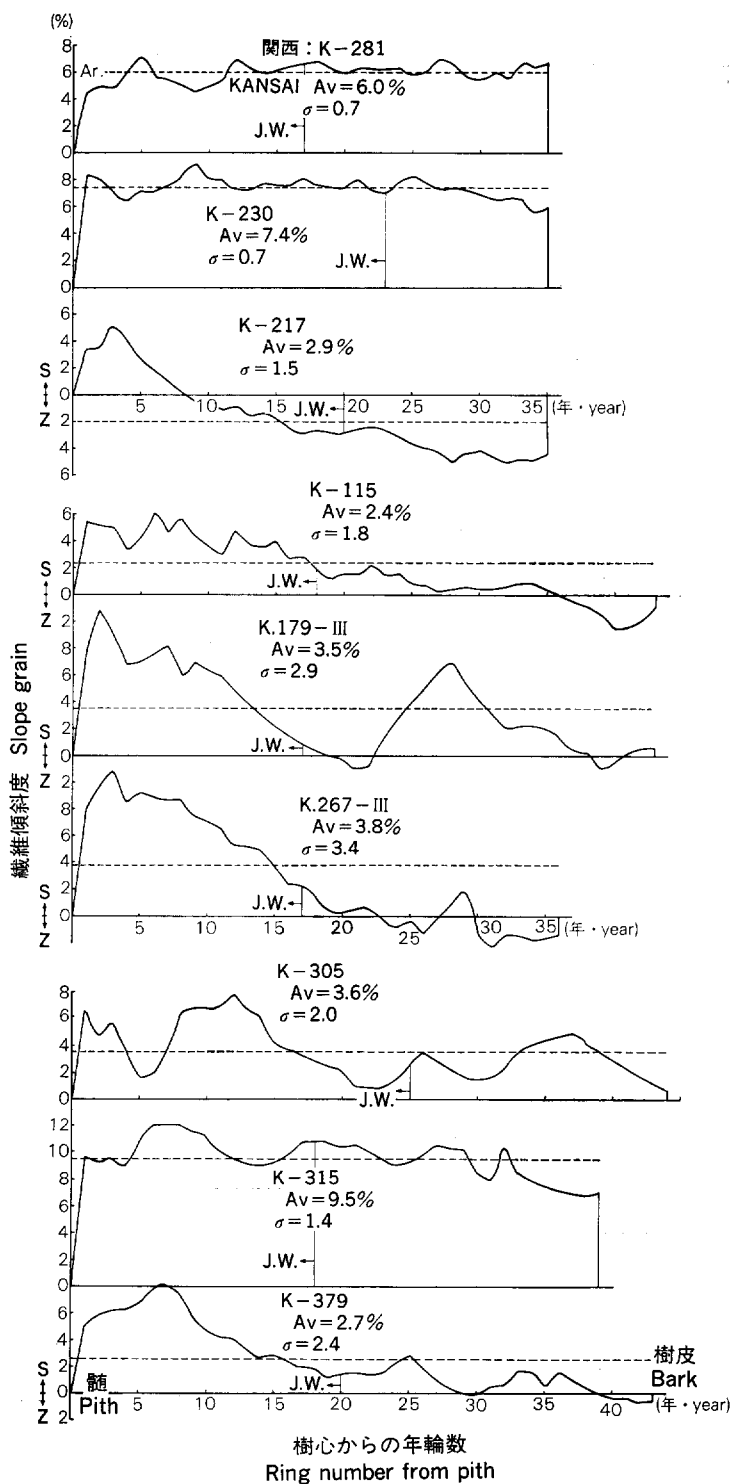


Fig. 2. 繊維傾斜度の樹心から外側までの各年の変化 (関西)

Variation in the slope of grain of annual rings from pith to bark.

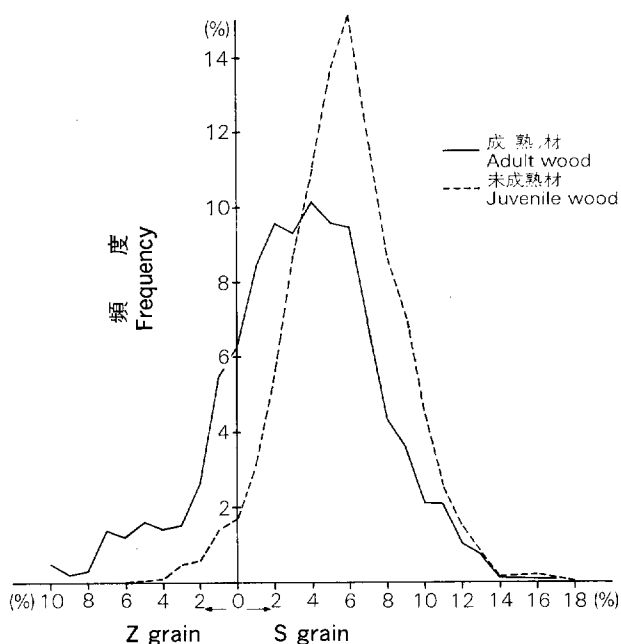


Fig. 3. 未成熟材および成熟材における繊維傾斜度の頻度分布  
Frequency of slope of grain in juvenile and adult woods of sample disks.

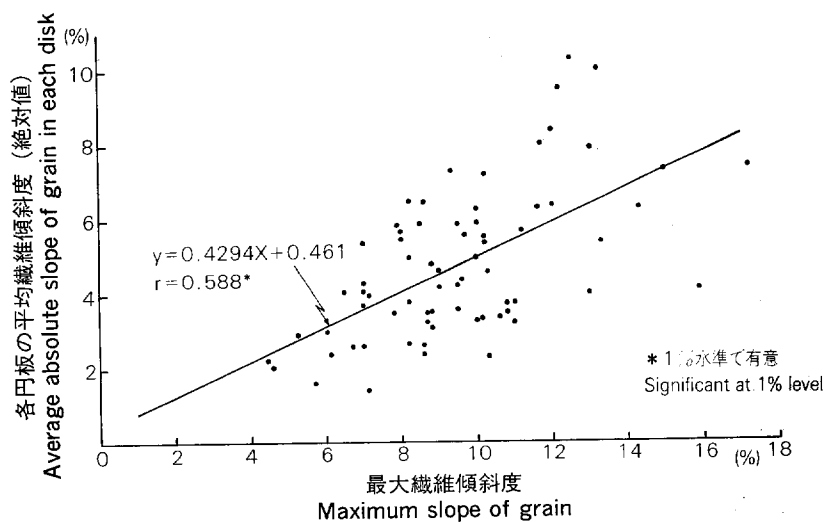


Fig. 4. 最大繊維傾斜度と平均繊維傾斜度 (絶対値) との関係  
Relation between maximum slope of grain and average absolute slope of grain in each disk of sample trees.

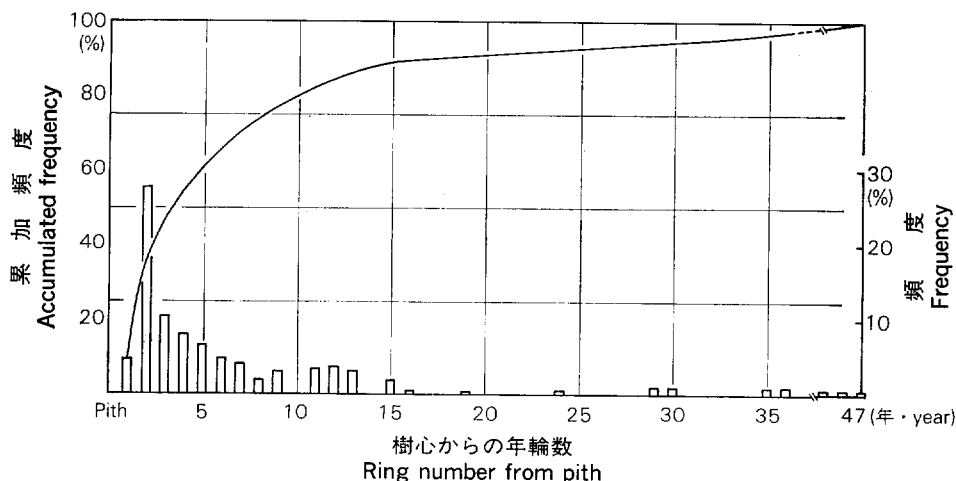


Fig. 5. 最大繊維傾斜度の年齢別頻度

Frequency of rings with the maximum slope of grain of each disk.

を求め Fig. 4 に示す。それによると両者のあいだには、 $r=0.588$  で1%水準で有意な相関が認められた。このことから最大繊維傾斜度を、各個体の代表値とすることができると考えた。

全供試円板について、最大値が現れる樹心からの年齢を求め、その結果を Fig. 5 に示す。それによると、最大繊維傾斜度は、樹心から5年輪目までに60%、10年輪目までには80%の個体に出現している。

このように、アカマツの繊維傾斜度の代表値としては、最大繊維傾斜度を用いることができる。また、かなり幼齢期に最大値が現れる頻度が高いことは、この値を用いて、繊維傾斜度の早期検定の可能性を示唆している。

アカマツの繊維傾斜度の傾向には、筆者が以前に求めたカラマツ樹幹内の繊維傾斜度<sup>7)</sup>と比べて、次のような類似点がある。第1に、樹心部の繊維傾斜度の方向は、アカマツ、カラマツ両者ともにS傾斜から始まること、第2に、未成熟材部においてS傾斜を示す割合は、それぞれ97%、95%で、モード値は、S6%、S7%である。第3に、未成熟材部に指標値とみなされる最大繊維傾斜度が出現する割合は、アカマツ75%、カラマツ80%である。この最大値が樹心から10年輪目までに現われる頻度は、前者で約80%、後者では75~85%である。第4に、各個体の円板に現れてくる最大繊維傾斜度と、その円板の平均繊維傾斜度(絶対値)との間には、有意な相関が認められたこと、第5に、極めて小さい繊維傾斜度をもつ個体の出現率は約5%で樹心から数年輪後に最大値が現れ、その後多少の変化はあっても外側まで小さい値を保持していることなどであった。

### 3-2. 繊維傾斜度の出現型とその頻度

各個体の繊維傾斜度の樹心から外側へ向かう変化のなかで、未成熟材部に繊維傾斜度の最大値が多く現れていることや、途中から傾斜の方向が変わるもの、また、樹心から外側まではほぼ一定の値を保つ個体など、幾つかの傾向が観察された<sup>8)12)</sup>。これらの代表的な傾向を基にして、5つの出現パターンに分類し、その模式図を Fig. 6 に示す。

Type: I 樹心部からS傾斜が始まり、外側へむかって傾斜度が次第に増大していくもの。

Type: II 樹心の付近、または未成熟材部に最大値が現れ、以降外側へむかって0に近づくもの。

Type: III 樹心の付近にS傾斜の最大値が現れるが、樹齢の経過に伴い傾斜の方向がZに変化するも

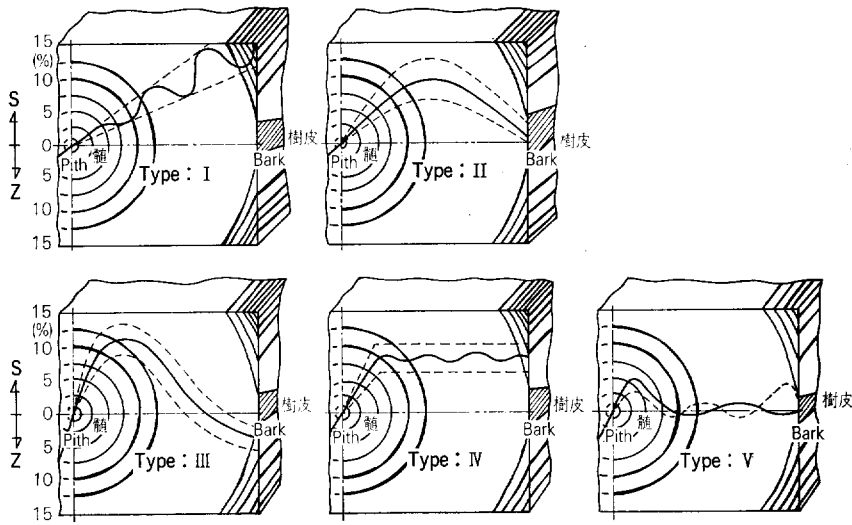


Fig. 6. 繊維傾斜度の出現型の模式図  
Type of spirality patterns.

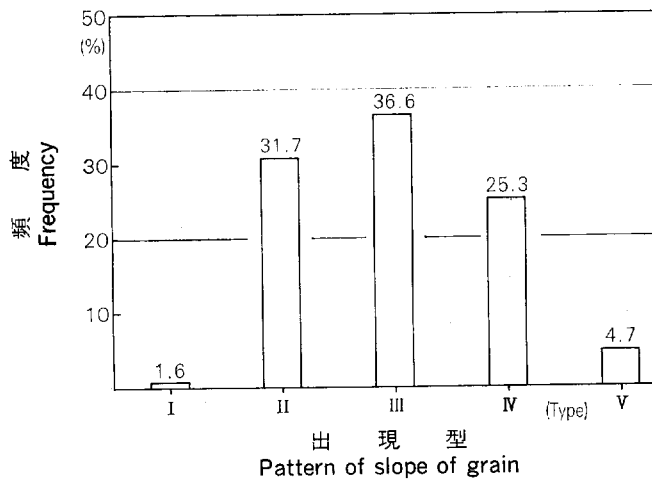


Fig. 7. 繊維傾斜度の出現型の頻度  
Frequency histogram of each patterns of slope of grain.

の、および再び S 傾斜への移行を繰り返すもの。

Type : IV 樹心から数年輪目に最大値が現れ、外側へむかってほぼ一定した S 傾斜の値を保つもの。

Type : V 全年輪を通じて、最大繊維傾斜度が 5 % 以下であり、その平均繊維傾斜度（絶対値）が 2.2 % 以下の極めて小さいもの。

このように 5 つの出現型に集約し、個々のパターンの出現率をもとめ、Fig. 7 に示す。それによると、樹心部から S 傾斜で始まり、以降、外側まで S 傾斜のまま持続し、その範囲内で変化する Type : I, II および IV の 3 つの型が全体の約 60 % を占めている。つぎに、樹心部周辺に S 傾斜の最大値が現れ、

樹齡の経過とともに Z 傾斜に変化する Type : III が約 35% で、単独のパターンでは最もたかい出現率を示している。また、全年輪を通じて極めて小さい繊維傾斜度を示す Type : V の出現率は約 5% である。

このうち、出現率が最もたかい Type : III の 23 個体について、傾斜の方向が最初に Z に変る樹心からの年輪番号は 11~44, 平均 27 で、その平均距離は髓から約 10.5 cm である。これをカラマツの同じ Type の値と比べると、傾斜の方向が S から Z へ変化する樹心からの年輪番号は、3~45, 平均 10 でその平均距離は 5 cm であった。したがって、半径方向の繊維の傾斜が S から Z へ変化する現象は、カラマツのそれに比べ、樹心からの年輪数、距離の両方とも 2 倍強の値を示しており、アカマツにおける「ねじれ返し」<sup>9)10)</sup>は、かなり緩やかに推移していくことがうかがえる。

最大繊維傾斜度が 5% 以下で、その総量も極めて小さい Type V の 3 個体について、そのうち 2 個体（東北産 No. 144, 関西産 No. 259）は、樹心から 1~3 年輪目までに 5% の最大値が現われ、外側の約 50 年輪目においてもなお繊維傾斜度の小さい値を保持している。また、残り 1 個体（関西産 No. 166）は、第 1 年輪目に S 3.8% のピークが現われ、以降は Z 傾斜の小さい値を保ち、樹心から 39 年輪目に Z 4.7% の最大値が出現し、約 10 年後の外側まで連続して小さい値を示している。さらに、後述する繊維傾斜度の等級 A の 10 個体について、最大値が現れる樹心からの年輪番号は 1~8, 平均 3.5 年輪目であった。このように、アカマツにおいて、総体的に繊維傾斜度の小さい個体は、髓からの年輪番号が小さい時期に最大値が現れ、その値が 5% 程度であることが重要な目安となる。また、これら個体の繊維傾斜度は、未成熟材はもとより、成熟材に達してもなお小さい繊維傾斜度を保持する確率の高いことが明らかになった。

## 5. 考 察

すでに筆者らが行った調査結果<sup>9)</sup>によると、Fig. 8 に示すように、アカマツ心持ち平角材の幅の面に現れてくる繊維傾斜度と、その平角材のねじれ量との間には、1%水準で有意な相関関係がある。したがって、最大繊維傾斜度は、その樹幹の繊維傾斜度の代表値となることから、それによって平角材のねじれ量を推定するための指標になると考えてよい。

個体ごとの最大繊維傾斜度の頻度分布、平均繊維傾斜度の範囲および、Fig. 8 の繊維傾斜度と平角材のねじれ量との関係を基にして、構造用材としての繊維傾斜度の ④, A, B, C, D の 5 段階評価を行い、Table 2 に、個体別にその変動と用材適性の良否を一括して示した。それによると ④は、最大繊維傾斜度が 5% 以下で、平均繊維傾斜度が 2.2% 以下の個体でその出現率は、約 5% である。A は、最大値が 7.0% 以下で、平均値 2.3% 以上のものとし、その出現率は約 21% である。また B~D の 3 階級については、最大値だけを指標とし、それぞれ、~10%, ~15, および 16% 以上として出現頻度を求めると、B=46.0%, C=30.2% および D=3.2% である。

アカマツの材質育種の研究のために選定した 63 個体から、構造用材に必要な材質指標として選んだ 8 形質によって、適性があると認められた 10 個体<sup>14)</sup>のうち、上述の基準によると繊維傾斜度 A に格付けされたものは 4 個体で、非常に好ましい繊維傾斜度をもつ個体は現れなかった。

繊維傾斜度は、構造用材にとって重要な指標であるため、他の形質が劣っている個体の場合でも、この性質が優れていれば、構造用材としての適性条件をもつといえる。このことから、最大値が 5% 程度、総平均値が 2.2% 以下の ④に該当する、東北産の No. 114, 関西産の No. 166, 259 の 3 個体を構造用材と

Table 2. 個体べつ繊維傾斜度の変動とそれに基づく用材適性  
Slope of grain on sample trees and suitability for structural  
timber based on spirality.

| 繊維傾斜<br>度の等級                  | 産 地<br>T…東北<br>K…関西                | 供 試 木<br>No. | 最大繊維<br>傾 斜 度                | 最大値が出現<br>する Pith から<br>の 階 段<br>Appearance<br>of<br>maximum<br>slope of<br>grain (ring<br>number<br>from pith) | 平均繊維<br>傾 斜 度<br>(絶対値)<br>Average<br>absolute<br>slope of<br>grain | 標準偏差                  | 変動係数  | 構造用材*<br>への適性<br>Suitability*<br>for<br>structural<br>timber |
|-------------------------------|------------------------------------|--------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|--------------------------------------------------------------|
| Grade of<br>slope of<br>grain | Locality<br>Tōhoku<br>or<br>Kansai | Tree No.     | Maximum<br>slope of<br>grain |                                                                                                                 |                                                                    | Standard<br>deviation | C. V. |                                                              |
| Ⓐ                             | T                                  | 114          | 5.0                          | 3                                                                                                               | 1.7                                                                | 1.8                   | 108.8 | ◎                                                            |
| "                             | K                                  | 166          | — 4.7                        | 39                                                                                                              | 2.1                                                                | 1.3                   | 60.6  | ◎                                                            |
| "                             | "                                  | 259          | 5.0                          | 1                                                                                                               | 1.4                                                                | 0.5                   | 33.3  | ◎                                                            |
| A                             | T                                  | 28           | 4.5                          | 5                                                                                                               | 2.4                                                                | 1.0                   | 44.0  |                                                              |
| "                             | "                                  | 116          | 7.0                          | 8                                                                                                               | 4.3                                                                | 1.2                   | 26.6  |                                                              |
| "                             | "                                  | 189          | 7.0                          | 5                                                                                                               | 2.7                                                                | 2.1                   | 78.9  |                                                              |
| "                             | "                                  | 213          | 7.0                          | 3                                                                                                               | 4.2                                                                | 1.1                   | 25.4  |                                                              |
| "                             | "                                  | 215          | 6.5                          | 1                                                                                                               | 4.1                                                                | 1.1                   | 27.4  |                                                              |
| "                             | "                                  | 256          | 7.0                          | 1                                                                                                               | 5.4                                                                | 0.7                   | 12.9  |                                                              |
| "                             | "                                  | 398          | 6.2                          | 2                                                                                                               | 2.6                                                                | 1.4                   | 51.8  |                                                              |
| "                             | K                                  | 115          | 6.0                          | 6                                                                                                               | 2.4                                                                | 1.8                   | 74.7  |                                                              |
| "                             | "                                  | 217          | 5.3                          | 3                                                                                                               | 2.9                                                                | 1.5                   | 49.7  |                                                              |
| "                             | "                                  | 429          | 5.7                          | 1                                                                                                               | 3.1                                                                | 1.2                   | 37.5  |                                                              |
| B                             | T                                  | 3            | 8.2                          | 6                                                                                                               | 5.1                                                                | 1.5                   | 30.0  |                                                              |
| "                             | "                                  | 35           | 10.0                         | 24                                                                                                              | 6.4                                                                | 2.5                   | 38.6  |                                                              |
| "                             | "                                  | 39           | 8.7                          | 30                                                                                                              | 5.9                                                                | 1.4                   | 24.4  |                                                              |
| "                             | "                                  | 55           | 9.5                          | 2                                                                                                               | 3.9                                                                | 1.8                   | 49.3  |                                                              |
| "                             | "                                  | 102          | 9.0                          | 33                                                                                                              | 6.5                                                                | 0.8                   | 12.7  |                                                              |
| "                             | "                                  | 119          | 8.8                          | 3                                                                                                               | 3.1                                                                | 2.3                   | 73.6  |                                                              |
| "                             | "                                  | 214          | 10.0                         | 1                                                                                                               | 5.6                                                                | 2.1                   | 37.3  |                                                              |
| "                             | "                                  | 224          | 8.0                          | 37                                                                                                              | 5.7                                                                | 1.2                   | 20.2  |                                                              |
| "                             | "                                  | 269          | 9.0                          | 1                                                                                                               | 4.3                                                                | 2.5                   | 58.7  |                                                              |
| "                             | "                                  | 276          | 9.4                          | 2                                                                                                               | 4.3                                                                | 2.0                   | 47.2  |                                                              |
| "                             | "                                  | 318          | 8.6                          | 7                                                                                                               | 3.4                                                                | 2.6                   | 77.0  |                                                              |
| "                             | "                                  | 384          | 9.4                          | 2                                                                                                               | 5.9                                                                | 1.3                   | 21.7  |                                                              |
| "                             | "                                  | 390          | 10.0                         | 2                                                                                                               | 5.9                                                                | 1.6                   | 27.8  |                                                              |
| "                             | "                                  | 405          | 7.9                          | 41                                                                                                              | 5.5                                                                | 1.3                   | 23.2  |                                                              |
| "                             | K                                  | 21           | 8.5                          | 2                                                                                                               | 6.6                                                                | 1.7                   | 25.5  |                                                              |
| "                             | "                                  | 23           | 8.7                          | 2                                                                                                               | 3.6                                                                | 2.4                   | 67.2  |                                                              |
| "                             | "                                  | 44           | 9.0                          | 35                                                                                                              | 4.6                                                                | 2.5                   | 53.0  |                                                              |
| "                             | "                                  | 45           | 8.5                          | 30                                                                                                              | 2.6                                                                | 2.0                   | 76.5  |                                                              |
| "                             | "                                  | 58           | 8.3                          | 6                                                                                                               | 3.9                                                                | 2.3                   | 60.9  |                                                              |
| "                             | "                                  | 185          | — 7.2                        | 30                                                                                                              | 3.7                                                                | 2.7                   | 73.8  |                                                              |
| "                             | "                                  | 230          | 9.3                          | 9                                                                                                               | 7.4                                                                | 0.7                   | 10.0  |                                                              |
| "                             | "                                  | 233          | 8.7                          | 1                                                                                                               | 2.4                                                                | 2.0                   | 83.0  |                                                              |
| "                             | "                                  | 255          | 9.7                          | 31                                                                                                              | 5.6                                                                | 2.2                   | 39.3  |                                                              |
| "                             | "                                  | 281          | 7.2                          | 5                                                                                                               | 6.0                                                                | 0.7                   | 12.4  |                                                              |
| "                             | "                                  | 289          | 7.1                          | 6                                                                                                               | 4.1                                                                | 1.5                   | 37.5  |                                                              |

Table 2. (つづき) (Continued)

| 繊維傾斜度の等級<br>Grade of slope of grain | 産地<br>T…東北<br>K…関西<br>Locality<br>Tōhoku or Kansai | 供試木<br>No.<br>Tree No.    | 最大繊維傾斜度<br>Maximum slope of grain | 最大値が出現する Pith からの階層<br>Appearance of maximum slope of grain (ring number from pith) | 平均繊維傾斜度 (絶対値)<br>Average absolute slope of grain | 標準偏差<br>Standard deviation | 変動係数<br>C. V. | 構造用材*への適性<br>Suitability for structural timber |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|---------------|------------------------------------------------|
| B                                   | K                                                  | 305                       | 7.7                               | 12                                                                                  | 3.6                                              | 2.0                        | 55.2          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 343                       | 10.0                              | 1                                                                                   | 3.3                                              | 2.3                        | 70.5          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 379                       | 8.2                               | 7                                                                                   | 2.7                                              | 2.4                        | 87.9          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 409                       | 8.7                               | 1                                                                                   | 4.8                                              | 1.8                        | 38.4          |                                                |
| C                                   | T                                                  | 22                        | 12.4                              | 12                                                                                  | 10.4                                             | 1.5                        | 14.6          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 24                        | 11.2                              | 2                                                                                   | 5.7                                              | 1.8                        | 30.7          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 94                        | 12.5                              | 13                                                                                  | 10.1                                             | 1.6                        | 16.1          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 129                       | 11.0                              | 3                                                                                   | 3.3                                              | 2.5                        | 77.8          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 173                       | 11.7                              | 4                                                                                   | 8.1                                              | 1.3                        | 16.5          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 199                       | 10.2                              | 9                                                                                   | 5.6                                              | 3.1                        | 55.8          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 273                       | 11.9                              | 1                                                                                   | 6.5                                              | 3.1                        | 48.1          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 277                       | 12.0                              | 46                                                                                  | 8.5                                              | 1.7                        | 20.9          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 291                       | 10.2                              | 2                                                                                   | 7.2                                              | 1.5                        | 20.7          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 359                       | 14.2                              | 45                                                                                  | 6.4                                              | 3.1                        | 48.9          |                                                |
| "                                   | K                                                  | 13                        | —10.5                             | 41                                                                                  | 4.6                                              | 2.9                        | 63.4          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 31                        | 13.3                              | 4                                                                                   | 5.4                                              | 3.2                        | 58.2          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 66                        | 13.0                              | 36                                                                                  | 6.4                                              | 3.0                        | 47.2          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 179                       | 10.7                              | 2                                                                                   | 3.5                                              | 2.9                        | 82.9          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 207                       | 12.9                              | 2                                                                                   | 3.7                                              | 2.8                        | 75.4          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 242                       | 10.3                              | 1                                                                                   | 3.3                                              | 2.3                        | 99.6          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 267                       | 10.7                              | 3                                                                                   | 3.8                                              | 3.4                        | 90.4          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 315                       | 12.0                              | 6                                                                                   | 9.5                                              | 1.4                        | 14.5          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 353                       | 12.9                              | 2                                                                                   | 7.9                                              | 2.8                        | 35.4          |                                                |
| D                                   | "                                                  | 17                        | 16.8                              | 29                                                                                  | 4.1                                              | 3.4                        | 80.9          |                                                |
| "                                   | "                                                  | 67                        | 17.1                              | 45                                                                                  | 7.4                                              | 3.6                        | 49.1          |                                                |
| 合計<br>Total<br>63                   |                                                    | 最大Max.<br>平均Av.<br>最小Min. | 17.1<br>9.3<br>4.5                | 46<br>12.0<br>1                                                                     | 10.4<br>4.9<br>1.4                               | 3.6<br>—<br>0.5            | —<br>—<br>—   | 3                                              |

注) \* 繊維傾斜度の等級

\* Grade of slope of grain.

| 等級<br>Grade | 最大繊維傾斜度<br>Maximum slope of grain | 平均繊維傾斜度<br>Average slope of grain | 構造用材への適性<br>Suitability for structural timber | 繊維傾斜の方向<br>Direction of slope of grain |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|
| ④ 1st       | ~5.0%                             | ~2.2%                             | ◎                                             | S Grain……(+)                           |
| A 2nd       | ~7.0                              | 2.3%~                             |                                               | Z Grain……(-)                           |
| B 3rd       | 7.1~10.0                          | —                                 |                                               |                                        |
| C 4th       | 10.1~15.0                         | —                                 |                                               |                                        |
| D 5th       | 15.1%~                            | —                                 |                                               |                                        |

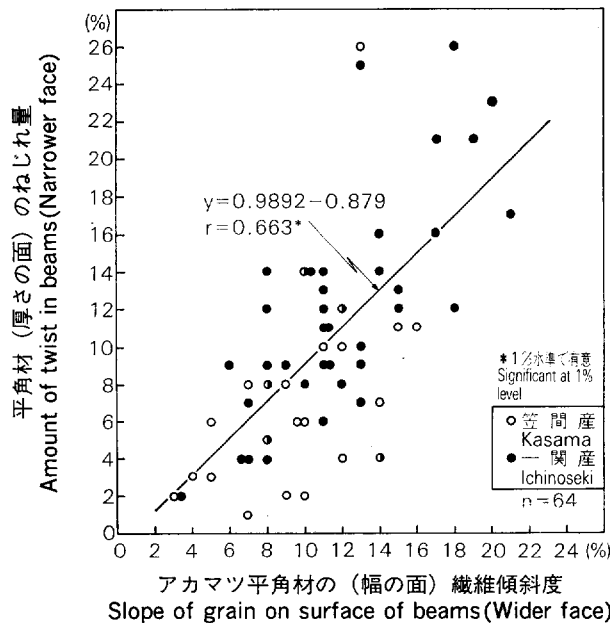


Fig. 8. 平角材の繊維傾斜度とねじれ量との関係

Relation between the slope of grain on surface of beams and the amount of twist in beams on Akamatsu.

しての適性条件を具備しているものとして、今後の「アカマツの材質育種の研究」のなかで、上述の10個体と同様に取扱っていく。

### お わ り に

アカマツ樹幹について、繊維傾斜度の分布、変化のパターンおよび最大繊維傾斜度と総平均繊維傾斜度との関係から、前者を個体の代表値とみなせること、また、極めて小さい繊維傾斜度をもつ個体が約5%存在していることなどが明らかになった。

従来、アカマツの構造用材は、断面寸法<sup>1)2)</sup>の大きい梁として使用されていたため、ほとんど問題はなかったが、今日、蓄積の減少および需給構造の変化もあって、製材品の断面寸法の小型化の傾向が強まっており、このままでは、品質の低下は避けられないと考えられる。

しかし、アカマツの繊維傾斜度が、カラマツの場合と同様に、遺伝する可能性が高いとすれば、幼齢期の最大繊維傾斜度5%を目安として、繊維傾斜度の小さい個体を選抜していくことができるだろう。このことによって、より欠点の少ない木材を生産する可能性が高まっていくと思われる。近い将来、今回調査した供試木の次代の個体集団が間伐期に達するので、この繊維傾斜度の指標について、親と子の関係を確かめる計画である。

## 6. 摘 要

この報告は、アカマツの材質育種に関する研究の一環として、構造用材の品質に影響を及ぼす、幹のなかの繊維傾斜度の変化を調べ、材部別特徴、個体の代表値および繊維傾斜度の出現型の分類を行ったものである。さらに、最大繊維傾斜度に基づいて、構造用材としての利用適性をもつ供試木（母樹）を追加した。

結果の概要は次のとおりである。

### I 未成熟材部に現れる繊維傾斜度

- 1) 樹心部における繊維傾斜度の方向はS傾斜から始まる。
- 2) 未成熟材部のS傾斜の出現率は、97%、繊維傾斜度のモード値はS6%である。
- 3) 個体の代表値とみなされた最大繊維傾斜度は、未成熟材部に75%出現する。この最大値が現れる樹心からの年輪番号は、平均12である。
- 4) 円板に現れる最大繊維傾斜度とその円板の総平均繊維傾斜度（絶対値）との間には、有意な相関が認められた（Fig. 4）。

### II 繊維傾斜度の出現型とその頻度

- 5) 全供試木について、繊維傾斜度の樹心から外側へ向かって、幾つかわる変化する傾向を、5つの出現型に分類した。これらのなかで、極めて小さい繊維傾斜度をもつ個体が約5%存在していた（Fig. 6, 7）。
- 6) 全供試木の約20%に相当する最大繊維傾斜度が7.0%以下（Aランク）の個体について、それらの最大値が現れる樹心からの年輪番号は、1～8平均3.5である。したがって、この最大値を指標とすることによって、早期検定の可能性は高いと思われる（Fig. 1, Table 2）。

### III 最大繊維傾斜度と他の指標との関係

- 7) 繊維傾斜度の評価による構造用材への利用適性と、他の材質指標によって選出された個体との間には、密接な関連性は認められないので、この指標に関しては、独立して取り扱うべきものと考えられる（Table 2）。

## 引 用 文 献

- 1) 半澤道郎・澤田 稔：カラマツ材の性質と利用，北方林業叢書，第41集，1～207，（1969）
- 2) 加納 孟・中川伸策・斉藤久夫・小田正一：カラマツの用材品質について，第1報，用材品質におよぼす立木素材および角材の条件，林試研報，162，1～44，（1964）
- 3) 加納 孟・中川伸策・斉藤久夫・小田正一・重松頼生：カラマツの用材品質について，第2報，用材品質におよぼす立地条件の影響，林試研報，182，113～147，（1965）
- 4) 加納 孟・須藤彰司・中川伸策：アカマツ造林木の用材品質，林試研報，219，17～42，（1969）
- 5) LOWERY, D. P.: A spiral grain classification system and its application. F. P. J., 16, 47～50, (1966)
- 6) 三上 進・長坂寿俊：カラマツの繊維傾斜度に関する選抜，林試研報，276，1～22，（1975）
- 7) 中川伸策：カラマツ樹幹内における旋回木理の分布とその出現型，林試研報，248，97～120，（1972）
- 8) 中川伸策：カラマツの母樹とクローンの繊維傾斜度の関係，林試研報，312，21～43，（1980）
- 9) 大倉精二・鳥山清美：樹木の回旋性について（第2報）アカマツの場合及び回旋繊維のねじれ角と

年輪幅との関係，信州大学農学部学術報告，5，33～38，（1956）

- 10) 大倉精二：回旋生長の原因について，信州大学農学部演習林報告，第2号，1～65，（1960）
- 11) 小沢勝治：針葉樹の旋回木理と乾燥ねじれ，学位論文，1～100，（1984）
- 12) PAUL, H. B. : Changes in spiral grain direction in Ponderosa Pine, F. P. L. Rep. 2058, (1956)
- 13) 材質育種研究班：材質育種に関する研究，第1報，東北地方アカマツ，林試研報，222，1～113，（1969）
- 14) 材質育種研究班：材質育種に関する研究，第2報，関西地方アカマツ，林試研報，244，17～114，（1972）

**Variation in the Spiral Grain of Akamatsu (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.)**Sinsaku NAKAGAWA<sup>(1)</sup>**Summary**

The amount of spiral grain is one of the most important factors influencing the quality of structural lumber from Akamatsu (*Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC.). A close correlation is found between the amount of grain slope, and the warp and twist that occurs as timber dries. The greater degree of spiral grain is the major cause of degrade in saw logs, especially for a structural lumber.

The spiral grain within a stem varies from the pith to the periphery (in this examination, the specimen was split on one cross section through the basic line, and measured the distances from it to the split line and then the spole of grain was calculated as the value of percentage the ratio of the distance to the length of the axial direction of the specimen). The spirral grain, in most samples, shows on S-slope near the pith that increases toward the periphery.

The maximum slope of grain ranged from 4.7 to 17.1 per cent (average value 9.4 per cent), which was found in up to the tenth growth ring from the pith in about 80 per cent of the samples. The maximum slope of grain is regarded as a representative value for sample trees, because the correlation is significant at the 1.0 per cent level between the maximum and average value (absolute value) of spiral grain.

The spiral patterns found from the pith to the periphery on 63 sample trees were classified into five types.

According to this observation, about 60 per cent of the samples showed the pattern varying within the range of S-slope; about 35 per cent of them showed the patterns changing from the S-slope around the pith (11th to 44th ring from pith) to the Z-slope or some of them from Z-slope to S-slope repeatedly; about 5 per cent of them showed almost straight grain, with the maximum slope of grain less than 5 per cent. This appears up to several rings from pith.

Therefore, high possibility is expected to select at the very young stage the pine trees with a lesser degree of spirality which will produce timbers with the least warp and twist suitable for structural uses.