HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	腐朽材チップとそのパルプ
Author(s)	川瀬, 清; 五十嵐, 恒夫
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 27(1), 161-295
Issue Date	1970-07
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/20876
Type	bulletin (article)
File Information	27(1)_P161-295.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

腐朽材チップとそのパルプ

川瀬　清*　五十嵐恒夫*

Chipping and Pulping of Decayed Woods

By

Kiyoshi KAWASE and Tsuneo IGARASHI

目　次

研究の目的 …… 161
1. 試料丸太 …… 163
2. 実験方法 …… 175
A. チップの調製方法 …… 175
B. チップおよびダストの試験方法 …… 178
C. パルプの調製方法 …… 179
D. パルプの試験方法 …… 179
3. 実験結果 …… 182
A. 原木の性質 …… 182
B. チップに関する実験結果 …… 188
C. パルプに関する実験結果 …… 196
4. 考察と結論 …… 273
5. 摘　要 …… 277
参考文献 …… 280
Summary …… 281

研究の目的

最近，紙パルプ産業のめざましい発展にともなって，原木の欠乏はいちじるしいものがある。したがって原料としては枝条根株をとわず，使用できるものはすべて利用するようになるであろうし，現にそうした利用の基礎研究[18]も進められている。世界的にパルプ原木の不足している今の段階においては腐朽材は好むと好まざるとにかかわらず，パルプ工場で使われざるをえないと考えている。しかしわが国における腐朽材の利用状況をみると，腐朽材利用の条件は本州方面と北海道とではかなりことなっていると思われる。前者の場合は一般に比較的良木(腐朽していない）が使用される傾向があって，研究も腐朽の初期についてのもの[7)~13)]が最近行なわれた。しかし，北海道の場合は，生産される木材のかなりの部分が腐朽材であって，腐

* 北海道大学農学部演習林　助教授　農学博士

朽したものをすべてパルプ原木(第1図参照)に廻すという考え方がほぼ確立している今日であっても，なおかつ原木は不足している。腐朽材をパルプ原木に使用することは林業全体にとってみれば望ましいことであり，そのようにしているにもかかわらず，原木の需要と供給のバランスがとれないことはおそるべきことである。腐朽材はすでに説明[2),3),4)]しているように，木材の主要成分であるホロセルロースとリグニンの含有率を基準にして分類するのが適当であろう。白色腐朽，褐色腐朽など，色による分類は化学的には問題があって，腐朽材を工業原料とする場合は，菌学的分類と化学的分類と一致する場合もかなりあるので一概にはいえないが，できるだけ用いない事が望ましい。筆者の一人川瀬は腐朽材の分類を，セルロース残存型，リグニン残存型および健全材類似型の3種類に分けている[3),4)]。健全材類似型とはホロセルロースとリグニンが，健全材の場合とほとんど同率で残って含有されているものをいう。以上の分類方法は成分組成のみを問題にしたもので，成分の性質については配慮していない。また腐朽は腐朽菌の種類によって，その腐朽の進行状況がことなるものであるから，たとえばリグニン残存型の腐朽菌に侵されたものであっても，腐朽段階によってははっきりとリグニン残存型を示さない場合があるから，それが健全材類似型の性質をもっているのであれば化学的には健全材類似型腐朽材として取り扱えばよいはずである。したがって，腐朽段階によっては，腐朽菌の種類による分類が必要のないこともあろう。

第1図　母子里学生実習工場土場における腐朽丸太の堆積
Fig. 1.　Pile of decayed logs at the wood yard of experimental lumber mill.

本研究には北海道のチップ工場で比較的多く用いられている円盤直径48 in のチッパー(雨竜地方演習林母子里学生実習工場)を用いた。最近までパルプ原料は，おもに丸太の形でパルプ工場に搬入され，そこで大型チッパーによって処理されていた。しかし，いまではパルプ原料の71%(昭和44年)が各地に分散している小規模チップ工場で製造され，チップの形でパルプ工場に搬入されているので，チップ工場において腐朽材がチッパーにかけられると，どのようなチップやダストがどんな割合ででき，それがパルプの収量や性質にどのように影響するかという一貫した研究をする必要がある。たとえばリグニン残存型の腐朽材はチッパーにかけられると，その腐朽部分が粉砕され，スクリーンにかけるとダストとして除かれるから，腐朽材としてのパルプへの影響はほとんどないとする報告[15)]もあるが，筆者等の実験ではそのような結果はえられなかった。そこで筆者等は現在パルプ化法の中心的存在であるクラフト法を採用

し，原木からチッピング，パルプ化，製紙までの一貫した試験を，それぞれ化学的に特長のある3種類の腐朽材を用いて行ない，健全材との比較を試みた。

なお，腐朽材を取り扱うには，その大前提に，腐朽させないで利用する方法，すなわち保存方法の確立が必要であるとしなければならない。しかし残念ながら，北海道の森林は天然林がそのほとんどを占めているため，腐朽菌の侵害をうけない森林の管理方法は不可能であって，現在ある腐朽材をもっとも合理的に利用するためには，どのような方法が適当であるかを考える事が先決であると考えてこの研究を進めているものである。北大演習林においても林木育種の研究が重んぜられはじめ，その中には腐朽しにくい林木の育成も考えられているので，腐朽材の研究も次第にその性格を変えてくることが望ましい。

なお，この研究を行なうに当っては，試料調製には，12月の厳寒季にもかかわらず，赤石国夫雨竜地方演習林の林長をはじめ，母子里作業所，学生実習工場のほとんど全員が，積極的に援助して下さり，とくに採材木取りに当っては松本忠技能員が的確な作業を行なってくれた。また実験室における実験にさいしては，農学部林産学科の学生諸君が，きわめて好意的にアルバイト学生として働いてくれた。また実験室における諸般の実験補助，とくにバウエルマクネット式篩別試験器を用いての試験の成功については事務補佐員宮坂かな子氏によるところが大きかった。これら諸氏の御厚意に深く感謝する。

1. 試料丸太

試料とした丸太は，いずれも北海道大学雨竜地方演習林母子里事業区のものである。1967年12月林地および製材工場土場から採取した。No. 1～No. 6までは母子里学生実習工場の土場に3～4年間放置されていた丸太の中から選び，健全アカエゾマツとトドマツ生立菌害木（トド元とトド末）は，母子里事業区第20林班から伐採して試料としたものである。これらの試料を一覧表にして第1表に示した。腐朽材を写真でみると第6図～第29図のようであるが，これに寄生していた腐朽菌は着生した子実体，純粋培養などによる同定を行なうと同時に，材の腐朽状態（木口および縦断面）から判断して，その菌による腐朽であると断定した。ただトドマツ生立木のうち，その下方部分である試料トド元には，モミサルノコシカケの進んだ腐朽が確認されると同時に，根部からミヤマトンビマイタケによる腐朽がいちじるしかった。なお，後日この菌を分離同定することができた。

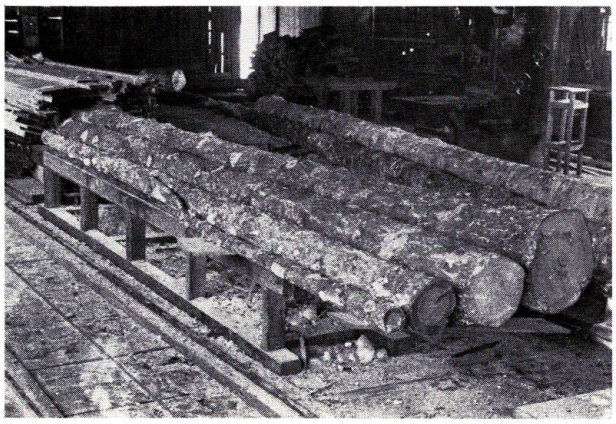
アカエゾマツ健全材： 樹高18.7 m，胸高直径33 cm，樹令150年の，どこにも腐朽のみられない完全な健全生立木であった。材積0.677 m^3，丸太全体の容積密度0.42，水分47.8%であった。外観は第2図のようである。

試料丸太 No. 1： 本丸太は学生実習工場の土場に3～4年間放置した元口直径85.6 cm，末口直径80.9 cmの太い丸太で，長さ2.5 mであった。樹皮は完全に剝離し，主として木口にキカイガラタケ (*Gloeophyllum sepiarium*)，ケニクアミタケ (*Fomitopsis roseozonata*)，ニオ

第1表 試料一覧表

Table 1. Samples

試料番号 Sample No.	樹種 Wood species	菌種 Fungus species	腐朽型 Decay type	直径 Diameter 元口 Butt end (cm)	直径 Diameter 末口 Top end (cm)	長さ Length (m)	水分 Moisture (%)	容積密度 Density
健全材	アカエゾマツ Akaezomatsu spruce	健全 Sound	—	33 (胸高) (Breast-height)	樹齢150年 Age, year	18.7 (樹高) (Height)	47.8	0.43
No. 1 内 inner	〃	キカイガラタケ ケニクアミタケ ニオイアミタケ	リグニン残存型 Lignin-rich	> 85.6	80.9	2.5	34.4	0.37
No. 1 外 outer	〃						52.0 >41.9	0.23 >03.2
No. 2 内 inner	〃	ケニクアミタケ キカイガラタケ	〃	> 73.3	68.6	2.5	43.9	0.26
No. 2 外 outer	〃						49.9 >27.2	0.27 >0.27
No. 3 内 inner	〃	エゾサルノコシカケ	セルロース残存型 Cellulose-rich	> 69.6	62.9	2.8	38.0	0.31
No. 3 外 outer	〃						50.5 >43.6	0.33 >0.32
No. 5	〃	ケニクアミタケ	リグニン残存型 Lignin-rich	34.5	28.3	1.9	49.5	0.25
No. 4	トドマツ Todomatsu fir	—	〃	31.3	24.5	2.7	48.1	0.31
No. 6	〃	キカイガラタケ	〃	44.6	37.1	2.0	42.2	0.27
トド元 Todomatsu butt	〃	モミサルノコシカケ ミヤマトンビマイタケ	健全材類似型 "Normal-like"	> 38 (胸高) (Breast-height)	—	20.6 (樹高) (Height)	56.2	0.36
トド末 Todomatsu top	〃	チウロコタケモドキ	〃					



第2図　健全アカエゾマツ材の丸太全景

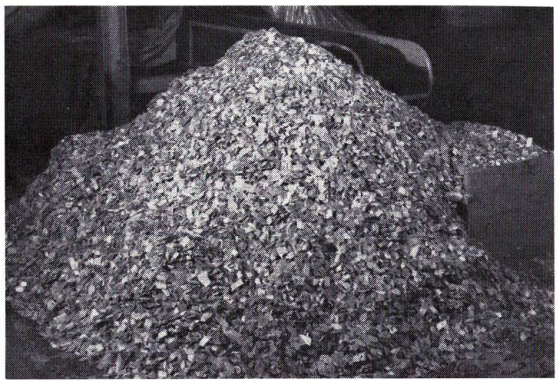
Fig. 2. The sound logs of akaezomatsu spruce (*Picea glehnii* MAST.).

第3図　50 cm に玉切られた健全アカエゾマツ丸太

Fig. 3. The butt end of sound logs of *Picea glehnii* cut down 50 cm long.

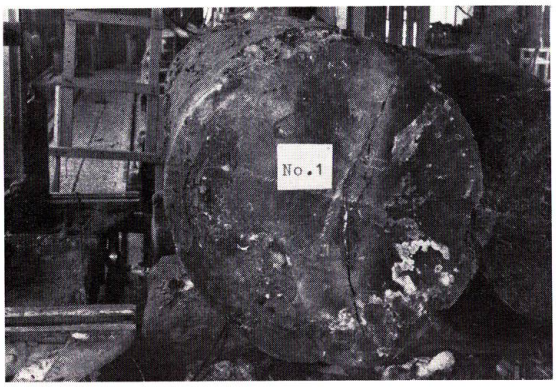
第4図　チッピング用に割られた健全アカエゾマツ

Fig. 4. Sound wood of *P. glehnii* for chipping.



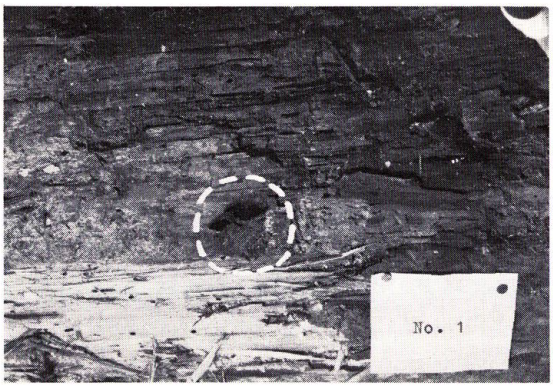
第5図 精選されたチップの山と容積の測定に用いた箱

Fig. 5. A pile of screened chip and the box for measuring volume.



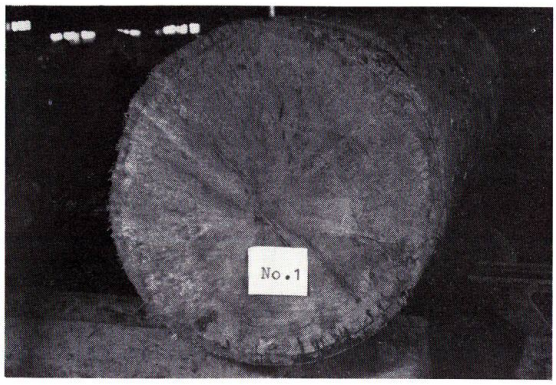
第6図 試料 No. 1 丸太の末口の状態

Fig. 6. Top end of sample No. 1.



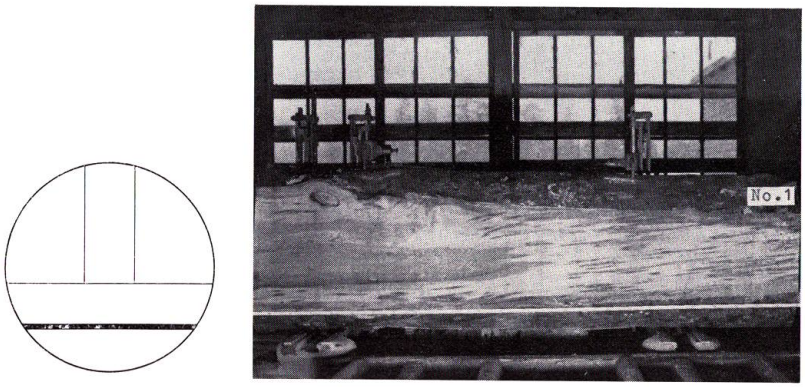
第7図 No. 1 丸太の表面に発生したキカイガラタケ子実体

Fig. 7. Sporophores of *Gloeophyllum sepiarium* grown on the surface of sample No. 1.



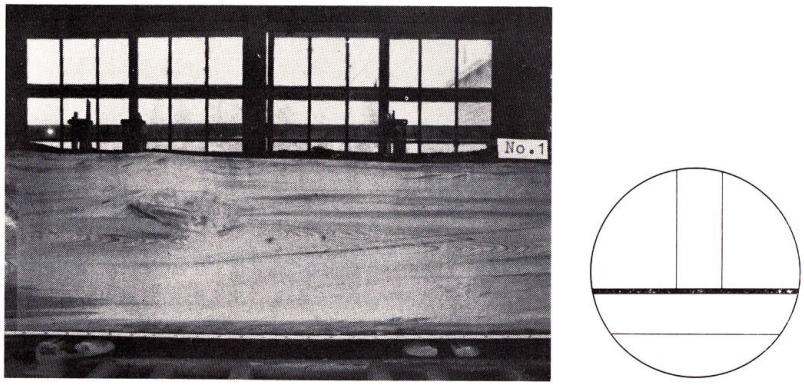
第8図 試料 No. 1 の元口の新横断面の腐朽状態

Fig. 8. The appearance of new cross-section of sample No. 1 at butt end.



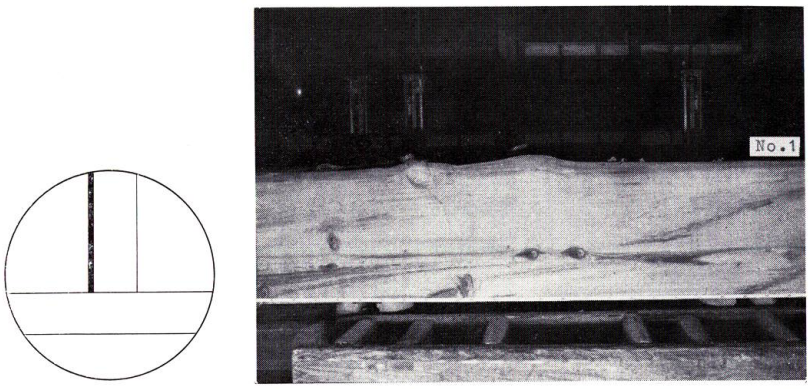
第9図 試料 No. 1 の縦断面の状態の一つ（左図の太線の部分）

Fig. 9. A longitudinal section of Sample No. 1.



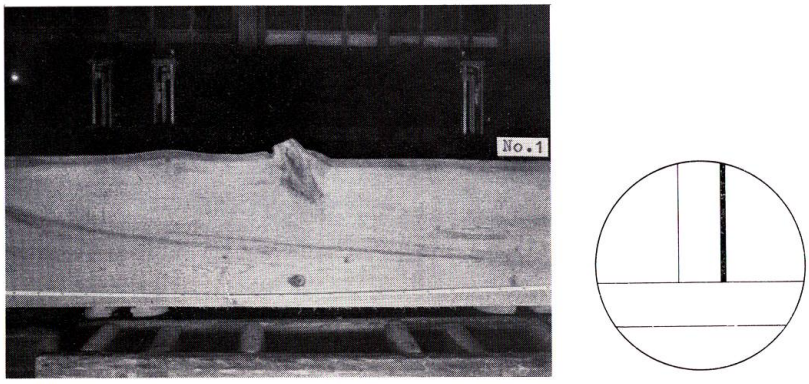
第10図 試料 No. 1 の縦断面の状態

Fig. 10. A longitudinal section of sample No. 1.



第11図　試料 No. 1 の縦断面の状態

Fig. 11.　A longitudinal section of sample No. 1.



第12図　試料 No. 1 の縦断面の状態

Fig. 12.　A longitudinal section of sample No. 1.

イアミタケ (*Trametes odorata*) の子実体が着生し，第6図および第7図のようであった。これの木口を切断すると第8図，縦断すると第9図～第12図のようであって，腐朽は外部からみてかなり進んでいるが，横断面をみるとほぼ全般的にほぼ平均的に侵されていた。容積密度は内部が0.37，外部が0.23であって，健全材にくらべて低く，かなり腐朽が進んでおり，とくに外部がいちじるしいことがうかがわれる。水分は内部が34.4%，外部が52.0%，平均41.9%と，内部の水分が低くなっている。平均値は健全材よりやや低い程度であった。なお，試料No. 1 に着生が確認された腐朽菌はいずれもリグニン残存型の腐朽をおこす腐朽菌であった。

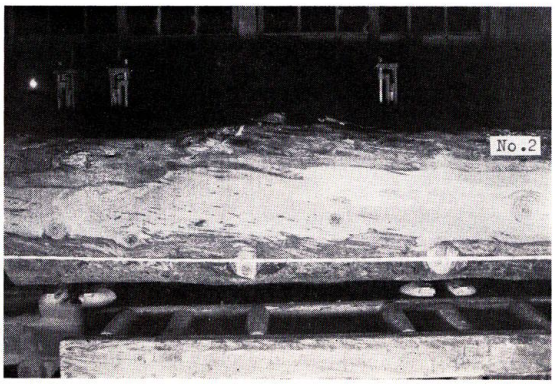
試料丸太 No. 2：本丸太も No. 1 と同様学生実習工場の土場に放置されてあったものである。元口直径73.3 cm，末口直径68.6 cm で長さ2.5 m であった。樹皮は完全に剝離していた。丸太の木口にはケニクアミタケの子実体が密生(第13図)し，木口以外の材表面のところどころにキカイガラタケの子実体が着生していた。腐朽の状態は No. 1 の場合と似ており，木口面 (第14図) および縦断面 (第15図～第18図) にみられるように，ほとんどが全体的に腐朽しているようにみられた。容積密度は内部が0.26，外部が0.27，平均0.27で，水分は内部が

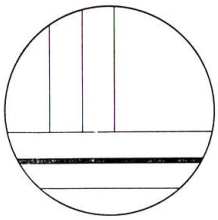
第13図 試料 No. 2 丸太の木口面に着生した子実体

Fig. 13. Sporophores of *Fomitopsis roseo-zonata* on the end of a sample No. 2 log.

第14図 試料 No. 2 の新横断面の腐朽状態

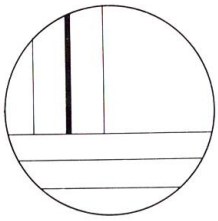
Fig. 14. The appearance of new cross-section of sample No. 2.

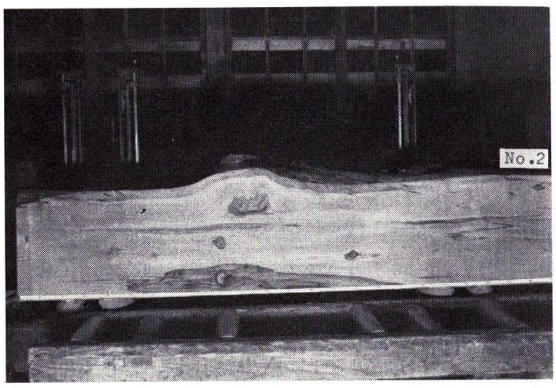




第15図 試料 No. 2 の縦断面の状態

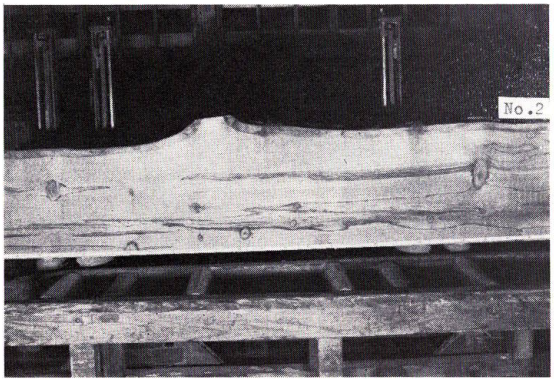
Fig. 15. A longitudinal section of sample No. 2.

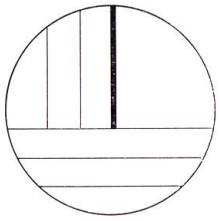




第16図 試料 No. 2 の縦断面の状態

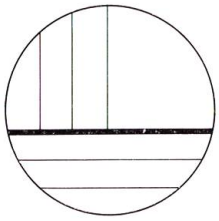
Fig. 16. A longitudinal section of sample No. 2.

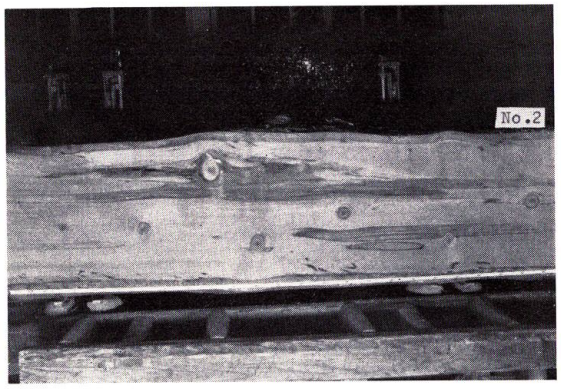




第17図 試料 No. 2 の縦断面の状態

Fig. 17. A longitudinal section of sample No. 2.





第18図 試料 No. 2 の縦断面の状態

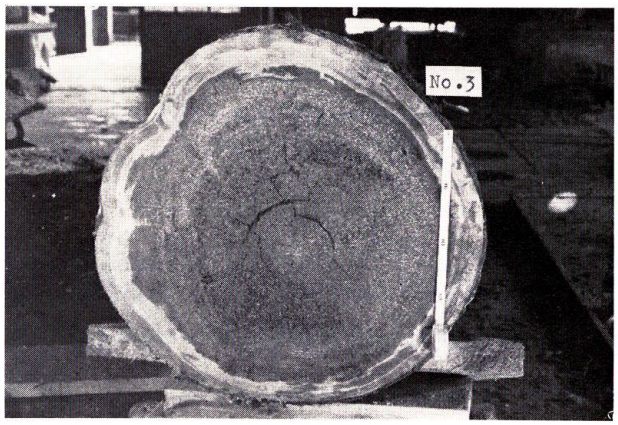
Fig. 18. A longitudinal section of sample No. 2.

43.9%，外部が 49.9%，平均 47.2% であった。着生していた腐朽菌はいずれもリグニン残存型の腐朽をおこす菌であった。

試料丸太 No. 3：本丸太も No. 1，No. 2 同様に土場に放置されていたものである。元口直径 69.6 cm，末口直径 62.9 cm，長さ 2.8 m であった。樹皮は完全に保持されていた（第 19 図）。丸太の木口面にはレンズ状の孔が多数あいており，その内部には完全に脱リグニンされたいわば天然生ホロセルロースがつまっていた（第 20 図）。この木材は，すでに生立木時代にエゾサルノコシカケ（*Cryptoderma yamanoi*）に侵害されて，辺材を残して完全に腐朽しており，外面には数個の子実体が着生していた。また，縦断面（第 21 図，第 22 図）にもレンズ状の特色ある腐朽がはっきりみられた。容積密度は内部が 0.31，外部が 0.33，平均 0.32 でかなり腐朽し

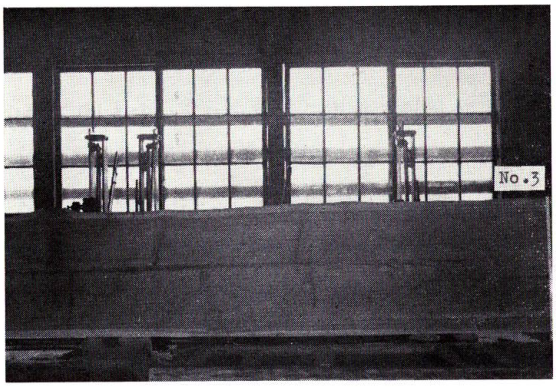
第 19 図　試料 No. 3 丸太の外見，子実体着生部がみられる

Fig. 19.　The appearance of sample No. 3 log with trace of sporophore.



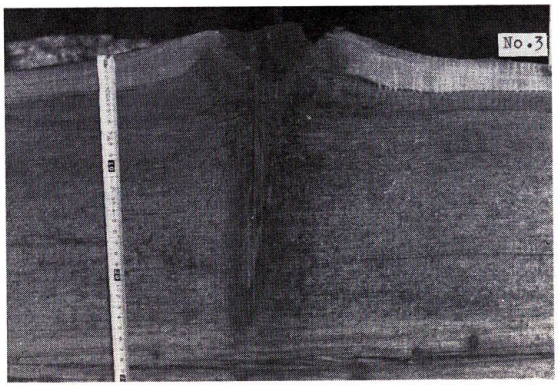
第 20 図　試料 No. 3 の新横断面の腐朽状態，白いホロセルロースのつまったポケットが無数にみられる

Fig. 20.　The appearance of new cross-section of sample No. 3. A lot of white rotted pocket is visible.



第21図　試料 No. 3 の縦断面

Fig. 21.　The longitudinal section of sample No. 3.



第22図　試料 No. 3 の子実体着生部分の縦断面の拡大図

Fig. 22.　The enlarged photo of longitudinal section with an in section of sporophore in sample No. 3.

ていることを示している。水分は内部が38.0%，外部が50.5%，平均43.6%で，No. 1 の状態ときわめてよく似ていた。なお，エゾサルノコシカケは代表的なセルロース残存型の腐朽をおこす腐朽菌である。

試料丸太 No. 4：本丸太も学生実習工場の土場に数年間放置されていたトドマツ丸太である。元口直径31.3 cm，末口直径24.5 cm，長さ2.7 m であった。樹皮は No. 1，No. 2 同様完全に剝離し，末木らしく節（枝）が目立っていた（第23図）。腐朽は典型的なリグニン残存型を示していたが，子実体の着生はみられなかった。縦断面は第25図のようであって，腐朽は木口および表面がいちじるしく，全体に及んでいた。丸太全体の水分は48.1%，容積密度は0.31であった。

試料丸太 No. 5：本丸太も学生実習工場の土場に数年間放置されたアカエゾマツ丸太である。元口直径34.5 cm，末口直径28.3 cm，長さ1.9 m であった。樹皮は No. 4 と同様に完

第23図 試料 No. 4, No. 5, No. 6 の外観

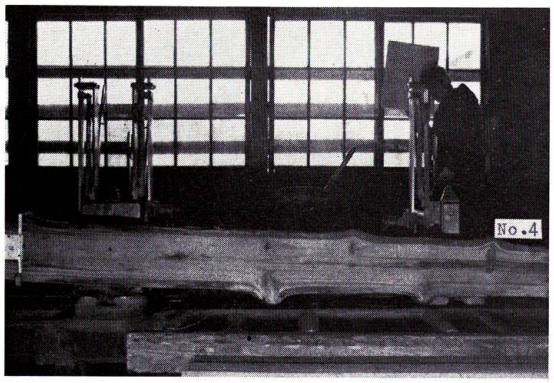
Fig. 23. The appearance of sample No. 4, No. 5 and No. 6.

第24図 試料 No. 4, No. 5, No. 6 の末口の状態

Fig. 24. The top ends of sample No. 4, No. 5 and No. 6.

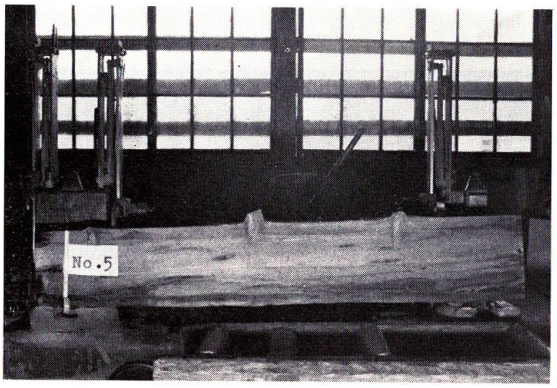
全に剝離していた（第23図）。木口にはケニクアミタケの子実体が数個着生（第24図）していた。腐朽の状態は No. 4 と似ており，第26図縦断面でみられるように，木口および表面の腐朽が目立ち，腐朽は全体に及んでいた。丸太全体の容積密度は 0.25 で，腐朽のはなはだしいことを示している。水分は 49.5% であった。

試料丸太 No. 6：本丸太も学生実習工場の土場に数年間放置されてあったものでややふといが No. 4 によく似たトドマツ丸太である。元口直径 44.6 cm，末口直径 37.1 cm，長さ 2.0 m であった。樹皮は No. 4, No. 5 と同様完全に剝離し，表面の腐朽が目立っていた（第23図）。丸太の表面にはキカイガラタケの子実体が着生し，材の腐朽状態も典型的なリグニン残存型を示していた。腐朽は縦断面（第27図）でみられるように，一方の木口および表面がいちじるしいが全体に及んでいた。丸太全体の容積密度数は 0.27 で腐朽のはなはだしいことを



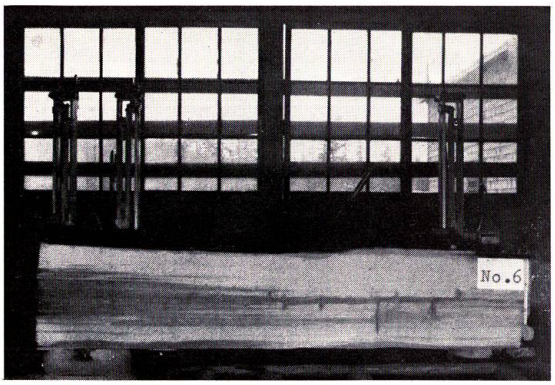
第25図 試料 No. 4 の縦断面図

Fig. 25. The longitudinal section of sample No. 4.



第26図 試料 No. 5 の縦断面図

Fig. 26. The longitudinal section of sample No. 5.



第27図 試料 No. 6 の縦断面図

Fig. 27. The longitudinal section of sample No. 6.

第28図　モミサルノコシカケの子実体が着生するトドマツ生立木からの丸太。左側中央に子実体がみえる。

Fig. 28. The log with sporophore of *Phellinus hartigii* from living tree. The Sporophore is seen in the middle of the left log.

第29図　50 cm に玉切られたトドマツ腐朽丸太

Fig. 29. The butt end of logs of decayed *Abies sachalinensis* cut down 50 cm long.

示している。水分は 42.2% であった。

トドマツ生立木： 樹高 20.6 m，胸高直径 38 cm，モミサルノコシカケの子実体が着生した生立木で，この菌に典型的な溝状の腐朽がみられた（第28図）。この丸太は健全材と同様の方法で 50 cm ごとに円板をとって試験した。丸太は元口に近いところがモミサルノコシカケ（*Phellinus hartegii*）によって腐朽し，根元からはミヤマトンビマイタケ（*Bondarzewia montana*）によるいちじるしい腐朽の侵入がみられた。さらに丸太の上部からはチウロコタケモドキ（*Stereum sanguinolentum*）による腐朽が，モミサルノコシカケによる腐朽と接する付近まできており，この上部は主としてチウロコタケモドキによってほとんど全面的に腐朽していた（第29図）。丸太全体の容積密度は 0.36，水分は 56.2% であった。

2. 実験方法

腐朽型別の腐朽材を原料にした木材チップがパルプの原料になった場合，パルプの収量や性質にどのように影響するかを明らかにするためには，できるだけ腐朽型以外の諸条件，たとえば樹種などの等しいものについて比較することが望ましい。そのような理由から，同一樹種，同一樹齢，太さなどの近いものを試料としてえらぶ努力はしてみたが，結果的にはその条件を整えることはできなかった。そこで同一樹種の間では，腐朽型の影響を，同一腐朽型では樹種間の比較ができるような実験方法をとった。具体的にその実験方法をつぎに示す。

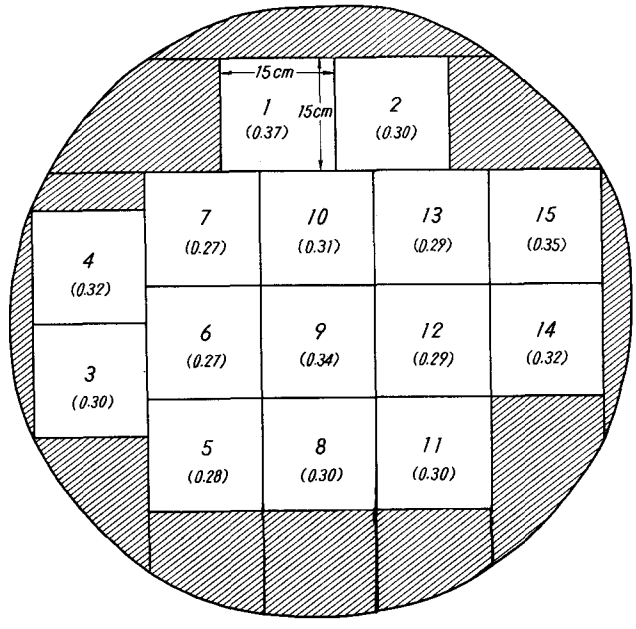
A. チップの調製方法

本研究の目的は各種腐朽材が，パルプの収量や性質にどのような影響を及ぼすかを，健全

材との比較，腐朽材間の比較で究明するものであるから，チッピングの条件はできるだけ等しくするようにつとめた。用いたのは8枚刃のついた円盤の直径が48 in のチッパーで，55 kW のモーターを用いて250 rpm の速さで回転させた。チップの長さは20 mm に一定した。こうして切削したチップは振動式スクリーンに送られ，およそ35×35 mm の金網を通過し，およそ4.5×4.5 mm の金網に残った部分を合格チップとし，4.5×4.5 mm の網を通ったものをダストとした。それぞれの試料丸太についてのチップ調製方法はつぎのようである。

a. アカエゾマツの健全材：約30 cm の高さで伐採された丸太は，まず元口のところから約5 cm の厚さの円板を採取し，さらにそれから50 cm ごと（丸太の長さが50 cm になるように）5～3 cm の厚さの円板を採取し，それぞれの部位における円板の水分，容積密度を測定した。また剝皮した丸太の両木口の面積の平均値に丸太の長さを掛けたものをその丸太の材積とした。切断した丸太を並べて積んだ様子は第3図のようである。またその丸太をチッパーのスパウトを通過する大きさに小割りしたものは第4図のようである。こうして調製した割材はあらかじめ重量を測定してから順次チッパーにかけた。得られたチップは50×50×50 cm の箱（第5図右端）につめ，数回振動させてチップを落付かせてから余分の部分を除いて箱上面のチップを平にしてから重量を測定し，風体を差し引いてチップ重量とした。こうして量をはかられたチップをよくかきまぜ，その一部をとって水分を測定し，チップの絶乾総重量をもとめた。

b. No. 1：この丸太は元口径85.6 cm の大径木であるので，これをチッパーに投入できる太さに製材する必要があった。その大きさはスパウトを通過できるほぼ最大に近い端数のな



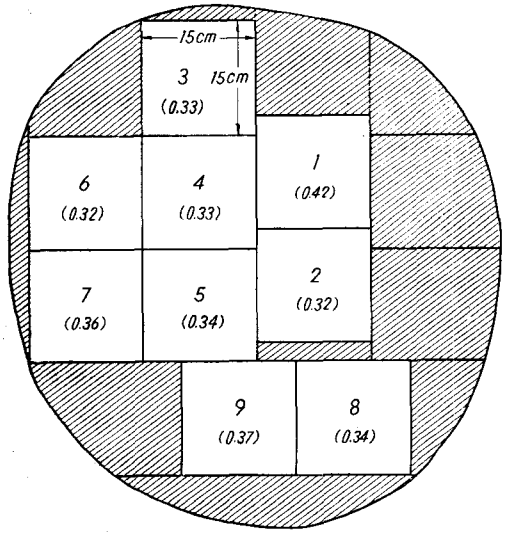
第30図　試料 No. 1 の製材説明図（カッコ内は容積密度）

Fig. 30.　Illustration of sawing of sample No. 1 and density of saw-lumber.

い大きさで15×15 cmとした。その採材の方法を具体的に第30図に示した。製材してえられたこの正角の1～15番目を全部集めたものを試料番号 **No. 1 内** とし，残った背板の部分（第30図斜線の部分）を試料番号 **No. 1 外** とした。15 cmの正角材は端から50 cmごとに正四角形の板（正四角形の厚さ4 cm，切断角材の長さ46 cm）を採取し，水分，容積密度，切断時の鋸屑からアルカリ消費量を測定した。こうして正四角形板を除いた角材は健全材の場合と同様にあらかじめ重量を測定してからチップ化しその容積と水分を測定した。また，**No. 1 外** については，あらかじめスパウトに投入できる大きさに小割りし重量を測定してからチッパーにかけた。チップは同様に容積と重量，水分を測定した。こうして得られた合格チップとダストは重量と水分を測定後，ポリエチレンの袋につめて以後の実験に供した。

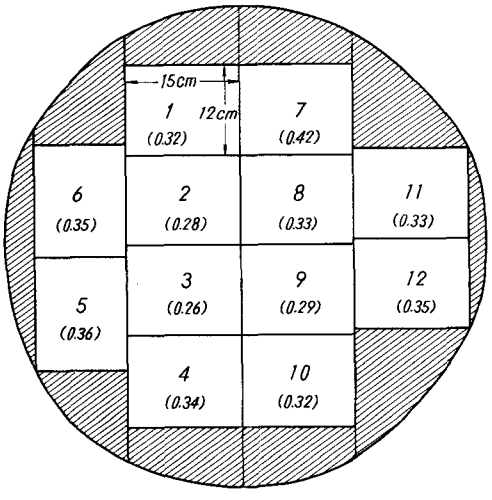
c. No. 2；丸太 No. 2 は No. 1 とほとんど同様の方法で製材（第31図）し，同様の測定を行ないながら正角材をチップ化した。この正角の部分1～9番を試料番号 **No. 2 内** とし，残った背板の部分（斜線の部分）を No. 1 の場合と同様の考え方に従って試料番号 **No. 2 外** とした。なお，チップ化，チップの処理，ダストの取り扱いについては No. 1 と全く同様である。

d. No. 3：丸太 No. 3 は元口直径69.6 cm，末口直径62.9 cmであり，辺材部を残してほとんどが均一的に全面にわたってエゾサルノコシカケによる典型的な腐朽を示していた。そこでこの2つの部分をできるだけ厳密に分類し，かつ材積の測定等を容易・正確にするために第32図に示すように内部を15×12 cmの角材に製材した。こうして得られた角材の部分を試料番号 **No. 3 内** とした。また，No. 3 は末口から140 cmのところで厚さ5 cmの板を採取し



第31図 試料 No. 2 の製材説明図（カッコ内は容積密度）

Fig. 31. Illustration of sawing of sample No. 2 and density of saw-lumber.



第32図 試料 No. 3 の製材説明図（カッコ内は容積密度）

Fig. 32. Illustration of sawing of sample No. 3 and density of saw-lumber.

これの水分容積密度数を測定して，全体に対する平均値として用いた。なお，残部の背板は剝皮しこれを試料番号 **No. 3 外** (斜線の部分) とした。さらにチップ化，チップの処理，ダストの取り扱いについては，No. 1，No. 2 と同様に行なった。

e. No. 4, No. 5, No. 6: この3本の丸太は第23図にみられるように，太さ，腐朽の状態等はよく似ていて，腐朽もかなり内部まで及んでいた (第25図～第27図)。そこでこれらについては，スパウトに入る大きさに製材した上，剝落した腐朽部分もすべてチッパーに投入してチップ化した。原木の取り扱い，チップおよびダストの取り扱いについては，No. 1～No. 3 と全く同様にした。

f. トドマツ生立木: 長い丸太から健全アカエゾマツ材のときと同様にして円板をとりながら50 cm の長さの丸太に切断すると，元口丸太から9番目まではおもにモミサルノコシカケによる腐朽丸太で，根元の部分にミヤマトンビマイタケによる腐朽がみられた (第29図参照)。この9本の丸太を試料番号 **トド元** とした。ついで10本目以下梢頭にいたるまではほとんどがチウロコタケモドキによる腐朽であるので，これをまとめて **トド末** とした。丸太はいずれも剝皮し，スパウトを通過できる大きさに小割りし，他の試料と同様に計量等の測定を行ないながらチップ化し，チップとダストの取り扱いも他の試料とまったく同様にした。

B. チップおよびダストの試験方法

チップとダストの性質におよぼす各種条件の中には，機械の性質とくにチッパーの刃の切れ味と，スクリーンのふるい分け能力がある。まず刃がよく切れない場合，材は打ち砕かれ，むしりとられるような形に破壊されてその大きさがそろわず，よく切れる場合は長さのそろったよいものができる。したがって刃はよく研磨し，どの試料も同様に切削できるようにした。またスクリーンの場合も，材の投入の速度がはやすぎると充分ふるい分けの能力を発揮しないので，どの試料もほぼ同等の投入速度にした。以上の条件下で調製したチップおよびダストをつぎのようにして試験した。

a. チップ

チップはすでにのべたように，まず 50×50×50 cm の箱に入れ，とんとんと数回床の上で落ちつかせてから，容積を一定にしてその重量を測定した。そうして測られたチップは，よくかきまぜてから，一部をとって乾燥し水分を測定した。これから計算してえられた絶乾重量と実測容積 (生チップ) から容積密度を算出した。これらのチップの中で腐朽の進んだ材から調製したチップ中には，粉砕された細粉が多いために，ふるいにかけても細部が完全に除かれないで，合格チップ中にもかなりの量のダストが見出された。それらの特長や着色の度合，各種チップの混合比率をよく観察し，その特長を比較できるようにして写真を撮影した (第35図，第36図)。

b. ダスト

細網を通過した木粉（ダスト）は，スクリーンの下にテントを敷いて受け，重量および水分を測定した。これらのダストも大きさ，色などそれぞれ特色があるので，その特長をあらわすようにして比較写真をとった。さらにそれぞれのダストから100 gをとり，絶乾にしてから，振動式のふるい分け機を用い，10，20，40，100メッシュの4種類のふるいを使って各フラクションに分ける試験を行なった。

C. パルプの調製方法

絶乾チップ約1.5 kgを10 ℓ容のオートクレーブに一杯になるようにとり，活性アルカリ19.3%，硫化度23.5%，液化1:5の蒸解液を加えて，60分間で170°Cまで昇温し，170°Cに90分間保持した。パルプは水洗後遠心分離器で脱水し，一部を乾燥して水分を測定してから粗収量を算定した。また，廃液は冷却してpHを測定した。粗収量を測定し終ったパルプは12カットのフラットスクリーンを通し150メッシュの網に受けた。この精選パルプも粗収量を測定した場合と同様の方法で収量を測定した。ついで各種試験を行なうために，このパルプをつぎのようにして叩解した。すなわち，絶乾360 gに相当するウエットパルプを秤取して30 ℓ容のポリバケツに入れ，23°Cの水を加えて全量が23 ℓになるまでうすめ，これを23 ℓ容のナイヤガラ型ビーターを用いて叩解した。まず錘を掛けないで1～2分間回転してから，1 ℓ容の手つきビーカーで600 mℓを1 ℓのメスシリンダーにくみとり，これを5 ℓの三角フラスコに移し，温度が20°Cになるようにしながら2,400 mℓの水を加えて3 ℓにうすめた。これをよく攪拌してその1 ℓをとり，未叩解パルプのフリーネス（CSf）を測定した。つぎに400 mℓをブフナーロートを用いてあらかじめ重量を測定した濾紙上に濾過し，濾紙と共に絶乾にして重量を測定し，フリーネスの補正に用いた。さらにパルプ残液から400 mℓずつをとって4枚の試験用手抄き紙葉を調製した。つぎにビーターに5.5 kgの錘をセットして叩解を開始し，5分毎（腐朽材は1分毎）にビーターを止めて，パルプ200 mℓをくみとり，20°Cの水で1 ℓにうすめてフリーネスを測定した。このフリーネスの値が600，500，400，300，200 mℓにきわめて近くなったところで，前記同様ビーターから600 mℓをくみとり，正確にフリーネスを測定するとともに4枚の手抄き紙葉を調製した。こうして得られた紙葉は常法にしたがって理学試験に供した。また，フリーネスの異なるパルプの形態を顕微鏡によって観察した。

D. パルプの試験方法

パルプは，基本的にはそれぞれのチップをそれぞれの性質にもっとも適当した方法で処理してパルプを調製し利用することが望ましく，性質の比較もそれぞれの最善の条件で行なうべきであるかもしれないが，現実の工場においては上に述べたような集約的処理を行なうことはきわめて困難である。したがって，本研究における試験法は現在工場で実際に行なわれている

条件に近い条件をもとにして，それぞれの腐朽材の特長を究明できる方法を採用することにした。

a. 叩解試験：工場で行なわれる叩解は，健全・腐朽の両チップから調製されたパルプが同時に叩解されるので，それぞれのパルプが，どのような行動をするかをそれぞれのパルプを別色に着色し，区別できるようにして明らかにすることがまず望ましいかもしれないが，実際にそれを明らかにすることは現段階では諸般の事情から困難であると考えた。そこでそれぞれの特長をもったパルプを別々にではあるが，きわめて近い条件で叩解し，その性質を比較することにした。

まず，叩解時間とフリーネスの変化との関係を明らかにするために，すでに述べたように叩解を行ないながら一定のフリーネスに到達するごとに，手つきビーカーでパルプをすくいとり，顕微鏡による繊維の形態の観察を行なうとともに，常法に従って試験用の手抄紙葉を調製した。

b. ふるい分け試験：この試験には，東洋精機製のバウエル・マクネット式のふるい分け試験機を用いた。この試験機の使用条件は，離解したパルプ10 g を用い，11 ℓ/min の水を流しながら，10, 35, 65, 100 メッシュの網を順次パルプを通過させて分別することになっているが，パルプが多量であるか，あるいは水流が3～4 ℓ/min をこえると，パルプが網に密着してマットを形成し，ふるい分けが順調に行なわれなかった。そこで1カ月余にわたって各種条件を検討し，網の後部のフリット板を除外するなど試験機の不備も改善しながら，つぎの条件を使用して実験を行なった。

パルプ使用量：全乾3 g 相当量

解 繊 条 件：離解機を用い20,000回攪拌処理

流 水 速 度：4 ℓ/min, 50分流水 (8～10, 18～20, 28～30, 38～40, 48～50分ごとに網の後に溜るパルプをガラス管から噴出する一定の強さの流水で洗滌した)

網目の大きさ：10, 35, 65, 100, 325 メッシュ

ふつう100メッシュ通過の微細繊維は，使用パルプ全量から，各網に止った部分を差引き量を当てているが，本試験では，破砕された腐朽材パルプもかなりの量混入しているいることが想像されるので，その量を正確に測定するとともに，繊維の状態を観察する目的をもって他の網上のものと同様な扱いをして，100メッシュ通過の水を325メッシュのふるいに受けてこれを濾過して集めた。濾過の方法は各網の付属している箱の水を，サイフォンを用いてニュッツェ上のあらかじめ絶乾量を測定した濾紙にとり，残部は底部の管から完全に洗い流して，すべてのパルプを定量的に濾紙上にとった。こうして得られたパルプは万能投影器を用い投影法によって長さを測定し，100メッシュを通過した分については平均繊維長を0.2 mm とした。さらにそれぞれのパルプについて同様の実験を2回繰返し，各フラクションの絶乾重量をもとめて平均した。これから TAPPI Standard の方法によって平均繊維長をもとめた。

c. 成分分析： パルプの成分分析は，それぞれのパルプを厚目のプレスしない紙にすいてからそれを細片に破った試料を用いて行なった。主要項目は，リグニン，ホロセルロース，α-セルロース，ヘミセルロースで，常法に従って行なった。なお，ここでいうヘミセルロースとはホロセルロースからα-セルロースを除いたものである。

d. 紙力試験： 紙力試験は，引張り強度を中心にして行なった。試験機は島津オートグラフ IS-5,000 である。また試験の条件は TAPPI 法に準拠して行なった。引張りの試験は 5mm/min（チャートの送り速度は 100mm/min）の速さで行ない，応力と伸びとの関係を明らかにした。引裂試験にはエルメンドルフの試験機を用い，破裂試験にはミュレン型破裂度試験機，耐折試験には MIT 型耐折試験機を用いた。また，白色度にはハンター型白色度試験機を用いた。なお，零距離裂断長の試料には，米坪量約 20 g/m^2 のものを用いて行ない，一般の紙力試験用のものより薄くせざるをえなかった。

e. 漂白試験

e_1 基礎試験： パルプ絶乾 1.5 g 相当量をとり，これに亜塩素酸ソーダ 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.30 g（絶乾パルプに対しそれぞれ 3.3, 6.7, 10.0, 13.3, 20.0% 相当）加えて，Wise[17] の条件に従って酢酸酸性下で漂白してから洗滌し，えられたパルプの白色度，引張り強度，および伸びについて測定した。

e_2 5 段処理： つぎに東京大学林産化学実験書に準拠してつぎのような 5 段漂白を行なった。すなわち

第 1 段： 1-ℓ 容の三角フラスコに，風乾マット状のパルプを正確に絶乾 20 g 相当量秤取し，これにあらかじめ濃度を測定してある塩素水をリグニン含有率から換算（リグニン含有率÷0.811＝ローエ価）したローエ価を基準にして所定量加え，ついでパルプ濃度を 5% とするために水を加えた。この三角フラスコにはゴム栓をし，ときどき振ってパルプを攪拌しながら常温で 1 時間処理した。こうして塩素化したパルプはニュッツエの上にとり，熱水，冷水の順によく洗滌してから，余分の水をさらし布でしぼりとった。

第 2 段： つぎにカセイソーダの溶液を，カセイソーダ添加率がパルプに対し 1.2%，パルプ濃度を 10% になるように加え，常温で 1 時間処理した後，ニュッツエで濾過，洗滌した。

第 3 段： ハイポ処理はパルプに対し有効塩素量 0.4% の晒粉液を用いた。すなわち，高度晒粉 10 g を乳鉢で水を加えてよくすりつぶし，全量を 1 ℓ とし，これを三角フラスコに移しゴム栓をして一昼夜静置した後上澄液の有効塩素をブンゼン法で測定したものを一定量加え，パルプ濃度 10%，常温で 2 時間処理後，前記同様洗滌した。

第 4 段： このカセイソーダ抽出処理は，第 2 段とまったく同様にして行なった。

第 5 段： ハイポ処理，これは第 3 段の処理を塩素量 1% として行なった仕上げ処理である。

このような操作は，同一処理を平行して 2 回行ない，一方は白色度および強度試験用に，

他は収率の測定のために絶乾にして重量を測定した。

e_3 亜塩素酸ソーダ処理を加えた3段処理： この実験はもっとも漂白困難な No. 5 をできるだけ簡単な処理で漂白する方法を見出すために行なった実験で，5段処理と同様ローエ価はリグニン含有率から換算した値を用いた。その値は健全材が4.0，No. 5 が8.8であった。

第1段，塩素処理：塩素は5段処理の場合と同様水溶液を用い，使用量はパルプに対して12%（または24%）を用いた。パルプ濃度3%，20°C，ときどき攪拌しながら1時間処理。

第2段，アルカリ抽出：パルプに対してカセイソーダ2%を使用，パルプ濃度10%，60°C，1時間処理。

第3段，亜塩素酸処理：亜塩素酸ソーダ使用量はパルプに対し0.5～10%，パルプ濃度3.3%，温度75±3°Cで1時間処理。

3. 実験結果

A. 原木の性質

試料原木については，すでに試料の項である程度説明したが，ここには原木の一部についてやや細部についての試験の結果を報告する。

第2表　健全アカエゾマツ材の水分と容積密度

Table 2.　Moisture and density of sound akaezomatsu spruce wood

円板番号 (下より From butt)	水分 Moisture (%)	容積密度 Density	円板番号 (下より From butt)	水分 Moisture (%)	容積密度 Density
1	46.6	0.45	11	45.0	0.46
2	48.4	0.39	12	46.6	0.47
3	46.5	0.41	13	47.4	0.43
4	47.9	0.42	14	47.5	0.44
5	47.7	0.39	15	48.8	0.36
6	46.3	0.41	16	51.4	0.45
7	48.6	0.41	17	51.6	0.41
8	46.7	0.39	平均 Average	47.8	0.42
9	44.9	0.42			
10	46.7	0.43			

a. 健全材： 健全材の元口から円板をとり，ついで50 cmの丸太を残してからさらに円板をとり，以後はつぎつぎと1 mの丸太を残しながら円板をとり，樹皮を除いて水分，容積重を測定した結果は第2表のようである。まず水分についてみると，44.9%から51.6%の間で平均47.8%，高さ別の水分の相違は梢頭に近い部分がやや多かったほかは，目立った特長は見出せなかった。つぎに容積密度は0.36から0.47の間にあり，平均0.42であった。この値もこ

れまで多く発表されている値[2]と大差なく，標準的アカエゾマツであることがわかる。同様な実験を丸太について行なった結果は付表1のようであって，この丸太から計算した容積密度も円板から算定した値と同じであった。

b. No. 1: No. 1 の丸太は第30図に示したように 15×15 cm の正角に製材し，一方の木口から厚さ 4 cm の正方形の板をとり，ついで 50 cm ごとに板をとったため，46 cm の角材5本が得られた。正方形板を採取したときの鋸屑はこれをアルカリ消費量の測定用に用いた。それぞれの正方形の板の水分含有率をまとめると第3表のようである。これによると，丸太の平均水分含有率は 30.8% であって，生立木にくらべてやや乾燥しているが，木口の部分の水分が両方とも高いことがわかる。また角材の中では表面に近い部分が高い傾向がある。つぎに部位別容積密度をみると第4表のようである。まず角材の部位別にみると木口に近い部分の値が小さく，腐朽が木口から進んでいることがうかがわれる。角材全体の容積密度は，全般的にほぼ均一に分散していて，腐朽の程度は内外等によって相違してないとみることができる。つぎにアルカリ消費量を第5表にみると，木口に近い部分が 1.46，1.86 mℓ などと内部の 0.83，0.81 mℓ にくらべて大きな値を示し，木口の腐朽が進んでいることを示している。これは容積密度が，木口に近いほど小さいのと反比例する傾向を示し，これによって木口に近い部分ほど腐朽が進んでいることがわかる。

c. No. 2: No. 2 も No. 1 と同様に 15×15 cm の角材を製材してとり，この角材から両

第3表 試料 No. 1 の正角材の部位別水分含有率

Table 3. Moisture of the square saw-lumber of sample No. 1 (%)

正角材の番号 No. of square lumbers	部位番号 Position number of square saw-lumbers						
	1	2	3	4	5	6	平均 Average
1	50.0	43.1	31.7	30.6	30.3	37.6	37.2
2	27.2	30.6	29.6	30.8	31.9	30.8	30.2
3	29.3	28.6	28.0	30.6	31.8	33.7	30.3
4	40.0	31.8	29.9	30.3	30.8	30.5	32.2
5	28.1	27.4	28.0	28.0	29.0	29.4	28.3
6	27.9	26.2	26.2	28.0	27.2	37.3	27.1
7	27.2	26.1	25.6	25.9	26.7	27.6	26.5
8	32.0	28.0	27.9	27.7	32.3	33.6	30.3
9	38.0	30.8	30.3	30.3	34.7	37.3	33.6
10	36.3	28.9	28.3	28.3	31.0	35.8	31.4
11	32.4	29.9	31.3	29.8	28.7	30.3	30.4
12	29.3	28.2	28.1	28.0	29.7	28.5	28.6
13	39.0	28.2	27.7	28.0	27.0	25.5	29.2
14	32.9	32.9	33.6	31.7	30.8	29.0	31.8
15	35.0	34.9	36.2	34.5	35.3	33.6	34.9
平均 Average	33.6	30.4	29.5	29.5	30.5	31.4	30.8

第4表 No. 1 の正角の部位別容積密度

Table 4. Density of the square saw-lumber of sample No. 1

正角材の番号 No. of square lumbers	部位番号 Position number of square saw-lumbers						
	1	2	3	4	5	6	平均 Average
1	0.31	0.35	0.35	0.33	0.34	0.30	0.33
2	0.37	0.47	0.37	0.41	0.38	0.40	0.40
3	0.33	0.35	0.35	0.35	0.32	0.31	0.34
4	0.32	0.36	0.36	0.36	0.33	0.33	0.35
5	0.34	0.35	0.36	0.36	0.34	0.33	0.35
6	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.41	0.37
7	0.38	0.38	0.35	0.36	0.37	0.33	0.36
8	0.34	0.38	0.37	0.35	0.33	0.30	0.34
9	0.36	0.36	0.34	0.37	0.32	0.34	0.35
10	0.42	0.35	0.37	0.36	0.30	0.33	0.36
11	0.34	0.38	0.37	0.36	0.36	0.31	0.35
12	0.35	0.35	0.34	0.35	0.38	0.33	0.35
13	0.31	0.34	0.34	0.39	0.41	0.30	0.35
14	0.32	0.36	0.36	0.34	0.42	0.38	0.36
15	0.40	0.36	0.36	0.38	0.38	0.29	0.36
平均 Average	0.35	0.37	0.36	0.36	0.35	0.33	0.36

第5表 試料 No. 1 の正角の部位別アルカリ消費量

Table 5. Alkali consumption of sample No. 1 (mℓ of 0.1 *N* NaOH/0.1 g of wood)

正角材の番号 No. of square lumbers	部位番号 Position number of square saw-lumbers						
	1	2	3	4	5	6	平均 Average
1	1.24	0.68	0.47	0.38	0.89	1.54	0.87
2	0.89	1.01	0.70	0.69	0.84	1.09	0.87
3	1.53	1.37	1.23	1.23	1.67	1.79	1.47
4	1.62	1.28	0.92	1.44	1.80	2.60	1.61
5	1.45	0.68	0.71	1.36	0.92	2.90	1.34
6	1.55	1.01	1.12	1.01	1.01	2.12	1.30
7	2.11	1.78	0.99	0.48	1.70	1.79	1.48
8	2.09	0.77	0.46	0.23	2.02	2.02	1.27
9	1.01	0.69	0.68	0.79	1.52	2.34	1.17
10	0.81	0.49	0.48	0.58	1.23	1.76	0.89
11	1.63	0.83	0.99	0.97	1.46	1.43	1.22
12	1.02	1.08	1.28	0.76	0.73	1.60	1.08
13	1.08	1.28	0.78	0.13	0.44	1.38	0.85
14	2.68	1.79	1.30	1.34	1.02	2.22	1.73
15	1.21	0.16	0.38	0.72	0.83	1.29	0.77
平均 Average	1.46	0.99	0.83	0.81	1.21	1.86	1.19

木口を含めて6枚の正方形の板をとり試験を行なった。その結果はつぎのようである。すなわち，まず水分の分布をみると第6表のようであって，木口に近いほど水分含有率が低く，No. 1とまったく逆の傾向を示している。これは製材工場内へ搬入した時期の相違によるものであろう。つぎに容積密度の分布をみると第7表のようであって，木口に近い部分がやや低い値を示しているが，0.25と0.30の間にあって部分による差は小さいともいえる。また，角材別にみても0.24と0.30の間でほぼ同様の傾向を示しているが，大部分が0.27～0.28であって，ほとんど差がみとめられない。つぎにアルカリ消費量をみると第8表のようであって，木口に近い部分がやや高い傾向があるが，平均値が1.33～1.92 mℓとその差は小さく，ほぼ均一と考えること

第6表 試料 No. 2 の正角の部位別水分

Table 6. Moisture of the square saw-lumber of sample No. 1 (%)

正角材の番号 No. of square lumbers	部位番号 Position number of square saw-lumbers						
	1	2	3	4	5	6	平均 Average
1	37.5	41.6	45.3	46.5	45.5	36.4	42.1
2	27.7	29.7	29.9	30.9	37.7	33.5	31.6
3	33.4	31.3	34.0	32.6	34.1	33.4	33.1
4	29.8	35.2	34.5	35.6	35.1	27.3	32.9
5	32.5	37.1	41.3	32.9	31.1	27.5	33.7
6	33.0	31.0	34.0	31.4	32.6	29.2	31.9
7	31.6	50.9	38.3	31.4	30.6	33.7	36.1
8	34.3	32.2	39.3	37.6	33.5	27.1	34.0
9	34.2	34.4	41.4	36.8	40.9	34.6	37.1
平均 Average	32.7	35.9	37.6	35.1	35.7	31.4	34.7

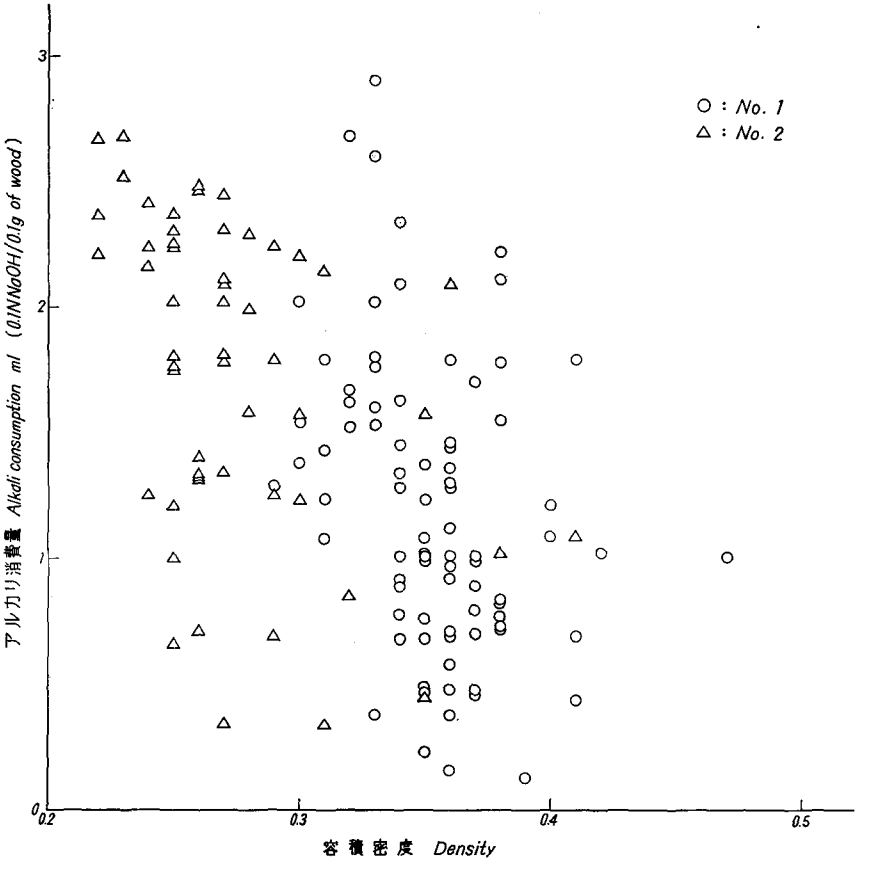
第7表 試料 No. 2 の正角材の部位別容積密度

Table 7. Density of the square saw-lumber of sample No. 2

正角材の番号 No. nf square lumbers	部位番号 Position number of square saw-lumbers						
	1	2	3	4	5	6	平均 Average
1	0.26	0.27	0.30	0.28	0.28	0.29	0.28
2	0.35	0.26	0.27	0.25	0.25	0.32	0.28
3	0.24	0.25	0.38	0.25	0.31	0.23	0.28
4	0.30	0.26	0.31	0.29	0.36	0.30	0.30
5	0.27	0.27	0.25	0.28	0.27	0.26	0.27
6	0.27	0.24	0.41	0.25	0.22	0.25	0.27
7	0.23	0.24	0.24	0.25	0.22	0.23	0.24
8	0.26	0.25	0.27	0.35	0.25	0.26	0.27
9	0.27	0.25	0.26	0.29	0.29	0.27	0.27
平均 Average	0.27	0.25	0.30	0.28	0.27	0.27	0.27

ができる。この傾向は容積密度と似ており，大差はないが木口の部分の腐朽がやや進んでいると考えることができる。

なお，No. 1 および No. 2 の容積密度とアルカリ消費量との関係を図示すると，第33図のようであって，それぞれの試料の中では，容積密度が狭い範囲に分布するためか，アルカリ消費量との間に相関的関係はみられず，No. 1 のアルカリ消費量が No. 2 よりも一般に低い値を示している。すなわち，No. 1 は No. 2 にくらべて腐朽の程度の低いことを示しているが，第33図全般を総合すると，容積密度の低いものが，アルカリ消費量が高いことをはっきり示している。また，一本の角材の平均値について第34図によってみても，その傾向は明らかのようである。



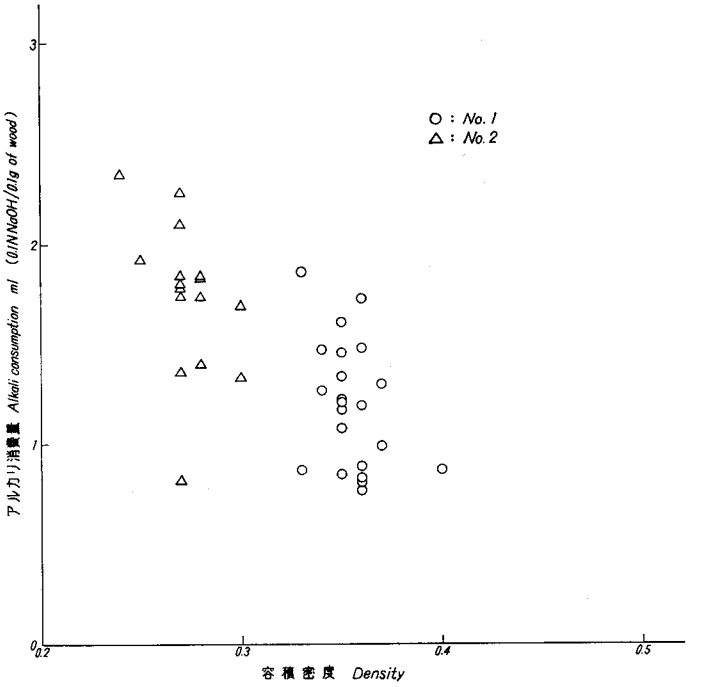
第33図　正方形板部の容積密度とアルカリ消費量との関係

Fig. 33.　Relation between density and alkali consumption in position number of squared saw-lamber.

d. No. 3: No. 3 の角材の水分含有率および容積密度は第9表のようである。これによると中心近くに存在する角材である2, 3, 8, 9番 (第32図) が水分含有率が低く，また，容積密度をみると同様に2, 3, 8, 9番の角材が低く，エゾサルノコシカケによる腐朽が，心材腐

朽であって，中心近くの心材を腐朽させているという特性をよくあらわしているということができる。

e. トドマツ生立木：すでに述べたように，モミサルノコシカケ，チウロコタケモドキな



第34図 角材の平均容積密度と平均アルカリ消費量との関係

Fig. 34. Relation between average density and average alkali consumption in squared lumbers.

第8表 試料 No. 2 の正角材の部位別アルカリ消費量

Table 8. Alkali consumption of sample No. 2 (mℓ of 0.1 *N* NaOH/0.1 g of wood)

正角材の番号 No. of square lumbers	部位番号 Position number of square saw-lumbers						
	1	2	3	4	5	6	平均 Average
1	1.31	2.02	1.57	2.29	1.58	2.24	1.84
2	1.57	1.40	1.81	1.76	1.00	0.85	1.40
3	1.25	1.80	1.02	2.37	2.14	2.37	1.83
4	2.20	2.48	0.34	1.79	2.09	1.23	1.69
5	2.31	2.09	2.24	1.99	2.45	2.46	2.26
6	2.11	2.16	1.09	2.30	2.67	2.25	2.10
7	2.68	2.41	2.24	2.02	2.21	2.52	2.35
8	1.33	1.21	0.34	0.45	0.66	0.71	0.82
9	1.78	1.75	1.32	0.69	1.25	1.34	1.36
平均 Average	1.84	1.92	1.33	1.74	1.78	1.80	1.74

第9表　試料 No. 3 の正角の水分および容積密度

Table 9. Moisture and density of the square lumbers of sample No. 3

正角材の番号 No. of square lumbers	水分 Moisture (%)	容積密度 Density
1	33.1	0.32
2	28.9	0.28
3	29.9	0.26
4	34.0	0.34
5	35.1	0.36
6	38.9	0.35
7	38.2	0.42
8	36.9	0.33
9	30.6	0.29
10	38.5	0.32
11	45.2	0.33
12	41.3	0.35
平均 Average	35.9	0.33

第10表　トドマツ生立木の水分および容積密度

Table 10. Moisture and density of todomatsu living tree

円板番号 Disk No. (下より From butt)	水分 Moisture (%)	容積密度 Density
1	51.4	0.35
2	54.8	0.35
3	53.7	0.32
4	55.2	0.31
5	60.0	0.32
6	58.6	0.32
7	56.6	0.31
8	58.6	0.32
9	57.1	0.35
10	58.8	0.36
11	61.4	0.34
12	59.8	0.35
13	61.0	0.36
14	53.8	0.45
15	59.2	0.41
16	61.9	0.36
17	58.3	0.37
平均 Average	56.2	0.35

どによる菌害木である。元口，元口から50 cm，以後は1 m ごとに円板を採取し，水分含有率，容積密度を測定した。その結果は第10表のようである。まず水分をみると，元口より先にいくに従って，やや含有率が高い傾向を示している。また容積密度は平均0.35であって，丸太を総体的にみると容積密度は節部なども含まれているので小さくないといえる。むしろ孔隙部を考慮すれば大きいといわなければならない。部分的特色も明瞭でなく，下半分がやや低く，先の部分に大きいところがみられる。しかし円板のとり方は，かならずしも正常部分を採取したわけではなく，節部の混入することもあったのでおよその傾向を示していると考えられる。

B.　チップに関する実験結果

健全材をチッパーで切断する場合は，粉砕される微細木片いわゆるダストは微々たるものであるが，木材が腐朽するともろくなり，切削のさい生ずるダストの量は多量になる。いままで実験室で行なってきた実験用チップは，通常一定の厚さ（チップの長さに相当）の円板をつくり，これを2～3 mm の厚さに割って調製するのが通常であったので，腐朽材の相違によるチップ化およびチップの性質の相違を工業的に近い条件下で比較することはできなかったからこの実験ではそれに重点をおいて試験した。とくにふつう実験室で採取した腐朽材を用いて行なわれているような典型的なものをえらんだ均一な腐朽材を用いないで，工場で取り扱う自然

の条件に近い方法でチッピングし，腐朽型別にその特性を究明した。以下にそれぞれの試料について述べ，その結果を総括する。

a. チッピング

健全アカエゾマツ： チッピング前に切断された丸太の大きさは付表1のようであって，総材積 0.677 m^3。その容積密度は 0.42 である。原木の総重量は 547.55 kg で水分 47.8%，これをチッピングすると，チップ 530.32 kg となり，水分は 46.4% に低下した。チップの容積密度は 0.18 であってチップの容積は原木の 2.3 倍となっている。ダストの量は 9.94 kg で水分は 44.5%，チップの水分よりやや低かった。ダストのチップに対する絶乾重量比は 2.0% となっている。チッピングの状態は，切削はよく，腐朽材のときのようにほこりが立つようなことがなく，スクリーンの性能もほぼ良好であると考えられた。

No. 1： すでに述べたように，まず 15 本の 15×15 cm 正角を採材し，試験用の正方形の板を除いた，すなわち，チップにした部分の生重量は付表2のように合計 415.66 kg，水分 34.4% であった。また，背板の部分 (No. 1 外) は生重量が 308.24 kg で水分は 52.0% であって，内部よりはるかに高い水分含有率を示した。チッピングにさいしては，原木が腐朽していてかつ乾燥のためややほこりが立った。正角材部分のチップ重量（ダストを含む）は 415.98 kg とチッピング前の 415.66 kg とほとんど一致していた。しかし，背板の部は 252.02 kg と，チッピング前の 308.24 kg にくらべて約 17% 減少していた。これは原木の水分含有率が高いためにチッピング中に乾燥したものと考えられる。チップの容積密度は角材部分 (No. 1 内) が 0.16 で角材の 0.37 にくらべると容積が 2.3 倍となっていて健全材の場合と全く一致した。また，No. 1 外のチップの容積密度は 0.12 で，原木のそれが 0.23 であるから，容積は 1.9 倍にふえ容積の増加率は低いことになる。つぎにチップに対するダストの比率をみると，No. 1 内が 2.4%，No. 1 外が 7.6% であるから，No. 1 内は健全材に近く，No. 1 内より腐朽の進んだ No. 1 外は健全材の約 4 倍量のダストを生産している。チップの色は一般に灰色がかり，褐色および黒褐色のチップ片がかなり混入していた。

No. 2： No. 2 の場合も，No. 1 の場合と，ほぼ同様の処理方法で処理した。チップにした正角材部分 (No. 1 内) は付表3に示すようである。チッピング前の総チップ原木の水分は 47.21%，正角材の部分が 43.9%，背板の部分 (No. 2 外) が 49.9% であった。これをチッピングすると，No. 1 内はチップ重量が 173.53 kg，ダストが 18.51 kg でチップおよびダストの水分はそれぞれ 38.5%，33.5% であった。原木に対するチップおよびダストの合計重量の割合は 90% で 10% の水分が放出された。チップに対するダストの割合は 11.4% で，健全材や No. 1 にくらべかなり大きかった。つぎに No. 2 外についてみると，チップが 222.20 kg，ダストが 36.42 kg で，それぞれの水分含有率は 48.0% および 55.2% でダストの方がやや高かった。原木に対するチップの割合は生重量で 98% で，No. 2 内よりも高いのは理解しにくい。チップ密度は No. 2 内が 0.12 で，原木の 0.26 (正方形の板では平均 0.27) にくらべて量が 2.1 倍に増

加している。また No. 2 外は 0.13 で，原木の 0.27 にくらべて 2.1 倍となっている。チップに対するダストの割合は 14.1% で，いままでの最高を示している。チップの色は，No. 1 同様かなり着色した部分が多かった。

No. 3: 断面が 15×12 cm の矩形の柱状に製材した部分 No. 3 内の生重量が 300.36 kg (付表 4) で水分含有率が 38.0% であった。これをチッピングするとチップが 298.36 kg で水分含有率 37.6%，ダストは 9.92 kg で水分 36.0% であった。この材の特長をみると，リグニン残存型の腐朽材の場合は，チップよりダストの水分含有率が高いが，この場合はわずかながら逆の傾向を示してきわめて近い値である。チップに対するダストの割合は 3.5% で健全材よりやや高い値を示した。つぎに No. 3 外についてみると，原木の総生重量は 243.22 kg，水分が 50.5% で，これをチッピングすると，チップが 234.91 kg で水分含有率が 49.8%，ダストは 4.71 kg で水分含有率が 46.7% であった。チップに対するダストの比は 2.1% で健全材の 2.0% とほとんど一致した。つぎに容積密度をみると，No. 3 内の原木は 0.31 に対しチップは 0.14 であって，チッピングすることによって容積が 2.2 倍に増大している。また，No. 3 外は原木の容積の容積密度が 0.33 で，チップの容積密度が 0.16 であるから，チッピングによって容積は 2.1 倍に増大している。チップの色は No. 3 内は変色してやや赤味をおびた部分と，菌によって単離された炭水化物の白い部分が混合している。No. 3 外の部分は健全材に似ているが，やはりかなりの変色部分が混入していた。

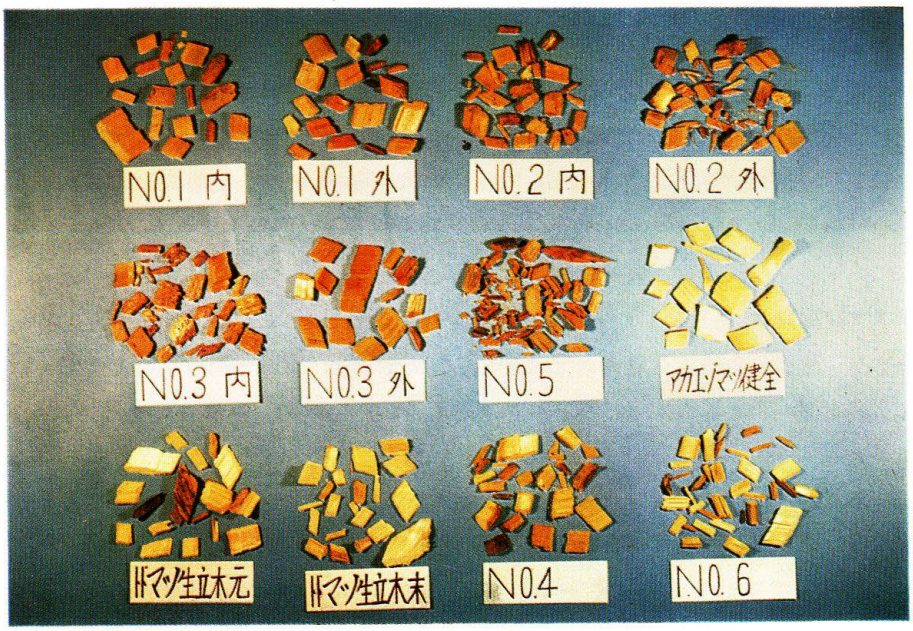
No. 5: No. 5 は No. 4 や No. 6 と外観はほとんど同程度の腐朽材であり，腐朽も表面および木口から侵入していた (第 26 図)。原木の総重量は 74.58 kg，水分含有率が 49.5% であった。これを小割りしてチッピングしたが，サイクロンからの腐朽材粉の飛散するのが，全試料の中でもっともひどかった。えられたチップは 59.09 kg，水分含有率 45.3%，ダストは 14.24 kg で水分含有率は 51.2% であった。チップに対するダストの比率は 21.5% で，全試料中もっとも高く，1/5 以上をしめ，さらに網目の細かいスクリーンを通過しないでチップの中に混入したものもかなりの量みとめられた。チップの容積密度は 0.14 であって，原木の容積密度が 0.25 であるので，容積は 1.8 倍に増大している。この増大率は全試料中最低である。チップの色はほとんどが黒褐色で，中にわずかに明るい色の部分が混入していた。

No. 4 (トドマツ): No. 4 は第 25 図にもみられるように，腐朽が表面および木口から侵入しているので正確な材積の測定は困難であったが，原木の重量は 96.58 kg，水分含有率は 48.1% であった。これを No. 5 と同様鋸で小割りしてから腐朽のため小さく割れた部分もすべて投入してチッピングすると，サイクロンの出口から多量の腐朽材粉が立ちのぼった。えられたチップは 88.20 kg で，水分含有率が 40.7%，ダストは 6.80 kg で水分含有率が 53.2% であった。チップの容積密度は 0.14 で，原木の容積密度が 0.31 であるので，チッピングによって容積が 2.2 倍に増大している。チップ中にはかなりの変色材および腐朽材が含まれ，スクリーニングも完全でなく，ダストがかなり混入していた。

No. 6（トドマツ）: No. 6 も No. 4 および No. 5 とほぼ同様の外観の材で腐朽の進行も木口および表面からである（第 27 図）。原木の重量は 119.74 kg で，水分含有率は 42.2% である。これを小割りしてチッピングしたが，チッピング時の状態もほぼ前者と類似していた。えられたチップは 109.60 kg で，水分含有率が 39.9%。一方ダストは 7.80 kg で，水分含有率が 57.1% であった。チップのダストに対する割合は 5.1% で，No. 4 よりわずかに低く，チップおよびダストの外観も No. 4 とよく似ていた。チップの容積密度は 0.12 で，原木のそれが 0.27 であるので，チッピングによって容積は 2.2 倍に増大している。

トドマツ生立木: 伐採したトドマツ生木を 1 m に切断し，その材積を測定した結果が付表 4 のようである。このうち丸太ナンバー 1 から 4 までと，5 の元側の 1/2 までをトド元，5 の末側以高をトド末とした。このトドマツは総重量が 773.60 kg，水分含有率が 56.2% である。さらにトド元は 341.05 kg，トド末は 432.55 kg である。また，トド元とトド末は材積がほとんど同じである。これらの丸太をマサカリによって小割りしてチッピングした。まずトド元についてみると，チップの重量は 326.83 kg，水分含有率が 53.0% で，ダストは 11.57 kg で，水分含有率が 50.0% であった。ダストのチップに対する比率は 3.8% で，健全材よりもやや高い値を示している。チップの外見は多少着色しあるいは腐朽した材が混入している以外は，健全材に近かった。つぎにトド末についてみると，チップの重量は 402.25 kg，水分含有率が 57.2% で，ダストは 13.88 kg，水分含有率が 54.4% であった。チップのダストに対する割合は 3.6% で，トド元とほとんど差がなかった。チップの外見的状態もトド元とほとんど変りなかった。チップの容積密度はトド元，トド末とも 0.13 で原木総体の容積密度が 0.36 であるからチッピングによって容積が 2.9 倍に増大して高い値を示している。

b. チップおよびダストの理学的性質: チッピングによって得られたチップおよびダストは第 35 図および第 36 図のようであり，これを一覧表にして示すと第 11 表のようである。まず，チップとダストの水分についてみると，原木はチッピングの際に乾燥されて，チップの水分は原木の水分含有率より低くなっている。また，チップとダストの水分を比較してみると，健全材とセルロース残存型，健全材類似型の両腐朽材は，チップの水分より，ダストの水分含有率が低いが，これは細粉であるため乾燥されやすいものと考えられる。他方リグニン残存型の腐朽材は，ダストすなわち腐朽の進んだ部分の水分含有率が高く，腐朽材は健全材よりも含水率が高いといういままでの結果[2] と合致している。つぎにチップと原木の容積密度を比較してみると第 37 図のようである。チップの容積密度は健全材が 0.18 でもっとも高く，ついで No. 1 内の 0.16，No. 3 外の 0.16 がこれにつぎ，他は 0.14 から 0.12 の間に存在する。容積密度の高い前 3 者は，ダストの少ないこと，1% NaOH 可溶物の少ないことからしても腐朽程度が低いことがうかがわれ，一般に腐朽材チップの容積密度は，健全材のそれより低いということができる。さらにダストのチップに対する絶乾重量比率をみると，健全材が 2.0% ともっとも低く，ついで No. 3 外の 2.1%，No. 1 内の 2.4% の順になっており，リグニン残存型は No. 5



第35図　試験に供したチップ

Fig. 35.　The chips for test.

第36図　試験につかわれたダスト

Fig. 36.　The dusts for test.

第11表 腐朽材のチップおよびダスト一覧表

Table 11. Chips and dusts of decayed wood

試料 Sample	腐朽型 Decay type	水分含有率 Moisture チップ Chip (%)	水分含有率 Moisture ダスト Dust (%)	チップの容積密度 Chip density	容積密度比 チップ/原木 Chip/log ratio of density	ダスト/チップ比 Dust/chip ratio of weight (%)	ダスト中の10メッシュ以下の細粉の割合 Percentage of fine wood power passed through 10 mesh sieve to dust in weight (%)
健全アカエゾマツ Sound akaezomatsu	(—)	46.4	44.5	0.18	2.3	2.0	28
No. 1 内 inner	リグニン残存型 Lignin-rich	30.9	39.1	0.16	2.3	2.4	40
No. 1 外 outer	〃	40.1	54.0	0.12	1.9	7.6	53
No. 2 内 inner	〃	38.6	33.5	0.12	2.2	11.4	46
No. 2 外 outer	〃	48.0	55.2	0.13	2.1	14.1	51
No. 3 内 inner	セルロース残存型 Cellulose-rich	37.6	36.2	0.14	2.2	3.5	37
No. 3 外 outer	〃	49.8	26.7	0.16	2.1	2.1	40
No. 5	リグニン残存型 Lignin-rich	45.3	51.2	0.14	1.8	21.5	59
No. 4	〃	40.7	53.5	0.14	2.2	6.8	40
No. 6	〃	39.9	57.1	0.12	2.9	5.1	45
トド元 Todomatsu butt	健全材類似型 "Normal-like"	53.0	50.0	0.13	> 2.9	3.8	36
トド末 Todomatsu top	〃	57.2	54.4	0.13		3.6	27

の21.5%を筆頭に，No. 2外の14.1%，No. 2内の11.4%の順に多く，セルロース残存型や健全材類似型腐朽材のダストは比較的すくない。なお，リグニン残存型の中でもトドマツは5.1～6.8%と比較的低いことが特長のようである。

c. ダストのふるい分け： 乾燥ダスト100gを用いてふるい分け試験をした結果は第12表のようである。これによると，まず健全材のダストは粗粉が大部分を占め，10メッシュのふるいに残った大きいものが72.1%あるが，リグニン残存型の腐朽材ではNo. 5が41.0%，No. 1外が46.6%，No. 2外が48.7%などと低い値を示している。一方セルロース残存型や健全材類似型は腐朽程度の低いリグニン残存型とほぼ同様であった。中でもトドマツはエゾマツにくらべるとリグニン残存型でも粗粒の割合がかなり高い値を示し，チウロコタケモドキによる腐朽材であるトド末は，健全材と全く一致していた。一方100メッシュ以下の微粉は1%以下のものが健全材，セルロース残存型のNo. 3内，No. 3外，健全材類似型のトド元，およびトド

第12表 ダストのふるい分け試験結果

Table 12. Fractionation of the dusts

試料 Sample	単位 Unit	ふるいの目の大きさ (メッシュ) Size of sieves (mesh)				
		10以上 Over 10	10～20	20～40	40～100	100以下 Under 100
健全アカエゾマツ Sound akaezomatsu	%	72.1	18.5	7.9	1.2	0.3
No. 1 内 inner	〃	60.0	22.1	13.0	3.8	2.1
No. 1 外 outer	〃	46.6	24.9	19.3	7.5	1.7
No. 2 内 inner	〃	54.3	24.1	14.3	4.8	2.5
No. 2 外 outer	〃	48.7	29.8	15.8	4.7	1.0
No. 3 内 inner	〃	63.4	23.9	9.6	2.3	0.8
No. 3 外 outer	〃	59.8	19.4	15.0	4.9	0.9
No. 5	〃	41.0	28.5	21.0	7.2	2.3
No. 4	〃	60.3	20.7	12.8	4.8	1.4
No. 6	〃	54.6	22.7	15.6	6.2	1.3
トド元 Todomatsu butt	〃	63.6	20.5	12.7	2.8	0.4
トド末 Todomatsu top	〃	72.8	17.6	7.7	1.6	0.3

末であり，ダストの粒子の大きさにもそれぞれの腐朽型の特色があらわれている。なおダストは一部をとって，実験苗畑において，土壌改良剤としての効果についての試験に供している。

d. チップの化学的組成： チップの成分組成は第13表のようである。アルコール・ベンゼン抽出物は No. 2 内，外とトド元，末がそれぞれ 6.1, 7.2, 6.4, 7.1% と高く，No. 3 内，No. 4, No. 6 がそれぞれ 2.4, 2.9, 2.2% と低く，他は健全材の 4.7% から No. 1 内の 3.8% の間にあった。1% NaOH 抽出物は健全材が 13.5% でこれに近いのがトド元，トド末のともに 15.5% で他はいずれも高い値を示していた。とくに No. 5 の 41.0%，No. 2 内の 31.4%，No. 2 外の 30.8% は高く，他は 18.2～23.4% の間にあり，概してリグニン残存型腐朽材が高い値を示した。リグニン含有率は健全材は 25.7% であったが，その他はほぼ腐朽型別に特長を示した。すなわち，リグニン残存型は No. 5 の 30.3% が最高，No. 1 外の 27.3% が最低で，平均 28.9% と高かった。これにくらべるとセルロース残存型の No. 3 内，No. 3 外はそれぞれ 25.1%，26.7% 平均 25.9% と低く，健全材類似型のトド元，末はそれぞれ 27.8, 26.9%，平均 27.4% とリグニン残存型とセルロース残存型腐朽材の中間にあった。ホロセルロースは健全材の 73.6% にくらべ

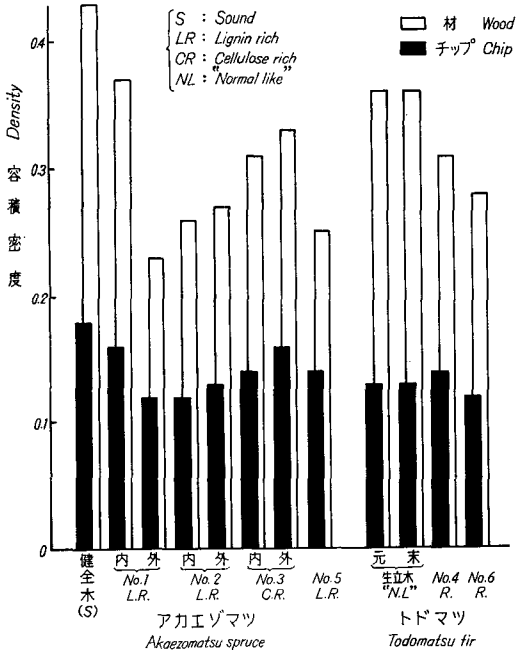
第13表 チップの成分組成

Table 13. Chemical composition of chips (%)

試料 Sample	抽出物 Solubility in アルコール・ベンゼン Alcohol-benzene	1% NaOH	リグニン Lignin	ホロセルロース Holocellulose	α-セルロース α-cellulose
健全アカエゾマツ Sound akaezomatsu	4.7	13.5	25.7	73.6	49.7
No. 1 内 inner	3.8	18.2	27.5	69.3	44.5
No. 1 外 outer	4.4	23.0	27.3	64.7	40.1
No. 2 内 inner	6.1	31.4	29.2	61.0	34.0
No. 2 外 outer	7.2	30.8	30.0	55.5	31.5
No. 3 内 inner	2.4	21.4	25.1	68.8	45.5
No. 3 外 outer	3.9	18.2	26.7	67.9	41.6
No. 5	4.3	41.0	30.3	57.1	30.6
No. 4	2.9	23.4	29.2	68.7	45.9
No. 6	2.2	21.8	29.1	66.8	41.4
トド元 Todomatsu butt	6.4	15.5	27.8	68.7	44.4
トド末 Todomatsu top	7.1	15.5	26.9	64.4	42.1

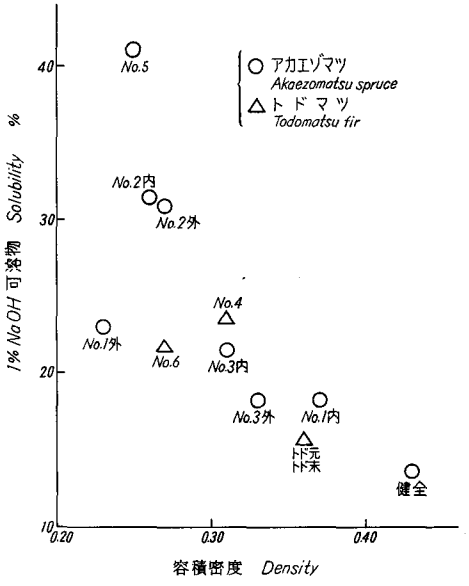
てリグニン残存型腐朽材 No. 2 外の 55.5%, No. 5 の 57.1% が目立って低く, 他は 61.0～69.3% の間にあり, いずれも健全材よりやや低い値であった。ホロセルロースについての特色は, 腐朽の進んだリグニン残存型の腐朽材のホロセルロース含有率の低いことにあるといえよう。つぎに α-セルロースについてみると, 健全材の 49.7% がもっとも高く, No. 5 の 30.6% が最低であった。これについては腐朽材が健全材にくらべて, α-セルロース含有率がいずれも低いというほかは, 腐朽型別の特長はほとんどみられなかった。

つぎに試料の容積密度と 1% NaOH 抽出物との関係をみると, 第38図のようであって 1% NaOH 抽出物は容積密度に反比例していることがわかる。これはすでに述べたアルカリ消費量と容積密度との関係 (第33図, 第34図) とよく似た傾向を示している。



第37図　容積密度

Fig. 37. Density.



第38図　試料の容積密度と1% NaOH抽出物との関係

Fig. 38. Relation between density and 1% NaOH solubility.

C. パルプに関する実験結果

a. パルプの収量と化学的組成: 蒸解したパルプをよく水洗し，12カットのフラットスクリーンを通したものを精選収量とした。また，廃液は東亜電波社のpHメーターを用いてpHを測定した。つぎにパルプ中のリグニン，ホロセルロース，α-セルロース，ヘミセルロースも常法によって測定し第14表に示した。これによるとパルプの収量は，健全材が43.0%であるのに対し，アカエゾマツのリグニン残存型腐朽材チップから造ったパルプはNo. 5の17.9%からNo. 1内の41%まで，平均28.3%といちじるしく低く，セルロース残存型はNo. 3内が44.9%，No. 3外が43.8%といずれもわずかに健全材よりも高く，平均44.4%となっている。しかしトドマツは，外見的にはNo. 5とよく似た腐朽材であっても，No. 4が38.8%，No. 6が39.9%といずれも健全材よりやや低い値を示した程度で，平均39.1%であり，アカエゾマツのリグニン残存型の腐朽材からの28.3%よりかなり高い値を示している。つぎに，健全材類似型のトド元，トド末はパルプの収量がそれぞれ42.6%，43.3%，平均43.0%で，健全材と同じ値を示している。ついで廃液のpHをみると健全材からのものが13.0であり，リグニン残存型のNo. 5が12.1，No. 2内が12.3，No. 2外が12.6と低い値を示していて，腐朽材はアルカリの消費が高いことをあらわしている。その他はいずれもほぼ近い値を示している。つぎ

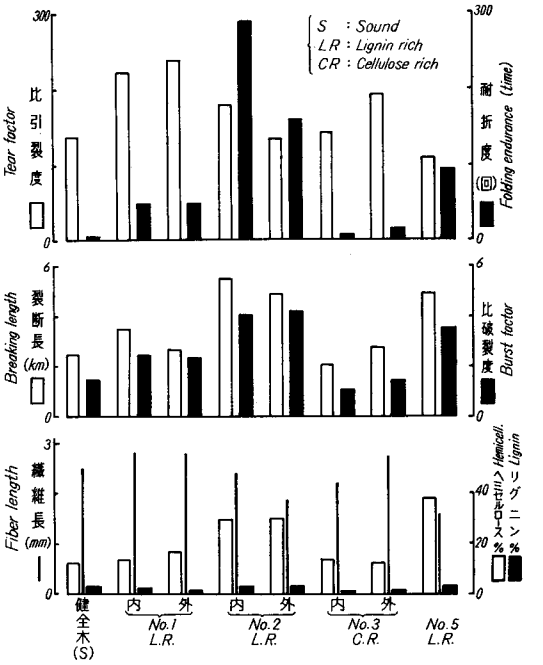
第14表 パルプの収量と成分組成

Table 14. Yield and chemical composition of pulps (%)

試料 Sample	精選収量 Screened yield (%)	廃液の pH pH of waste liquor	リグニン Lignin	ホロセルロール Holocellulose	α-セルロース α-cellulose	ヘミセルロース Hemi-cellulose
健全アカエゾマツ Sound akaezomatsu	43.0	13.0	3.2	96.6	83.9	12.7
No. 1 内 inner	41.0	13.1	2.4	96.5	82.1	14.4
No. 1 外 outer	33.7	13.0	1.8	96.7	79.4	13.7
No. 2 内 inner	25.6	12.3	3.1	95.2	64.3	30.9
No. 2 外 outer	23.1	12.6	2.5	94.7	64.0	30.7
No. 3 内 inner	44.9	13.1	1.3	96.3	83.0	13.3
No. 3 外 outer	43.8	13.2	2.0	96.5	84.0	12.5
No. 5	17.9	12.1	4.0	92.9	55.2	37.7
No. 4	38.8	13.1	2.9	95.5	78.5	17.0
No. 6	39.3	13.0	2.9	96.1	79.6	16.5
トド元 Todomatsu butt	42.6	13.0	3.8	96.7	83.0	13.7
トド末 Todomatsu top	43.3	13.1	3.0	95.8	81.5	14.3

にえられたパルプの成分組成をみると，まずリグニン含有率は健全材の 3.2% にくらべて，最低が No. 3 内の 1.3%（セルロース残存型）と最高が No. 5（リグニン残存型）で 4.0% を示し，それぞれの間に目立った差違はみられなかった。また，ホロセルロースは健全材の 96.6% にいずれも近いが，No. 5 の 92.9% のみがいちじるしく低い値を示した。α-セルロースをみると，試料それぞれによる特色がみられ，健全材の 83.9% にくらべて，80% 台に達するものは No. 1 内，No. 3 内，No. 3 外，およびトド元，トド末の 5 種類であった。これを腐朽型別にみると，まずアカエゾマツのリグニン残存型は No. 5 の 55.2% から No. 1 内の 82.1% の間にあり平均 60.9% と健全材にくらべていちじるしく低い値を示した。一方セルロース残存型の No. 3 内，No. 3 外は平均 83.5% と健全材とほぼ同一の値を示した。つぎにトドマツはリグニン残存型であっても No. 4 が 78.5%，No. 6 が 79.6%，平均 79.1% で，アカエゾマツにくらべて高い値を示している。健全材類似型のトド元トド末はすでにのべたように高い値を示し，平均 82.3% であった。ヘミセルロース含有率の状態は，ホロセルロースの値に大差がないだけに α-セルロースとほぼ反対の傾向を示し，No. 2 内，No. 2 外および No. 5 がいちじるしく高い

値を示している。これらの成分組成と繊維長とパルプ強度との関係をしらべてみると未叩解パルプについては第39図のようであって，引き裂き強度は繊維長に比例し，他の引張り強度，破裂強度および耐折強度はヘミセルロース含有率とほぼ比例的関係にあることを示している。

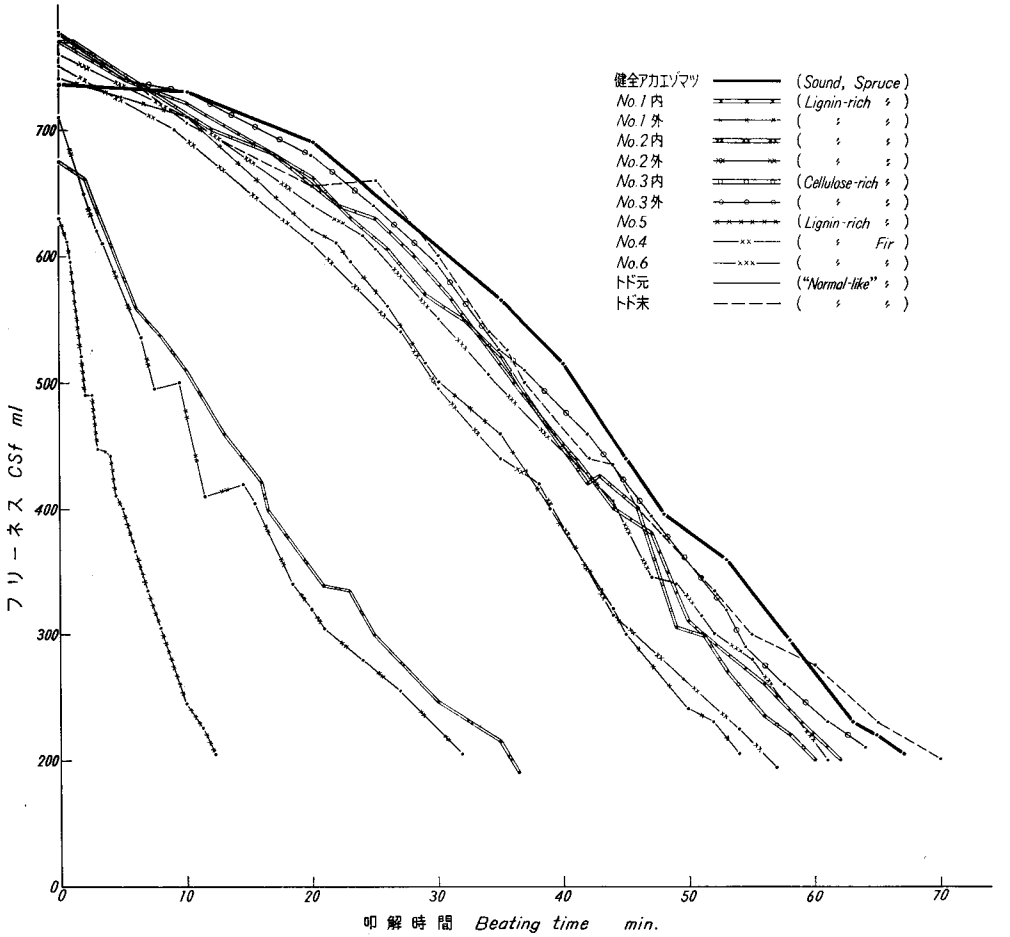


第39図　未叩解パルプ紙葉の成分組成と強度との関係（アカエゾマツ）

Fig. 39. Relation between chemical composition and strength of pulp (akaezomatsu).

b. 叩解とパルプの理学的性質との関係： 腐朽材パルプの収量が低いことについでの問題点は，パルプを叩解する場合にその変化が健全材パルプといかに相違するかということである。すなわち，もっと具体的にのべると，腐朽菌によって分解されているパルプは，叩解に際しては切断，破砕等の破壊が，健全材パルプにくらべていちじるしいことであろう。このことは，付表7～17および第40図にみられるように，同一条件で叩解を行なった場合，CSフリーネス200 mℓまで処理するのに，健全材パルプでは67分を要しているのにリグニン残存型腐朽材パルプNo. 5ではわずか12分でその目的を達し，5分の1足らずの所要時間である。このようなパルプを混合して同一条件で叩解した場合の比較も重要であって，是非試みたかったが，今回は叩解によってそれぞれのパルプのフリーネスを200 mℓまで下げるに要する時間や状態を比較するにとどめた。

未叩解パルプの理化学的性質： 未叩解パルプの性質については蒸解直後その性質を究明した。その他の性質，とくに叩解，ふるい分け等の試験については，その後引き続き1～2年間にわたり，冷所に貯蔵したパルプについて行なった。まず第39図にみられるように，成分のうち，リグニン含有率と強度についてはほとんど関連性がないと思われる。しかしヘミセルロースと強度との関係は密接であって，パルプに物理的変化を加えない場合，ヘミセルロースの含有率が，いかに強度に重大な影響を及ぼすかをうかがい知ることができる。すなわち，ヘミセルロースの含有率の高いパルプは，腐朽型のいかんをとわず，引張り，破裂および耐折強度が高いことが明らかである，これはパルプの物理的からみ合いがほとんど働いていないため，接着剤的役割を果すヘミセルロースの影響が顕著にあらわれた結果とみることができよう[5]。また引き裂き強度は通常いわれているように，[16] 繊維の長いものが高いという結果をはっきりとあらわしている。



第40図 フリーネスと叩解時間との関係

Fig. 40. Relation between CSf and beating time.

フリーネスの低下と叩解時間との関係： まず叩解時間とフリーネスとの関連については付表7～17および第40図のようであって，これによると，リグニン残存型腐朽材 No. 5 はわずか12分間でフリーネス (CSf) が100 mℓ まで急速に低下し，ついで同型腐朽型パルプの No. 2 外は，32分間で200 mℓ に，他のパルプは，ある程度の幅をもって，ほぼ同様の傾向を示しているが，その中では No. 1 外と No. 4 のいずれもリグニン残存型の腐朽材パルプのフリーネスの低下がはやく，健全材と健全材類似型腐朽材パルプのトド末がおそくなっている。このように叩解時間は異なってもそれぞれのパルプは同一フリーネスでは，ほぼ同一の繊維形状を示すことをあとから述べるが，これらのパルプを混合して同時に叩解すると，No. 5, No. 2 外のように，叩解されやすいパルプが過剰に叩解破砕されて悪い影響を混合パルプに与えることが考えられる。また，逆に叩解時間が短い場合には，たとえば健全材パルプが，200 mℓ まで叩解するのに67分間を要しているから，混合割合によってもことなるが，健全材パルプの叩解

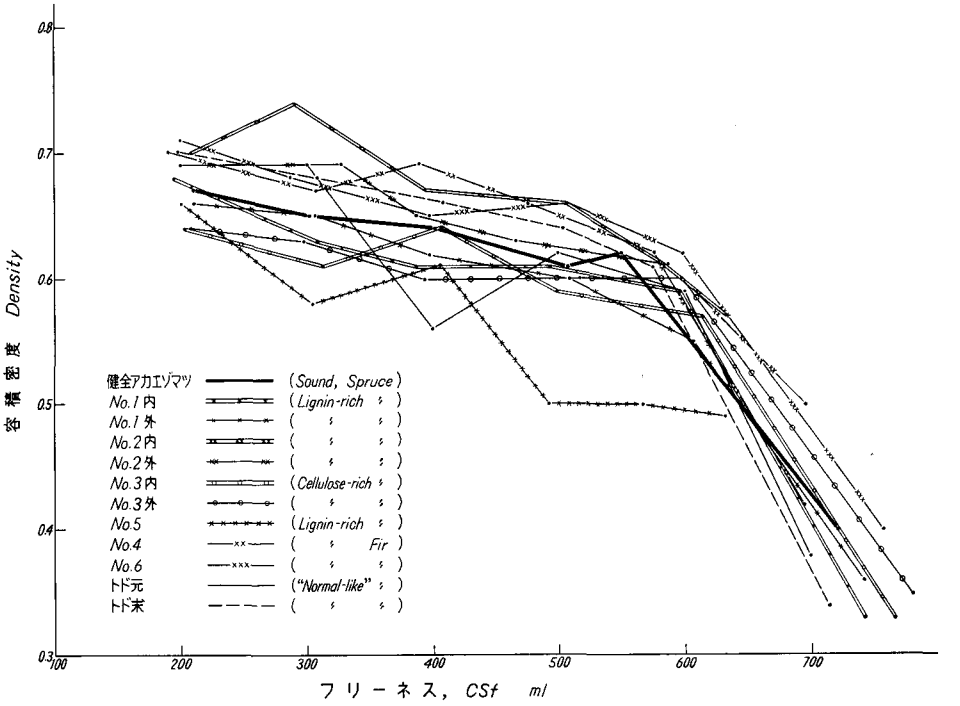
不足を生ずることになるわけである。

紙葉の容積密度：容積密度とフリーネスとの関係は第15表および第41図のようである。これをみると，まずフリーネスが低下するにしたがって，600 mℓ までは急速に容積密度が大きくなり，それ以後は除々ではあるが増大している。この折線はそれぞれほぼある程度の幅をもって平行的な傾向をたどっているようにみえる。そしてその帯のほぼ中央に健全材パルプが

第15表　容積密度とフリーネスとの関係

Table 15.　Relation between density of pulp sheet and CS freeness

フリーネス CSf mℓ	試料 Sample											
	健全アカエゾマツ Sound Aka-ezomatsu	No. 1 内 inner	No. 1 外 outer	No. 2 内 inner	No. 2 外 outer	No. 3 内 inner	No. 3 外 outer	No. 5	No. 4	No. 6	トド元 Todo-matsu butt	トド末 Todo-matsu top
未叩解 Unbeaten	0.40	0.33	0.36	0.57	0.50	0.33	0.35	0.49	0.42	0.40	0.38	0.34
600	0.62	0.59	0.55	0.61	0.61	0.57	0.60	0.50	0.62	0.62	0.59	0.61
500	0.61	0.61	0.60	0.66	0.63	0.59	0.60	0.50	0.66	0.66	0.62	0.64
400	0.64	0.61	0.62	0.67	0.65	0.64	0.60	0.61	0.69	0.65	0.56	0.66
300	0.65	0.63	0.65	0.74	0.69	0.61	0.63	0.58	0.67	0.68	0.69	0.68
200	0.67	0.68	0.66	0.70	0.69	0.64	0.64	0.66	0.70	0.71	0.69	0.70



第41図　フリーネスと紙葉の容積密度との関係

Fig. 41.　Relation between CSf and density of pulp sheet

ある。容積密度の大きいものは，フリーネスの600 mℓより高いところではアカエゾマツ材パルプが，フリーネスが低下するにつれてNo. 6を除いてトドマツ材パルプに移ってきている。トドマツ材パルプの中ではフリーネスが低くなるとリグニン残存型のものが容積密度が高くなり，健全材類似型のものが低い値を示している。一方，アカエゾマツ材パルプについてみると，健全材がもっとも高い位置にあり，リグニン残存型腐朽材パルプNo. 5が最下位をしめ，セルロース残存型腐朽材パルプのNo. 3内，No. 3外がこれに続いている。

白色度とフリーネスとの関係： 白色度とフリーネスとの関係は第16表および第42図のようである。フリーネスは叩解すると次第に低下し，たとえば健全材パルプについてみると，未叩解の29.8%から，フリーネス200 mℓの19.8%まで次第に低下している。原パルプの白色度の順位をほとんどそのまま保ちながら次第に低下する。第42図にみられるように，No. 5ははっきり他をはなして最低を示し，No. 2内外がついで低く，他はある幅を保って，ほぼ同じ傾向を示している。その中でセルロース残存型腐朽材パルプのNo. 3内が目立って高く，健全材パルプ，健全材類似型腐朽材パルプのトド元がついで高く，リグニン残存型腐朽材パルプが低いということができる。

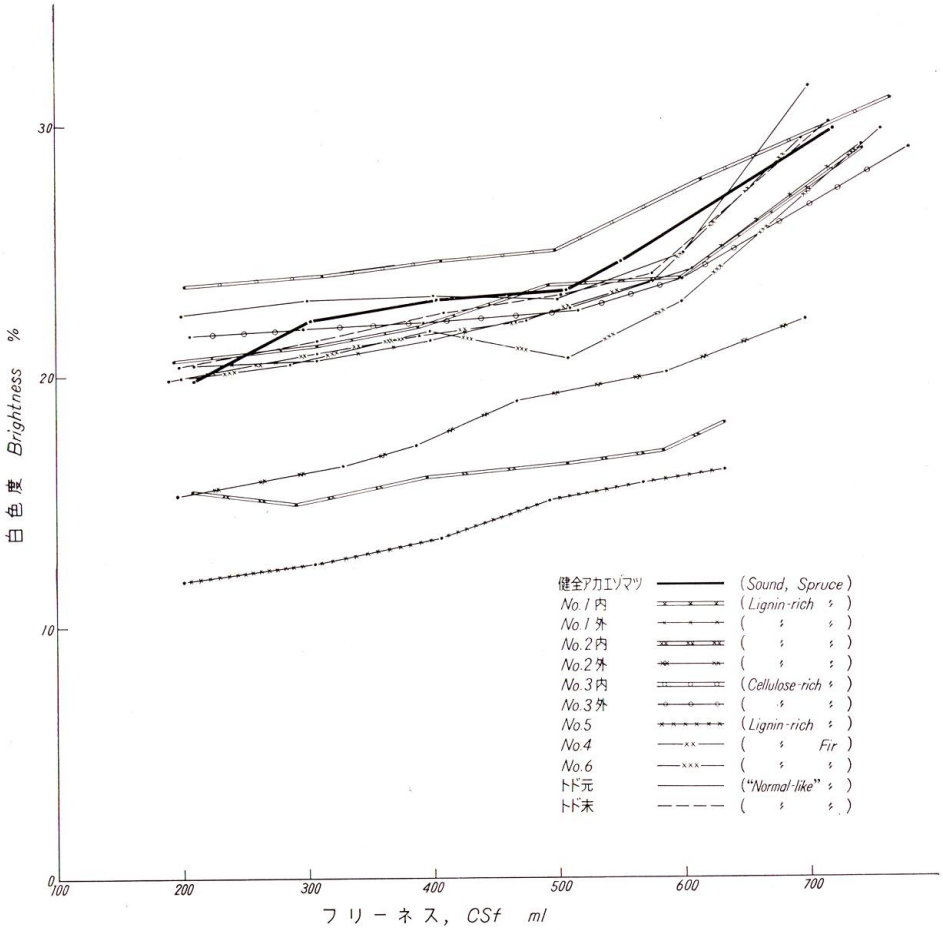
なお，腐朽材パルプの着色は，第43図にみられるような菌糸のはたらきによって，繊維全体が褐色に着色しているもの，仮導管内に菌糸が侵入し，その部分が着色しているもの（第44図）。その他着色分解生成物の混存，またNo. 5のように腐朽の進んだリグニン残存型腐朽材パルプ中には第45図にみられるような未解離の微細木片による事が多い。

第16表 白色度（%）とフリーネス（CSf mℓ）との関係

Table 16. Relation between brightness and CS freeness

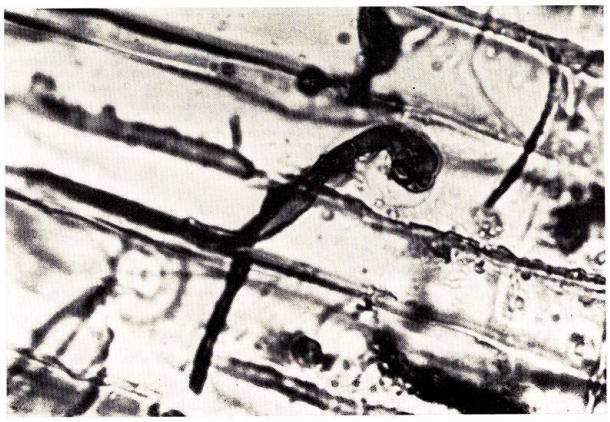
フリーネス CSf (mℓ)	試料 Sample											
	健全アカエゾマツ Sound aka-ezomatsu	No. 1 内 inner	No. 1 外 outer	No. 2 内 inner	No. 2 外 outer	No. 3 内 inner	No. 3 外 outer	No. 5	No. 4	No. 6	トド元 Todo-matsu butt	トド末 Todo-matsu top
未叩解 Unbeaten	29.8	29.0	29.1	18.1	22.2	31.0	29.0	16.2	29.4	29.8	31.5	30.0
600	24.5	23.8	24.2	17.5	20.1	27.8	23.8	15.7	23.7	22.8	24.8	24.0
500	23.4	23.6	22.6	16.5	19.0	25.0	22.6	15.0	22.2	20.7	23.0	23.2
400	23.0	22.0	21.4	16.0	17.2	24.6	22.1	13.5	21.6	21.7	23.2	22.5
300	22.2	21.2	20.6	14.9	16.4	24.0	21.9	12.5	20.9	20.5	23.0	21.4
200	19.8	20.6	20.4	15.4	15.2	23.6	21.6	11.8	19.8	19.9	22.4	20.4

裂断長とフリーネスとの関係： 裂断長とフリーネスとの関係は第17表および第46図のようである。未さらしパルプの裂断長は，腐朽材パルプのフリーネスが低く，ヘミセルロースの含有率が高いなどのこともあって，リグニン残存型の腐朽材ではかなり高い値を示している。一方セルロース残存型腐朽材パルプはこれとは反対に未叩解では低い値を示している。これらのパルプを叩解すると，フリーネスが600 mℓまで下ると強度が急激に上昇し，それ以上はほ



第42図　フリーネスと白色度との関係

Fig. 42.　Relation between freeness and brighness.



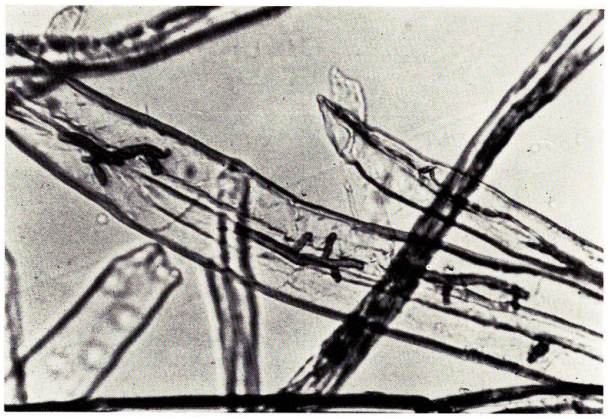
第43図　アカエゾマツ腐朽材中のエゾサルノコシカケ菌糸

Fig. 43.　Hypha of *Cryptoderma yamanoi* in the decayed wood of a akaezomatsu diseased.

ぼ横ばい状態を示す。しかし，リグニン残存型腐朽材パルプ No. 5 は，未叩解パルプの値が 4.2 km とかなり高い値を示しているにもかかわらず，叩解による強度の上昇はきわめて微々たるものであって，フリーネス 600 mℓ 以下の場合は最低値を，しかもかけはなれた低い値を示している。No. 2 内の値は時に高い値を示して，理解困難であるが，これを除けば叩解によって強度の上昇するのは，明らかに健全材パルプであっ

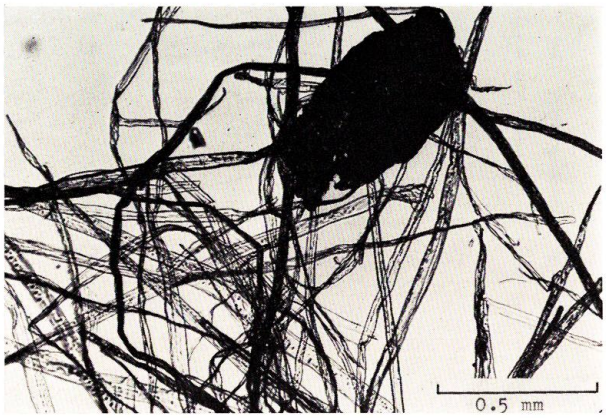
て，いずれのパルプもこれには及ばない。健全材パルプの良さが，ここではっきりとあらわれている。叩解が進むにつれて，高い強度を示すものは，トドマツであって，この場合腐朽型はさほど問題にならないようである。アカエゾマツ腐朽材パルプの場合は，リグニン残存型腐朽材パルプについで，セルロース残存型腐朽材パルプが近い傾向を示している。いずれにしろ，ここにおける実験の場合，各種処理条件がほぼ健全材パルプに最適なものを用いているのであるから，引張り強さの結果がこのように出るのは当然かもしれないが，腐朽材パルプの利用に際しては処理方法に一考を要することはたしかである。

零距離裂断長： CSf 200 mℓ のパルプについて零距離裂断長を測定した結果は第 18 表のようであるが，代表的リグニン残存型腐朽材パルプの No. 5 がとくに低い値を示した他は目立った特色がなく，実験方法の



第 44 図　アカエゾマツ腐朽材の仮導管内にみられるケニクアミタケ菌糸

Fig. 44.　Hypha of *Fomitopsis roseo-zonata* in a tracheid of a akaezomatsu diseased.



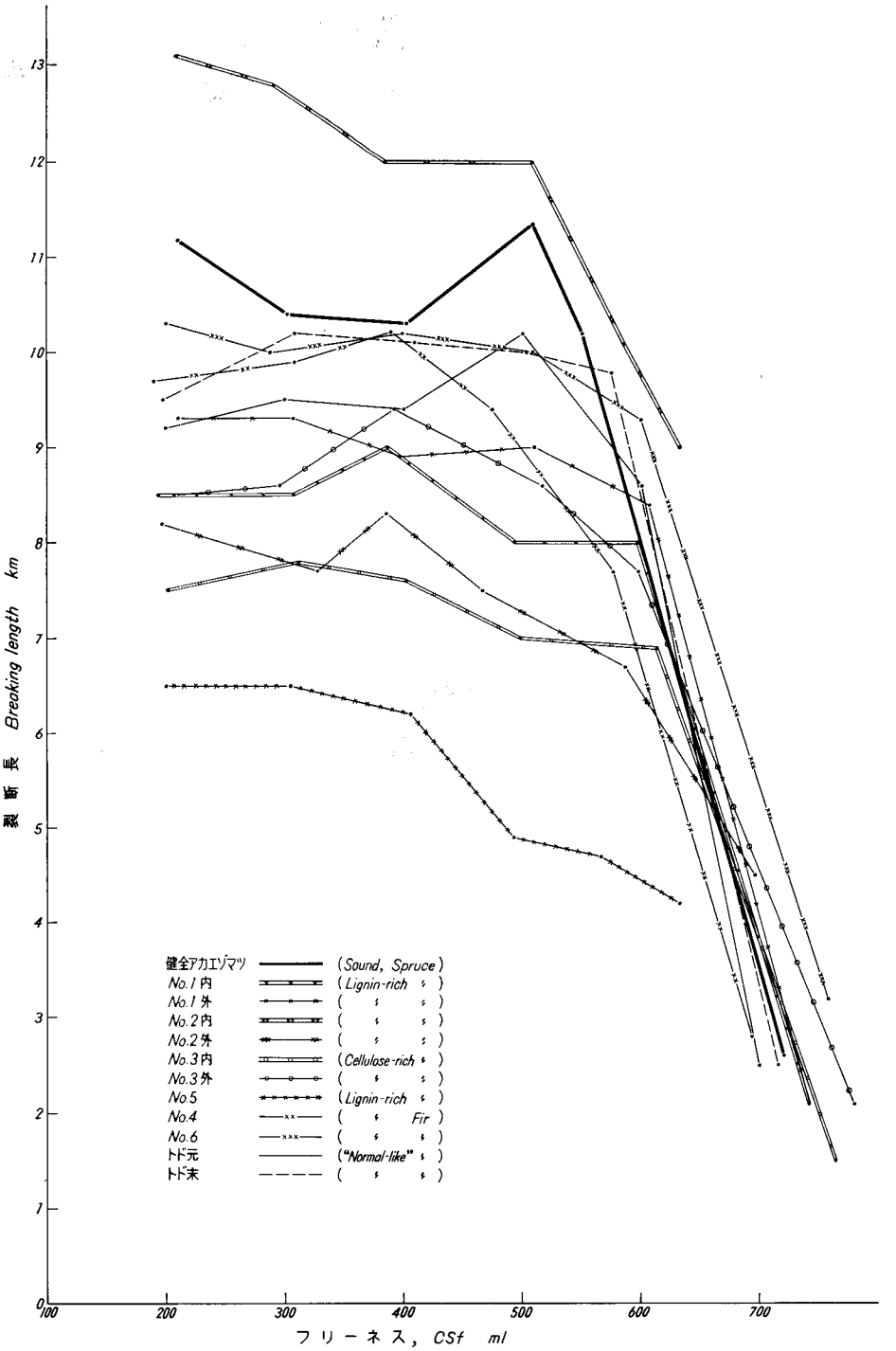
第 45 図　No. 5 のパルプ中にみられる微細腐朽木片

Fig. 45.　Fine decayed wood piece in No. 5 pulp

第 17 表　裂断長 (km) とフリーネス (mℓ) との関係

Table 17.　Relation between breaking length and CS freeness

フリーネス CSf (mℓ)	試料 Sample											
	健全アカエゾマツ Sound Aka-ezomatsu	No. 1 内 inner	No. 1 外 outer	No. 2 内 inner	No. 2 外 outer	No. 3 内 inner	No. 3 外 outer	No. 5	No. 4	No. 6	トド元 Todo-matsu butt	トド末 Todo-matsu top
未叩解 Unbeaten	2.6	2.1	2.1	9.0	4.5	1.5	2.1	4.2	2.8	3.2	2.5	2.5
600	10.2	8.0	8.4	10.1	6.7	6.9	7.7	4.7	7.7	9.3	8.6	9.8
500	11.1	8.0	9.0	12.0	7.5	7.0	8.6	4.9	9.4	10.0	10.2	10.0
400	10.3	9.0	8.9	12.0	8.3	7.6	9.4	6.2	10.2	10.2	9.4	10.1
300	10.4	8.5	9.3	12.8	7.7	7.8	8.6	6.5	9.9	10.0	9.5	10.2
200	11.2	8.5	9.3	13.1	8.2	7.5	8.5	6.5	9.7	10.3	9.2	9.5



第46図 フリーネスと裂断長との関係

Fig. 46. Relation between freeness and breaking length.

第18表 CSf 200 mℓ パルプの零距離裂断長

Table 18. Zero-span breaking length of pulp at CSf 200 mℓ

試料番号 Sample No.	含水率 Moisture (%)	坪量 Basic weight (g/m²)	厚さ Thickness (mm/100)	零距離裂断長 Zero-span breaking length (km)
健全アカエゾマツ Sound akaezomatsu	8.0	23	4.9	14.9
No. 1 内 inner	10.7	20	4.3	15.5
No. 1 外 outer	7.8	20	4.9	15.1
No. 2 内 inner	10.9	20	4.1	13.6
No. 2 外 outer	8.6	20	4.1	11.5
No. 3 内 inner	9.2	20	4.9	16.0
No. 3 外 outer	8.9	23	5.0	13.5
No. 5	9.4	20	4.0	8.7
No. 4	9.6	20	4.0	14.0
No. 6	9.1	20	4.0	14.9
トド元 Todomatsu butt	8.9	23	4.2	11.5
トド末 Todomatsu top	7.8	23	4.1	12.4

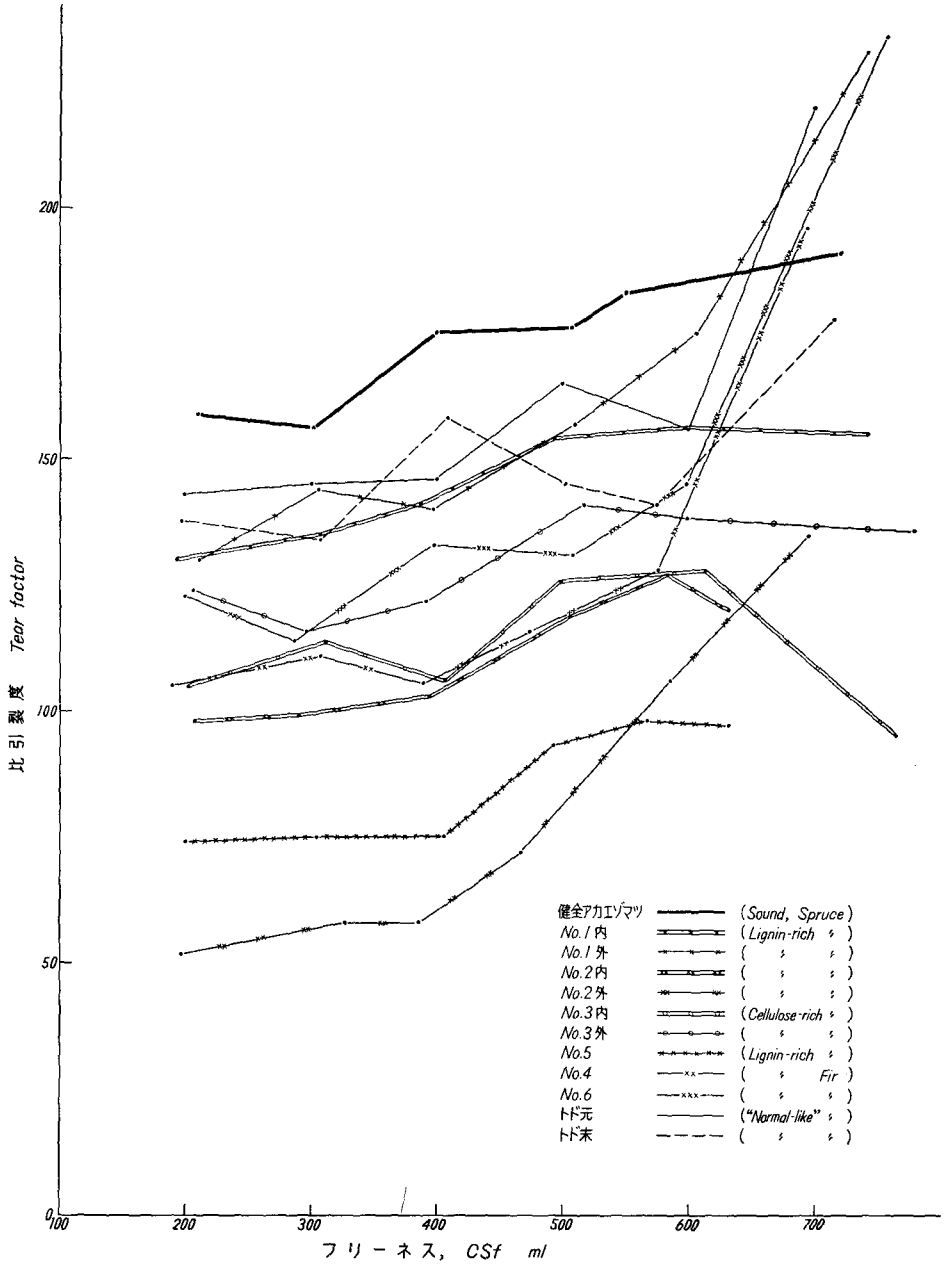
検討も合わせて今後充分検討することにし，ここに参考値としてかかげることにした。

比引裂度とフリーネスとの関係： 引裂強さとフリーネスとの関係は第19表および第47図のようである。これによると，まず第一に，引裂強さはこのフリーネスの範囲内ではフリーネスの高いほど高いといってほぼ間違いないようである。とくにトドマツ腐朽材パルプの場合

第19表 比引裂度とフリーネスとの関係

Table 19. Relation between tear factor and CS freeness

フリーネス CSf (mℓ)	試料 Sample											
	健全アカエゾマツ Sound aka-ezomatsu	No. 1 内 inner	No. 1 外 outer	No. 2 内 inner	No. 2 外 outer	No. 3 内 inner	No. 3 外 outer	No. 5	No. 4	No. 6	トド元 Todo-matsu butt	トド末 Todo-matsu top
未叩解 Unbeaten	191	155	231	120	135	95	136	97	196	234	220	178
600	183	156	175	127	106	128	138	98	128	145	156	141
500	176	154	157	119	72	126	141	93	116	131	165	145
400	175	141	140	103	58	106	122	75	108	133	146	158
300	156	135	144	99	58	114	116	75	111	114	145	134
300	159	130	135	98	52	105	124	74	105	123	143	138



第47図　フリーネスと比引裂度との関係

Fig. 47.　Relation between freeness and tear factor.

はいずれもその傾向がいちじるしい。また傾向としては No. 2 外もこれらによく似ているが，強度がきわめて低いことがことなっている。No. 5 も同様きわめて低い値を示し，傾向は健全材パルプに似ている。これを総合すると健全材パルプとトドマツ材パルプが高く，リグニン残存型のアカエゾマツ腐朽材パルプがもっとも低く，その中間にセルロース残存型腐朽材パルプ

が存在しているということができる。

耐折度とフリーネスとの関係： 耐折試験は試験の回数もすくなく，ばらつきも多いが，一般的に言えることは，フリーネスが 600 mℓ に降下すると急速に強度が上昇することである。第 20 表および第 48 図にみられるように，リグニン残存型腐朽材パルプの No. 5 が目立って低く，ついでセルロース残存型腐朽材パルプの No. 3 内，リグニン残存型腐朽材パルプの No. 2 外となっている。いずれも健全材パルプの強度にははるかに及ばないが，トドマツ材パルプはやや良好の性質を示している。

第 20 表 フリーネス (CSf mℓ) と耐折度 (回) との関係

Table 20. Relation between folding endurance and CS freeness

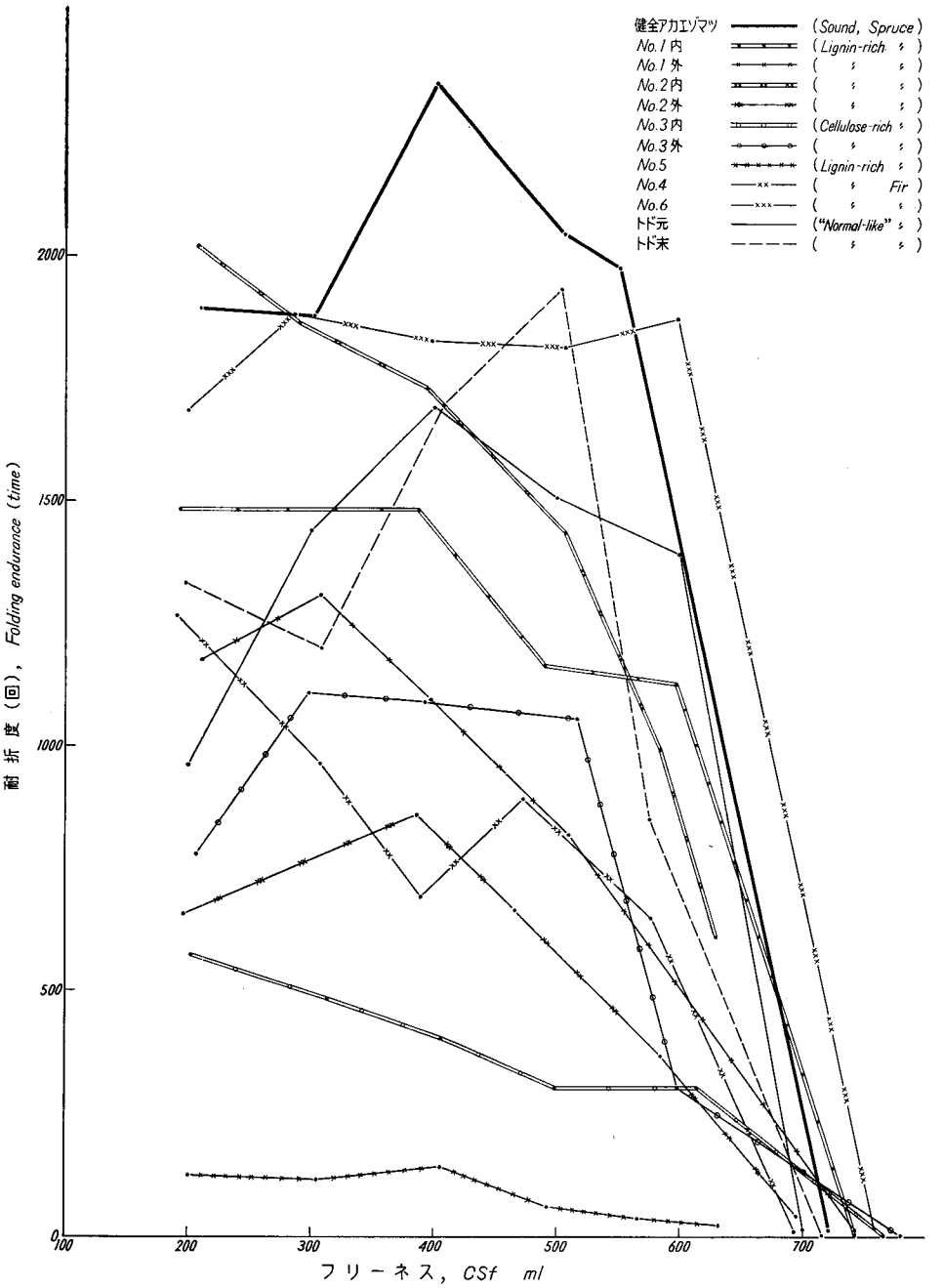
フリーネス CSf (mℓ)	試料 Sample											
	健全アカエゾマツ Sound aka-ezomatsu	No. 1 内 inner	No. 1 外 outer	No. 2 内 inner	No. 2 外 outer	No. 3 内 inner	No. 3 外 outer	No. 5	No. 4	No. 6	トド元 Todo-matsu butt	トド末 Todo-matsu top
未叩解 Unbeaten	11	4	8	608	45	2	3	25	14	20	18	3
600	2,000	1,100	680	990	380	300	300	40	650	1,900	1,400	850
500	2,000	1,160	820	1,440	670	300	1,100	66	890	1,800	1,500	1,930
400	2,350	1,490	1,100	1,730	860	410	1,100	140	690	1,800	1,700	1,700
300	1,900	1,200	1,310	1,870	—	490	1,100	120	970	1,900	1,400	1,200
200	1,900	1,500	1,200	2,020	660	580	780	130	1,300	1,700	970	1,300

c. 繊維のふるい分け： この試験には東洋精機製のバウエル・マクネット型の試験器を用いた。方法は TAPPI Standard に従い，その試験機に適した条件で行なった。その条件は一般参考書に記載されているものや，試験器の製作所から添付の試験条件では，いずれも試験を行なうことができなかった。問題点としては製作上のミス，設計の不完全，パルプ使用量の過多，流水速度の過速，パルプ重量測定法の不正確であった。これらを改良し，実験方法に記した条件によって実験を行なった。試験の結果を第 21 表および第 22 表（付表 18～21 をも参照）および第 49～60 図に示した。まず各フラクションの繊維の長さから，それぞれをつぎのように呼ぶことにする。

10 メッシュ以上（平均繊維長 3.1 mm）…… 長大繊維
10～35 メッシュ（ 〃 2.4 〃 ）…… 長繊維
35～65 〃（ 〃 2.1 〃 ）…… 中繊維
65～100 〃（ 〃 0.8 〃 ）…… 短繊維
100 メッシュ以下（ 〃 0.2 〃 ）…… 微細繊維

それぞれについて述べると，つぎのようである。

健全材パルプ： 結果をみると第 49 図および付表 18～21 のようである。まず未叩解パルプの場合は，長大繊維が全体の 1/4 以上の 26.4% をしめ，長繊維が 31.1%，中繊維が 36.8% と



第48図 フリーネスと耐折強度との関係

Fig. 48. Relation between CSf and folding endurance.

第21表　未叩解パルプのふるい分け試験一覧表

Table 21.　Fractionation of unbeaten pulp

ふるいの目（メッシュ）Size of sieve (mesh)	健全材未叩解パルプの繊維長 Fiber length of sound wood pulps unbeaten (mm)	ふるい分けられた各フラクションの割合　Rate of fractions (%)											
		アカエゾマツ　Akaezomatsu								トドマツ　Todomatsu			
		健全 Sound	No. 1 内 inner	No. 1 外 outer	No. 2 内 inner	No. 2 外 outer	No. 3 内 inner	No. 3 外 outer	No. 5	No. 4	No. 6	トド元 butt	トド末 top
～ 10	3.09	26.4	53.1	74.5	57.4	13.6	32.8	48.5	4.8	19.0	24.7	8.1	3.6
10～ 35	2.41	31.1	22.7	11.6	11.4	19.8	21.5	25.9	20.6	38.5	26.1	28.9	23.5
35～ 65	2.09	36.8	17.7	6.6	23.0	53.9	36.8	19.2	60.5	33.4	40.4	54.1	63.8
65～100	0.82	3.1	3.7	3.8	4.0	6.4	4.8	3.2	6.3	4.7	3.8	4.7	5.3
100～325	0.20	2.6	2.8	3.5	4.2	6.3	4.1	3.2	7.8	4.7	5.0	4.2	3.8
合計 Total	—	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
繊維長 (mm) Fiber length	—	2.35	2.79	2.76	2.57	2.09	2.35	2.56	1.98	2.26	2.28	2.13	2.06

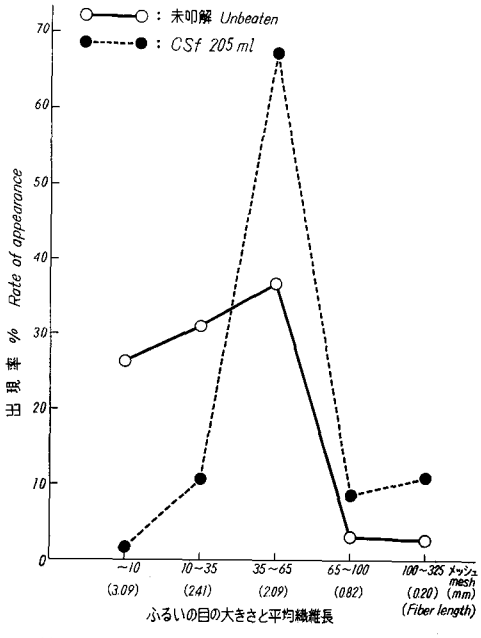
第22表　叩解パルプ (CSf 200 mℓ) のふるい分け試験一覧表

Table 22.　Fractionation of beaten pulps (CSf about 200 mℓ)

ふるいの目（メッシュ）Size of sieve (mesh)	健全材未叩解パルプの繊維長 Fiber length of sound wood pulps unbeaten (mm)	ふるい分けられた各フラクションの割合　Rate of fractions (%)											
		アカエゾマツ　Akaezomatsu								トドマツ　Todomatsu			
		健全 Sound	No. 1 内 inner	No. 1 外 outer	No. 2 内 inner	No. 2 外 outer	No. 3 内 inner	No. 3 外 outer	No. 5	No. 4	No. 6	トド元 butt	トド末 top
～ 10	3.09	2.4	5.4	5.0	1.5	1.2	2.8	5.2	0.9	1.2	1.2	1.5	1.1
10～ 35	2.41	10.6	26.0	11.0	27.5	5.5	9.6	23.3	4.1	24.3	8.2	7.8	8.1
35～ 65	2.09	67.5	40.6	54.0	26.7	52.4	55.0	44.4	52.7	46.5	61.7	63.2	66.0
65～100	0.82	8.6	9.9	13.1	25.5	17.7	14.8	9.8	18.2	9.8	10.6	11.9	10.2
100～325	0.20	10.9	18.1	16.9	18.8	23.2	17.8	17.3	24.1	18.2	18.3	15.6	14.6
合計 Total	—	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
繊維長 (mm) Fiber length	—	1.83	1.76	1.69	1.52	1.46	1.63	1.77	1.43	1.71	1.65	1.69	1.73

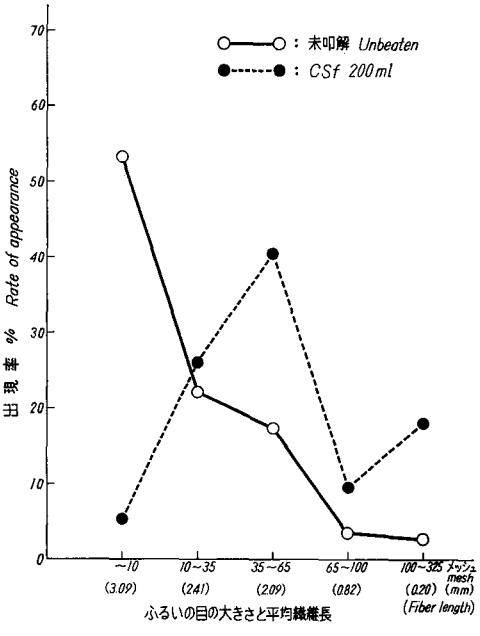
最多量であり，平均2 mm 以上の繊維が 94.3% をしめ，短繊維は 3.1%，微細繊維は 2.6% ときわめて小量であった。この繊維の分布状態が，アカエゾマツ材繊維について標準的であるとは断定し難いが，そろった長い繊維の集りであることは想像に難くない。 CSf 200 mℓ まで叩解したときのパルプの各フラクションの平均繊維長の測定も本来行なうべきものであるとは考えたけれども，繊維の形態その他，多くの問題点を生じ，単純に測定しにくいこともあって，参考のため，未叩解パルプについての測定の結果をそのまま適用することにした。

さて 200 mℓ まで叩解したパルプについてみると，長大繊維が 2.4% と未叩解の 1/10 以下にきわめて少なくなり，長繊維も 10.2% と約 1/3 に減少している。 これに反して，中繊維は 36.8% から 67.5% と 2 倍近くに増大して，これはピークのはっきりとした鋭いピラミッド型になっている。一方短繊維と微細繊維はそれぞれ 8.6%，10.9% とともに約 3 倍から 4 倍に増加している。



第 49 図　健全材パルプのふるい分け試験

Fig. 49.　Fractionation of sound wood pulp.



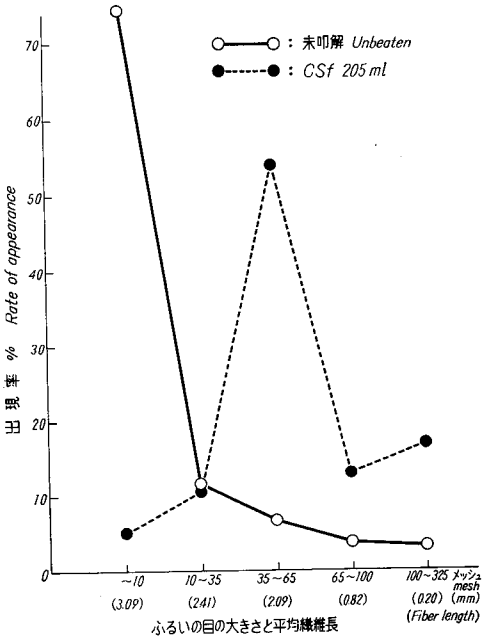
第 50 図　No. 1 内パルプのふるい分け試験

Fig. 50.　Fractionation of No. 2 inner pulp.

No. 1 内：まず未叩解パルプをみると第 50 図および付表 18～21 のように，10 メッシュに残存する長大繊維が 53.1% と半分以上をしめている。ついで，長繊維が 22.7%，中繊維が 17.7% で，65 メッシュ以上長い方の繊維の合計が 93.5% をしめ，健全材の 94% と一致している。しかし腐朽材について，健全材と似た傾向を示す場合でも目のあらい 10 メッシュの網に残る長大繊維部分が，顕微鏡によって観察するとパルプの中に離解の不充分な繊維がかなりの量混入している場合があり，この例の場合でも多量の結束繊維が観察された。 ついで未叩解パルプを叩解してフリーネスを 200 mℓ に落すと健全材パルプの場合と同様中繊維 (2.1 mm) の部分が 2 倍以上の 40.6% と最多となると同時に

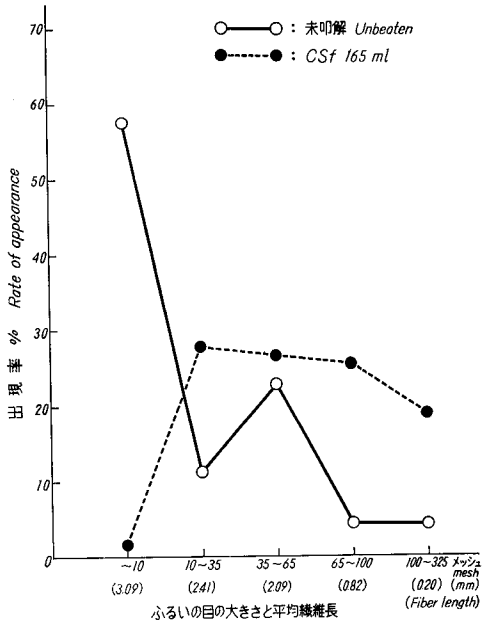
長大繊維が10分の1に激減し，一方短繊維は2.5倍に微細繊維は約6倍の18.1%となり健全材パルプの10.9%にくらべてもいちじるしく高くなっていた。したがって，腐朽によって繊維が健全材より切断しやすくなっていることがよく理解される。

No. 1 外： まず未叩解パルプをみると，第51図および付表18～21のようであって，No. 1内の形と非常によく似ており，10メッシュに残存する長大繊維が75.1%に達し，他は長繊維が13.1%，中繊維が6.2%，短繊維が3.3%，微細繊維が2.7%とその割合が順次低下している。また65メッシュに残存する長い方の繊維が全体の94.9%という値は，健全材パルプと一致している。これをフリーネス200 mℓまで叩解した場合のフラクションの形は前2者の200 mℓの場合とまったく同じ傾向で，中繊維が最多となってピラミッド型を作っている。さらに短繊維が13.1%，および微細繊維が16.9%と多いこともNo. 1内とそっくりである。



第51図 No. 1外パルプのふるい分け試験
Fig. 51. Fractionation of No. 1 outer pulp.

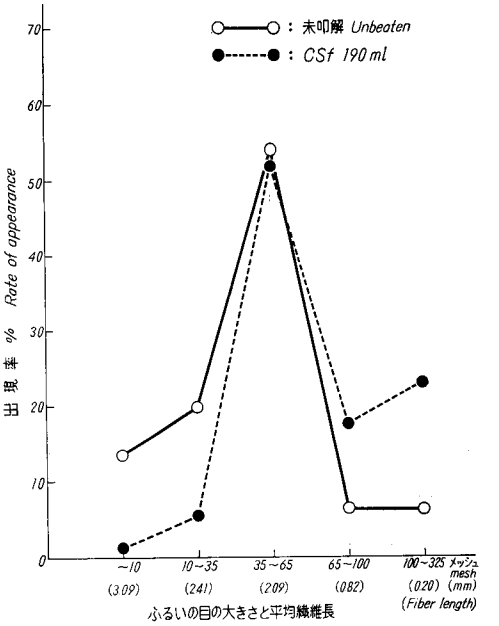
No. 2 内： まず未叩解パルプをみると，第52図および付表18～21にみられるように，長大繊維が57.6%ともっとも多く，中繊維の23.0%，長繊維11.4%の順となり，短繊維および微細繊維はそれぞれ4.0%および4.2%と近い値を示している。この傾向は健全とNo. 1内またはNo. 1外を組合わせたような形をしている。65メッシュに残る長い方の繊維は全体の91.9%で，健全材パルプに近い値を示している。このパルプを叩解して，フリーネスを200 mℓまでさげると，長大繊維は1.5%と激減し，長繊維が27.5%と一番多く，ついで中繊維の26.7%，短繊維の25.5%の順となり，しかも100メッシュを通過した微細繊維も18.8%と高く平たい岡の形をして他とはまったく異なった特異な形をしている。これをみると叩解によって



第52図 No. 2内パルプのふるい分け試験
Fig. 52. Fractionation of No. 2 inner pulp.

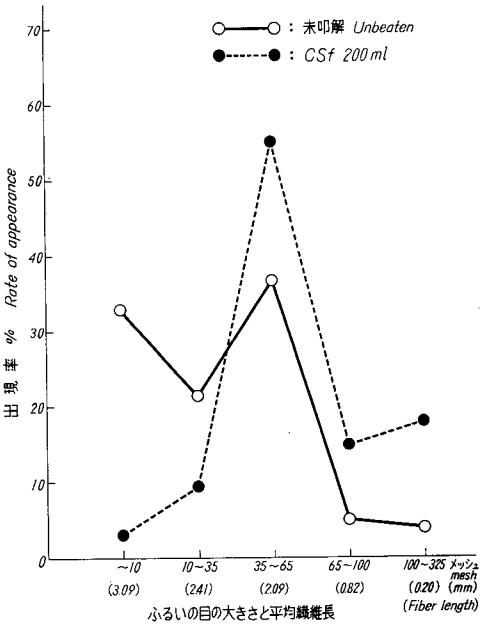
長繊維部分を或程度残しながら，繊維が切断されて，短および微細繊維となっていることがわかる。

No. 2 外：未叩解パルプのフラクションの状態をみると，第53図および付表18～21のように，はじめから叩解パルプとほとんど同様な形を示しており，中繊維が最高で53.9%を示し，ついで長繊維の19.8%，長大繊維の13.6%となっており，短繊維と微細繊維はそれぞれ6.4%，6.3%と近い値を示している。フラクションのうち，65メッシュ以上の長い方の繊維は87.4%と90%に達せず，長い方の繊維のすくないことが目立っている。このパルプをフリーネス200 mℓまで叩解すると，中繊維が52.4%に達し，叩解前の54.0%よりやや低いが，ほとんど同じ高さの山をなしている。この形を図からみると，叩解によって長大および長繊維の合計が33.4%で全体の約1/3をしめていたものが切断されたために，短および微細繊維が合計40.9%に増加していて，繊維の切断されやすいことを示している。



第53図　No. 2 外パルプのふるい分け試験
Fig. 53.　Fractionation of No. 2 outer pulp.

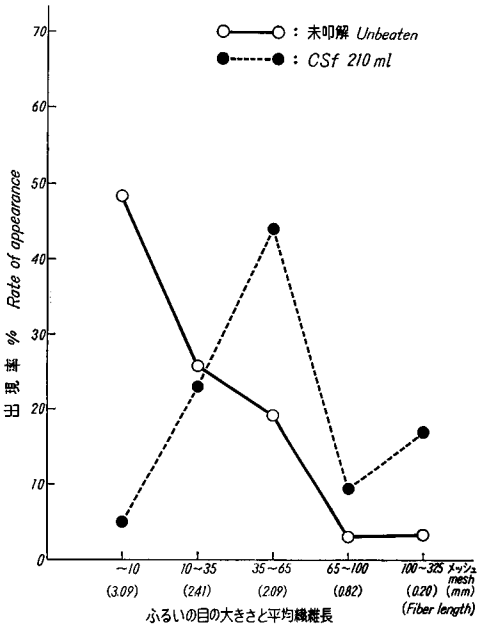
No. 3 内：未叩解パルプのフラクションの状態をみると第54図および付表18～21のようでその形はNo. 2内によく似ている。すなわち，長大繊維が32.8%，長繊維が36.8%と高く65メッシュ以上の長い方の繊維が91.2%をしめているが，健全材パルプにくらべてやや低い値である。また，短繊維および微細繊維はそれぞれ4.8%および4.1%で合計8.9%となり，似た分布を示すNo. 2内の8.2%に非常に近い値を示している。これを叩解すると他のほとんどのパルプと同様，中繊維の部分が目立って多くなって55.0%を示すとともに長大繊維が32.8%から2.8%に減少し，長繊維が21.5%から9.6%に減少する一方，短繊維および微細繊維はそれぞれ4.8%から14.8%に，4.1%から17.8%に



第54図　No. 3 内パルプのふるい分け試験
Fig. 54.　Fractionation of No. 3 inner pulp.

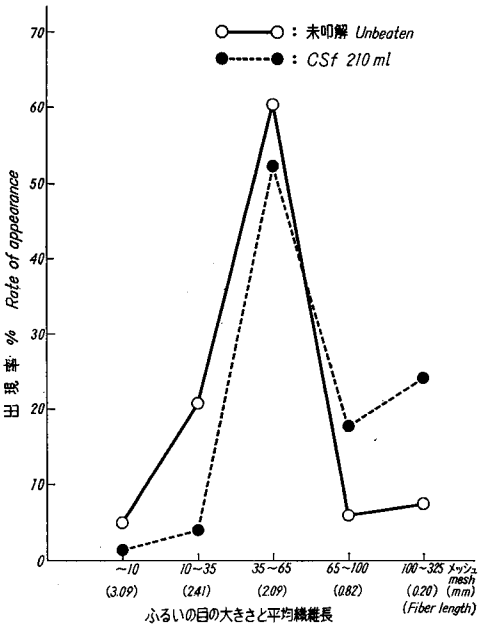
激増している。このように短繊維と微細繊維の和が32.6%と全体のおよそ3分の1に達することは，この腐朽材パルプが叩解によって切断されやすく変化していることを物語っている。

No. 3 外：未叩解パルプのフラクションの分布図は第55図および付表18～21のようにNo. 1内，No. 1外と非常によく似ている。すなわち，10メッシュに残存する長大繊維が48.5%ともっとも多く，ついで長繊維が25.9%，中繊維が19.2%と次第に低くなり，短繊維と微細繊維はそれぞれ3.2%と同じで低い値を示している。このうち65メッシュに残存する長い方の繊維は93.6%に達し，ほとんど健全材と一致している。これはこの部分のほとんどが辺材であって，エゾサルノコシカケには侵されない健全に近い性質の材であることを示しているとも考えられないわけでもない。このパルプを叩解すると，他のパルプ同様に中繊維がもっとも多い44.4%のピラミッド型で，小繊維が9.8%，中繊維が17.3%で，合計27.1%に達し，健全材のそれの19.5%よりはかなり高い値を示している。したがって，辺材部分が主体をなすけれども，或程度の腐朽が行なわれていることが理解できる。



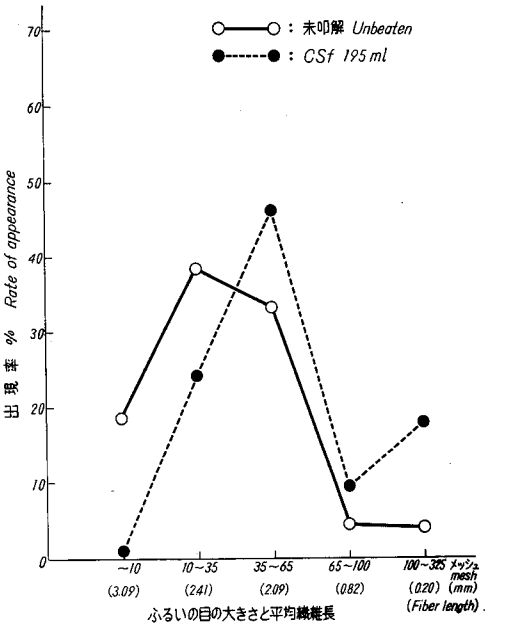
第55図　No. 3 外パルプのふるい分け試験
Fig. 55.　Fractionation of No. 3 outer pulp.

No. 5：未叩解繊維の状態は第56図および付表18～21のようである。このパルプの特長は，未叩解パルプが他の叩解パルプとほぼ同様の状態を示すことである。すなわち，まず最高が中繊維の60.5%で，10メッシュに残る長大繊維は，わずか4.8%しかなく，長繊維が20.6%と，他のパルプに近い値を示し，長い方の繊維の合計が85.9%と低い値を示している。短繊維および微細繊維はそれぞれ6.3%と7.8%で，他のパルプにくらべて特色を示さないが，このパルプを叩解すると，わずか12分間でフリーネスが200 mℓに落ち，フラクショ



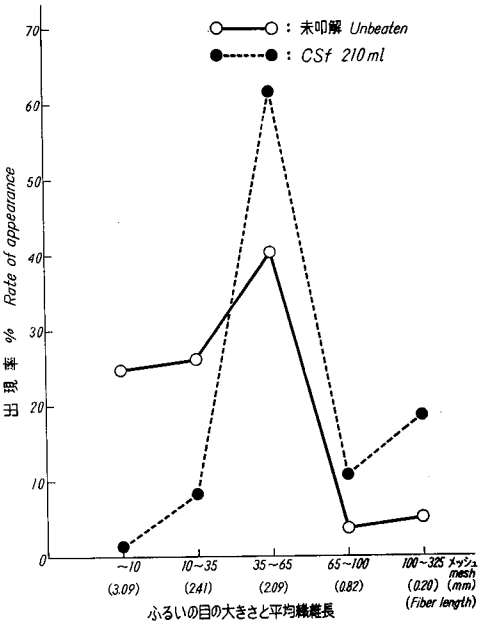
第56図　No. 5 パルプのふるい分け試験
Fig. 56.　Fractionation of No. 5 pulp.

ンの分布の形は未叩解とほとんど変わりないが長大および長繊維の和が12.4%と，未叩解時の25.4%の約2分の1となり，逆に短繊維および微細繊維の和は，未叩解で14.1%から叩解すると32.6%と2倍以上に増大している。これらのデーターは，すべてNo. 5のパルプが，腐朽によってすでに切断されており，また切断されやすくもなっていることを明瞭に物語っている。



第57図　No. 4 パルプのふるい分け試験
Fig. 57.　Fractionation of No. 4 pulp.

No. 4：未叩解パルプをみると第57図および付表18～21のようで，長繊維が38.5%と最高で，ついで中繊維が33.4%，長大繊維が19.0%，短繊維が4.7%，微細繊維が4.4%のピラミッド型をつくっている。この中で65メッシュの上に残存する長い方の繊維は合計90.9%でNo. 5よりはやや高いが，鋭いピラミッド型は示していない。すなわち，このフラクションの状態は，他のパルプの中では，健全材パルプとNo. 3内パルプに近似した形をとっている。これを叩解すると，他のパルプと同様に中繊維の部分が46.5%の最高を示すピラミッド型をなし，長大繊維は19.0%から1.2%に激減し，長繊維は38.5%から24.3%に減少し，短繊維は4.7%から9.8%に，微細繊維は4.4%から18.2%に激増しているが，形は叩解パルプの典型的なものである。これらから想定すると，腐朽の形はNo. 5に似ているが，腐朽の度合はやや低いと考えられる。



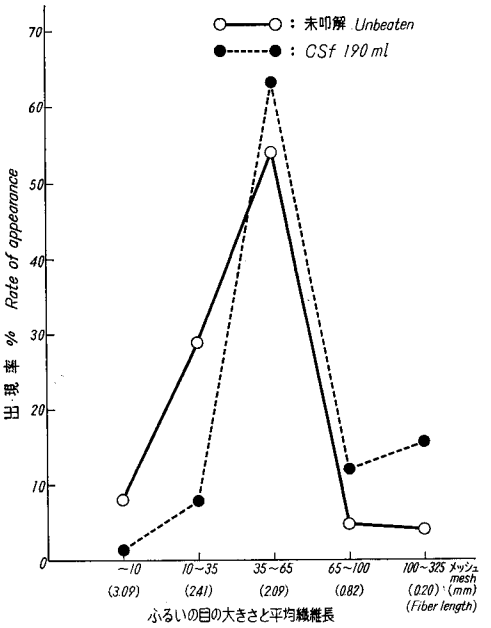
第58図　No. 6 パルプのふるい分け試験
Fig. 58.　Fractionation of No. 6 pulp.

No. 6：未叩解パルプのフラクションの状態をみると第58図および付表18～21のようである。35～65メッシュの中繊維が40.4%と最高をしめし，長繊維が26.1%，長大繊維が24.7%の順となっている。この形は健全材パルプの形にもっともよく似ている。このパルプの65メッシュ以上の長い方の繊維の合計は91.2%でNo. 4の90.9%とほとんど一致する。さらに短繊維は3.8%，微細繊維は5.0%で，No. 4と同

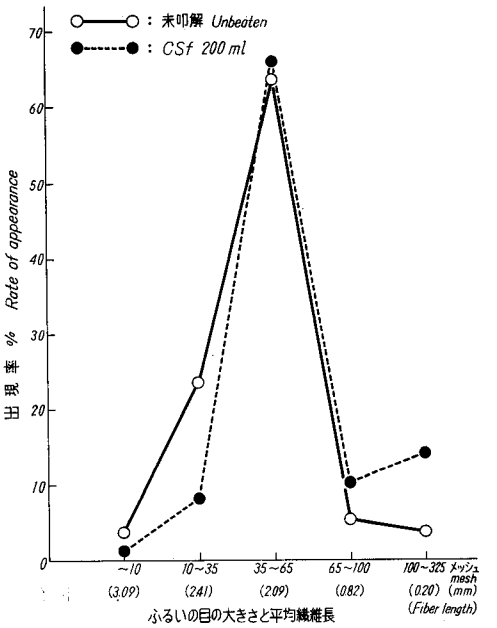
じ傾向を示している。このパルプを叩解してフリーネスを200 mℓまで下げると，中繊維が61.7%と健全材についで高くなっており，短繊維が10.6%，微細繊維が18.3%で，この2つの合計は28.9%となっており，この値も未叩解の場合と同様No. 4と非常に似ている。しかし，外見のよく似たNo. 5とはかなり異なっている。このように外見が似ている原木から造ったパルプの性質がエゾマツとトドマツで相違することは注目に値する。エゾマツとトドマツの特異性についてはすでに報告[1),19)]されている。

トド元：この腐朽材パルプのフラクションの分布状態は第59図および付表18～21のようである。No. 2外，No. 5とほとんど一致した形をしている。すなわち，35～65メッシュの中繊維がもっとも高く54.1%で，長繊維は28.9%と健全材の31.7%にやや近いが長大繊維は8.1%と低く，短繊維は4.7%，微細繊維は4.2%で，他のトドマツ腐朽材のNo. 4，No. 6とよく似ている。これを総合すると叩解パルプに似た鋭いピラミッド型を示している。65メッシュに残存する長い方の繊維は91.2%をしめており，かなり高い値である。これを叩解すると分布状態は，山が35～65メッシュでまったく変わらず，その値は63.2%と未叩解よりやや高い値を示している。また，短繊維と微細繊維の合計は28.0%と健全材よりかなり高い値を示している。健全材類似型のトド元が，つぎにのべるトド末と同様に，代表的リグニン残存型腐朽材パルプと似ているのは興味深い。

トド末：トド末は第60図および付表18～21のようであって，トド元とほとんど同一のフラクション分布状態を示している。未叩解パルプは，35～65メッシュの中繊維が63.8%と



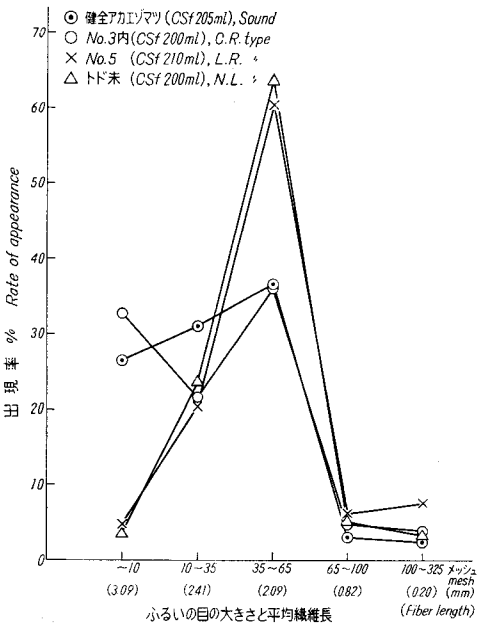
第59図 トド元パルプのふるい分け試験
Fig. 59. Fractionation of todomatsu butt pulp.



第60図 トド末パルプのふるい分け試験
Fig. 60. Fractionation of todomatsu top pulp.

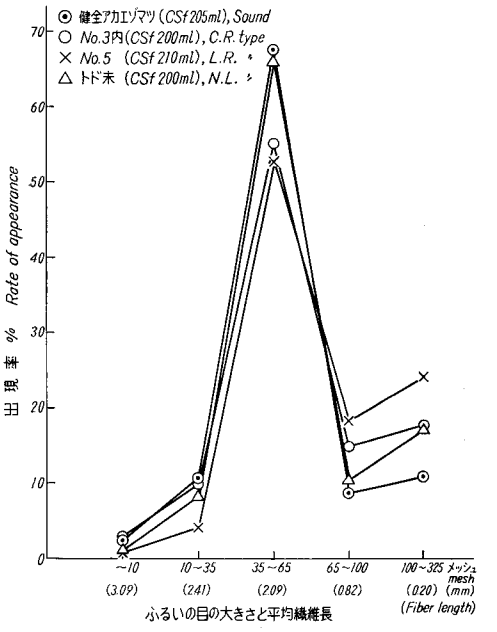
12種類のパルプ中最高の値をもち長繊維が23.5%，長大繊維が3.6%，短繊維が5.3%，微細繊維が3.8%の鋭いピラミッド型をつくり，65メッシュに止る長い方の繊維の合計は90.9%と，トド元の91.2%とほとんど一致している。また，このパルプを叩解すると，未叩解パルプと同様中繊維が健全材の67.5%についで66.0%という高い値を示すピラミッド型をつくり，短繊維と微細繊維の合計は24.8%で，この値もトド元の28.0%に近い。ふるい分け試験の結果からみる限り，モミサルノコシカケの腐れとチウロコタケモドキによる腐れは非常によく似ていることがわかる。

以上の結果を第13表の成分組成をもとに総合して判断すると，原料チップのリグニン含有率が29%以上のNo. 2内，No. 2外，No. 4，No. 5，No. 6については，着生している菌の種類や腐朽の状態からして，代表的なリグニン残存型ということができよう。これらのチップから造ったパルプは中繊維の割合が大きく，No. 2内にもその兆候がみられる。中繊維の多い特長はリグニン残存型と健全材類似型の共通点と考えることができる。No. 1内，No. 1外のパルプに，長大繊維の多いのは，顕微鏡による観察によると，離解しにくい繊維が多量に混入しているためで，完全に離解すれば，中繊維が多くなることも考えられる。このように考えると，腐朽型別の分布状態は第61図に示した4種類の折線でこれを代表させることができる。つぎにフリーネス200 mℓまで叩解したパルプの各フラクションの分布状態は第62図のようであって，すべてがその50%以上を中繊維で占めるピラミッド型で，健全材パルプに長大およ



第61図　腐朽型別材から調製した未叩解パルプのフラクション分布

Fig. 61.　Comparison of fraction distributions among the types of decay (unbeaten).



第62図　腐朽型別材から調製した叩解パルプのフラクションの分布

Fig. 62.　Comparison of fraction distributions among the types of decay (beaten).

び長繊維が多く，リグニン残存型腐朽材パルプに少ないことと，逆に短繊維と微細繊維がリグニン残存型に多く，健全材パルプに少ないことである。山の高さはそれぞれ異なっているが，形は全く一致しているということができる。

平均繊維長：これらのふるい分け法による平均繊維長を未叩解，叩解パルプ別にまとめると第21表，第22表および第23表のようである。これらの表によると繊維のもっとも長いのは No. 1 内の 2.79 mm，ついで No. 1 外の 2.76 mm，No. 2 内の 2.57 mm，No. 3 外の 2.56 mm の順で，健全材は No. 3 内と同じく 2.35 mm とほぼ中位の部類に属している。もっとも短いのは No. 5 の 1.98 mm で目立って小さく，ついで No. 2 外の 2.09 mm である。これはいずれも腐朽による繊維の分解と考えるのが妥当である。アカエゾマツパルプの平均繊維長は 2.43 mm である。トドマツはトド末の 2.06 mm が最小で最大は No. 6 の 2.28 mm，平均 2.18 mm

第23表 叩解前後の平均繊維長の比較

Table 23. Comparison of fiber length before and after beating

試料番号 Sample No.	平均繊維長 (mm) Average fiber length		未叩解繊維長に対する叩解繊維長の比率 Ratio of beaten fiber length to unbeaten fiber length	
	未叩解 Unbeaten	叩解 Beaten (CSf 200 mℓ)	叩解/未叩解 Beaten/unbeaten (%)	順位 Rank
健全アカエゾマツ Sound akaezomatsu	2.35	1.83	77.9	3
No. 1 内 inner	2.79	1.76	63.1	10
No. 1 外 outer	2.76	1.69	61.2	11
No. 2 内 inner	2.57	1.52	59.5	12
No. 2 外 outer	2.09	1.46	69.8	7
No. 3 内 inner	2.35	1.63	69.3	8
No. 3 外 outer	2.56	1.77	69.1	9
No. 5	1.98	1.43	72.2	6
アカエゾマツの平均 Av. of akaezomatsu	2.43	1.64	67.8	
No. 4	2.26	1.71	75.7	4
No. 6	2.28	1.65	72.3	5
トド元 Todomatsu butt	2.13	1.69	79.3	2
トド末 Todomatsu top	2.06	1.73	84.0	1
トドマツの平均 Av. of todomatsu	2.18	1.70	77.8	
平均 Average	2.34	1.66	72.8	—

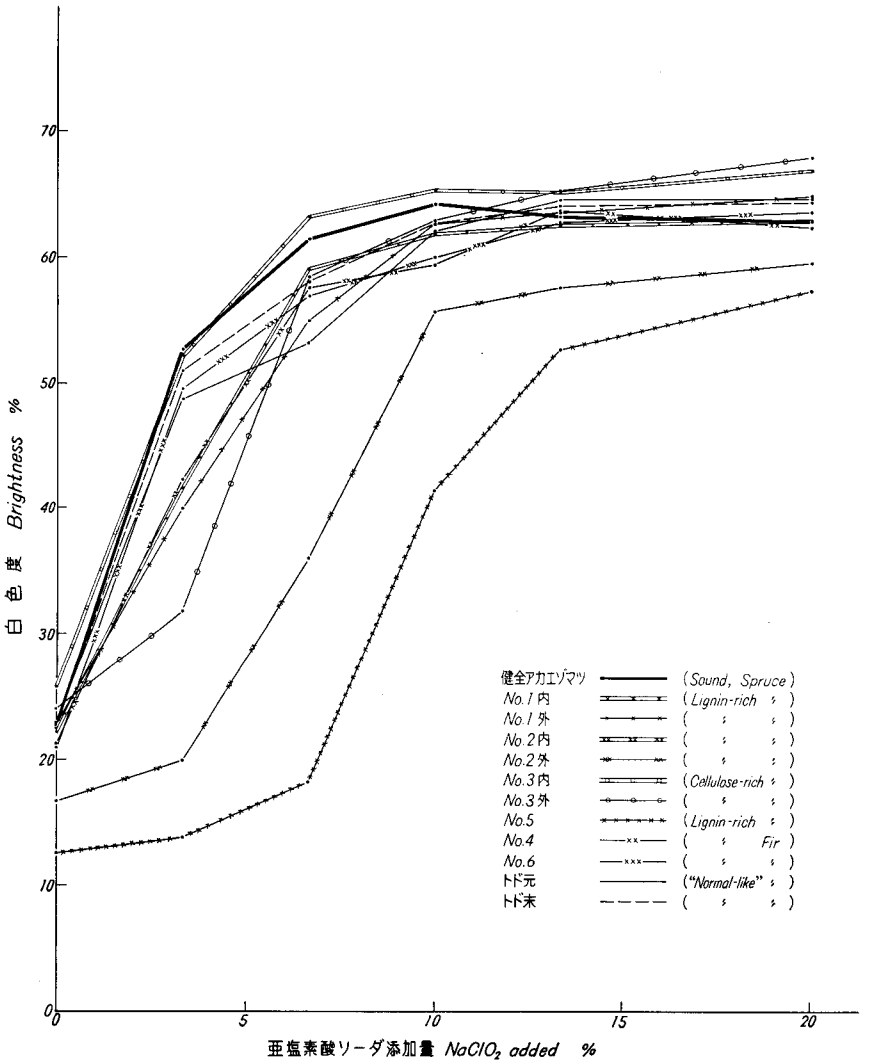
と総平均の2.34 mmよりやや低くなっている。つぎに，このパルプをフリーネス (CSf) 200 mℓまで叩解すると第15表にみられるように繊維は切断されて，総平均で未叩解パルプの72.8%になっている。これをアカエゾマツ，トドマツ別にみると平均繊維長はトドマツの1.70 mmにくらべて1.64 mmとやや短かく，原繊維に対して叩解による切断のはげしさは，繊維長比率がアカエゾマツ67.8%，トドマツ77.8%をくらべてみると，アカエゾマツがはなはだしく，トドマツ繊維の切断されにくいことをあらわしている。これはアカエゾマツ健全材の未叩解パルプが，2.35 mmから叩解によって1.83 mmに切断され，繊維比率が77.9%であるのに，トド末が未叩解で2.06 mm，叩解で1.73 mmで，すなわち，繊維長比率が83.9%と高い値を示していることからも，アカエゾマツとトドマツの相違がよく理解できる。なおもっとも腐朽している腐朽材パルプ No. 5は，未叩解においてすでに1.98 mmと小さい値を示しているために，叩解・未叩解繊維長比率が72.2%とアカエゾマツ中で，健全材についで2位であるにもかかわらず，叩解パルプの繊維長は1.43 mmともっとも小さい値を示している。

これらを総合すると，まず繊維のふるい分け方法による平均繊維長は，2回の平均値がよく合致して，信用のできる繊維長測定方法と考えることができる。ただし，腐朽材の場合は再現性に乏しいきらいのあるものがみられる。その原因は，分解程度の低いリグニン残存型腐朽材（たとえばNo. 1内，No. 1外，No. 2内のように）の場合は，得られたパルプ中に結束繊維が多いため，実際よりも長大繊維の割合が高くなり，未叩解パルプの繊維長が実際より長くあらわれるきらいのあると考えられることである。この傾向は，かっこ内3者の未叩解繊維に対する叩解繊維の長さの割合が最小値をしめていることからもよくわかる。これは顕微鏡による観察とも合致し，今後この方法を適用する場合には，解繊に充分注意することが望まれる。

d. 繊維の外観的特性： 外観的特性というのは，この場合形と色についてである。いうまでもなく，木材腐朽は詳細に観察するときわめて局部的木材の分解であって，腐朽材の繊維はすべてこのような色・形をしているとはいい難い。とくに本研究のように，一本の丸太全部をチッピングし試料としている場合は，いろいろな腐朽段階の材が複雑に混合しているわけであるからなおさらである。すでにチップの項で述べたように，木材が腐朽菌によってさまざまの侵害を受け，表面から溶解しあるいは菌糸が膜を貫いて内腔から溶解変質させることもある。さらに腐朽丸太の製材，チッピング，蒸解，叩解など各種の処理が行なわれるために，複雑に変化するパルプ繊維を観察するのであるから，これを解明することは容易な業でない。そこで第1に，叩解および未叩解パルプをふるい分けし，それについて大まかな観察を行なった。すなわち，未叩解およびCSf 200 mℓに叩解した2種類のパルプをふるい分けし，その各フラクションについて観察した。その結果を第63図～第110図に示す。これによってみると，それぞれ相当するフラクションは，健全―腐朽，アカエゾマツ―トドマツをとわず，相互間の形態にほとんど目立った特長的なものがみられなかった。すなわち，全体としての特色は，フラクションごとの特性ではなくて，各フラクションの量の相違に帰することができる。色につい

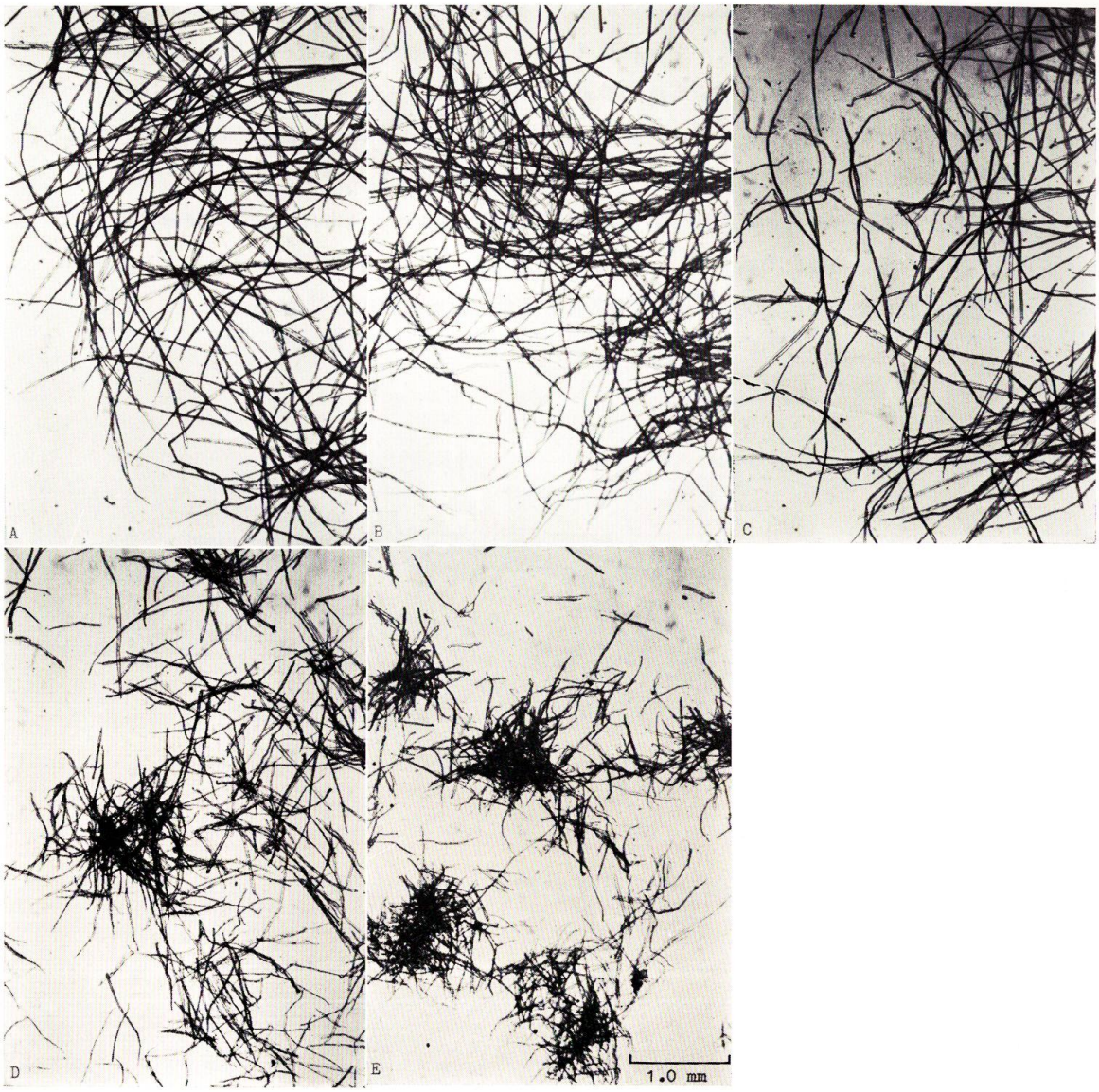
ては，腐朽材の固有の色が，漂白しないかぎり，最後までそのパルプの特色として残りリグニン残存型腐朽材は着色度が高く，健全材やセルロース残存型腐朽材は淡色である。なおこのそれぞれのパルプの着色特性については，つぎに述べる。

健全材のパルプには着色その他の腐朽による損傷等がみられない。繊維の破壊については一本一本について，その破壊の形態から，それがチッパーによる切断か，あるいは叩解によるものか等を詳細に知ることは困難であるが，繊維が着色したり，菌糸による孔が明確にみとめられ，かつ内腔部の侵食の状態や，ときには菌糸の残骸 (第 44 図) と思われるものや，繊維間にはさまれて存在する，方形，円形等の各種分解生成物を観察することができる。また，



第 63 図 白色度と亜塩素酸ソーダ添加率との関係

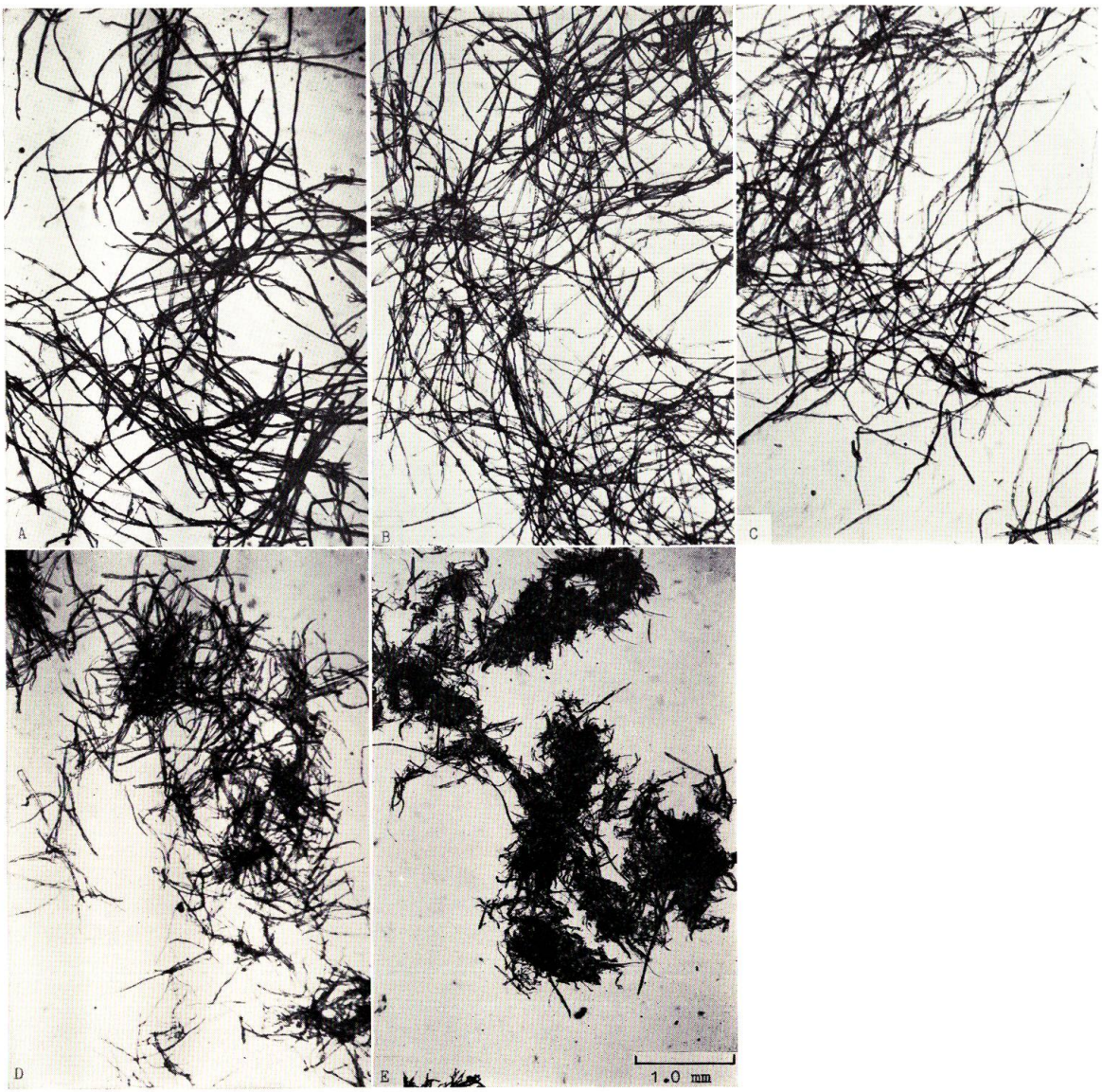
Fig. 63. Relation between brightness and sodium chlorite added.



第64図　未叩解健全材パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 64.　Fiber of every fraction of sound wood pulp unbeaten.

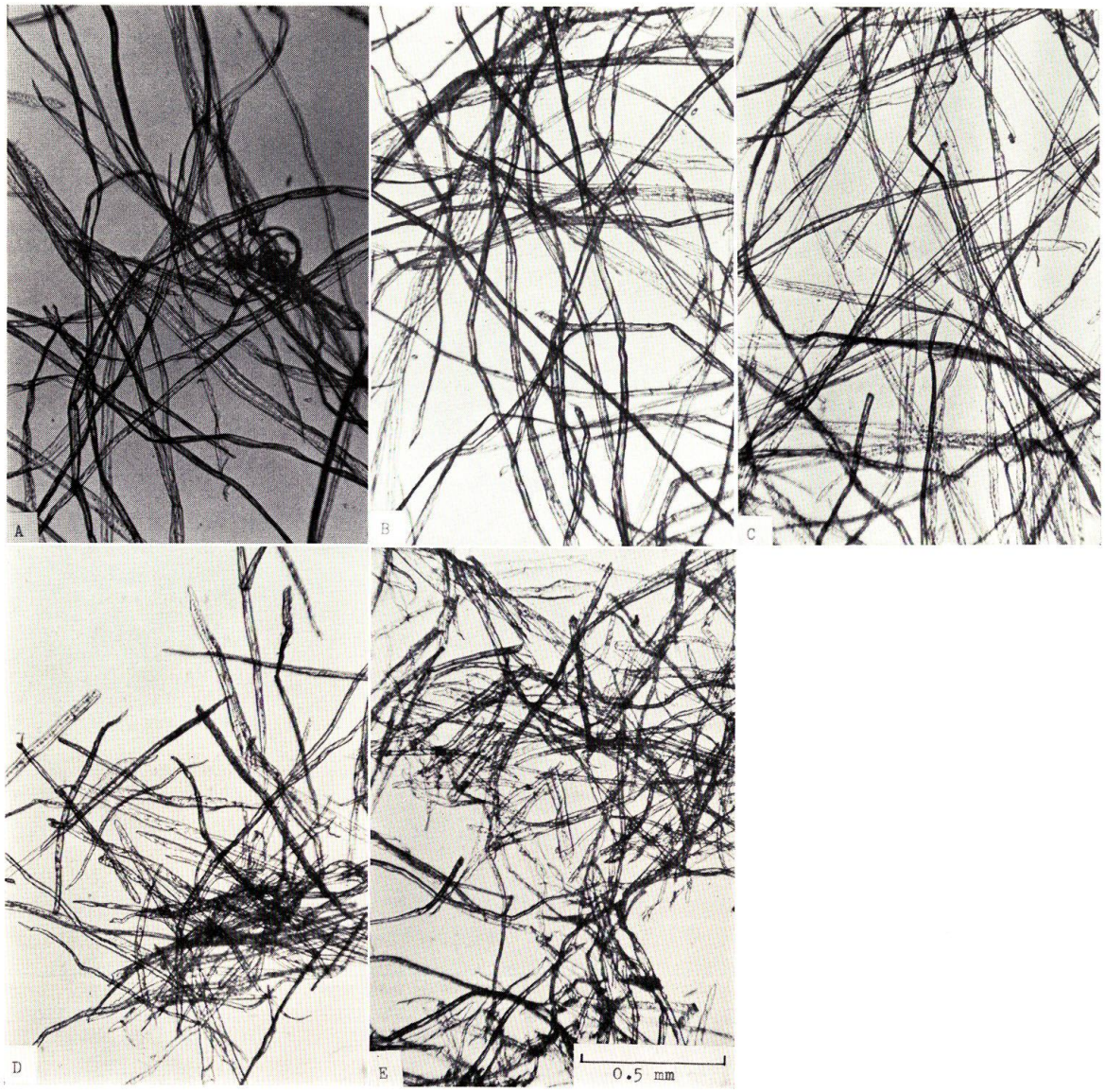
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第65図 叩解健全材パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 65. Fiber of every fraction of sound wood pulp beaten.

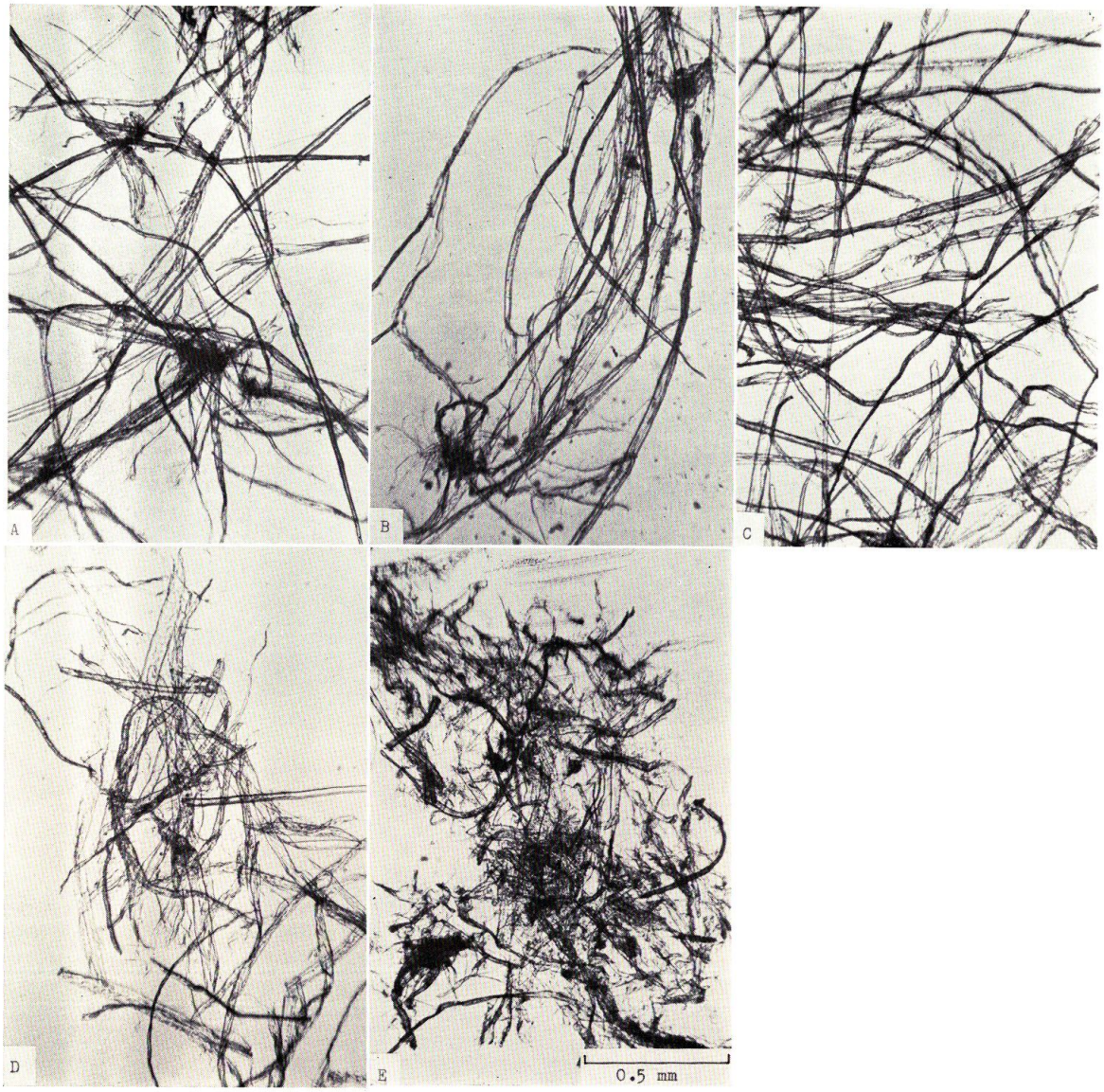
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第66図　未叩解健全材パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 66.　Fiber of every fraction of sound wood pulp unbeaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第 67 図　叩解健全材パルプふるい分けの各フラクションの繊維

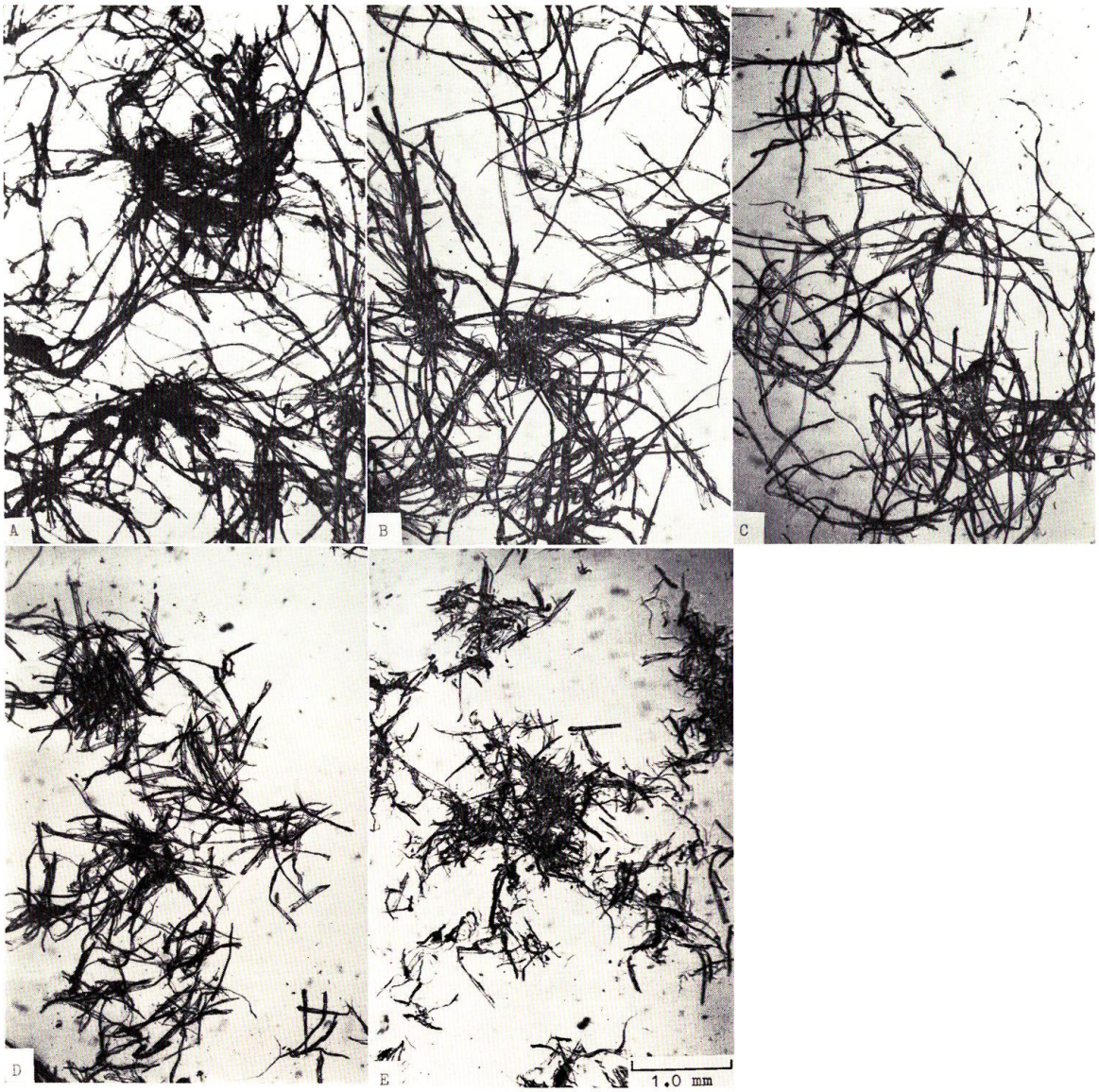
Fig. 67.　Fiber of every fraction of sound wood pulp beaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃

第68図　未叩解 No. 1 内パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 68. Fiber of every fraction of No. 1 inner pulp unbeaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第69図 叩解 No. 1 内パルプふるい分けの各フラクションの繊維

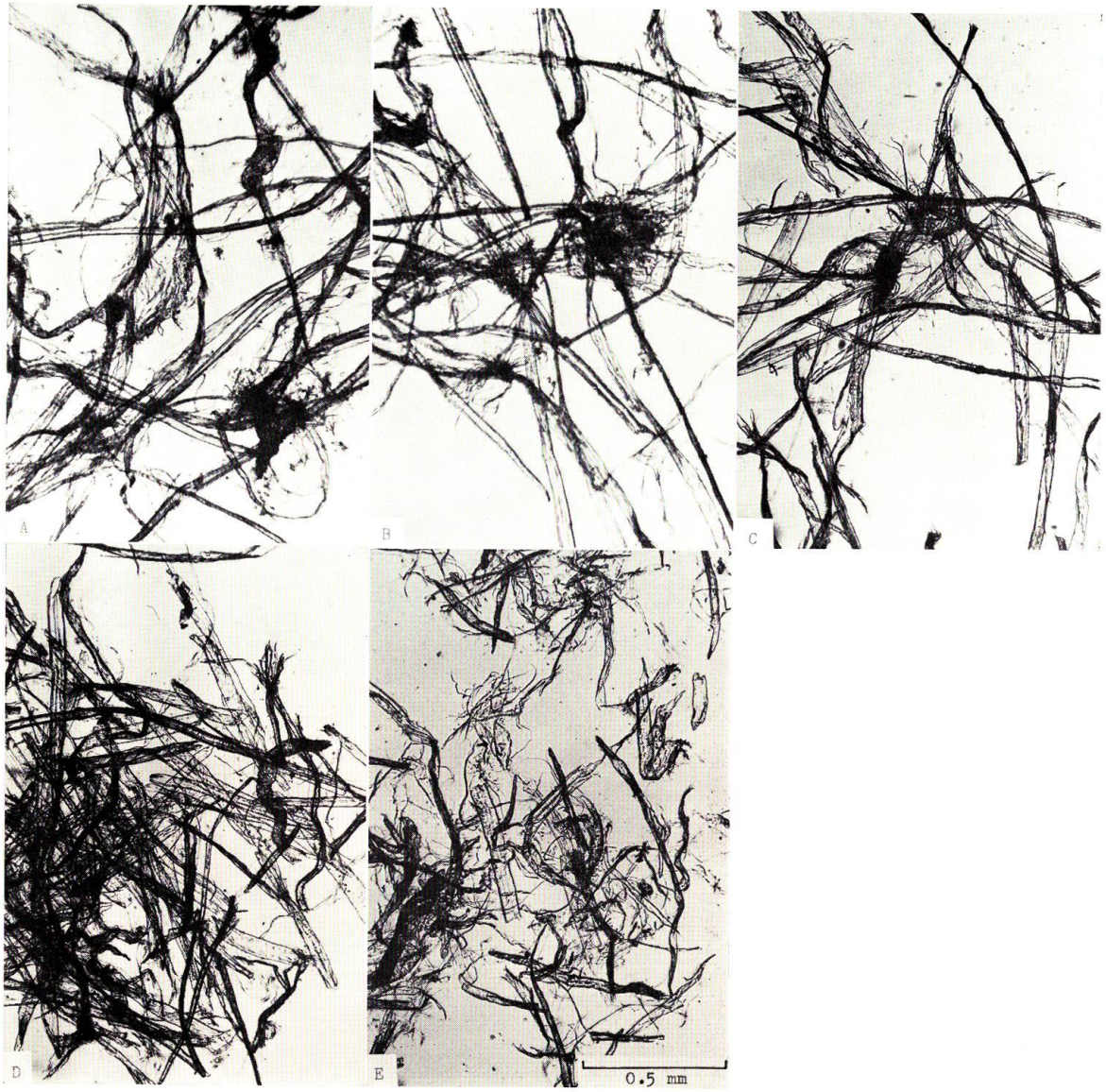
Fig. 69. Fiber of every fraction of No. 1 inner pulp beaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃

第70図　未叩解 No. 1 内パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 70.　Fiber of every fraction of No. 1 inner pulp unbeaten.

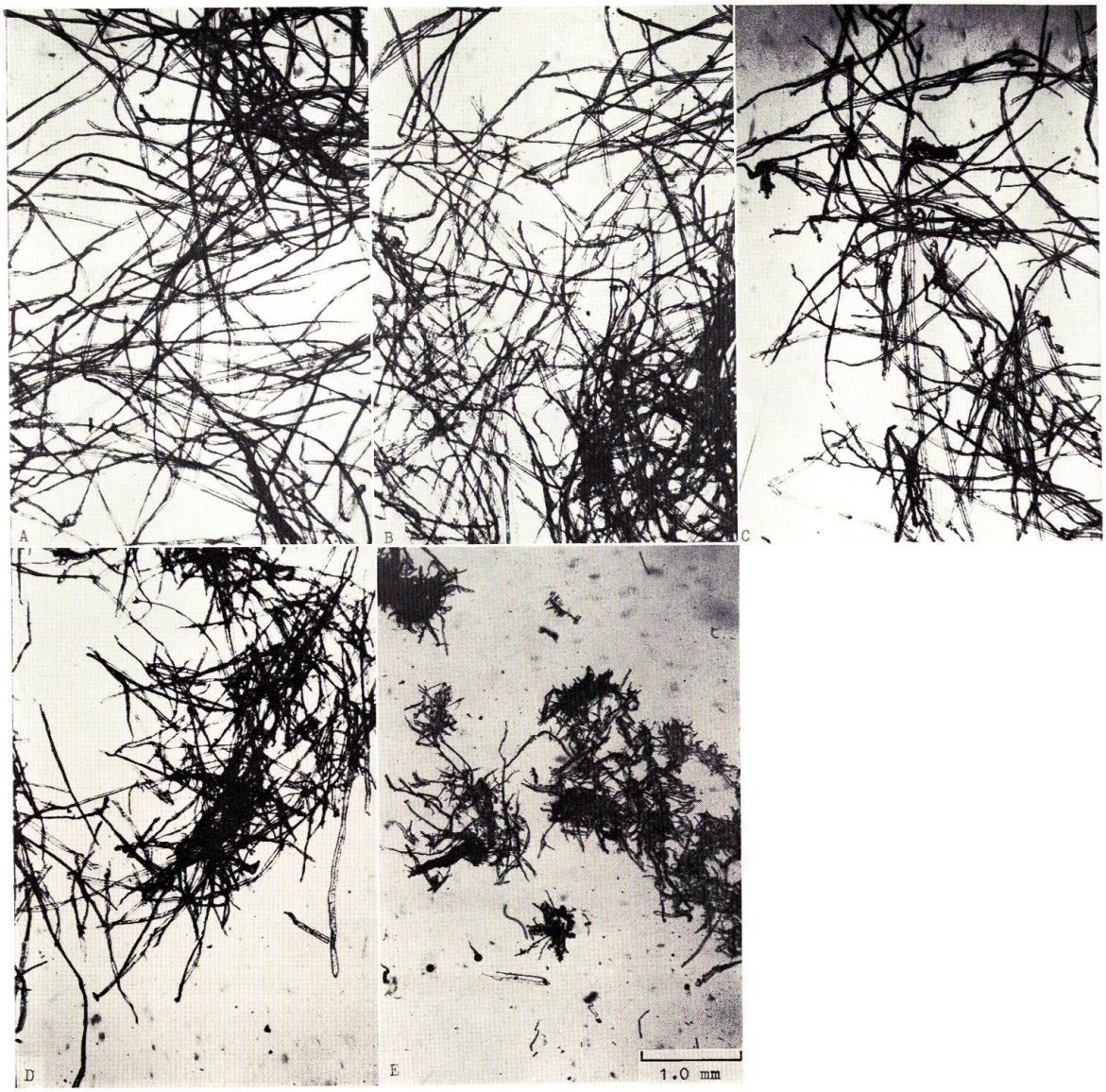
	フラクション Fraction	平均繊長維 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第71図 叩解 No. 1 内パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 71. Fiber of every fraction of No. 1 inner pulp beaten.

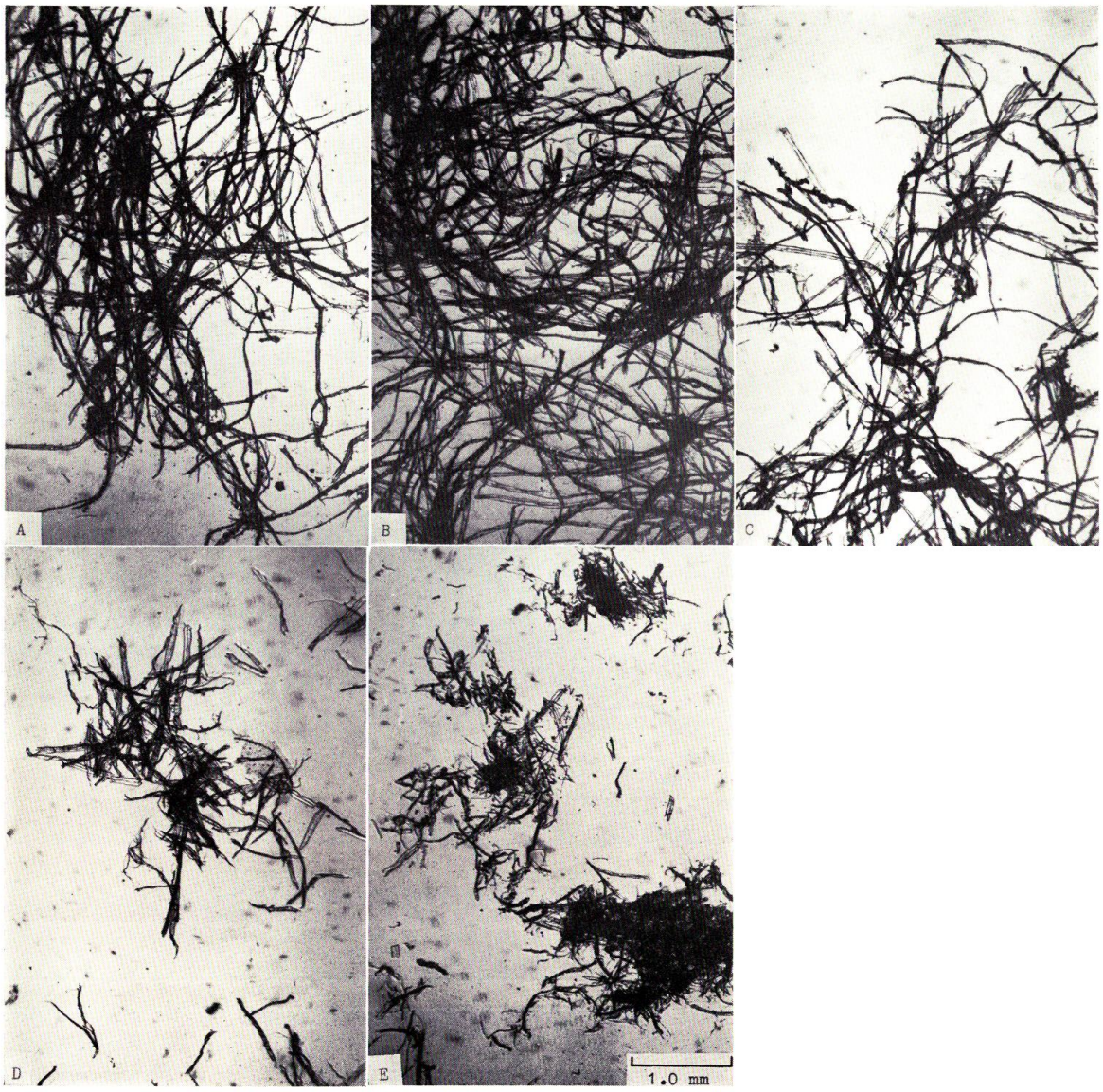
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第72図　未叩解 No. 1 外パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 72. Fiber of fraction of No. 1 outer pulp unbeaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第73図 叩解 No. 1 外パルプふるい分けの各フラクションの繊維

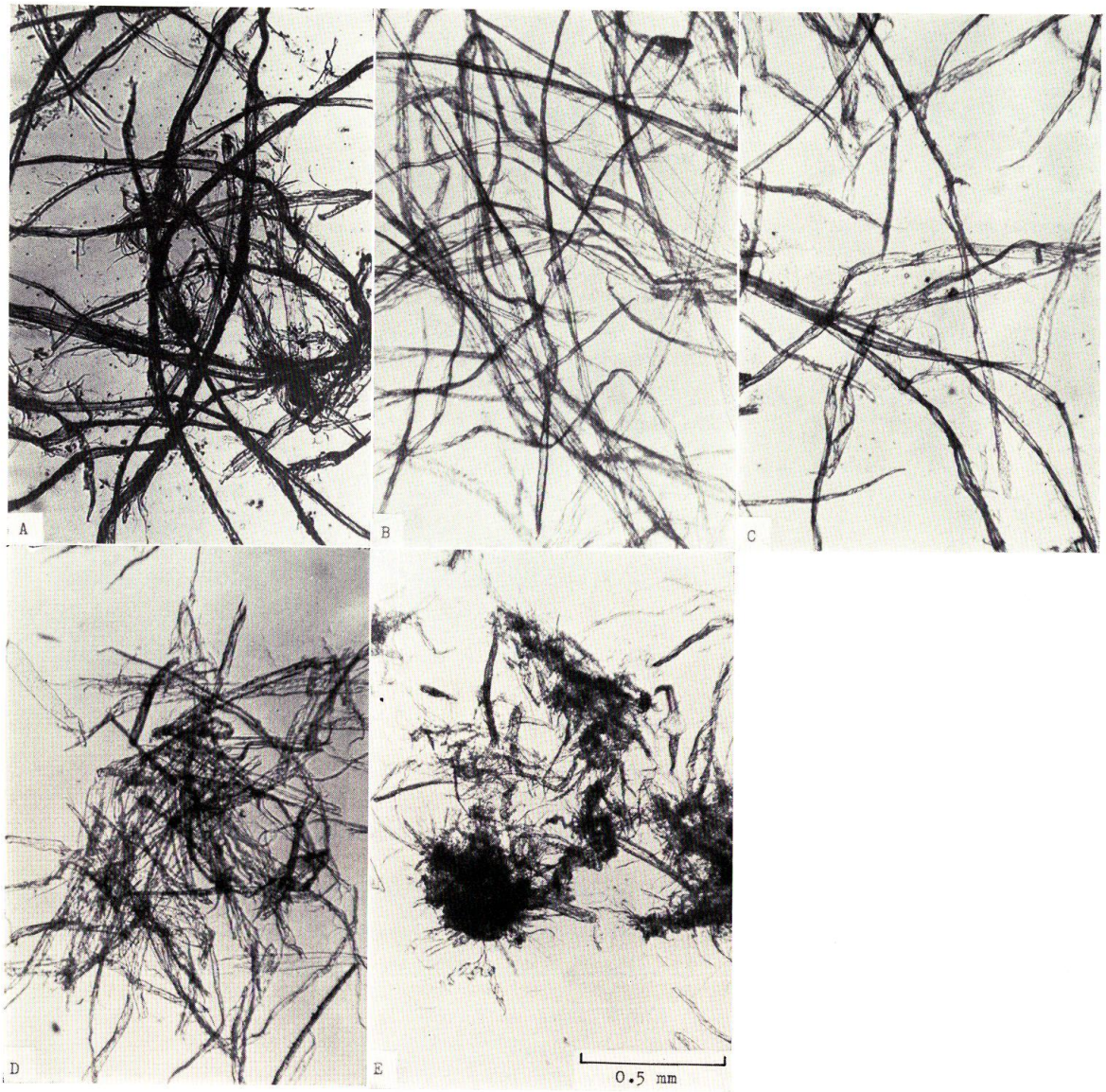
Fig. 73. Fiber of every fraction of No. 1 outer pulp beaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃

第74図 未叩解 No. 1 外パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 74. Fiber of every fraction of No. 1 outer pulp unbeaten.

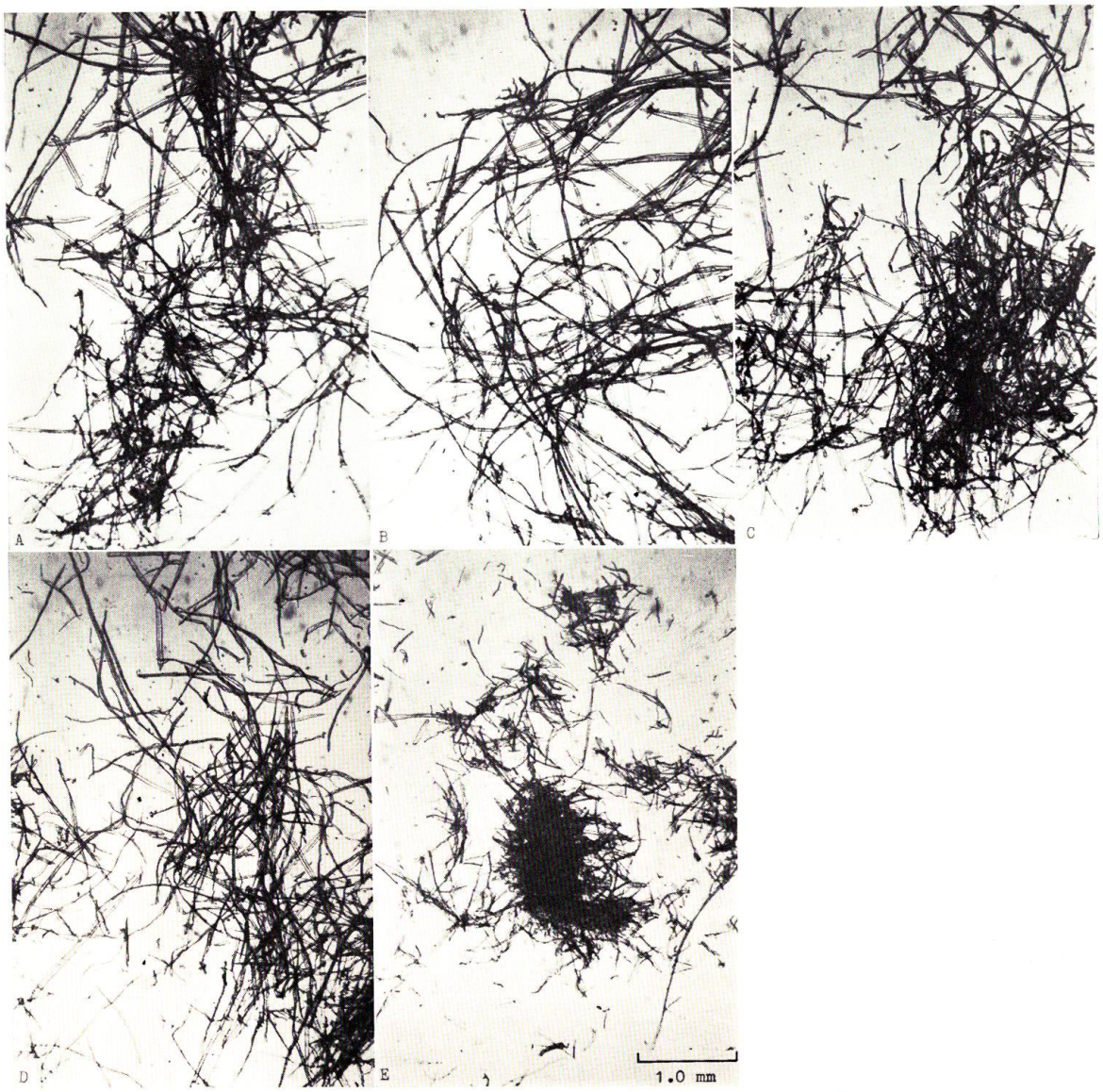
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fibdr length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第75図 叩解 No. 1 外パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 75. Fiber of every fraction of No. 1 outer pulp beaten.

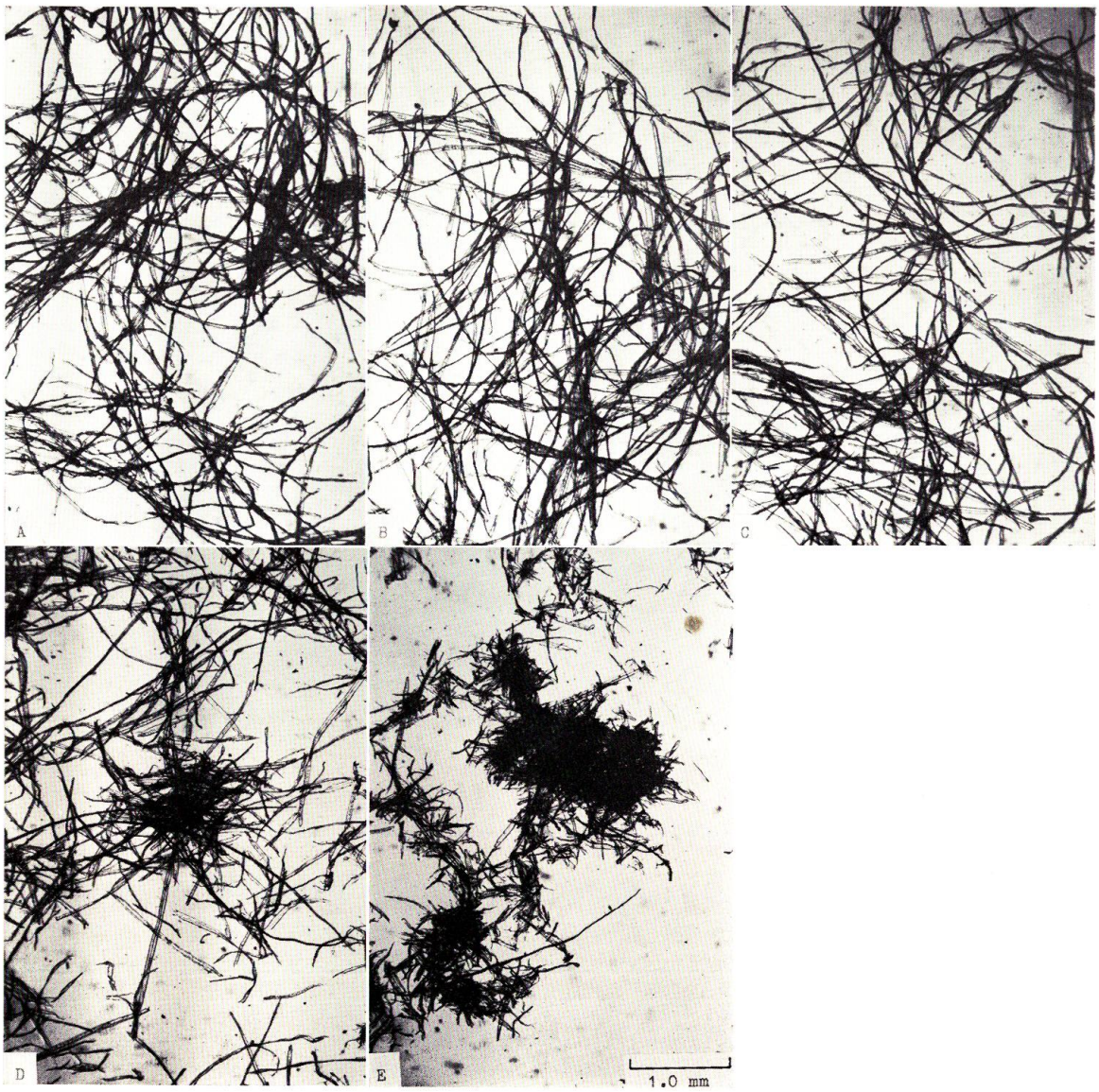
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	～ 10 〃	2.41 〃
C :	35～ 35 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第76図　未叩解 No. 2 内パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 76.　Fiber of every fraction of No. 2 inner pulp unbeaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第77図 叩解 No. 2 内パルプふるい分けの各フラクションの繊維

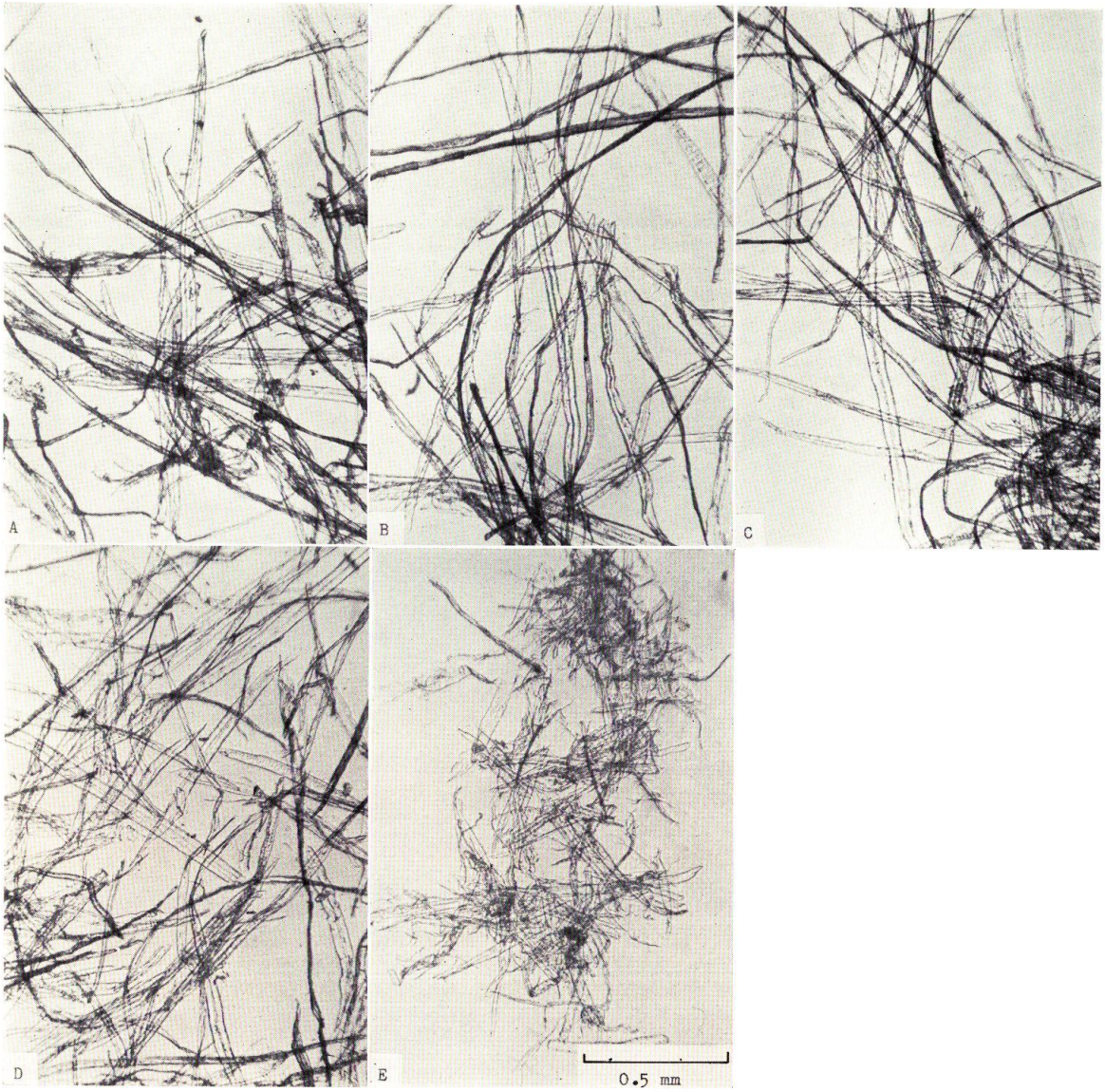
Fig. 77. Fiber of every fraction of No. 2 inner pulp beaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃

第78図　未叩解 No. 2 内パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 78.　Fiber of every fraction of No. 2 inner pulp unbeaten.

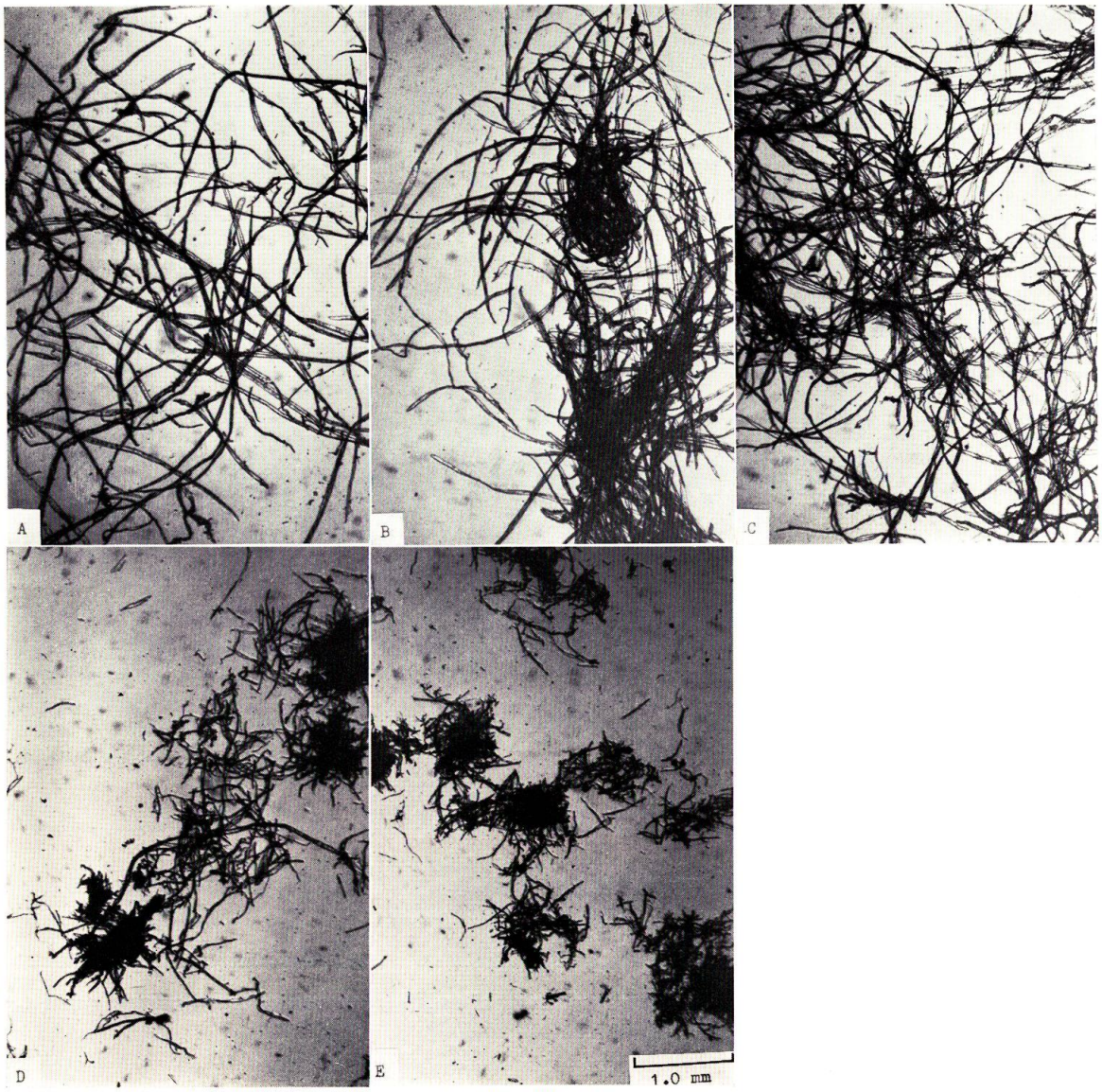
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第79図 叩解 No. 2 内パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 79. Fiber of every fraction of No. 2 inner pulp beaten.

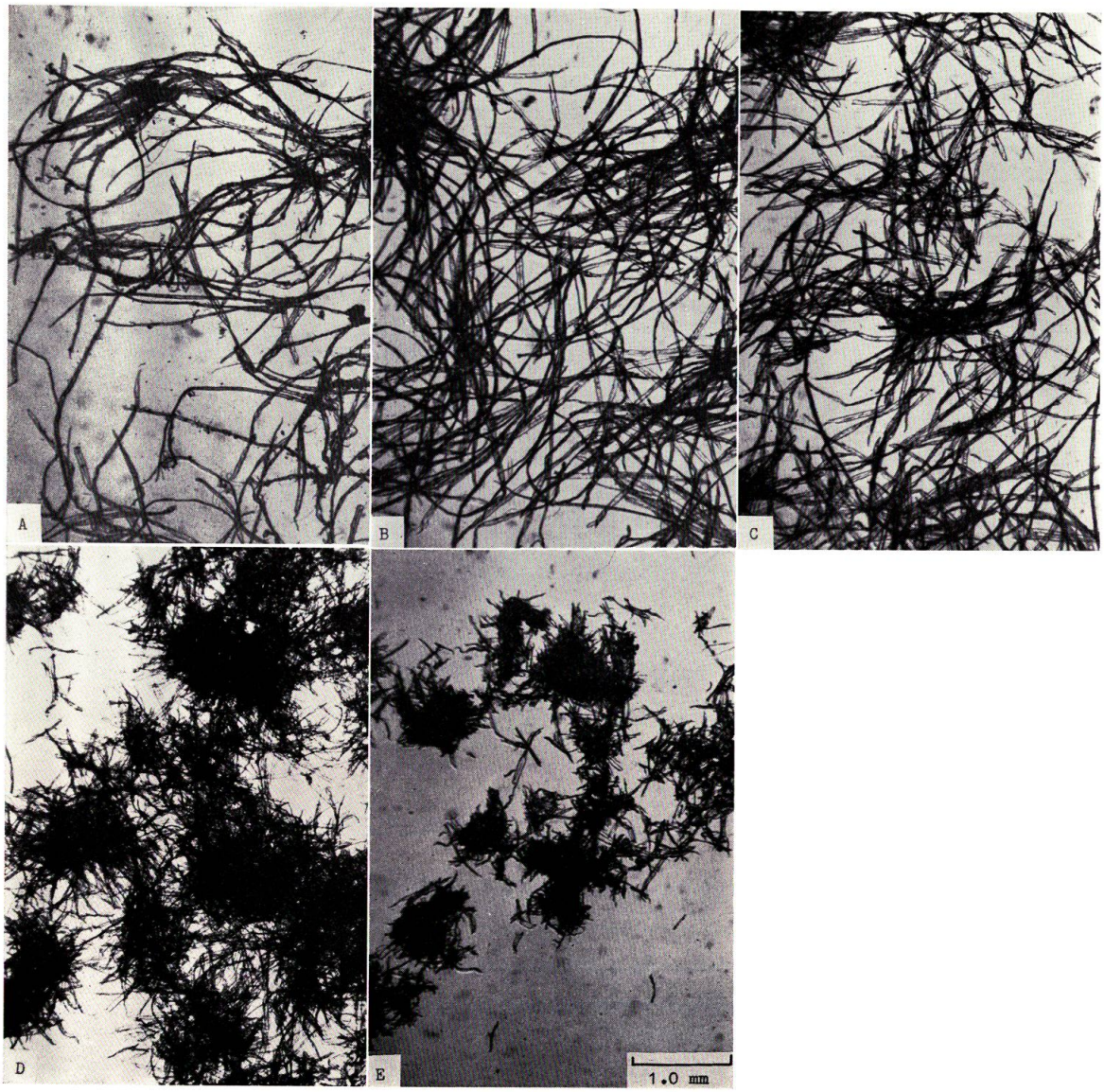
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第80図　未叩解 No. 2 外パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 80.　Fiber of every fraction of No. 2 outer pulp unbeaten.

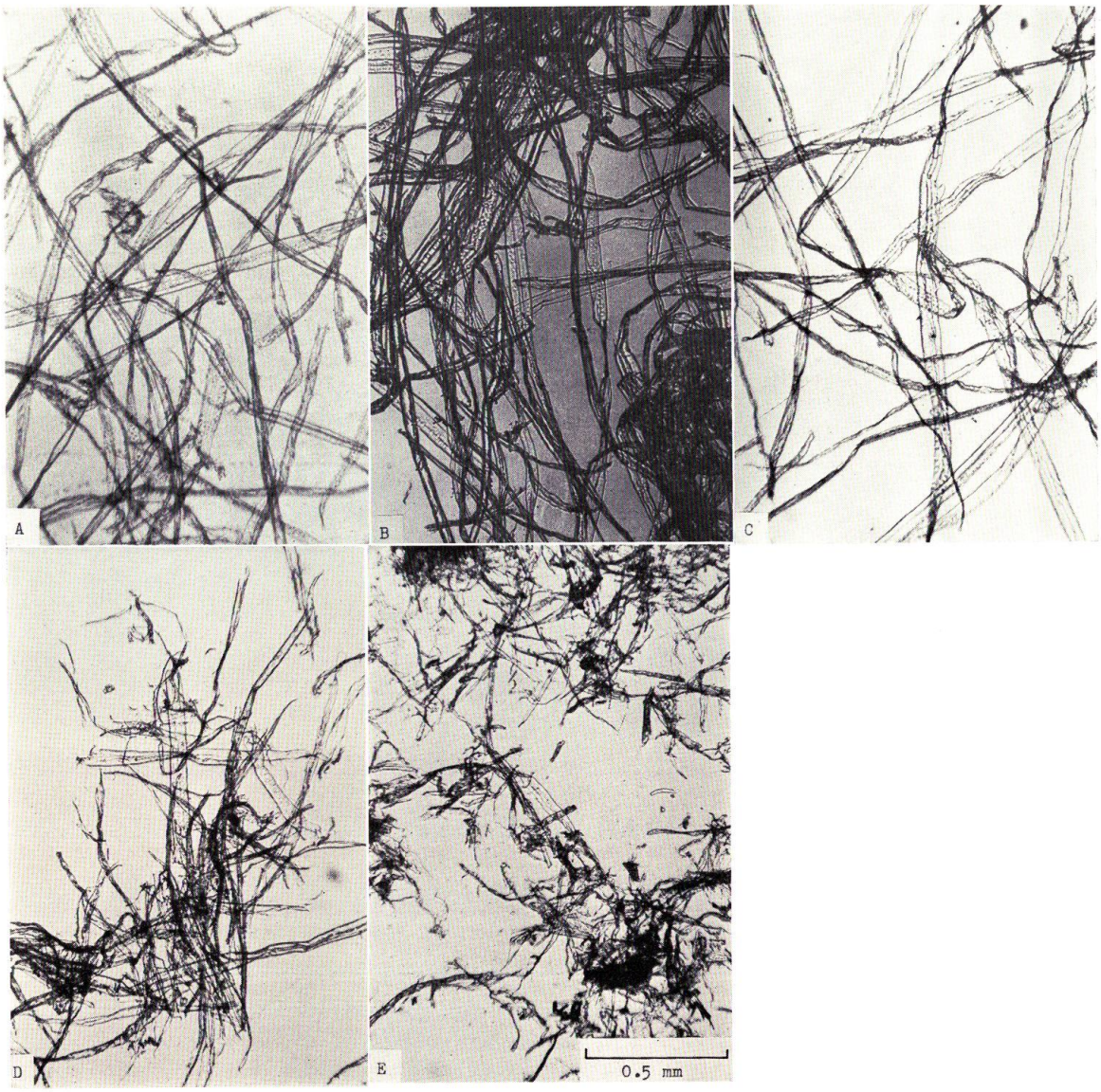
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第81図 叩解 No. 2 外パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 81. Fiber of every fraction of No. 2 outer pulp beaten.

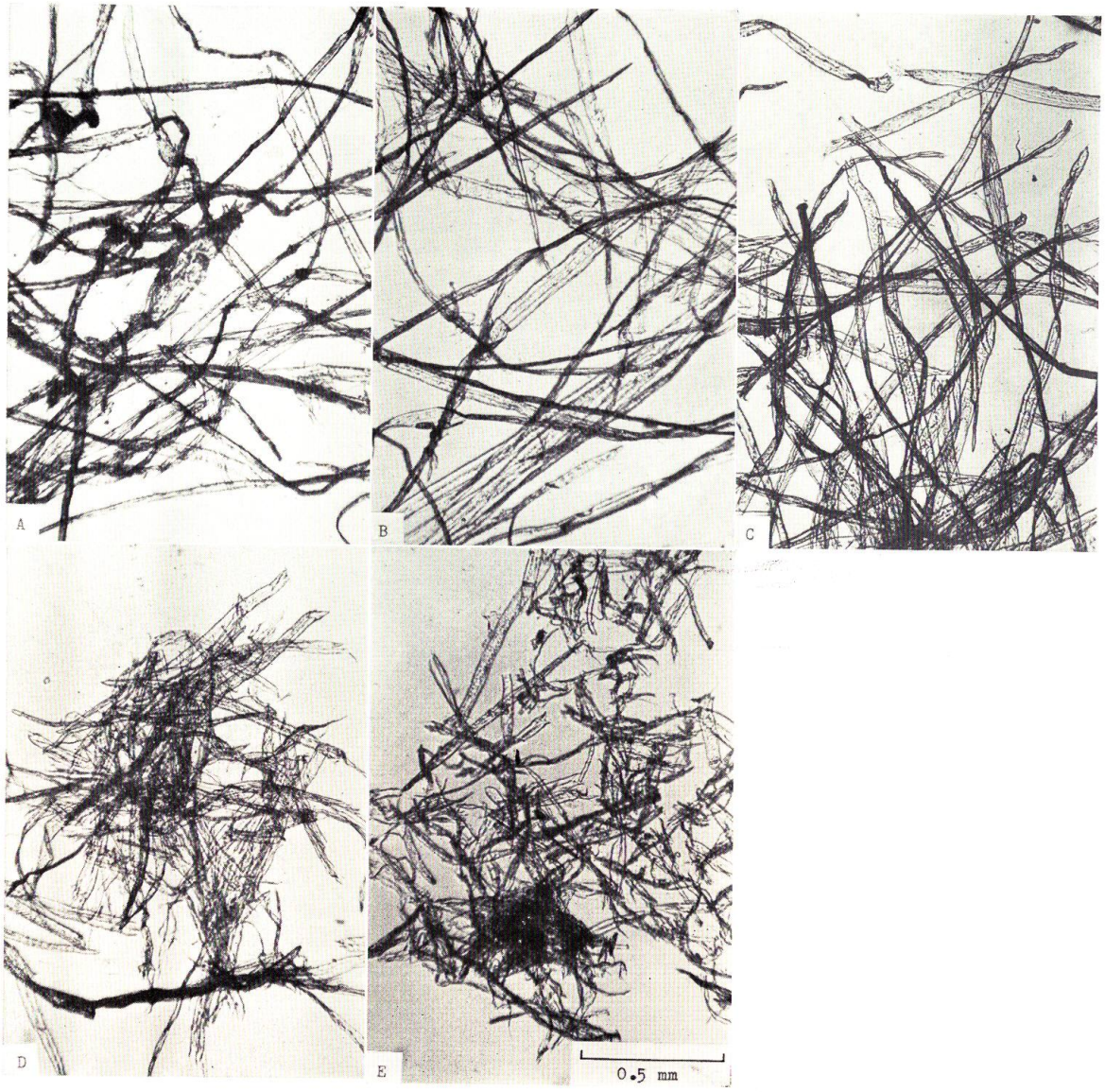
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.14 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第82図　未叩解 No. 2 外パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 82.　Fiber of every fraction of No. 2 outer pulp unbeaten.

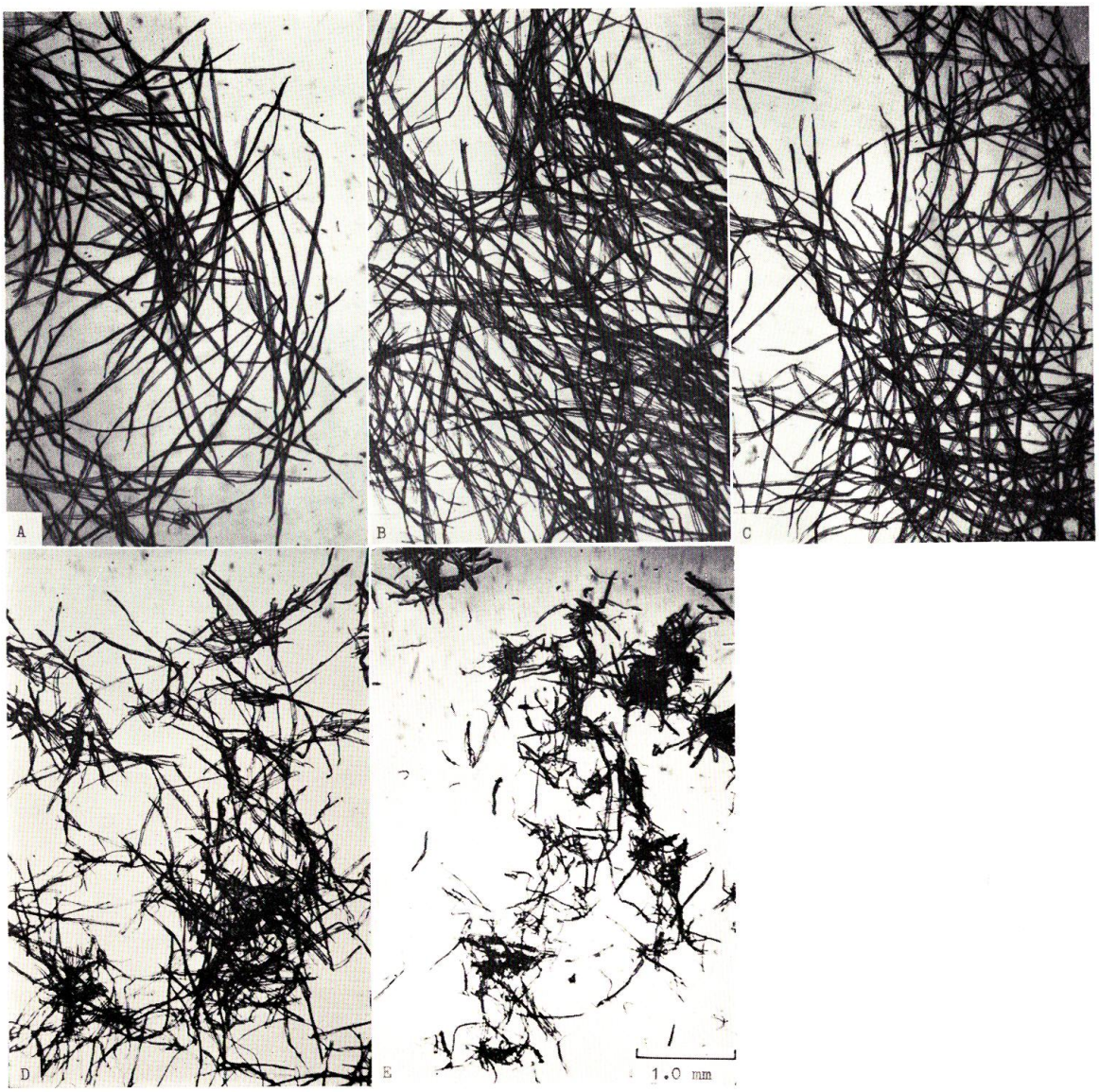
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第83図　叩解 No. 2 外パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 83.　Fiber of every fraction of No. 2 outer pulp beaten.

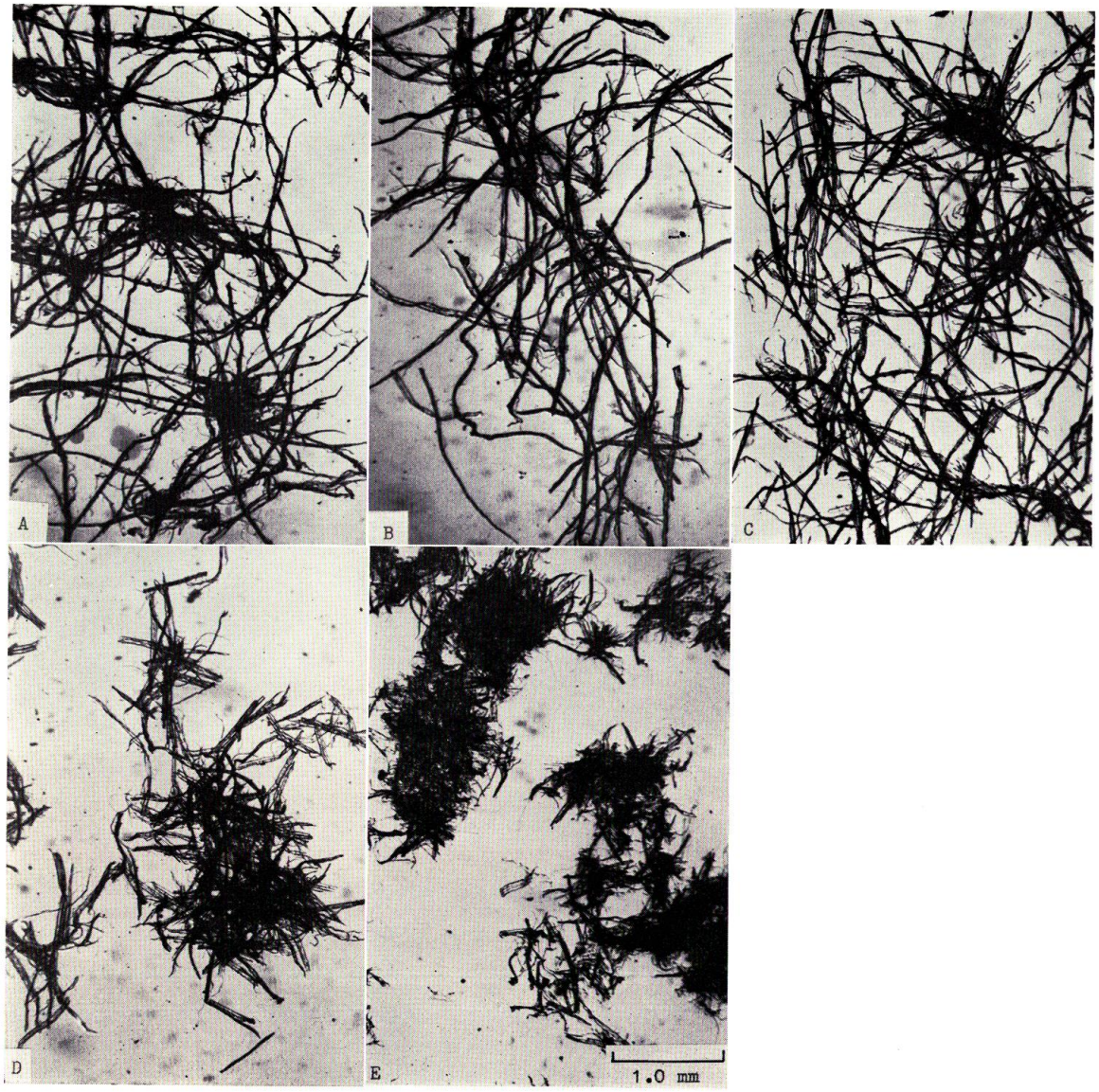
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第84図　未叩解 No. 3 内パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 84.　Fiber of every fraction of No. 3 niner pulp unbeaten.

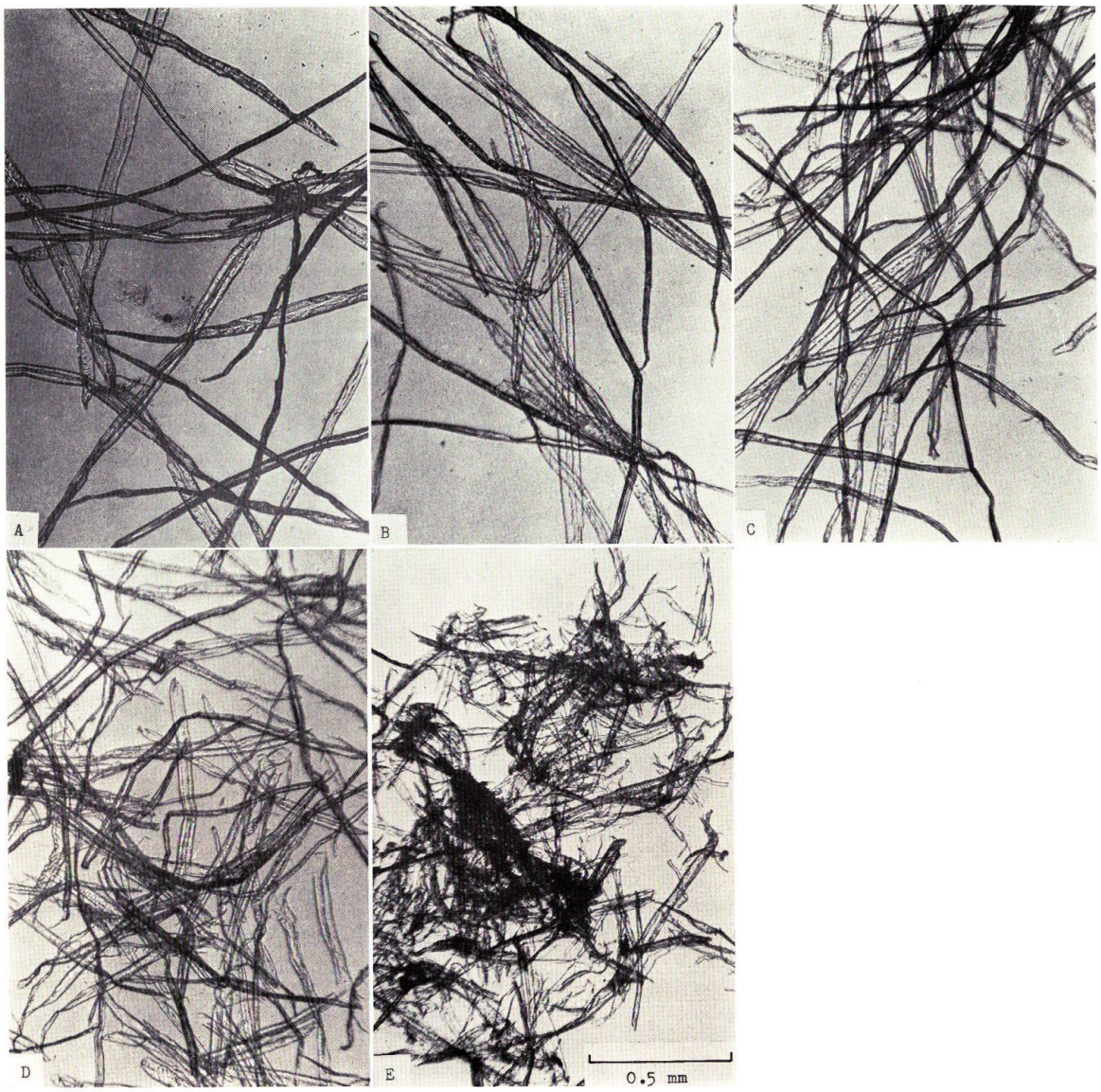
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第85図 叩解 No. 3 内パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 85. Fiber of every fraction of No. 3 inner pulp beaten.

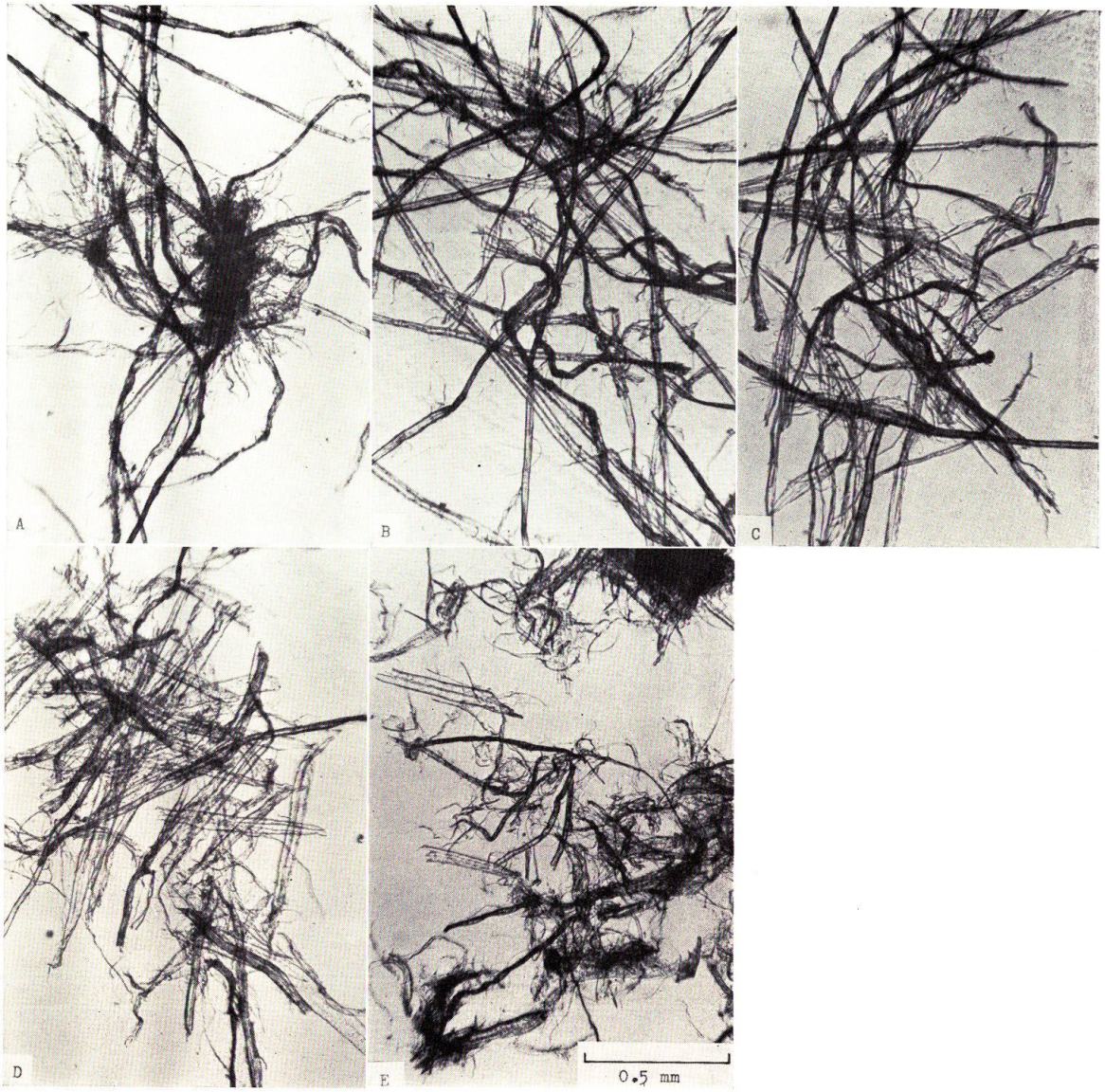
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第86図　未叩解 No. 3 内パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 86.　Fiber of every fraction of No. 3 inner pulp unbeaten.

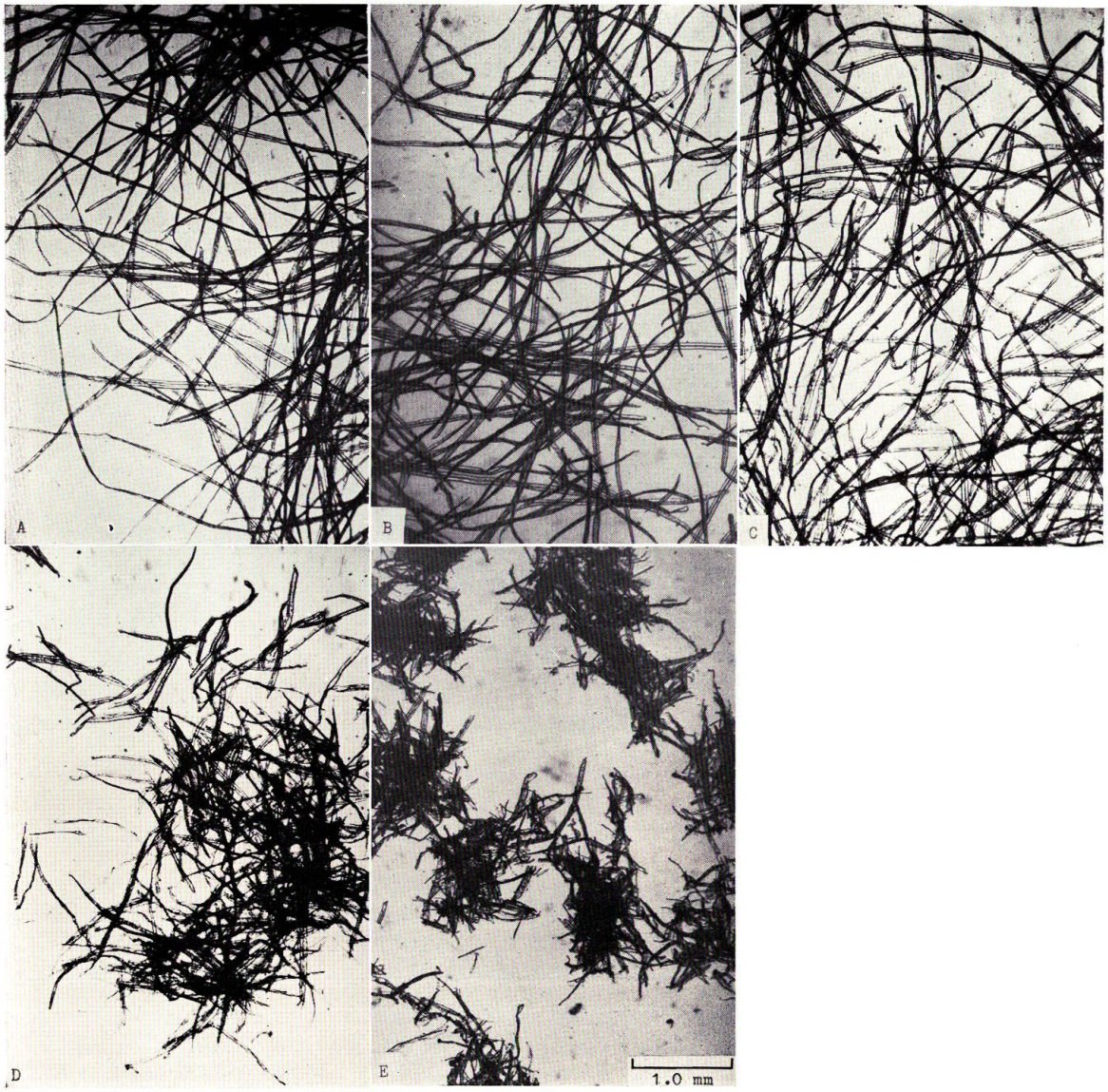
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第87図 叩解 No. 3 内パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 87. Fiber of every fraction of No. 3 inner pulp beaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第88図　未叩解 No. 3 外パルプふるい分けの各フラクションの繊維

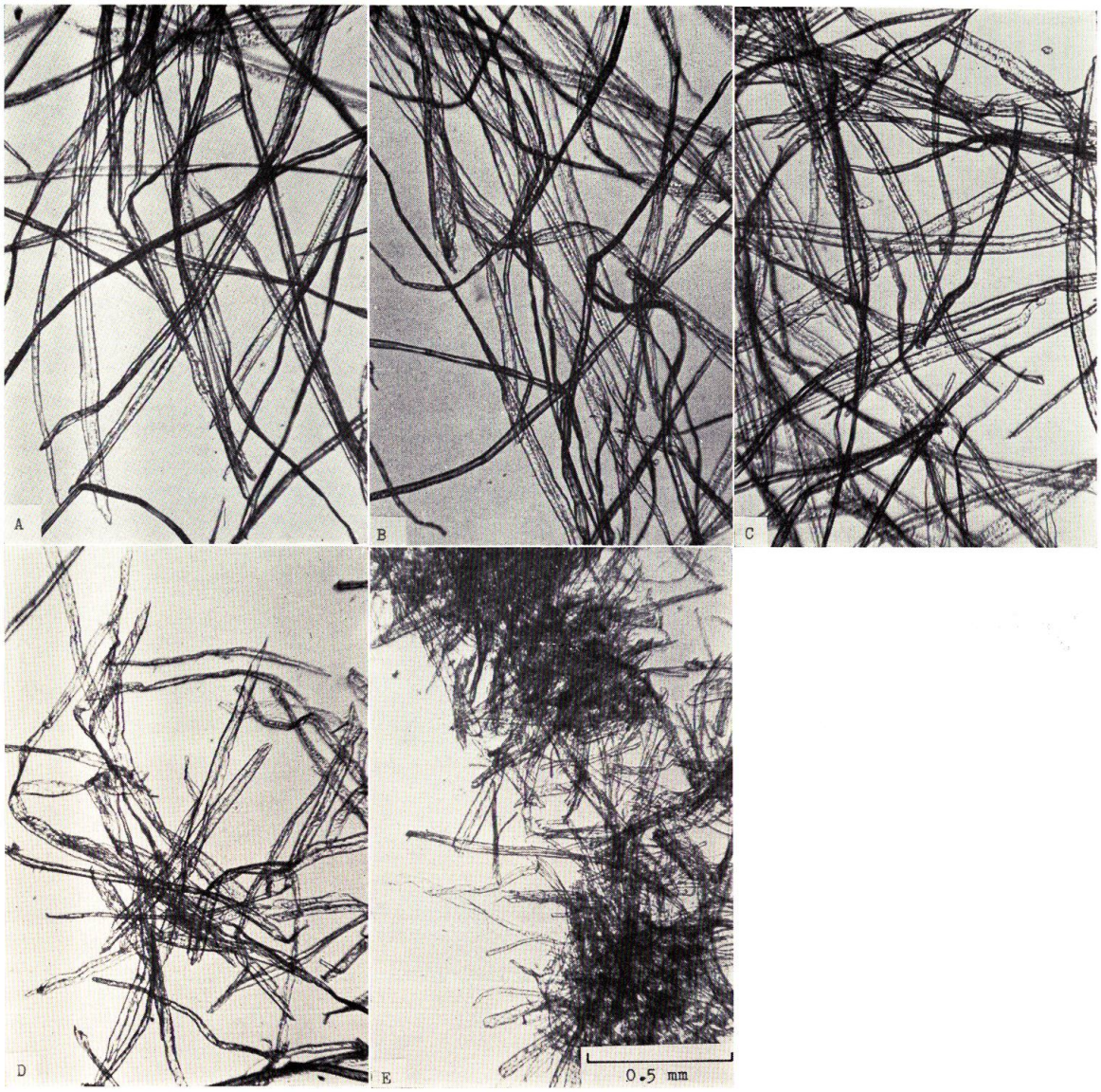
Fig. 88.　Fiber of every fraction of No. 3 outer pulp unbeaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃

第89図 叩解 No. 3 外パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 89. Fiber of every fraction of No. 3 outer pulp beaten.

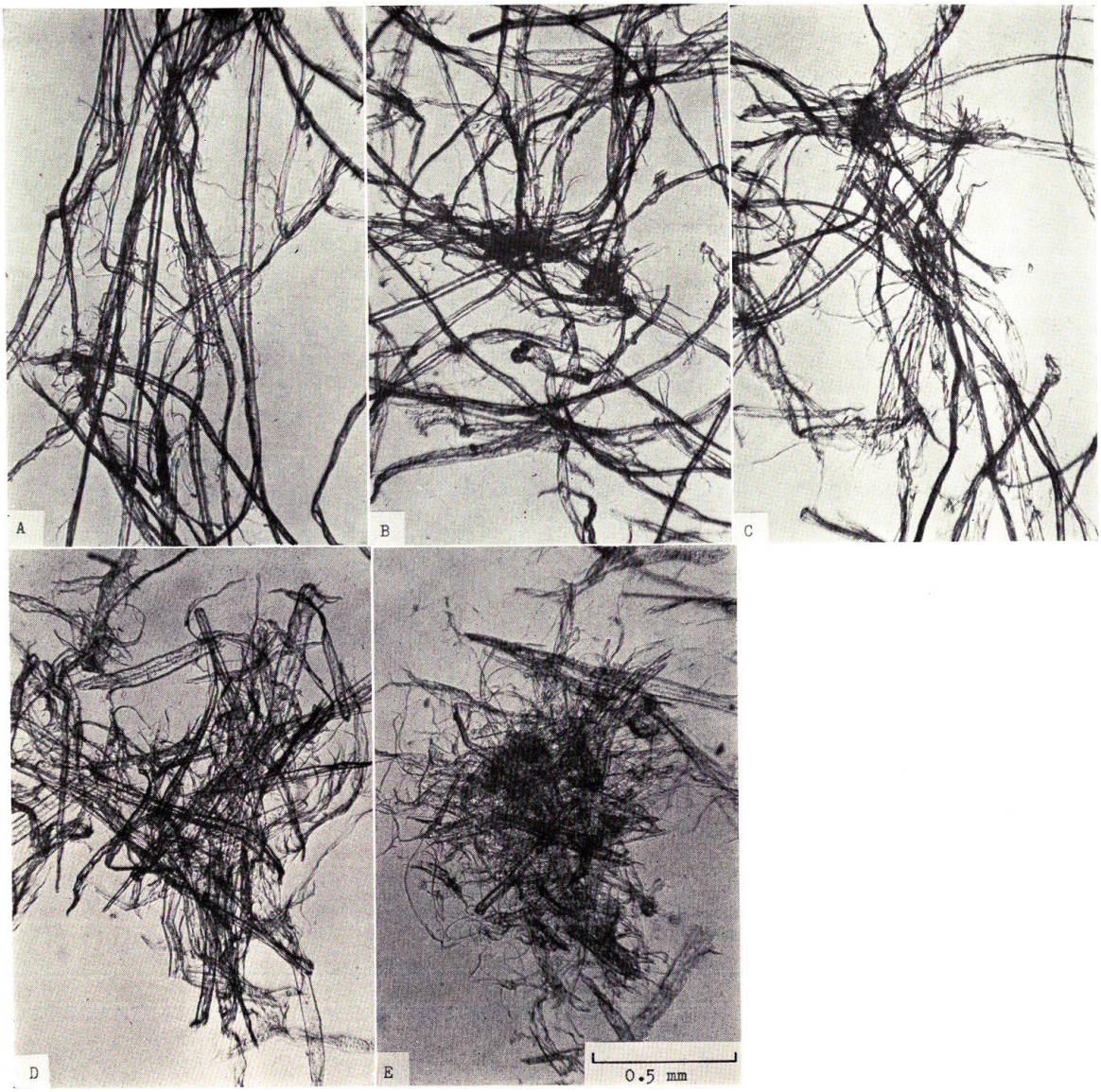
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第90図　未叩解 No. 3 外パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 90.　Fiber of every fraction of No. 3 outer pulp unbeaten.

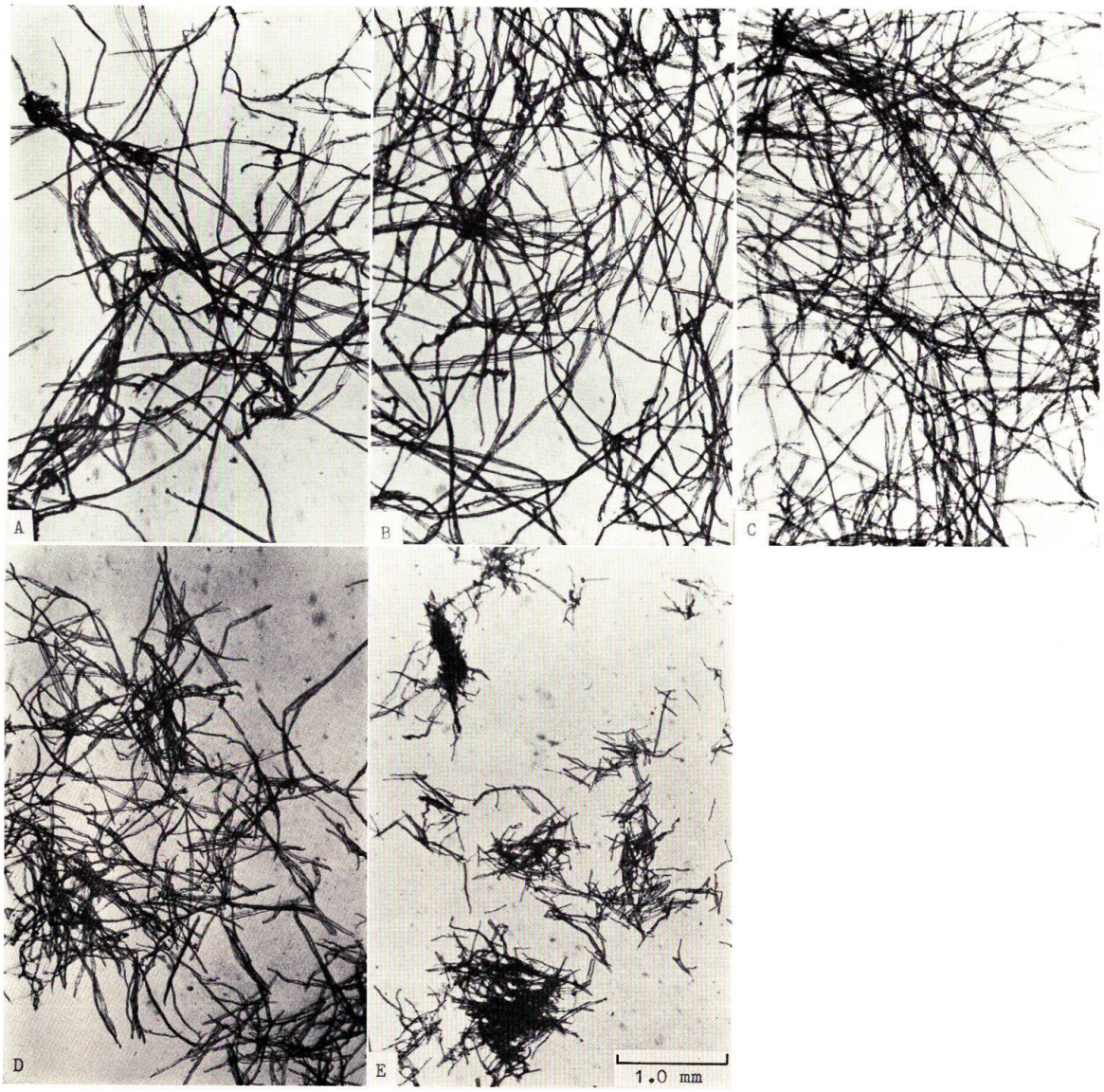
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mech	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第91図 叩解 No. 3 外パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 91. Fiber of every fraction of No. 3 outer pulp beaten.

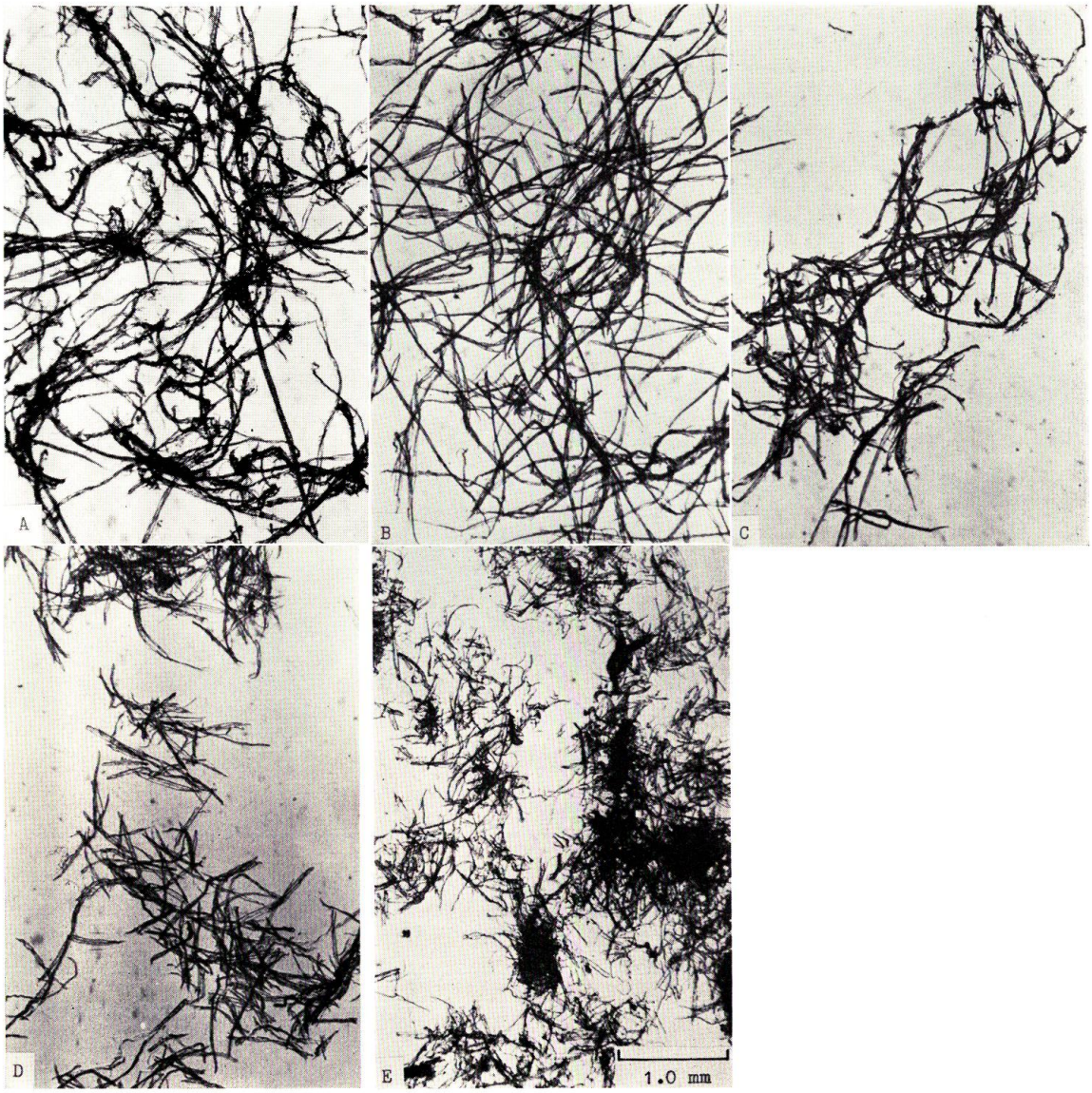
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第92図　未叩解 No. 4 パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 92.　Fiber of every fraction of No. 4 pulp unbeaten.

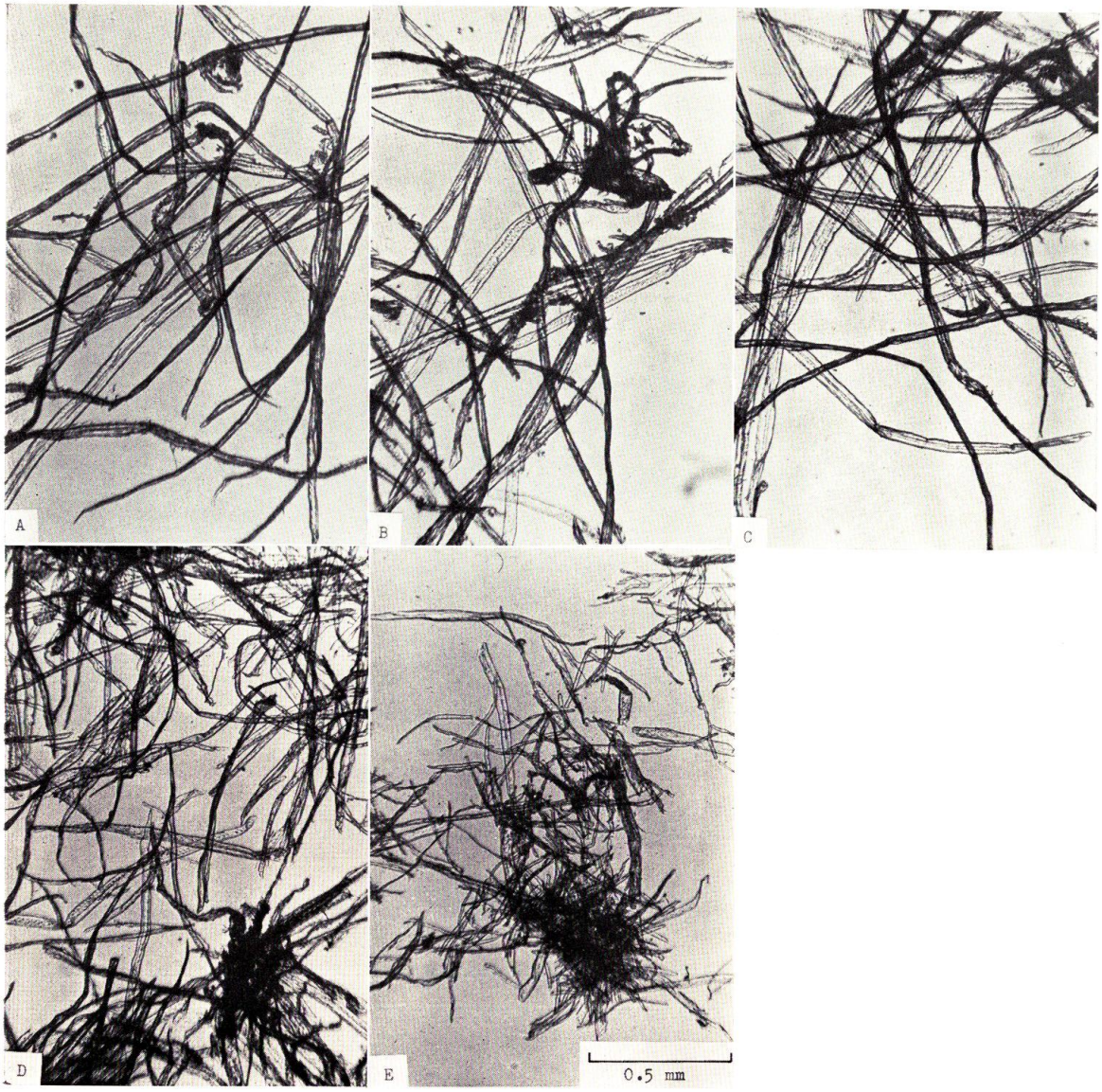
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第93図 叩解 No. 4 パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 93. Fiber of every fraction of No. 4 pulp beaten.

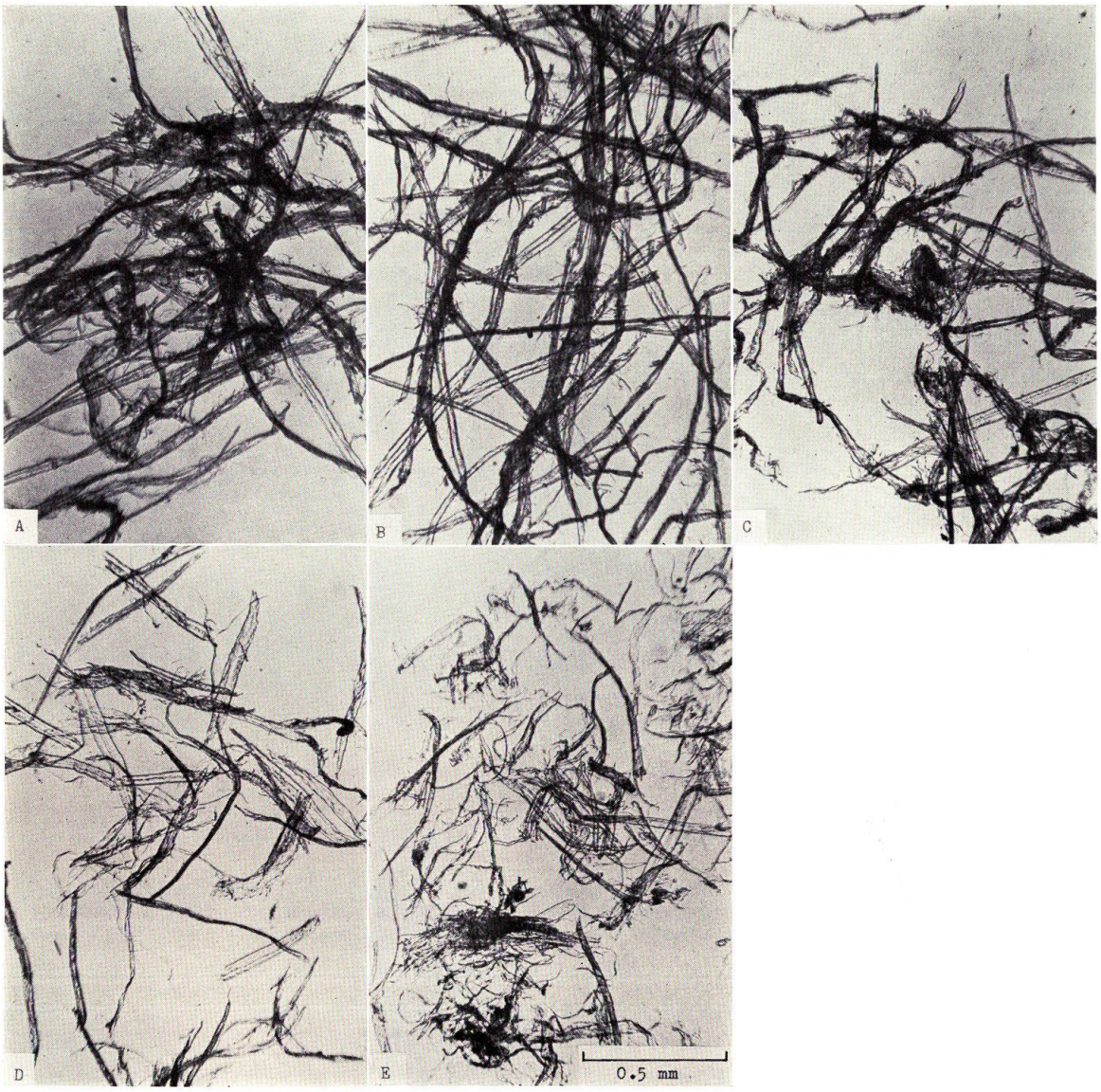
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第94図 未叩解 No. 4 パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 94. Fiber of every fraction of No. 4 pulp unbeaten.

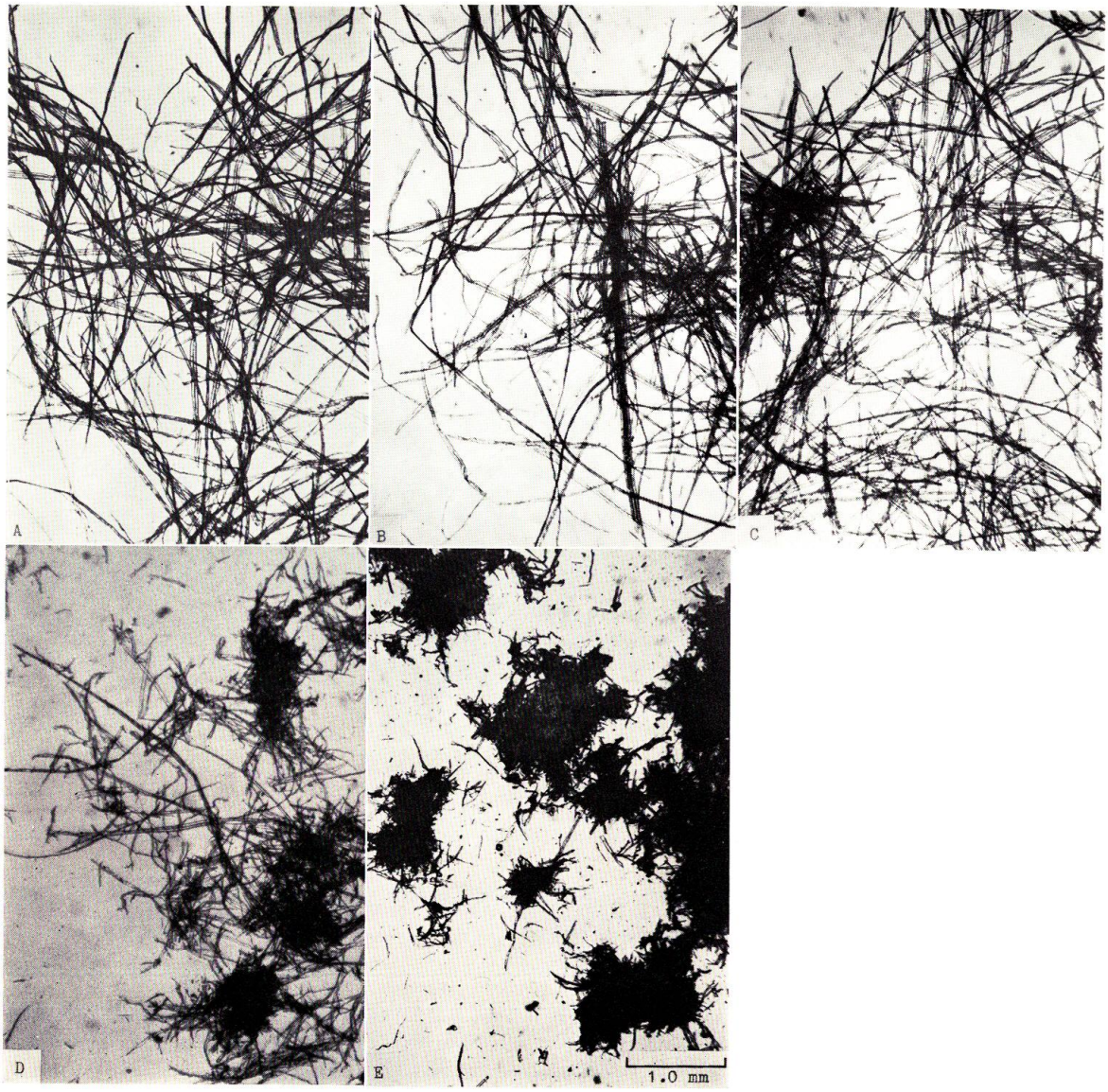
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～235 〃	0.20 〃



第95図 叩解 No. 4 パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 95. Fiber of every fraction of No. 4 pulp beaten.

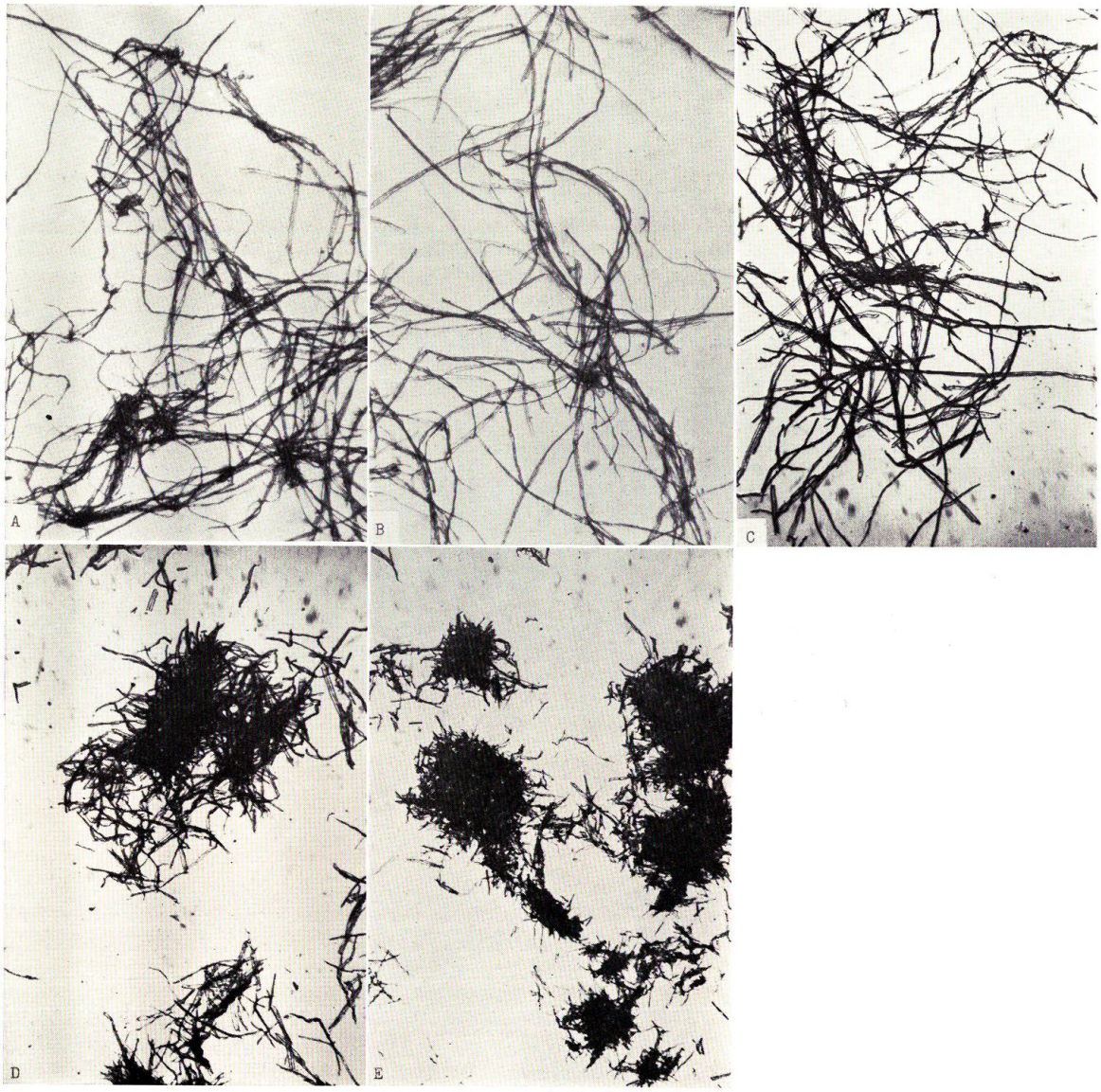
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第96図 未叩解 No. 5 パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 96. Fiber of every fraction of No. 5 pulp unbeaten.

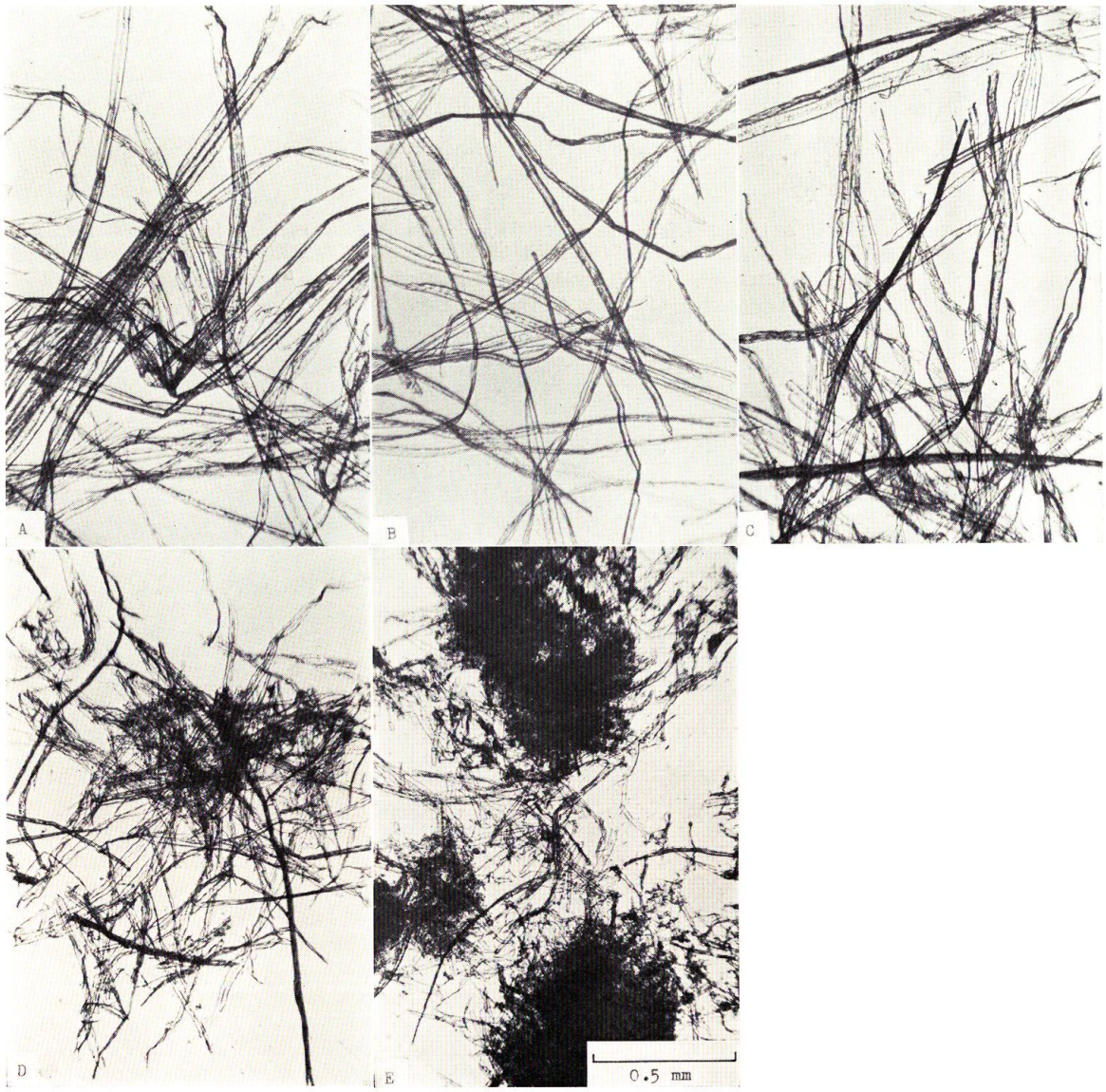
	フラクション Fractiou	平均繊維長 Average fibee length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第97図 叩解 No. 5 パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 97. Fiber of every fraction of No. 5 pulp beaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第98図　未叩解 No. 5 パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 98.　Fiber of every fraction of No. 5 pulp unbeaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃

第99図　叩解 No. 5 パルプふるい分けの各フラクションの繊維

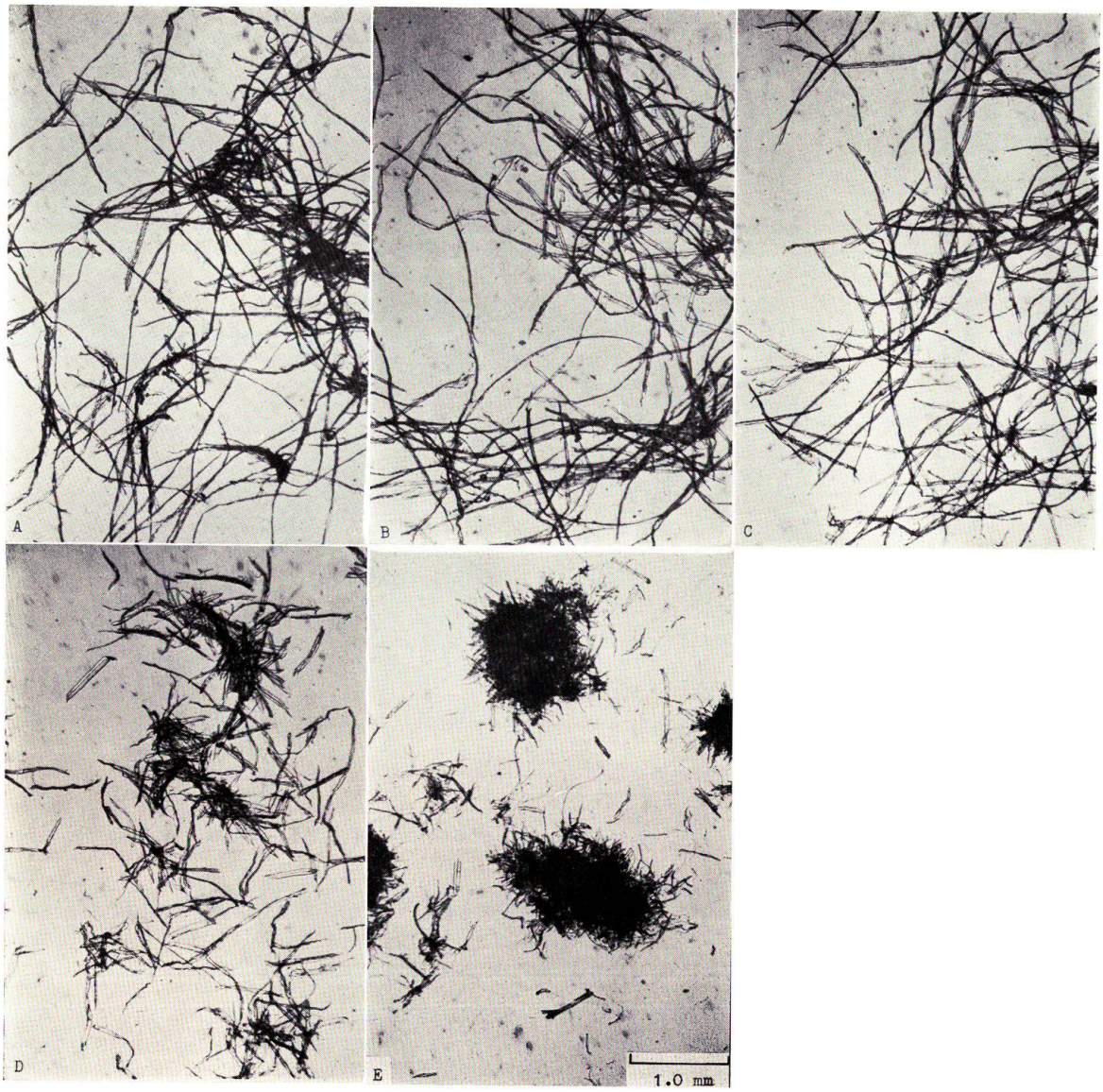
Fig. 99.　Fiber of every fraction of No. 5 pulp beaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃

第100図　未叩解 No. 6 パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 100.　Fiber of every fraction of No. 6 pulp unbeaten.

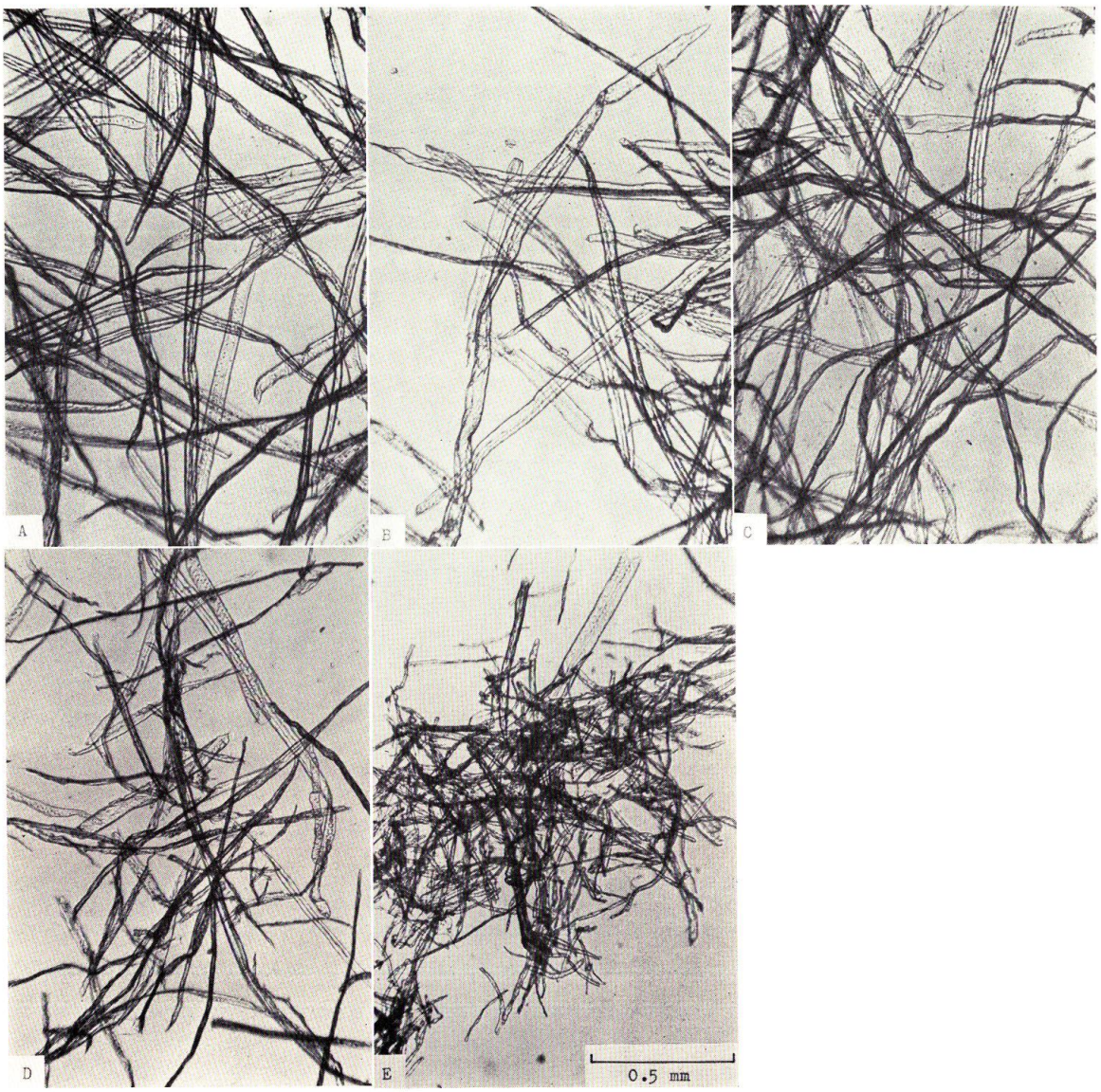
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第101図 叩解 No. 6 パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 101. Fiber of every fraction of No. 6 pulp beaten.

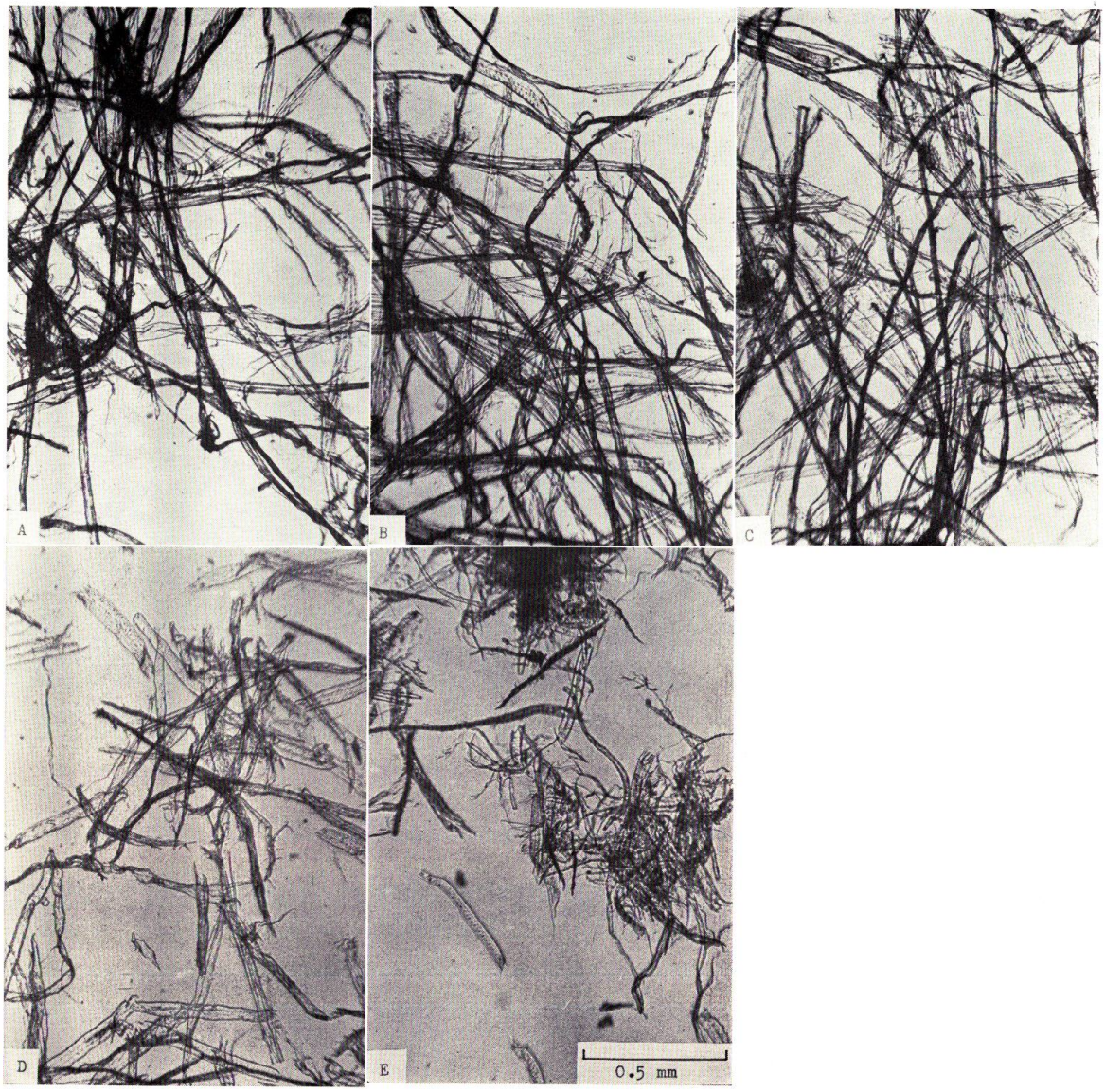
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第102図　未叩解 No. 6 パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 102.　Fiber of every fraction of No. 6 pulp unbeaten.

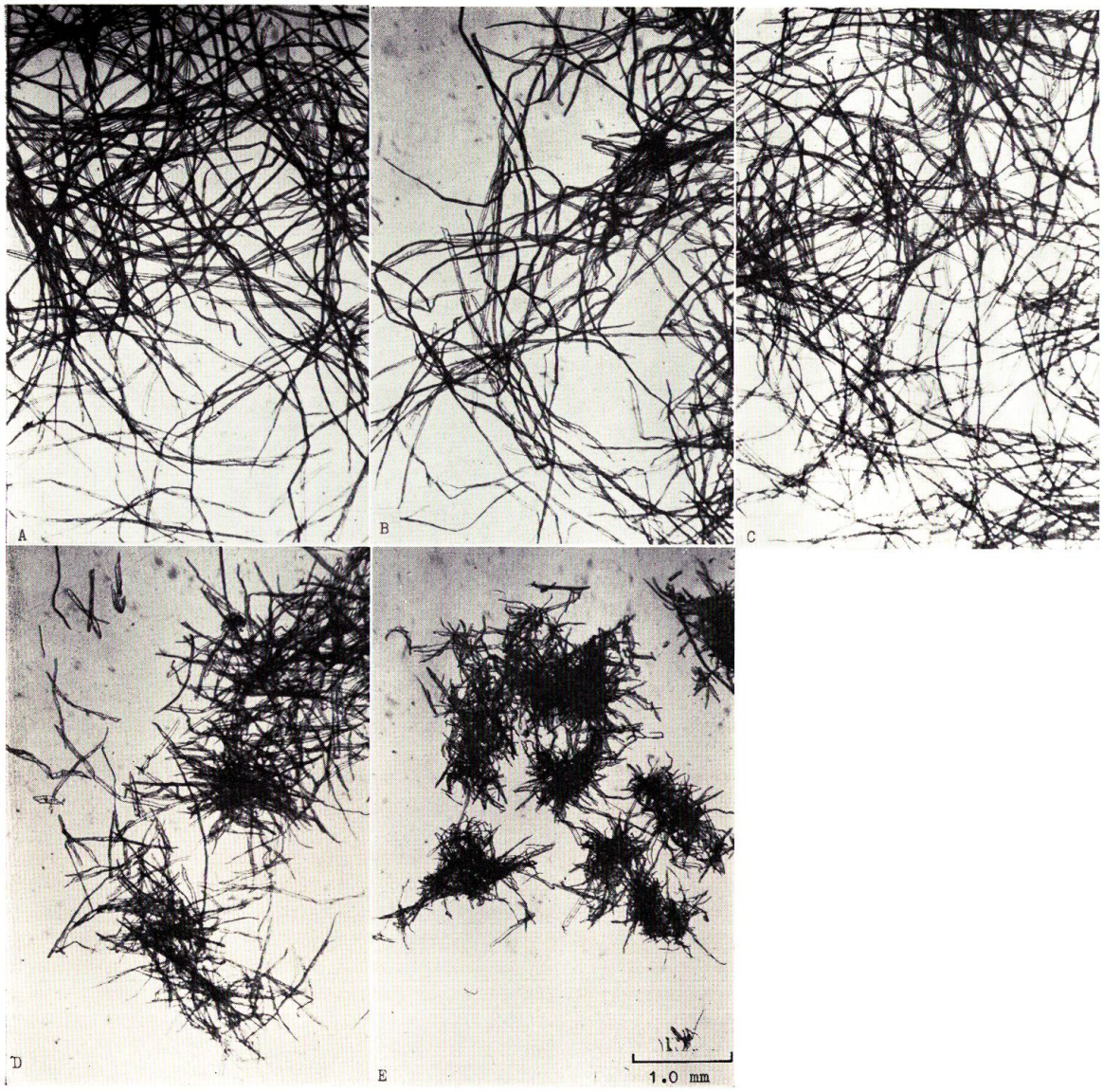
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第103図 叩解 No. 6 パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 103. Fiber of every fraction of No. 6 pulp beaten.

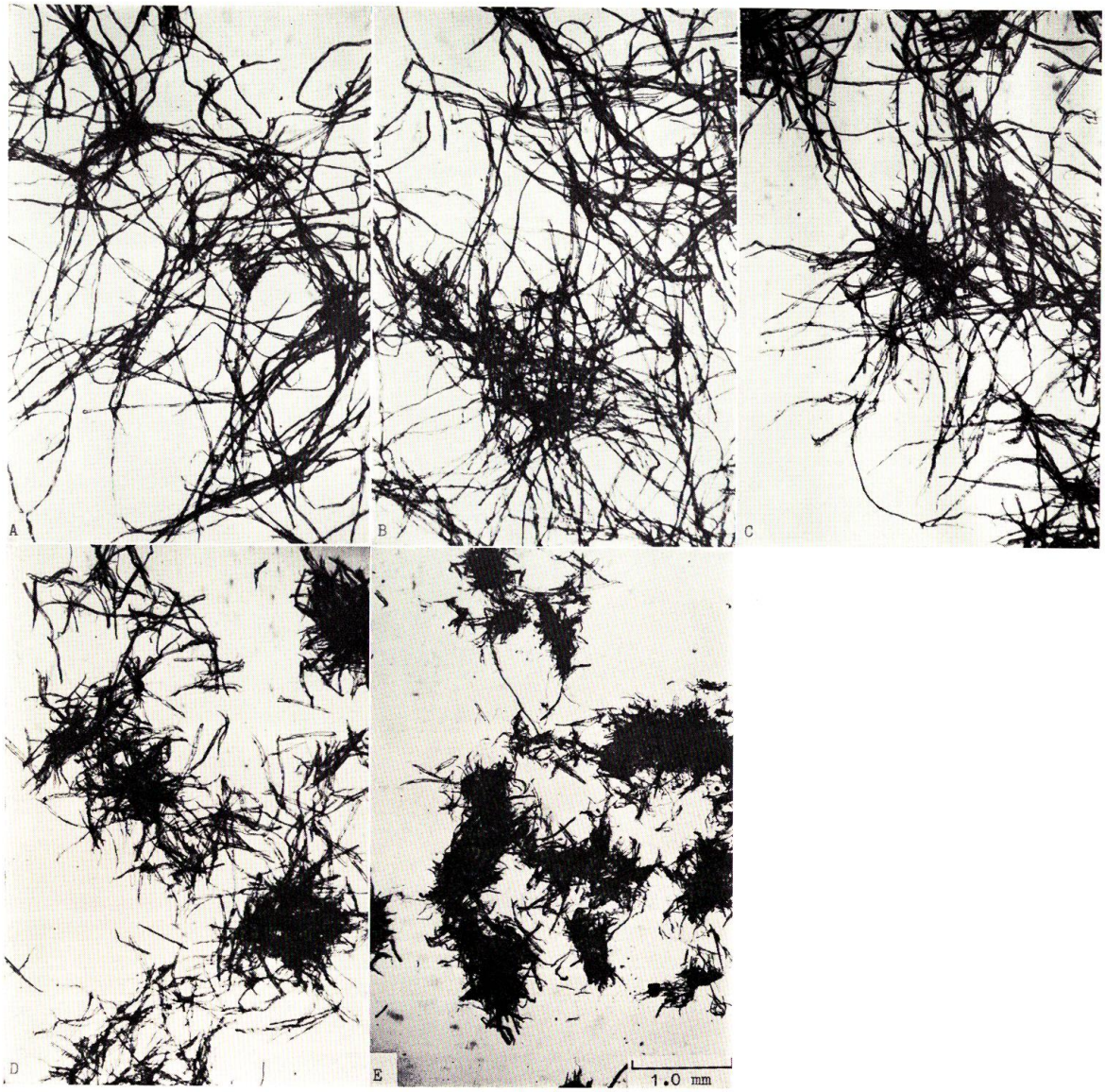
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第104図 未叩解トド元パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 104. Fiber of every fraction of todomatsu butt pulp unbeaten.

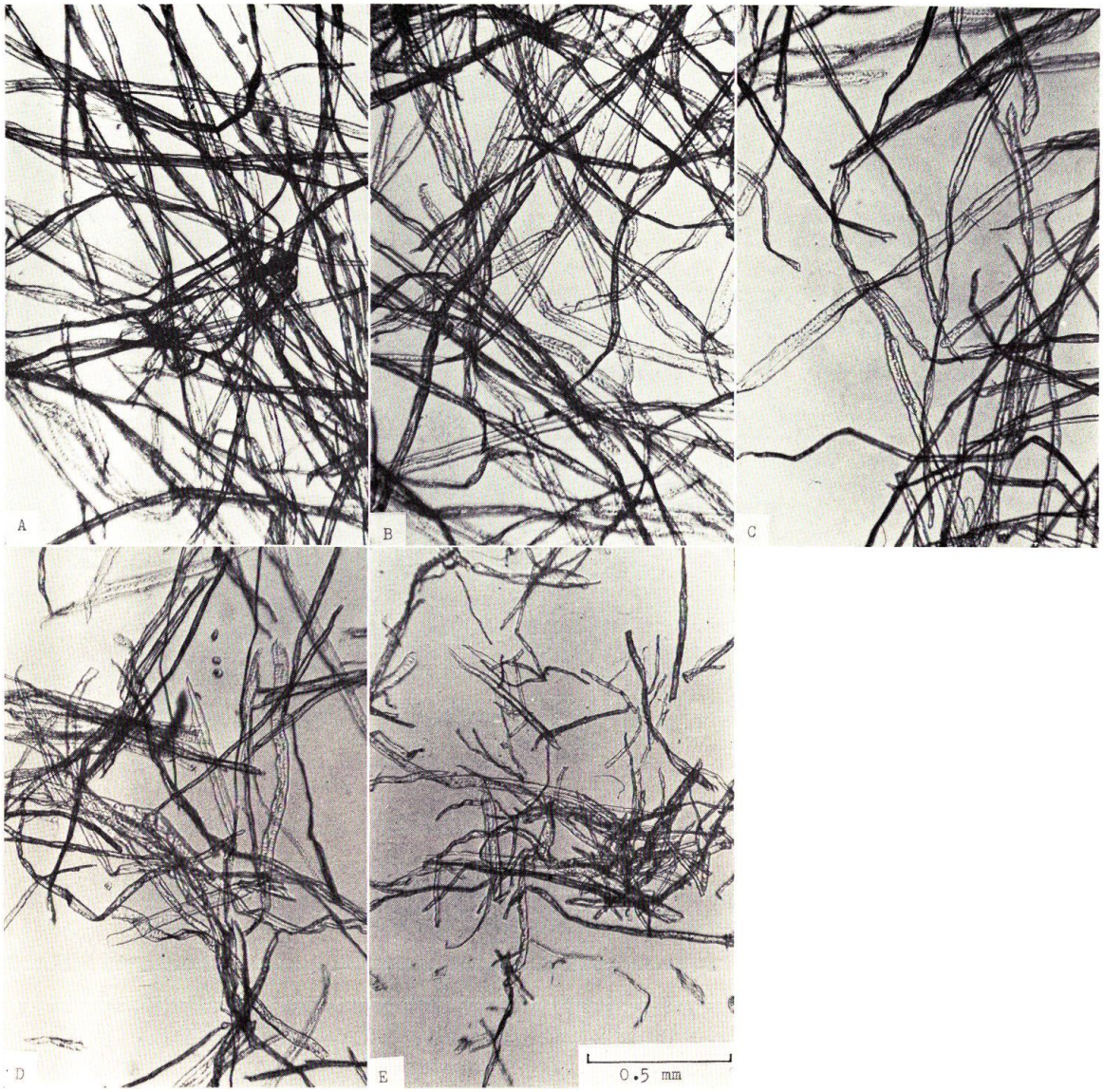
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第105図 叩解トド元パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 105. Fiber of every fraction of todomatsu butt pulp beaten.

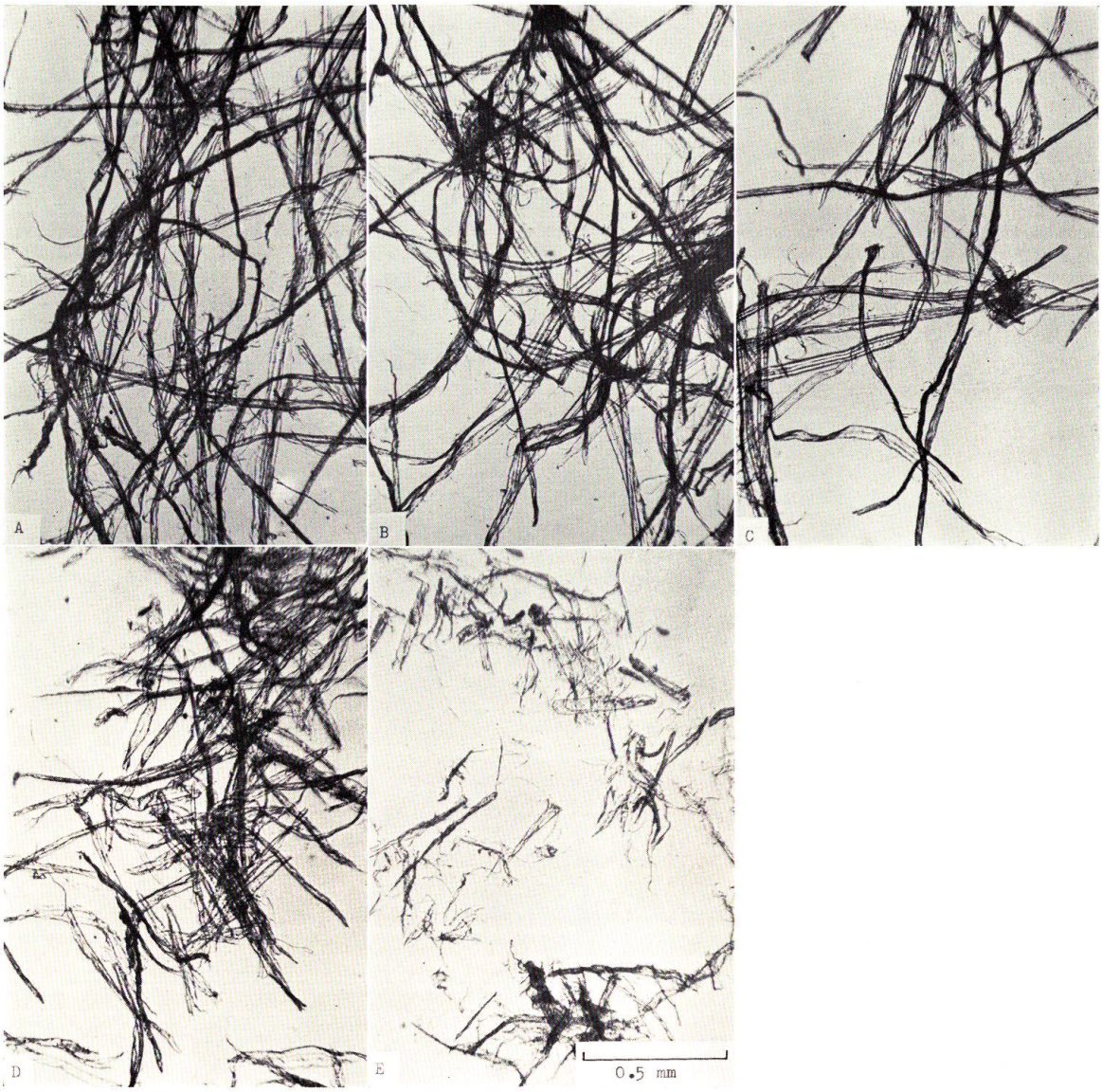
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第101図　未叩解トド元パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 106.　Fiber of every fraction of todomatsu butt pulp unbeaten.

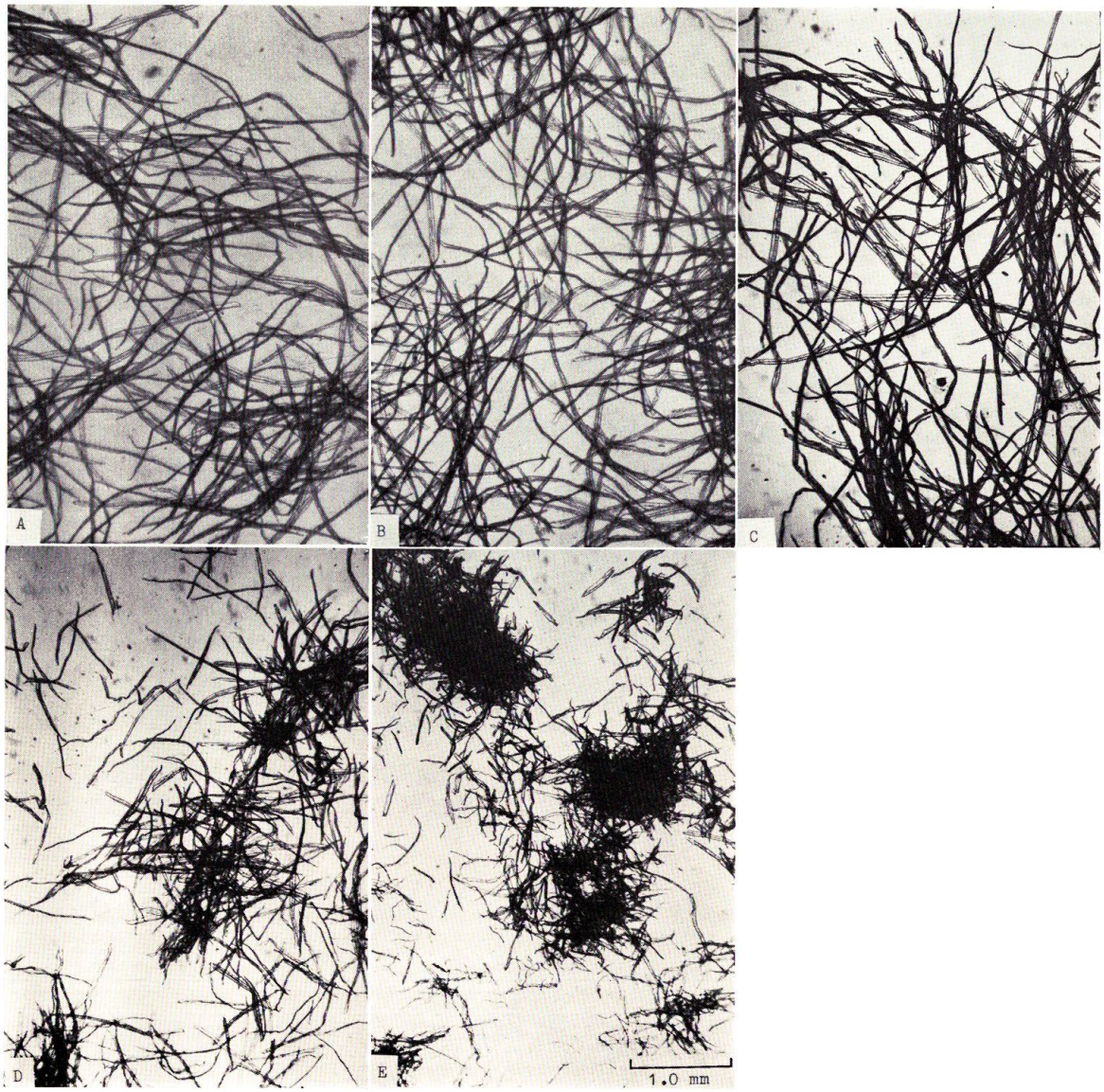
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第107図 叩解トド元パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 107. Fiber of every fraction of todomatsu butt pulp beaten.

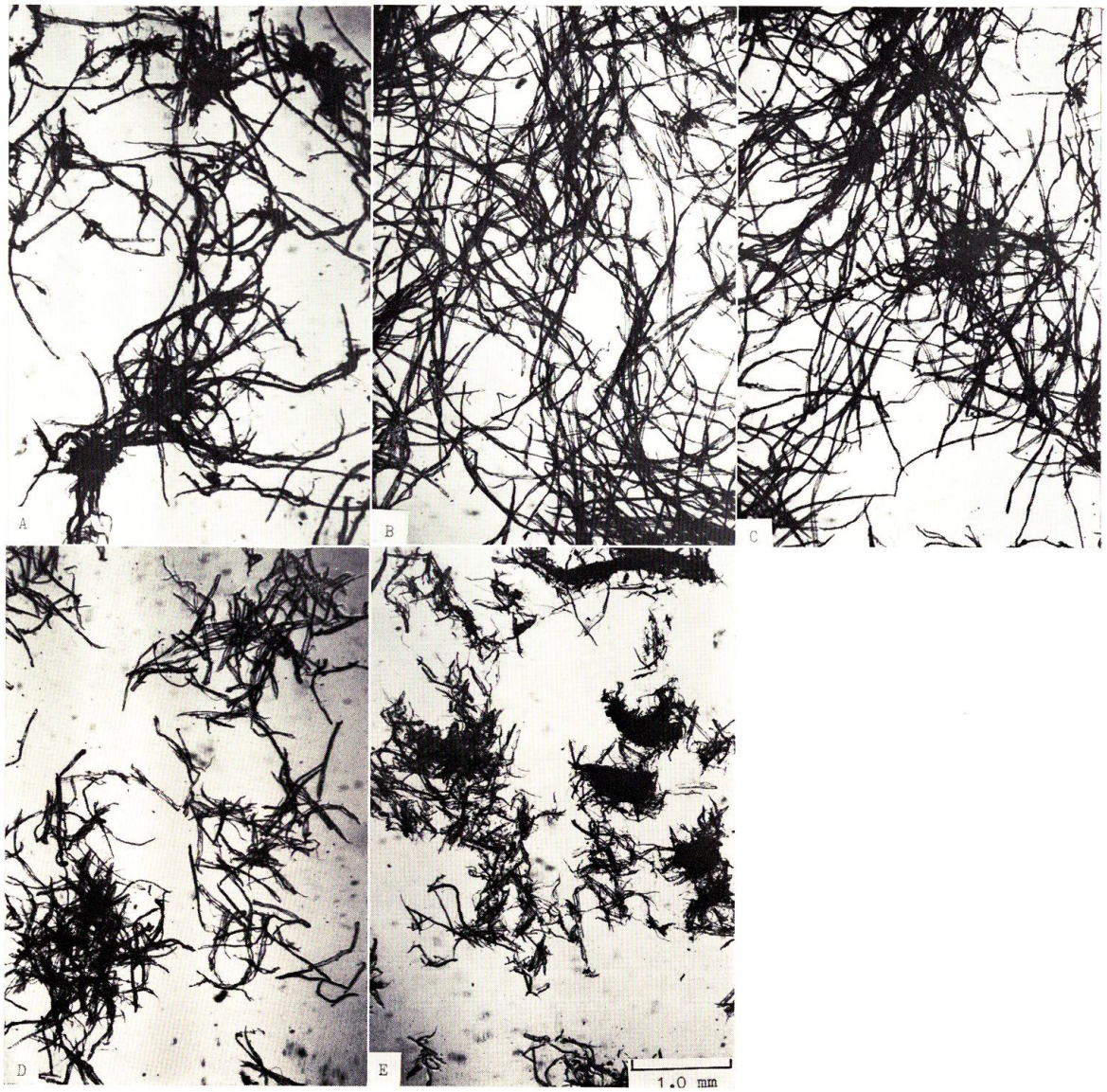
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第108図　未叩解トド末パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 108.　Fiber of every fraction of todomatsu top pulp unbeaten.

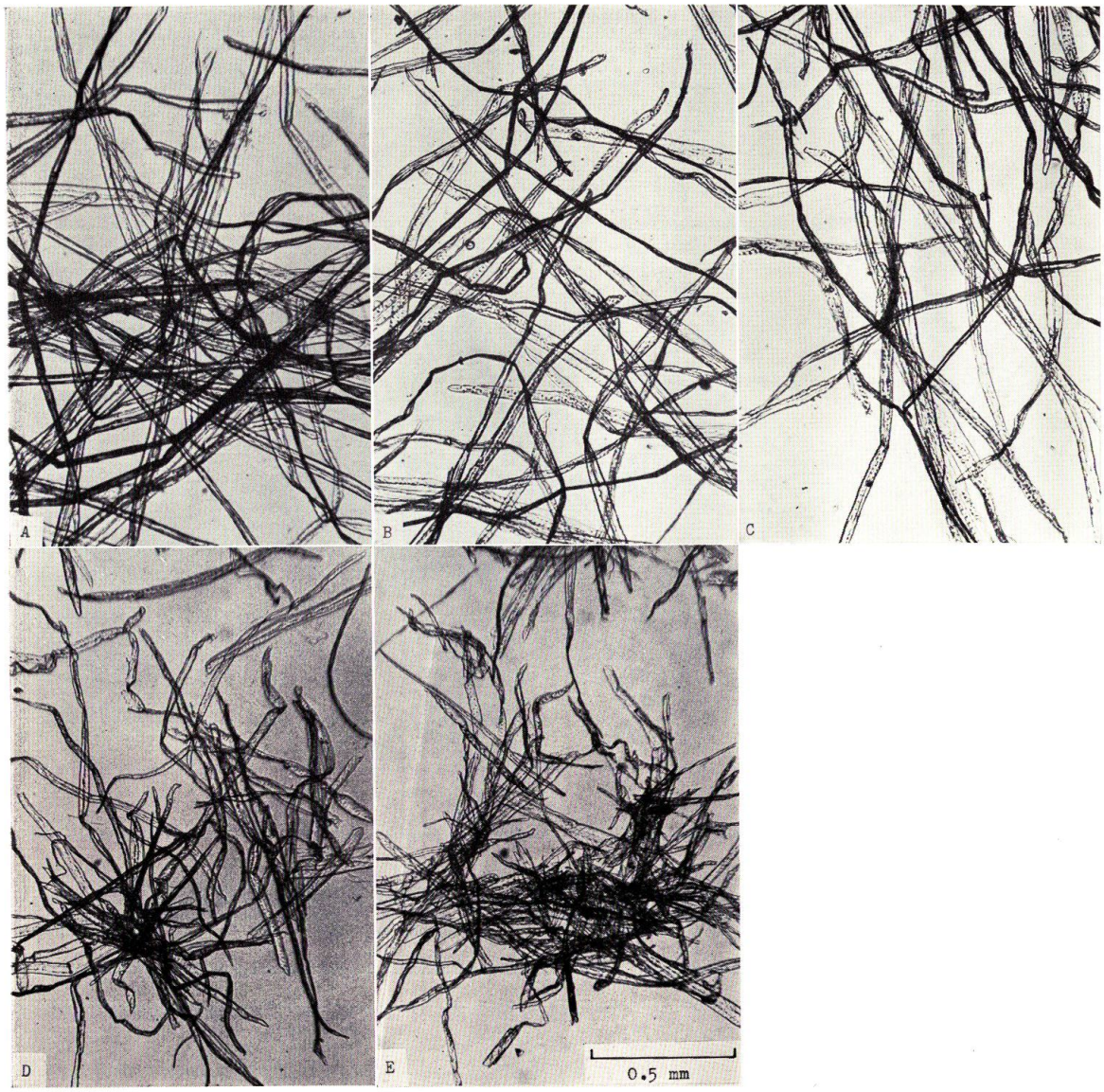
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第109図 叩解トド末パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 109. Fiber of every fraction of todomatsu top pulp beaten.

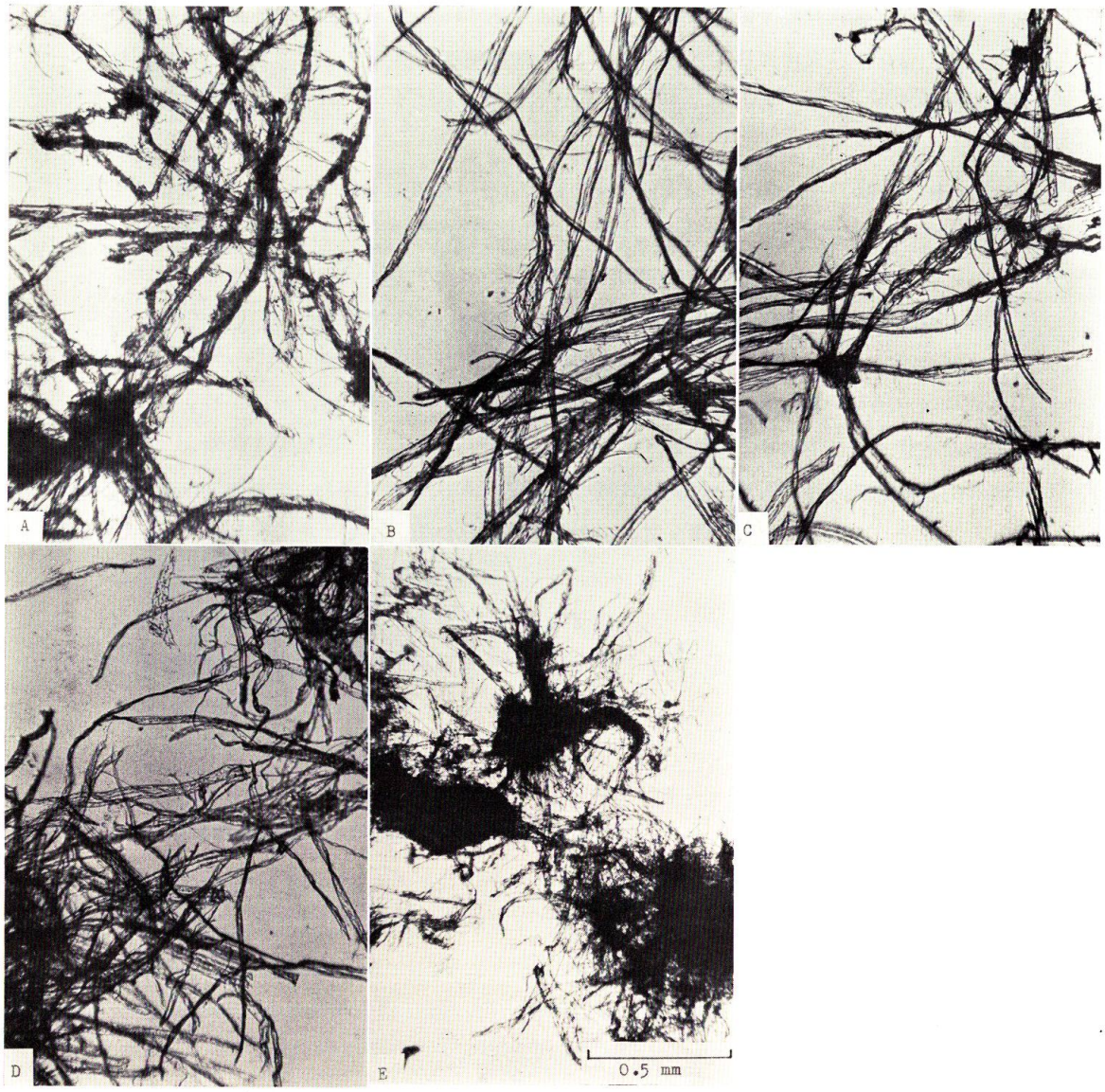
	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第110図　未叩解トド末パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 110.　Fiber of every fraction of todomatsu top pulp unbeaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃



第111図 叩解トド末パルプふるい分けの各フラクションの繊維

Fig. 111. Fiber of every fraction of todomatsu top pulp beaten.

	フラクション Fraction	平均繊維長 Average fiber length
A :	～ 10 mesh	3.09 mm
B :	10～ 35 〃	2.41 〃
C :	35～ 65 〃	2.09 〃
D :	65～100 〃	0.82 〃
E :	100～325 〃	0.20 〃

リグニン残存型腐朽材には未蒸解の微細腐朽材片（第45図）がみとめられる。

一方，林産学科木材理学教室のお世話で走査型電子顕微鏡を用い，それぞれの腐朽材パルプ紙葉の表面を，金蒸着法によって観察を行なったが，核心をつく特性を観察する事はできなかった。

e. 漂　白：腐朽材パルプを利用する場合，まず第1に考えなければならないことは，その漂白性に関してであろう。すでに述べたように，腐朽材パルプは，その着色性においてもきわめて複雑雑多であって，単に多量の漂白剤を用いればすむといった種類のものではない。そこで筆者はまず基礎試験として，亜塩素酸ソーダを用いて，漂白剤に対する腐朽材パルプの基礎的性質をさぐってみた。その後ふつう工場で行なわれている塩素，アルカリ，晒粉，亜塩素酸ソーダ（ClO_2 代用）を用いて漂白の試験を行なった。まず第1に，亜塩素酸ソーダのみによる基礎実験，ついで第2には塩素，アルカリ，晒粉，アルカリ，晒粉の5段漂白，第3にはリグニン残存型腐朽材パルプの代表的試料である No. 5 について塩素，アルカリ，亜塩素酸ソーダの3段階の漂白を行なって健全材パルプと比較したので，以下順次これらについての結果を報告する。

e_1 基礎試験：実験の結果を一覧表にすると第24表のようである。パルプは叩解した CSf 200 mℓ 付近のものを用いた。まず亜塩素酸ソーダの添加量と白色度との関係を第111図にみると，健全材ではパルプに対して3.3%の亜塩素酸ソーダを加えると，白色度が22.5%から52.6%に急上昇しており，その傾向は No. 3 内もまったく同様であった。また，トドマツの場合は No. 4 がやや白色度の上昇率が小さいが，他は腐朽型をとわず，すべてよく漂白されている。アカエゾマツの場合はリグニン残存型が一般に漂白されにくく，亜塩素酸ソーダを3.3%加えると白色度が健全材パルプの場合，22.5%から52.6%に漂白されるのに，No. 5 は12.5%から13.9%に，No. 2 外は16.8%から20.0%にときわめて低い漂白性を示している。また，漂白5段階と無処理の平均値をみても，健全材の54.5%にくらべて No. 5 が32.7%，No. 2 外が41.0%，No. 2 内が46.9%と漂白困難なことを示している。亜塩素酸ソーダを20%加えた場合，健全材パルプでは63.0%，セルロース残存型の No. 3 内外では67.0～68.2%と高い値を示し，他は63～65%と狭い範囲に集中しているが，リグニン残存型では No. 5 が57.5%，No. 2 外が59.8%と60%に達していないのが目立っている。この基礎試験によって，腐朽材は漂白剤を多量に要し，しかもなお白色度が上らないという悪い性質をはっきりとあらわしている。

つぎに漂白による裂断長の変化をみると，漂白によってリグニン残存型の No. 4 が43.4%，No. 5 が52.8%，トド元が21.7%だけそれぞれ未漂白パルプにくらべて強度が高くなっているが，他は漂白による影響が比較的小さかったということができる。各試料の未漂白と20%添加漂白の紙葉の S-S カーブを第112～116図に示す。その特長のもっともいちじるしいものは紙の伸びが No. 6 の3.0%から健全材の3.4%の間で，狭い範囲であるのに，No. 5 のみが2.3%ときわめて低いことである。

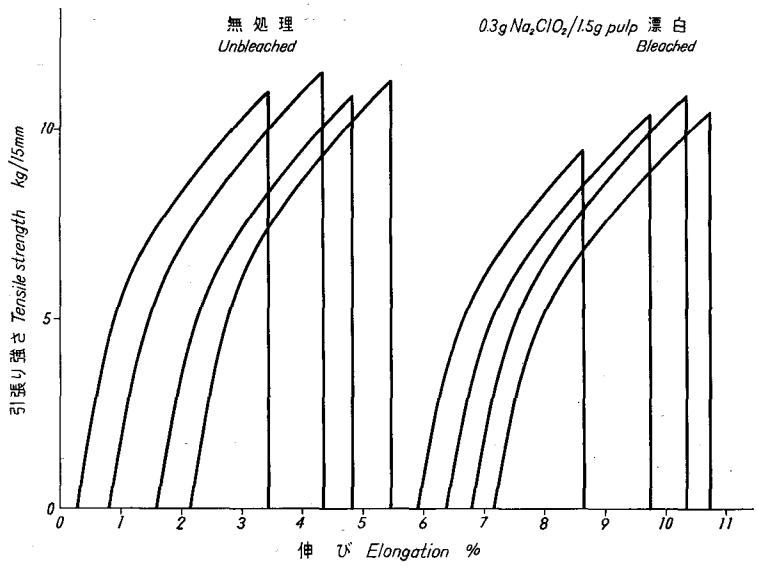
第24表　腐朽材パルプの漂白基礎試験

Table 24.　Bleaching test with $NaClO_2$

	$NaClO_2$ 添加量		健全 Sound	No. 1 内 inner	No. 1 外 outer	No. 2 内 inner	No. 2 外 outer	No. 3 内 inner	No. 3 外 outer	No. 4	No. 5	No. 6	トド元 Todo-matsu butt	トド末 Todo-matsu top
	$NaClO_2$ g/1.5 g パルプ pulp	O.D. パルプに対する On the basis of o.d. pulp, %												
白色度 Brightness (%)	0 (リグニン含有率 % Lignin content)	0	22.5 (3.2)	22.4 (2.4)	22.6 (1.8)	17.4 (3.1)	16.8 (2.5)	25.8 (1.3)	24.0 (2.0)	21.3 (4.0)	12.5 (2.9)	21.0 (2.9)	22.8 (3.8)	22.7 (3.0)
	0.05	3.3	52.6	41.6	40.0	29.1	20.0	52.3	31.9	42.2	13.9	49.6	48.8	51.0
	0.1	6.7	61.4	59.0	55.0	54.6	36.0	63.2	58.5	57.6	18.2	57.0	53.2	58.1
	0.15	10.0	64.2	61.9	62.7	59.1	55.8	65.3	62.8	59.4	41.4	60.0	62.0	62.8
	0.2	13.3	63.2	62.5	63.5	59.9	57.7	65.2	65.3	63.6	52.7	62.8	64.6	64.1
	0.3	20.0	63.0	63.0	65.0	61.4	59.8	67.2	68.2	62.5	57.5	63.8	64.8	64.6
Average			54.5	51.7	52.7	46.9	41.0	56.5	51.8	51.1	32.7	52.4	52.7	53.9
裂断長 Breaking length (km)	0	0	10.2	8.9	9.5	9.0	9.0	8.4	7.3	7.6	7.2	7.6	8.3	9.9
	0.05	3.3	8.8	8.0	6.6	7.3	8.6	7.6	7.5	8.2	8.4	9.8	10.3	9.2
	0.1	6.7	9.8	7.4	7.2	9.8	7.7	7.5	7.3	9.6	9.8	8.8	10.4	9.6
	0.15	10.0	9.9	8.0	8.2	10.2	8.5	7.5	6.8	9.5	10.0	9.8	7.7	9.9
	0.2	13.3	9.8	7.4	8.2	9.3	9.0	7.0	7.2	9.2	9.8	9.4	10.3	10.1
	0.3	20.0	9.0	8.4	8.2	9.8	9.2	7.3	7.8	10.9	11.0	8.0	10.1	10.1
Average			9.6	8.0	8.0	9.2	8.7	7.6	7.3	9.2	9.4	8.9	9.5	9.8
伸び Elongation (%)	0	0	3.4	3.1	2.9	2.4	3.0	2.6	3.0	3.0	2.1	2.3	2.8	3.0
	0.05	3.3	3.3	3.2	2.5	2.0	3.4	3.4	3.2	3.0	2.1	3.4	3.7	2.9
	0.1	6.7	3.3	3.3	2.9	3.7	2.6	3.1	3.5	3.0	2.0	3.8	3.3	3.1
	0.15	10.0	3.5	3.2	3.3	3.5	3.7	3.2	3.5	3.0	2.2	3.0	2.5	3.5
	0.2	13.3	3.2	2.7	3.5	3.3	3.7	3.0	3.5	2.6	2.6	3.3	3.6	3.6
	0.3	20.0	3.4	3.2	3.2	3.3	3.6	3.2	3.3	3.4	2.5	2.3	3.2	3.5
Average			3.4	3.1	3.1	3.0	3.3	3.1	3.3	3.0	2.3	3.0	3.2	3.3
水分 Moisture (%)	0	0	8.9	7.3	7.4	7.7	10.8*	7.6	7.1	7.9	8.0	7.7	6.9	7.4
	0.3	20.0	8.5	6.9	7.2	7.5	10.3*	7.3	7.4	6.8	7.6	7.0	6.8	6.8

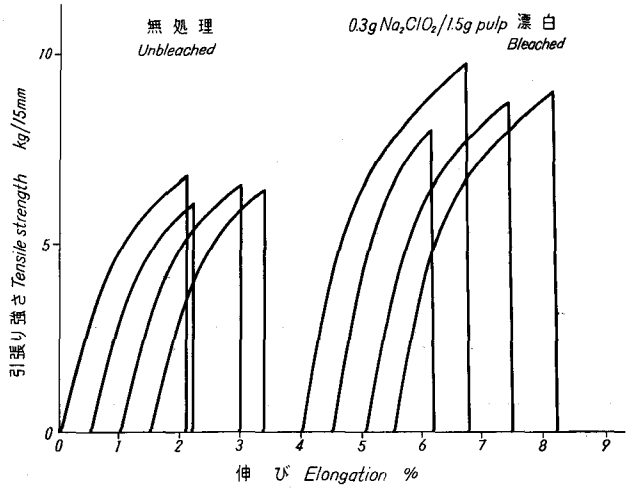
* 測定もれ後刻追試の結果

e_2　5段法による漂白：5段法で漂白した場合，これが筆者等の行なった方法の中では，もっとも工業的条件に近いと考えられる。まず第25表によって，健全，セルロース残存型，リグニン残存型を比較してみると，前2者の間ではまったく収率の相違がなく，リグニン残存型の No. 5 のみが2～3% 収率が低くなっている。つぎに白色度をみると，未叩解健全材パルプがもっとも高く，叩解パルプでは健全材パルプと No. 3 内パルプとの差はまったく見当らず No. 5 パルプの白色度は，未叩解で45.3%，叩解で24.9% と，健全材パルプの68.2%，59.9%



第112図　健全材パルプ紙葉引張り試験における応力—歪曲線

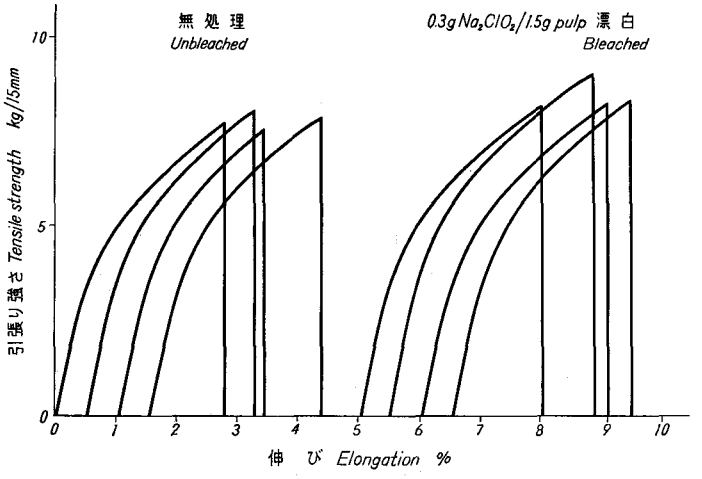
Fig. 112.　Stress-strain curve of tension test in sound wood pulp-sheet.



第113図　No. 5 パルプ紙葉の引張り試験における応力—歪曲線

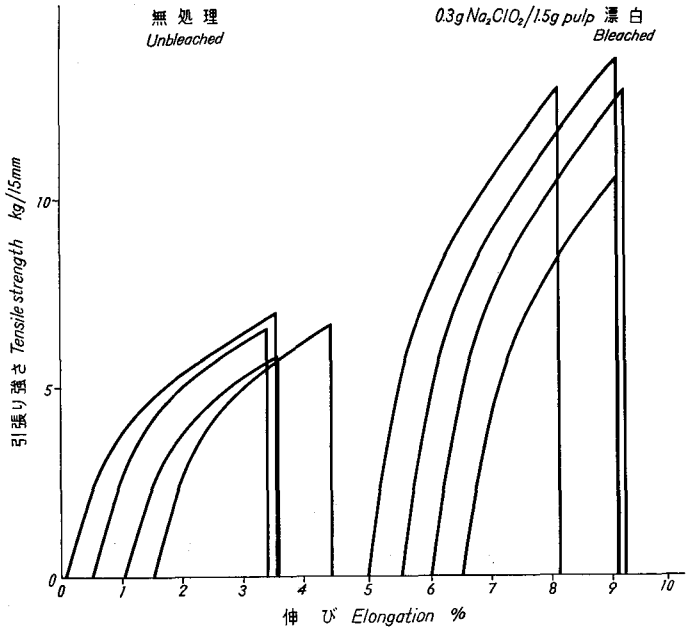
Fig. 113.　Stress-strain curve of tension test in No. 5 pulp-sheet.

にくらべていちじるしく低くかった。これは腐朽材パルプが良質パルプ中に混入すると，腐朽材パルプのために白色度を低下させることが，基礎試験とも一致してよく理解できる。つぎに引張り強度は，健全およびセルロース残存型腐朽材パルプの場合は，漂白による引張り強度の変化が，明らかに下降となってあらわれるが，リグニン残存型の No. 5 の場合にはほとんど変化がみとめられない。破裂および引裂強度は全般を通して漂白による変化が小さく，耐折度は



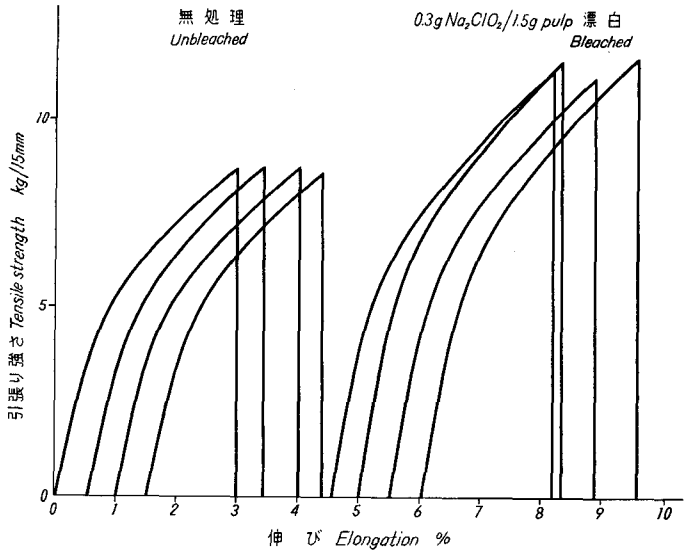
第114図 No. 3 内パルプ紙葉の引張り試験における応力—歪曲線

Fig. 114. Stress-strain curve of tension test in No. 3 inner pulp-sheet.



第115図 No. 4 パルプ紙葉の引張り試験における応力—歪曲線

Fig. 115. Stress-strain curve of tension test in No. 4 pulp-sheet.



第116図 トド末パルプ紙葉の引張り試験における応力—歪曲線

Fig. 116. Stress-strain curve of tension test in todomatsu top pulp-sheet.

第25表 5段法で漂白したパルプ紙葉の理学的性質

Table 25. Physical properties of sheet made from pulp bleashed by fivestage bleaching

試料番号 Sample No.		漂白収率 Yield (%)	容積密度 Density	白度色 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比破裂度 Burst factor	比引裂度 Tear factor	耐折度 Folding endurance (回)
健全 Sound	未叩解 Unbeaten	96.2	0.40	68.2	1.8	1.4	120	7
	叩解 Beaten	95.5	0.70	59.9	6.1	5.9	200	580
No. 3 内 inner	未叩解 Unbeaten	96.2	0.38	63.8	1.2	0.8	105	2
	叩解 Beaten	95.7	0.59	59.1	4.4	3.3	140	100
No. 5	未叩解 Unbeaten	93.1	0.59	45.3	5.0	3.7	102	67
	叩解 Beaten	94.1	0.65	24.9	5.0	3.6	69	50

腐朽型をとわず，いずれも目立って向上している。

e_3 3段法による漂白： すでに5段法による漂白のところでみられるように，セルロース残存型については，強度について多少低いという問題はあるけれども，白色度や収率については健全材と同等と考えることができた。そこで漂白の最大の問題点，白色度について，さらに漂白方法を変えて深めようとしたのがこの実験であって，とくに塩素の使用量に不足をきたさな

第26表 3段法による漂白パルプの紙葉の理学的性質 その1

Table 26. Physical properties of pulp sheet bleached by threestage bleaching part 1

試料番号 Sample No.	塩素添加量 Cl_2 added (%)	カセイソーダ添加量 NaOH added (%)	亜塩素酸ソーダ添加量 $NaClO_2$ added (%)	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比破裂度 Buret factor	耐折度 Folding endurance (回) (time)
健全 Sound (CSf 200 mℓ)	12	2	0.5	71.2	6.0	6.0	870
〃	〃	〃	1	68.5	6.6	5.6	660
〃	〃	〃	2	71.4	6.4	4.9	750
No. 5 (CSf 200 mℓ)	12	2	2	63.4	5.9	4.9	75
〃	〃	〃	4	63.8	5.1	5.0	310
〃	〃	〃	6	62.0	5.6	3.5	190

第27表 3段法による漂白パルプの紙葉の理学的性質 その2

Table 27. Physical properties of pulp sheet bleached by threestage bleaching part 2

試料番号 Sample No.	塩素添加量 Cl_2 added (%)	カセイソーダ添加量 NaOH added (%)	亜塩素酸ソーダ添加量 $NaClO_2$ added (%)	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比破裂度 Burst factor	耐折度 Folding endurance (回) (time)
No. 5 (CSf 200 mℓ)	24	2	0.5	52.5	5.6	3.9	402
〃	〃	〃	1	59.0	5.1	4.3	75
〃	〃	〃	2	64.5	3.8	2.5	63
〃	〃	〃	4	64.4	5.0	2.9	38
〃	〃	〃	8	64.5	4.8	2.9	64
〃	〃	〃	10	65.5	5.3	2.3	116
平均 Average	—	—	—	61.4	4.9	3.1	126

いよう配慮した。さらに漂白段数を重ねる代りに，亜塩素酸ソーダを用いることによって，その不足を補うことを配慮した。その結果を第26表および第27表にみると，No. 5については白色度が上らず，強度も低下した。この理由は，おそらく，塩素処理とカセイソーダ抽出の段階で，強度に有効な作用をしていたヘミセルロースの除去と変質が考えられ，白色度の向上しないのもそれと無関係でないと考えらる。

4. 考察と結論

すでに前にものべたように，パルプ資源は世界的に欠乏の一途をたどっている。林産資源を合理的に利用し，そのことを通して森林に保続生産の能力を付与することは，われわれ林産学を専攻する者のつとめでなければならない。ところが森林から多量に生産される腐朽材の合理的

利用についての資料は以外に少ないといわなければならない。本研究ができるだけ工業的条件に近い条件のもとで行なわれたのも，それができるだけ速かに工業面に活用されることを望むからである。天然の腐朽材を用いて行なう研究は，条件の規制がむずかしく，幾多の困難な点を伴なうけれども，それは研究者自らが解決しなければならない使命である。本研究においても反省し考察すべき点が幾つかあるので順次検討を加えることにする。

最初に考えるべき点は，腐朽材の分類の方法である。今日まで広く用いられてきた菌学者の分類方法は外見的色彩に訴える点が多くて，化学的には問題点を有していることである。

近年「パルプ原木としての腐朽材の化学的研究」と題して，香山[7~13]が一連の研究を行なっている。この研究はアカマツとブナを3種類の木材腐朽菌を用いて人工的に腐朽させ，炭水化物を中心とする成分について，DPを目的とするSPの調製およびその試験を行なったものである。その一連の報告の第2報[2]に腐朽型の分類について論じている。香山はパルプ原木の腐朽は初期のものであって，いままで行なわれてきた諸種の分類法は著者の方法も含めて一律に適当でないとしている。そして腐朽材はそのαセルロース（ホロセルロース中の)/βセルロース（ホロセルロースの中）の値が10以上のものを白色腐朽とし，5以下のものを褐色腐朽とするのが適当であるとしている。しかし，化学的立場からこの際この方法，考え方についても再検討をする必要があろう。まずすでに川瀬が報告[3),4)]しているように，化学的に腐朽材を分類する場合は，化学成分を基準とし，その呼称もそれに合致したものを用いるべきであろうと考える。具体的には本報告に用いたつぎの呼称が適当であろう。

			ホロセルロース/リグニン
1.	リグニン残存型腐朽材	Lignin-rich decayed wood	1>
2.	セルロース残存型腐朽材	Cellulose-rich decayed wood	特に大きいもの
3.	健全材類似型腐朽材	"Normal-like" decayed wood	健全材に類似したもの

この場合はホロセルロースとリグニンの比較を用いているが，リグニンとホロセルロースの2大成分が全体の90%以上をしめ，その特性を充分あらわしうるからでもある。αセルロース＋βセルロースは腐朽材成分の一部であって，それだけの比率を用いることには問題がある。したがって筆者等は本報告の中では化学成分に基礎をおいた筆者の呼び方を用いた。第2に問題とすべき点は，天然腐朽材と人工腐朽材ではかなり性質が異なる点である。DP原料のように，とくに原料の品質を精選しなければならないものについてはあるいは，香山[8)]のいうように原木中に混入する腐朽材は腐朽初期段階のものであるかもしれないが，中期・末期の腐朽材の混入も工業条件では当然考えられるし，日本における生産量の90%をしめる製紙用パルプの原料にいたっては，その原木は人工腐朽させた初期段階腐朽材のような単純のものではありえない。その中には腐朽程度の異なる各種原木が雑多に含まれており，その点をよく配慮しなければならない。第3は，本研究の目的は，できるだけ工業的条件に近い条件で行ない，実際の工業に直接に幾分でも役立てようとした点である。また利用の主体は製紙用パルプであり，

パルプ化の方法は，現在パルプ生産量（昭和44年）の52%を占める硫酸塩法を用いたことである（香山は亜硫酸法を用いている）。

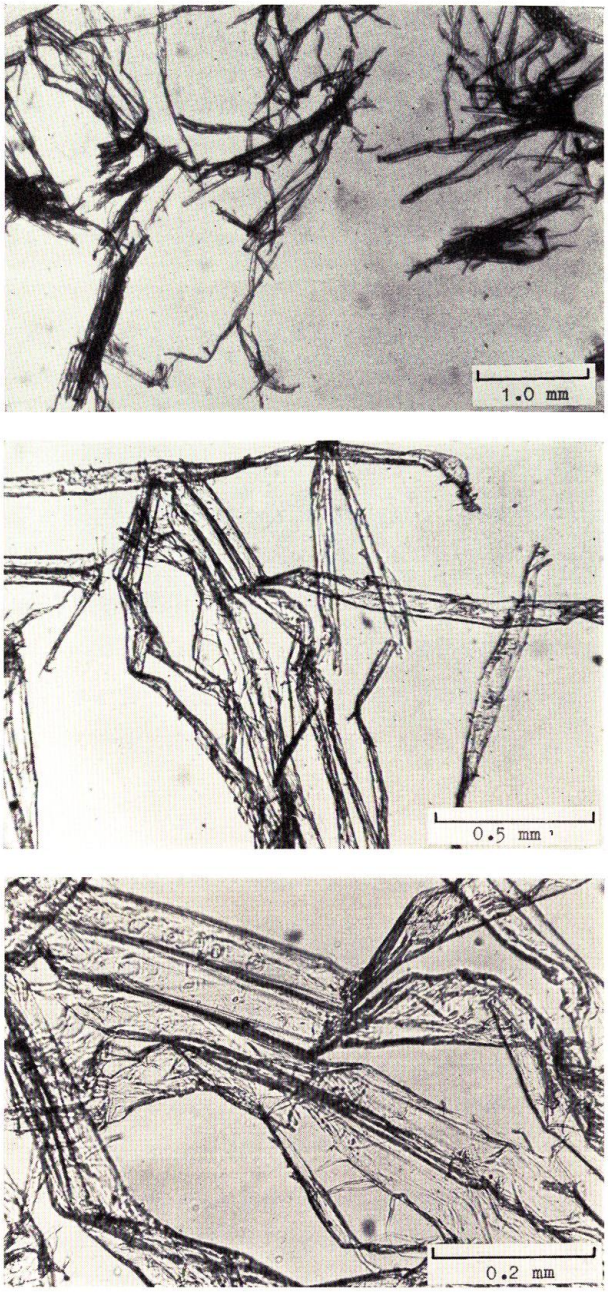
つぎにチッピングにおける実験条件を検討してみる。今回用いた試料の中には腐朽し，乾燥しているものがかなりあったが，このような原木のチッピングに当っては，とくにチッパーの刃のよく切れることが必要であろう。スリーバーやダストの量にかなり影響するようである。つぎにチップのふるい分けであるが，市販品のチッパーに組合せて販売しているスクリーンは，一般的にチッピングの能力に対し，ふるい分けの能力が不足のようである。とくにリグニン残存型腐朽材のように多量にダストを含有する原木のスクリーニングは，その能力が低くすぎて，チップの中にダストが多量に混入する。スクリーンの能力については，当実習工場における経常の事業として行なわれているチッピングの場合も，能力の不足がはっきりとあらわれている。設計上の問題点である。つぎは得られたダストの利用の問題である。ダストのふるい分け試験についてはすでに述べたが，10メッシュのふるいに残る部分が，健全材では72%に達し，最低でもNo. 5の41%に及んでいる。これらの粗粒子はパルプ原料として充分使える大きさのものであり，ダストの利用に再考を要する。10メッシュを通過した細粉は，とくにリグニン残存型腐朽材の場合，量も多く，土壌改良用の有機物としての利用も考えられるので一部を実験苗畑で試験に供してその結果を待っている。つぎに蒸解について検討してみる。腐朽材にはそれぞれに適した蒸解条件があるはずである。しかし，ここでは比較のためまったく同一条件で実験を行なっている。この場合はリグニン残存型腐朽材のアルカリ消費量が多いことが確認されているけれども，どのような条件がそのチップの蒸解に適しているかは知ることができない。したがって，健全材の最適条件での比較試験となる。すくなくとも現在においては，健全材の中に混入する腐朽材についての試験を行なうのが適当であって，この試験においても，それぞれを別個に蒸解すると共に，健全材との混煮試験まで行なうことができればさらによかった。つぎにパルプの叩解時間とフリーネスの低下の関係である。腐朽材パルプでは健全材よりきわめて短かい時間に目的のフリーネスに達するものがあるから，健全材と混合して叩解する場合は，過叩解となる。腐朽材のパルプは，同一フリーネスにおいては腐朽型が異なってもきわめてよく似た繊維形態を示すが，理学的性質はかならずしも一致しない。とくにリグニン残存型腐朽材パルプの強度は低い傾向にあり，これは繊維自体の弱化していることを示すもので，その傾向を零距離引張り試験で見ることができる。すなわち，健全および他の腐朽材パルプでは，零距離裂断長が11.5～16.0 kmあるのに対し，No. 5は8.7 kmときわめて低い値を示している。

今後の叩解試験は，ナイヤガラ型ビーターと共に，重点部分についてはデイスクリファイナーを用いる必要があろう。また，試験が蒸解してから叩解まで，あるいはさらにはふるい分けや漂白試験までを一貫して行なわれることによってかなり長時間を要しているので，白色度なども蒸解直後とその後の試験時とかならずしも一致せず，この点に問題を残したが，筆者等

の研究室の現在の人員と設備ではいかんともし難たかった。また，試験構想の中で新しい試験器を用いる場合は，製作所に対する信頼性も加味して，充分な配慮を要することが痛感された。今回はふるい分け試験器と零距離引張り試験機のアタッチメントについてであった。

以上の考察の上に立って，腐朽材のチッピングと腐朽材チップから得られる硫酸塩法パルプについて結論を出すと，いままでの諸報告との一致点がほとんどであって，つぎのようである。

1. 樹種についてはアカエゾマツとトドマツの2種類についてのみであるが，外観的に同一に近い腐朽材パルプの場合パルプ原料としてトドマツがアカエゾマツにくらべてすぐれている。これは福山の主張[1]とも関連があるであろう。
2. ダストの量はリグニン残存型腐朽材が目立って多く，ダスト中の細粉の割合も同様リグニン残存型腐朽材に多かった。他のセルロース残存型および健全材類似型腐朽材は近い値を示した。また，チップ中へのダストの混入もリグニン残存型が目立っていた。
3. パルプの収量はリグニン残存型腐朽材が低く，セルロース残存型と健全材類似型腐朽材は健全材に近く，セルロース残存型腐朽材はむしろやや高い値を示している。



第117図　エゾサルノコシカケによる腐朽材中の単離繊維（無処理）

Fig. 117.　Fibers separated by *Cryptoderma yamanoi* in decayed wood.

4. 廃液の pH はリグニン残存型腐朽材パルプのものが低く，他は健全材パルプのものとほぼ同等である。アカエゾマツ材パルプのものはトドマツ材パルプのものよりやや低く，アルカリ消費量の高いことを示している。
5. 成分組成はほぼ同じ値を示したが，α-セルロースはリグニン残存型腐朽材パルプが低く，分解の程度の高いことを示している。
6. リグニン残存型腐朽材パルプ中には，叩解によって，きわめて短時間にフリーネスの低下するものがあるから，叩解には注意を要する。
7. パルプの白色度はリグニン残存型腐朽材パルプが目立って低く，パルプ中に未解離の着色木材片や繊維等が多数観察された。
8. 強度は，裂断長が No. 2 内がきわめて高い値を示したほかは，一般的にリグニン残存型腐朽材パルプが低い値を示した。また紙葉の伸びは，リグニン残存型の No. 5 のみがとくに小さかった。
9. ふるい分け試験の結果は，未叩解の場合その傾向として健全材とセルロース残存型腐朽材パルプに長い方の繊維が多く，リグニン残存型と健全材類似型腐朽材パルプでは中繊維が目立って多かった。このパルプを CSf 200 mℓ まで叩解すると，各フラクションの分布状態は，健全材および，すべての腐朽型腐朽材パルプにおいて中繊維がその 60～70% をしめて同一傾向であるが，短繊維と微細繊維の割合はリグニン残存型に目立って多く，ついでセルロース残存型であった。
10. 腐朽の進んだリグニン残存型腐朽材からのパルプの白色度は，漂白剤を多量に用いた場合でも健全材には及ばず，ホロセルロースの変質によるものと考えられる。

以上の結論によれば，大まかにいって，腐朽材は健全材にくらべて，パルプ原木としては質の低劣なものであるということになる。しかし，着生した腐朽菌によって材の性質はいちじるしく異なるものであるから，この特有のよい性質を利用して，パルプ原木としてプラスとなる性質を生み出すことも考える必要があろう。たとえば，エゾサルノコシカケによって分離された天然ホロセルロースは，ほとんど完全に近い漂白パルプであると考えることができる（第 117 図参照）。この段階までを完全に菌に依存しなくても，ある種の木材腐朽菌を適当に利用して，木材の解繊作用を行なわせ，公害の少ないパルプ産業の成立をはかることも一つの考え方である。

5. 摘　　要

パルプ原木の不足に伴って，木材の変質した部分を含めて，そのすべての部分を合理的に利用しようとする試みはふるくからみられるが，最近はカナダのように木材に恵まれた国においてさえも，そうした研究[18] が行なわれている。森林面積の小さいわが国においては，木材の欠乏は木材工業，とくに発展のめざましいパルプ工業に対する影響がはなはだしい。このよう

な条件下では，木材の利用合理化は，とくに急を要する問題であるが，北海道のように，森林の中で占める天然林の割合が大きく，腐朽材を多量に生産する地域では，腐朽材の利用合理化はもっとも急を要する重要課題の一つである。

1. 試料は健全材，リグニン残存型 (Lignin-rich)，セルロース残存型 (Cellulose-rich)，健全材類似型 ("Normal-like") 腐朽材の4種類である。腐朽材の分類方法はすでに報告[3),4)]したように，木材の主要化学成分のホロセルロースとリグニンを基準にして行なったものである。いままで広く行なわれてきた菌学的分類の褐色腐朽はリグニン残存型に相当し，白色腐朽にはセルロース残存型と健全材類似型の両型が含まれるとみてほぼ間違いない。したがって，腐朽材を化学的に取り扱う場合は筆者の提唱する分類方法が望ましい。

2. 健全アカエゾマツ材とトドマツ生立木は，伐倒剝皮してから50 cmの長さに切断し，それぞれの部位の容積密度，水分を測定してから，スパウトに入る大きさに小割りしてチッパーにかけた。このトドマツは根元に近い部分で主としてモミサルノコシカケに侵されている部分と，上半分のチウロコタケモドキに侵されている部分に分けた。試料No. 1からNo. 3までは，内部から完全な角材を製材し，その角材の部分を内，残部背板の部分を外として分け，とくに製材部分は容積密度，水分，アルカリ消費量を測定してからチッピングした。また，No. 4からNo. 6は材積を測定後，投入できる大きさに製材して直ちにチッピングした。これを振動式スクリーンにかけ，合格チップとダストに分け，それぞれについて試験した。

3. 風乾チップの絶乾約1.5 kg相当量を10 ℓ容オートクレーブにとり活性アルカリ19.3%，硫化度23.5%，液比1:5の蒸解液を加え，60分間で170°Cまで昇温し，170°Cに90分間保持した。このパルプは水洗後12カットのフラットスクリーンを通し，150メッシュのふるいに受け得られたものを精選パルプとした。つぎに絶乾360 g相当量のパルプをとり，23 ℓ容ナイヤガラ型ビーターで叩解し，それぞれ未叩解，600，500，400，300，200 mℓ (CSf) のパルプを調製し，これらのパルプについて物理試験を行なった。また，バウエルマクネット型ふるい分け試験器を用い，絶乾3 g相当量のパルプを用い，流水量4 ℓ/分でふるい分け試験を行ない，タッピースタンダードに従って平均繊維長を測定した。なお，その他の試験については常法によった。

4. チップとダストの色・形はそれぞれの特長を示している。リグニン残存型腐朽材からのチップは，No. 5で代表されるように着色しており，ふるい分けが完全に行なわれておらず，チップ中にダストがかなりの量混入していた。つぎにチップに対するダストの量をみると，健全材がもっとも少なく2.0%であり，セルロース残存型や健全材類似型は2.1から3.8%と低い

値を示したが，リグニン残存型は2.4から21.5%と，他にくらべて高い値を示した。また，チップの容積密度は健全材が0.18でもっとも高く，腐朽材は0.12から0.16の間にあって低い値を示した。さらに木材はチッピングによって容積を増大するが，その比率は健全材が2.3倍であるのにくらべて，リグニン残存型とセルロース残存型では1.8～2.3倍と健全材よりやや低い値を示したが，健全材類似型では2.9倍と逆に高い値を示した。

5. ダストをふるい分けしてみると，10メッシュの金網上に残り，チップとして利用できると思われる大きい部分は，健全材では72%と高く，リグニン残存型腐朽材の場合はNo. 5, No. 1外，No. 2外がそれぞれ41.0%，46.6%，48.7%と低い値を示した。

6. チップの成分組成は，リグニンと1%-NaOH抽出物にその特性を示し，いずれもリグニン残存型腐朽の進んだ材に多いことが目立っていた。また1%-NaOH抽出物は原木の容積密度と関連があり，容積密度の小さいもの（腐朽の進んだもの）に多かった。

7. パルプの収率をみると，健全材の43.0%にくらべて，リグニン残存型腐朽材はアカエゾマツでは平均28.3%，トドマツでは平均39.1%といずれも低く，セルロース残存型は44.4%とわずかに高く，健全材類似型は43.0%と健全材と同じ値を示した。

8. 蒸解におけるアルカリ消費量を廃液のpHから推定すると，まず健全材のpHは13.0で，これにくらべてリグニン残存型腐朽材のNo. 5, No. 2内，No. 2外はそれぞれ12.1, 12.3, 12.6と低い値を示し，リグニン残存型のアルカリ消費量が多いことが想像され，その他の腐朽材はpHの差がほとんどみられなかったから，蒸解によるアルカリ消費量に大差のないことがうかがわれる。

9. パルプの成分組成をみると，α-セルロース含有率に特長がみられる。すなわち，健全材パルプが83.9%であるのに対し，リグニン残存型腐朽材パルプではアカエゾマツが平均69.0%，トドマツが平均79.1%といずれも低い値を示しているのに対し，セルロース残存型では平均83.5%，健全材類似型では82.3%と，いずれも健全材に近い値を示した。

10. 未叩解パルプの強度は，引裂強度は繊維の長いものほど高く，その他の強度はヘミセルロース含有率の高いものほど高い傾向を示した。

11. これらのパルプを叩解すると，フリーネス（CSf）200 mℓに達するまでの時間は，健全材が67分を要するのに，リグニン残存型腐朽材のNo. 5ではわずか12分，No. 2外では

32分と短時間であり，一般にリグニン残存型が短時間であるといえるが，トドマツはアカエゾマツにくらべて長い傾向を示しセルロース残存型も長い傾向を示した。

12. 強度はフリーネスの変化にともなって，ほぼ一定の傾向を示すが，全体的にみて，リグニン残存型腐朽材パルプが低い傾向を示していた。

13. 白色度はリグニン残存型腐朽材パルプがとくに低い値を示し，強く漂白した場合でも，ある程度までは白色度が上昇するが，健全材パルプには及ばなかった。セルロース残存型と健全材類似型腐朽材パルプは，健全材のそれに近い値を示した。

14. パルプのふるい分けの結果は，未叩解パルプでは健全材パルプとセルロース残存型腐朽材パルプの傾向が似ていて，長繊維部分が多く，リグニン残存型腐朽材パルプと健全材類似型腐朽材パルプでは中繊維が多かった。CSf 200 mℓ の叩解パルプでは中繊維がいずれのパルプでも極端に多くなったが，微細繊維はリグニン残存型腐朽材パルプにとくに多かった。

15. トドマツはアカエゾマツにくらべると，同型の腐朽材でも一般に蒸解時のアルカリ消費量が少なく，収量が高く，強度も高い傾向を示し，パルプ原木として良好であることがわかった。

参考文献

1) 福山伍郎：トドマツ，エゾマツの特異性に就いて論ず．北海道林業会報，**32**. 51, 103, 151, 211 (1934).
2) 川瀬 清：腐朽材の活用に関する化学的基礎研究．北大演習林研究報告，**19**, No. 2, 1 (1958).
3) 川瀬 清：腐朽材の化学．木材工業，**16**, 408 (1961).
4) KAWASE, K.: Chemical compositions of wood decayed under natural condition and their properties. J. Faculty Agriculture Hokkaido University **52**, Pt 2, 186 (1962).
5) 川瀬 清・沢田 豊・和田正三：リグニンとヘミセルロースがパルプの性質に及ぼす影響．北大演習林研究報告，**25**, 265 (1967).
6) 川瀬 清・五十嵐恒夫：腐朽材パルプ．日本木材学会北海道支部講演集，**1**, 71 (1968).
7) KAYAMA, T.: Chemical studies on decayed wood. I. The chemical composition of decayed wood and some properties of resultant pulps. J. Jap. Wood Res. Soc. **7**, 161 (1961).
8) 香山 疆：パルプ原木としての腐朽材の化学的研究（第2報）．腐朽型の分類について．同上，**8**, 29 (1962).
9) 香山 疆：パルプ原木としての腐朽材の化学的研究（第3報）．腐朽による材の構成糖類の変化．同上，**8**, 32 (1962).
10) 香山 疆：パルプ原木としての腐朽材の化学的研究（第4報）．蒸解，漂白工程（亜硫酸法）における腐朽材パルプのセルロースの変化．同上，**8**, 87 (1962).
11) 香山 疆：パルプ原木としての腐朽材の化学的研究（第5報）．腐朽材セルロースの重合度の変化，および生成パルプの重合度，結晶領域におよぼす腐朽の影響．同上，**8**, 197 (1962).
12) KAYAMA, T.: Chemical studies on decayed wood as a raw material for pulp. VI. Degradation of wood holocellulose by brown and white rotting fungi. J. Jap. Wood Res. Soc. **10**, 102 (1964).

13) ibid: Chemical studies on decayed wood as a raw material for pulp. VII. Qualitative analysis of cell wall carbolydrate of *Tyromyces palustris* and *Coriolus versicolor* grown in artificial media. ibid **10**, 106 (1964).
14) 三島教授退職記念会: 北海道林業の諸問題 189 (1968), 東京.
15) TAPPI: Microbiology of pulp and paper, Tappi monograph series No. 15 (1955).
16) 上野桂助: 紙の強度 76 (1962), 東京.
17) WISE, L. E.: Wood chemistry (1952), New York.
18) WORSTER, H. E. and VINJE, M. G.: Kraft pulping of western hemlock tree tops and branches. Pulp Paper Mag. Can. **69**, T 308 (1968).
19) 矢沢亀吉: トドマツ, エゾマツ枯損木の腐朽及び該材の機械的性質に関する研究. 樺太庁中央試験所報告, 第2類, **14**, 1 (1943).

Summary

For the lack of raw material of pulp, man has taken pains of using the whole wood in which decayed wood has been contained in a rational manner. Recently, the research[18] of whole wood utilization has been found even in literature of Canada, where forest resources are abundant.

In the country which has only so small forest, lack of forest resources has a large effect on pulp industry. In such a country the rationalization of wood utilization is an urgent necessity and especially Hokkaido island which has much natural forest and produces decayed wood in large quantities needs utilization of decayed wood.

Samples

Samples are shown in Table 1. Those samples were sound wood, lignin-rich decayed wood, cellulose-rich decayed wood and "normal-like" decayed wood.

The decayed woods were divided into three groups by the ratio of holocellulose content to lignin content.[4] Dacayed woods which belong to lignin-rich group and present an appearance of brown color, are called brown rotted wood, while those which belong to cellulose-rich or "normal-like" decayed wood and have usually bright color, are called white-rotted wood mainly from the forest pathologic stand point. However, from the chemical stand point on the basis of chemical composition of decayed wood, the method of classification or nomenclature suggeseted by the author seems to be more suitable.

Samples for this study were woods decayed under natural conditions in the forest or wood yard. Among those samples No. 3, todomatsu butt and todomatsu top had been infected already in the forest, while another samples had been decayed in the yard for a few year (Fig. 2~29).

Experiment

Sound akaezomatsu and todomatsu butt and top debarked were cut in 50 cm long. Weight and volume were measured about every short log and split for chipping. The samples No. 1, No. 2 and No. 3 were sawed for chipping (Fig. 30~32). Prepared chips were screened by chip screen and accept was used for pulping and dust was for fractionation.

Chips corresponding to about 1.5 kg of oven-dried chips were cooked by sulphate process in a 10-ℓ laboratory stainless digester. In this process, active alkali was 19.3%,

sulfidity was 23.5%, liquor to wood ratio was 5 : 1, cooking temperature was 170°C and cooking time was 90 minutes.

The cooked chips were sufficiently washed with hot water and screened through 12-cut plate of a flat screen.

Screened pulps corresponding to 360 g of oven-dried pulps were beaten in a 23-ℓ TAPPI standard Niagara beater, and the pulps of unbeaten, 600 mℓ, 500 mℓ, 400 mℓ, 300 mℓ and 200 mℓ of Canadian Standard freeness were obtained.

From each pulp five or six hand sheets were made for test of physical properties of the pulps.

Pulps were classified with a modified Bauer-McNett fiber classifier and weighted average fiber length was measured.

Results

Chip and dust:

1. The colored photographs of chips and dust were shown in Fig. 35 and 36 which shows typical properties of every type of decayed wood. Lignin-rich decayed wood was as shown in No. 5, dark colored, and contained considerable volume of dust because of imperfect screening.

2. The dust to chip ratio of sound wood was 2 percent and the lowest, while that of lignin-rich type decayed wood was generally high (No. 5 was 21.5%) and in cellulose-rich and "normal-like" type decayed woods that was lower (Table 11).

3. Density of sound wood chip was 0.18 and the highest value, while that of decayed woods was from 0.12 to 0.16 and lower value than that of sound wood (Table 11).

4. Percentage of dust part left on 10 mesh wire are high in sound wood (72%) and low in some of lignin-rich decayed wood (41～49%). That large particle in dust is useful for pulp (Table 11 and 12).

5. Chemical composition of a lignin-rich decayed wood was distinguished by a lignin content. Lignin content of lignin-rich decayed wood was high, while that of another decayed wood and sound wood were not distiguished (Table 13).

One percent sodium hydroxide solubility was in an inverse proportion to density and was able to be one of index of decay (Fig. 38).

Pulp:

1. Pulp yield of sound wood and cellulose-rich decayed wood was about 43%, while that of lignin-rich decayed wood was on an average value of 28.3% in spruce and of 39.1% in fir (Table 14).

2. Consumption of alkali in the sulphate cook is able to be presumed from pH of waste liquor. Some kinds of waste liquor of lignin-rich decayed wood pulps such as No. 5, No. 2 inner or No. 2 outer were pH value of 12.1, 12.3 or 12.6, respectively, while sound wood and another decayed wood had about 13.0 of pH value. From the value of pH, it is presumed that some of lignin-rich decayed wood consumed much alkali than others (Table 14).

3. There is nothing but content of α-cellulose which can distinguish the pulp from others. α-cellulose content of lignin-rich decayed wood was lower than others. Average values of α-cellulose content were as follows; sound wood 83.9%, cellulose-rich decayed

wood 83.5%, "normal-like" decayed wood 82.3%, and lignin-rich decayed wood 69.0% (spruce) and 79.1% (fir) (Table 14).

4. Beating time to obtain the pulp of 200 mℓ of Canadian Standard freeness was long in sound wood pulp and generally shorter in decayed wood. For example beating time of sound wood pulp was 67 minutes, while that of No. 5 (lignin-rich decayed wood) was 12 minutes (Fig. 40).

5. There was little difference among sound wood pulp, cellulose-rich decayed wood pulp and "normal-like" decayed wood pulp in brightness of pulp, while lignin-rich decayed wood pulp had a lower brightness and when it was bleached, brightness was lower than others (Table 16, Table 25～27).

6. The strength of decayed wood pulps was generally lower than sound wood pulp except No. 2 inner. Among decayed wood pulps folding endurance of No. 3 inner was low, but other strengths of lignin-rich decayed wood pulps were generally lower than others (Fig. 46～48).

7. The fractionation of unbeaten pulps showed that sound wood pulp and cellulose-rich decayed wood pulp had large fraction of long fiber, while lignin rich and "normal-like" decayed wood pulps had large fraction of medium fiber. In every beaten pulp (200 mℓ of CSf) the fraction of medium fiber was very large the fraction of fine of lignin-rich decayed wood pulp was larger than others (Fig. 49～62).

8. Even in the same type of decay, todomatsu fir has higher pulp yield and strength and lower alkali consumption than akaezomatsu spruce. Generally todomatsu fir is better pulp wood than akaezomatsu spruce if the both are decayed in the same degree.

付表1 チッピング前のアカエゾマツ健全材の小丸太の大きさ

Appendix 1. Size of akaezo spruce sound cut logs before chipping

円板番号 Disk No.	平均直径 Diameter (cm)	円板面積 Area of disk (m^2)	平均断面積 Average of areas (m^2)	丸太の長さ Length of log (m)	丸太材積 Volume (m^3)
1	38.8	0.11824			
			0.10861	0.5	0.05431
2	35.5	0.09898			
			0.09046	1	0.09046
3	32.3	0.08194			
			0.07632	1	0.07632
4	30.0	0.07069			
			0.06906	1	0.06906
5	29.3	0.06743			
			0.06342	1	0.06342
6	27.5	0.05940			
			0.05791	1	0.05791
7	26.8	0.05641			
			0.05275	1	0.05275
8	25.0	0.04909			
			0.04478	1	0.04478
9	22.7	0.04047			
			0.03706	1	0.03706
10	20.7	0.03365			
			0.03086	1	0.03086
11	18.9	0.02806			
			0.02396	1	0.02396
12	15.9	0.01986			
			0.01901	1	0.01901
13	15.2	0.01815			
			0.03183	1	0.03183
14	13.2	0.01368			
			0.01109	1	0.01109
15	10.4	0.00849			
			0.00708	1	0.00708
16	8.5	0.00567			
			0.00500	1	0.00500
17	6.5	0.00332			
			0.00242	1	0.00242
18	4.4	0.00152			
合計 Total	—		0.67732		0.67732

付表2 No. 1 正角材生重量（チッピングした部分）

Appendix 2. Green weight of square lumber of sample No. 1 (parts chipped)

正角材番号 No. of square lumber	正角材生重量 Green weight of square lumbers (kg)	正角材番号 No. of square lumbers	正角材生重量 Green weight of squaer lumbers (kg)
1	28.43	9	26.97
2	30.97	10	26.82
3	25.35	11	27.11
4	26.98	12	28.97
5	25.73	13	27.91
6	25.46	14	29.82
7	26.46	15	30.61
8	28.07	合計 Total	415.66

付表3 No. 2 の正角材の生重量（チッピングした部分）

Appendix 3. Green weight of square lumbers of sample No. 2 (parts chipped)

正角材番号 No. of square lumbers	正角材生重量 Green weight of square lumbers (kg)
1	26.93
2	22.46
3	28.99
4	25.06
5	22.56
6	21.37
7	20.11
8	23.29
9	23.44
合計 Total	214.21

付表4 No. 3 正角材重量

Appendix 4. Green weight of square lumbers of sample No. 3 (parts chipped)

正角材番号 No. of square lumbers	正角材生重量 O.D. weigh of square lumbers (g)
1	24,330
2	21,290
3	19,770
4	25,850
5	27,370
6	26,620
7	31,930
8	25,100
9	22,050
10	24,330
11	25,100
12	26,620
合計 Total	300,360

付表5 チッピング前のトドマツ小丸太の大きさ

Appendix 5. Size of Todomatsu cut logs

円板番号 Disk No.	円板直径 Diameter of disk (cm)	円板面積 Area of disk (m^2)	平均面積 Average of areas (m^2)	丸太の番号 No. of logs	丸太の長さ Length of logs (m)	材積 Volume (m^3)
1	45.9	0.16547				
			0.14026	1	1	0.14026
2	39.3	0.12504				
			0.11657	2	1	0.11657
3	37.1	0.10810				
			0.10326	3	1	0.10326
4	35.4	0.09842				
			0.10268	4	1	0.10268
5	36.9	0.10694				
			0.09676	5	1	(0.09676)
6	33.2	0.08657				
				5′	0.5	0.04838
				小計 Sum		0.51095
				5″	0.5	0.04838
6	33.2	0.08657				
			0.08151	6	1	0.08151
7	31.2	0.07645				
			0.07240	7	1	0.07240
8	29.5	0.06835				
			0.06905	8	1	0.06905
9	29.8	0.06975				
			0.06142	9	1	0.06142
10	26.0	0.05309				
			0.04643	10	1	0.04643
11	22.5	0.03976				
			0.03820	11	1	0.03820
12	21.6	0.03664				
			0.03341	12	1	0.03341
13	19.6	0.03017				
			0.02617	13	1	0.02617
14	16.8	0.02217				
			0.01814	14	1	0.01814
15	13.4	0.01410				
			0.01172	15	1	0.01172
16	10.8	0.00933				
			0.00764	16	1	0.00764
17	8.7	0.00594				
			0.00490	17	1	0.00490
18	7.0	0.00385				
				小計 Sum		0.51467
				合計 Sums-total		1.02562

付表6 試料のチップおよびダストの重量一覧表

Appendix 6. Weights of chips and dust of the samples

試料 Sample	チップ Chip 絶乾重量 O.D. weight (g)	チップ Chip 水分 Moisture (%)	ダスト Dust 絶乾重量 O.D. weight (g)	ダスト Dust 水分 Moisture (%)	ダスト/チップ比 Dust/chip ratio (%)	ダスト/原木比 Dust/original log ratio (%)
健全アカエゾマツ Sound Akaezomatsu	281,346	46.4	5,517	44.5	1.96	1.92
No. 1 内 inner	279,874	30.9	6,669	39.1	2.38	
	417,308		17,056		4.08	3.92
No. 2 外 outer	137,434	40.1	10,387	54.0	7.55	
No. 2 内 inner	107,828	38.5	12,312	33.5	11.41	
	223,372		28,628		12.81	11.35
No. 2 外 outer	115,544	48.0	16,316	55.2	14.12	
No. 3 内 inner	179,942	37.6	6,329	36.2	3.52	
	297,867		8,842		2.96	2.87
No. 3 外 outer	117,925	49.8	2,513	46.7	2.13	
No. 5	32,321	45.3	6,949	51.2	21.49	17.68
No. 4	52,303	40.7	3,182	53.2	6.08	5.73
No. 6	65,870	39.7	3,346	57.1	5.07	4.82
トド元 Todomatsu butt	153,608	53.0	5,787	50.0	3.76	
	327,825		12,116		3.69	3.55
トド末 Todomatsu top	174,217	57.2	6,329	54.4	3.63	

付表7 健全アカエゾマツ材パルプの叩解時間とフリーネスおよび紙葉の理学的性質との関係

Appendix 7. Relation between beating time and mechanical properties of sound akaezomatsu pulp

叩解時間 Beating time (分 min)	フリーネス CSf mℓ 測定値 Measured value	フリーネス CSf mℓ 補正値 Corrected value	容積密度 Density	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比引裂度 Tear factor	耐折度 Folding endurance (回 time)
0	735	721	0.40	29.8	2.6	191	11
10	730	—	—	—	—	—	—
20	690	—	—	—	—	—	—
35	565	550	0.62	24.5	10.2	183	1,978
40	515	508	0.61	23.4	11.1	176	2,040
45	440	—	—	—	—	—	—
48	395	402	0.64	23.0	10.3	175	2,492
53	460	—	—	—	—	—	—
58	295	302	0.65	22.2	10.4	156	1,878
63	230	—	—	—	—	—	—
65	220	—	—	—	—	—	—
67	205	210	0.67	19.8	11.2	159	1,898

付表 8 No. 1 内パルプの叩解時間とフリーネスおよび紙葉の理学的性質との関係

Appendix 8. Relation between beating time and mechanical properties of No. 1 inner

叩解時間 Beating time (分 min)	フリーネス CSf mℓ 測定値 Measured value	フリーネス CSf mℓ 補正値 Currected value	容積密度 Density	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比引裂度 Tear factor	耐折度 Folding endurance (回 time)
0	770	742	0.33	29.0	2.1	155	4
5	740	—	—	—	—	—	—
10	720	—	—	—	—	—	—
17	680	—	—	—	—	—	—
22	640	—	—	—	—	—	—
25	630	—	—	—	—	—	—
28	600	597	0.59	23.8	8.0	156	1,129
31	565	—	—	—	—	—	—
36	500	493	0.61	23.6	8.0	154	709
41	440	—	—	—	—	—	—
44	400	387	0.61	22.0	9.0	141	521
47	380	—	—	—	—	—	—
50	310	308	0.63	21.2	8.5	135	1,191
56	260	—	—	—	—	—	—
59	230	—	—	—	—	—	—
62	200	194	0.68	20.6	8.5	130	1,483

付表 9 No. 1 外パルプの叩解時間とフリーネスおよび紙葉の理学的性質との関係

Appendix 9. Relation between beating time and mechanical properties of No. 1 outer

叩解時間 Beating time (分 min)	フリーネス CSf mℓ 測定値 Measured value	フリーネス CSf mℓ 補正値 Corrected value	容積密度 Density	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比引裂度 Tear factor	耐折度 Foldng endurance (回 time)
0	740	742	0.36	29.1	2.1	231	8
10	710	—	—	—	—	—	—
20	620	—	—	—	—	—	—
22	610	—	—	—	—	—	—
23	595	607	0.55	24.2	8.4	175	677
26	560	—	—	—	—	—	—
29	515	—	—	—	—	—	—
30	500	510	0.60	22.6	9.0	157	821
35	460	—	—	—	—	—	—
39	400	397	0.62	21.4	8.9	140	1,099
44	320	—	—	—	—	—	—
45	300	307	0.65	20.6	9.3	144	725
50	240	—	—	—	—	—	—
52	230	—	—	—	—	—	—
54	205	211	0.66	20.4	9.3	135	1,188

付表10 No. 2 外パルプの叩解時間とフリーネスおよび紙葉の理学的性質との関係

Appendix 10. Relation between beating time and mechanical properties of No. 2 outer

叩解時間 Beating time (分 min)	フリーネス CSf mℓ 測定値 Measured value	フリーネス CSf mℓ 補正値 Corrected value	容積密度 Density	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比引裂度 Tear factor	耐折度 Folding endance (回 time)
0	710	696	0.50	22.2	4.5	135	45
2	650	—	—	—	—	—	—
3	620	—	—	—	—	—	—
3.5	610	586	0.61	20.1	6.7	106	375
6.5	535	—	—	—	—	—	—
7.5	495	—	—	—	—	—	—
9.5	500	467	0.63	19.0	7.5	72	665
11.5	410	—	—	—	—	—	—
14.5	420	—	—	—	—	—	—
15.5	405	386	0.65	17.2	8.3	58	581
18.5	340	—	—	—	—	—	—
20	320	—	—	—	—	—	—
21	305	328	0.69	16.4	7.7	58	—
24	280	—	—	—	—	—	—
27	255	—	—	—	—	—	—
32	205	197	0.69	15.2	8.2	52	657

付表11 No. 3 内パルプの叩解時間とフリーネスおよび紙葉の理学的性質との関係

Appendix 11. Relation between beating time and mechanical properties of No. 3 inner

叩解時間 Beating time (分 min)	フリーネス CSf mℓ 測定値 Measured value	フリーネス CSf mℓ 補正値 Corrected value	容積密度 Density	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比引裂度 Tear factor	耐折度 Folding endance (回 time)
0	770	765	0.33	31.0	1.5	95	2
1	770	—	—	—	—	—	—
4	750	—	—	—	—	—	—
12	700	—	—	—	—	—	—
17	680	—	—	—	—	—	—
20	660	—	—	—	—	—	—
23	630	—	—	—	—	—	—
26	605	614	0.57	21.8	6.9	128	303
29	570	—	—	—	—	—	—
32	550	—	—	—	—	—	—
35	520	—	—	—	—	—	—
37	490	499	0.59	25.0	7.0	126	306
42	420	—	—	—	—	—	—
43	425	—	—	—	—	—	—
46	400	407	0.64	24.6	7.6	106	408
49	305	—	—	—	—	—	—
51	300	312	0.61	24.0	7.8	114	489
53	270	—	—	—	—	—	—
56	235	—	—	—	—	—	—
58	220	—	—	—	—	—	—
60	200	202	0.64	23.6	7.5	105	578

付表 12 No. 3 外パルプの叩解時間とフリーネスおよび紙葉の理学的性質との関係

Appendix 12. Relation between beating time and mechanical properties of No. 3 outer

叩解時間 Beating time (分 min)	フリーネス CSf mℓ 測定値 Measured value	フリーネス CSf mℓ 補正値 Corrected value	容積密度 Density	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比引裂度 Tear factor	耐折度 Folding endurance (回 time)
0	775	780	0.35	29.0	2.1	136	3
5	740	—	—	—	—	—	—
10	730	—	—	—	—	—	—
20	680	—	—	—	—	—	—
25	640	—	—	—	—	—	—
30	595	598	0.60	23.8	7.7	138	301
35	525	—	—	—	—	—	—
37	510	517	0.60	22.6	8.6	141	1058
42	460	—	—	—	—	—	—
47	395	392	0.60	22.1	9.4	122	1094
53	320	—	—	—	—	—	—
54.5	290	297	0.63	21.9	8.6	116	1112
57.5	260	—	—	—	—	—	—
61	230	—	—	—	—	—	—
64	210	207	0.64	21.6	8.5	124	781

付表 13 No. 4 パルプ叩解時間とフリーネスおよび紙葉の理学的性質との関係

Appendix 13. Relation between beating time and mechanical properties of No. 4

叩解時間 Beating time (分 min)	フリーネス CSf mℓ 測定値 Measured value	フリーネス CSf mℓ 補正値 Corrected value	容積密度 Density	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比引裂度 Tear factor	耐折度 Folding endurance (回 time)
0	750	694	0.42	29.4	2.8	196	14
9	700	—	—	—	—	—	—
20	610	576	0.62	23.7	7.7	128	653
27	540	—	—	—	—	—	—
30	495	475	0.66	22.2	9.4	116	889
35	440	—	—	—	—	—	—
38	420	—	—	—	—	—	—
39	400	389	0.69	21.6	10.2	108	694
44	315	308	0.67	20.9	9.9	111	965
49.5	265	—	—	—	—	—	—
54	225	—	—	—	—	—	—
47	195	190	0.70	19.8	9.7	105	1269

付表 14 No. 5 パルプの叩解時間とフリーネスおよび紙葉の理学的性質との関係

Appendix 14. Relation between beating time and mechanical properties of No. 5

叩解時間 Beating time (分 min)	フリーネス CSf mℓ 測定値 Measured value	フリーネス CSf mℓ 補正値 Corrected value	容積密度 Density	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比引裂度 Tear factor	耐折度 Folding endurance (回 time)
0	630	632	0.49	16.2	4.2	97	25
0.5	610	—	—	—	—	—	—
0.75	595	567	0.50	15.7	4.7	98	40
1.75	520	—	—	—	—	—	—
2.0	490	493	0.50	15.0	4.9	93	66
2.5	490	—	—	—	—	—	—
3	447	—	—	—	—	—	—
3.5	445	—	—	—	—	—	—
4	442	—	—	—	—	—	—
4.5	410	—	—	—	—	—	—
5	400	406	0.61	13.5	6.2	75	144
6	366	—	—	—	—	—	—
7	334	—	—	—	—	—	—
8	305	305	0.58	12.5	6.5	75	119
10	245	—	—	—	—	—	—
11.25	225	—	—	—	—	—	—
12.25	205	201	0.66	11.8	6.5	74	128

付表 15 No. 6 パルプの叩解時間とフリーネスおよび紙葉の理学的性質との関係

Appendix 15. Relation between beating time and mechanical properties of No. 6

叩解時間 Beating time (分 min)	フリーネス CSf mℓ 測定値 Measured value	フリーネス CSf mℓ 補正値 Corrected value	容積密度 Density	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比引裂度 Tear factor	耐折度 Folding endurance (回 time)
0	760	758	0.40	29.8	3.2	234	20
10	710	—	—	—	—	—	—
20	640	—	—	—	—	—	—
24	615	—	—	—	—	—	—
25	605	599	0.62	22.8	9.3	145	1,873
30	550	—	—	—	—	—	—
34	505	508	0.66	20.7	10.0	131	1,817
41	435	—	—	—	—	—	—
44	405	398	0.65	21.7	10.2	133	1,824
47	345	—	—	—	—	—	—
49	340	—	—	—	—	—	—
51	315	—	—	—	—	—	—
52	300	287	0.68	20.5	10.0	114	1,877
55	280	—	—	—	—	—	—
58	240	—	—	—	—	—	—
61	200	200	0.71	19.9	10.3	123	1,687

付表 16 トド元パルプの叩解時間とフリーネスおよび紙葉の理学的性質との関係

Appendix 16. Relation between beating time and mechanical properties of todomatsu butt

叩解時間 Beating time (分 min)	フリーネス CSf mℓ 測定値 Measured value	フリーネス CSf mℓ 補正値 Corrected value	容積密度 Density	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比引裂度 Tear factor	耐折度 Folding endurance (回 time)
—	未叩解	—	0.38	31.5	2.5	220	18
—	600	—	0.59	24.8	8.6	156	1,391
—	500	—	0.62	23.0	10.2	165	1,504
—	400	—	0.56	23.2	9.4	146	1,690
—	300	—	0.69	23.0	9.5	145	1,440
—	200	—	0.69	22.4	9.2	143	967

付表 17 トド末パルプの叩解時間とフリーネスおよび紙葉の理学的性質との関係

Appendix 17. Relation between beating time and mechanical properties of todomatsu top

叩解時間 Beating time (分 min)	フリーネス CSf mℓ 測定値 Measured value	フリーネス CSf mℓ 補正値 Corrected value	容積密度 Density	白色度 Brightness (%)	裂断長 Breaking length (km)	比引裂度 Tear factor	耐折度 Folding endurance (回 time)
0	775	716	0.34	30.0	2.5	178	3
5	740	—	—	—	—	—	—
10	705	—	—	—	—	—	—
20	655	—	—	—	—	—	—
25	660	—	—	—	—	—	—
30	600	575	0.61	24.0	9.8	141	851
34	540	—	—	—	—	—	—
35.5	525	—	—	—	—	—	—
37	500	503	0.64	23.2	10.0	145	1,160
42	440	—	—	—	—	—	—
44	435	—	—	—	—	—	—
46	400	409	0.66	22.5	10.1	158	950
52	335	—	—	—	—	—	—
55	300	308	0.68	21.4	10.2	134	1,199
60	275	—	—	—	—	—	—
65	230	—	—	—	—	—	—
70	200	198	0.70	20.4	9.5	138	1,335

付表18 未叩解パルプのふるい分け試験一覧表

Appendix 18. Fractionation of pulps unbeaten, (g)

	健全アカエゾマツ			No. 1 内			No. 1 外			No. 2 内		
	1回目	2回目	平 均 Average	1回目	2回目	平 均 Average	1回目	2回目	平 均 Average	1回目	2回目	平 均 Average
～ 10	0.769	0.769	0.769	1.632	1.612	1.622	2.580	2.432	2.506	1.748	1.751	1.750
10～ 35	0.931	0.881	0.907	0.755	0.635	0.695	0.349	0.425	0.387	0.336	0.359	0.348
35～ 65	1.057	1.092	1.075	0.521	0.558	0.540	0.243	0.202	0.223	0.724	0.675	0.700
65～100	0.091	0.092	0.092	0.105	0.119	0.112	0.154	0.108	0.131	0.116	0.129	0.123
100～325	0.093	0.057	0.075	0.105	0.066	0.086	0.151	0.087	0.119	0.124	0.128	0.126
Total	2.941	2.911	2.926	3.118	2.990	3.054	3.477	3.254	3.366	3.048	3.042	3.045
平均繊維長 Av. length (mm)	2.347	2.360	2.354	2.527	2.604	2.566	2.724	2.785	2.755	2.573	2.569	2.571
	No. 2 外			No. 3 内			No. 3 外			No. 5		
～ 10	0.437	0.390	0.414	1.130	0.949	1.040	1.302	1.347	1.325	0.135	0.146	0.141
10～ 35	0.590	0.618	0.604	0.651	0.705	0.678	0.695	0.720	0.708	0.571	0.627	0.599
35～ 65	1.598	1.696	1.647	1.188	1.136	1.162	0.548	0.502	0.525	1.721	1.804	1.763
65～100	0.202	0.185	0.194	0.147	0.156	0.152	0.092	0.081	0.078	0.164	0.201	0.183
100～325	0.195	0.187	0.192	0.132	0.127	0.130	0.084	0.092	0.088	0.217	0.238	0.228
Total	3.022	3.076	3.049	3.248	3.073	3.161	2.721	2.742	2.732	2.808	3.016	2.912
平均繊維長 Av. length (mm)	2.092	2.091	2.092	2.368	2.333	2.351	2.549	2.564	2.557	1.984	1.972	1.978
	No. 4			No. 6			ト ド 元			ト ド 末		
～ 10	0.571	0.516	0.544	0.737	0.798	0.768	0.278	0.221	0.250	0.090	0.124	0.107
10～ 35	1.135	1.075	1.105	0.800	0.821	0.811	0.935	0.846	0.891	0.623	0.768	0.696
35～ 65	0.917	0.998	0.958	1.261	1.246	1.254	1.595	1.744	1.670	1.945	1.817	1.881
65～100	0.135	0.137	0.136	0.100	0.135	0.118	0.141	0.149	0.145	0.152	0.163	0.158
100～325	0.120	0.130	0.125	0.145	0.165	0.155	0.130	0.129	0.130	0.099	0.127	0.113
Total	2.787	2.856	2.867	3.043	3.165	3.103	3.079	3.089	3.084	2.909	2.999	2.954
平均繊維長 Av. length (mm)	2.777	2.246	2.262	2.285	2.273	2.279	2.141	2.110	2.126	2.061	2.066	2.064

付表 19 フリーネス 200 mℓ 付近の叩解パルプのふるい分け試験一覧表

Appendix 19. Fractionation of beaten pulp (CSf about 200 mℓ), (g)

	健全アカエゾ (CSf 205 mℓ)			No. 1 内 (CSf 200 mℓ)			No. 1 外 (CSf 210 mℓ)			No. 2 内 (CSf 165 mℓ)		
	1 回目	2 回目	平 均 Average	1 回目	2 回目	1平 均 Average	1 回目	2 回目	平 均 Average	1 回目	2 回目	平 均 Average
~ 10	0.040	0.100	0.070	0.128	0.175	0.152	0.155	0.123	0.139	0.038	0.048	0.043
10~ 35	0.306	0.305	0.306	0.741	0.712	0.727	0.271	0.328	0.300	0.750	0.811	0.781
35~ 65	1.918	2.013	1.966	1.133	1.137	1.135	1.499	1.463	1.481	0.746	0.759	0.753
65~100	0.247	0.253	0.250	0.272	0.281	0.277	0.355	0.363	0.359	0.728	0.713	0.721
100~325	0.302	0.335	0.319	0.529	0.479	0.504	0.469	0.452	0.461	0.533	0.525	0.529
Total	2.813	3.006	2.910	2.803	2.784	2.794	2.749	2.729	2.739	2.795	2.856	2.826
平均繊維長 Av. length (mm)	1.826	1.839	1.833	1.742	1.783	1.763	1.693	1.693	1.693	1.500	1.535	1.518
	No. 2 外 (CSf 190 mℓ)			No. 3 内 (CSf 200 mℓ)			No. 3 外 (CSf 210 mℓ)			No. 5 (CSf 210 mℓ)		
~ 10	0.036	0.028	0.032	0.087	0.070	0.079	0.135	0.155	0.145	0.027	0.023	0.025
10~ 35	0.152	0.138	0.145	0.268	0.262	0.265	0.646	0.654	0.650	0.114	0.106	0.110
35~ 65	1.435	1.349	1.392	1.482	1.562	1.522	1.253	1.222	1.238	1.460	1.414	1.437
65~100	0.463	0.474	0.469	0.426	0.391	0.409	0.283	0.267	0.275	0.477	0.514	0.496
100~325	0.635	0.598	0.617	0.506	0.478	0.492	0.477	0.486	0.482	0.654	0.657	0.656
Total	2.721	2.587	2.654	2.769	2.763	2.766	2.794	2.784	2.789	2.732	2.714	2.723
平均繊維長 Av. length (mm)	1.465	1.450	1.458	1.613	1.641	1.627	1.763	1.771	1.767	1.441	1.414	1.428
	No. 4 (CSf 195 mℓ)			No. 6 (CSf 210 mℓ)			ト ド 元 (CSf 190 mℓ)			ト ド 末 (CSf 200 mℓ)		
~ 10	0.028	0.035	0.032	0.028	0.041	0.035	0.039	0.044	0.042	0.023	0.040	0.032
10~ 35	0.671	0.641	0.661	0.225	0.240	0.233	0.224	0.228	0.226	0.237	0.213	0.225
35~ 65	1.242	1.265	1.254	1.754	1.770	1.762	1.818	1.827	1.823	1.819	1.823	1.821
65~100	0.265	0.263	0.264	0.333	0.270	0.302	0.348	0.337	0.343	0.255	0.305	0.280
100~325	0.516	0.466	0.491	0.502	0.545	0.524	0.441	0.454	0.448	0.380	0.422	0.401
Total	2.722	2.670	2.696	2.842	2.866	2.854	2.870	2.890	2.880	2.714	2.803	2.759
平均繊維長 Av. length (mm)	1.699	1.727	1.713	1.644	1.654	1.649	1.686	1.687	1.687	1.744	1.708	1.726

付表20 未叩解パルプのふるい分け試験一覧表

Appendix 20. Fractionation of pulp unbeaten, (%)

	健全アカエゾマツ			No. 1 内			No. 1 外			No. 2 内		
	1回目	2回目	平均 Average	1回目	2回目	平均 Average	1回目	2回目	平均 Average	1回目	2回目	平均 Average
～ 10	26.1	26.6	26.4	52.3	53.9	53.1	74.2	74.7	74.5	57.3	57.6	57.4
10～ 35	31.7	30.5	31.1	24.2	21.2	22.7	10.1	13.1	11.6	11.0	11.8	11.4
35～ 65	35.9	37.7	36.8	16.7	18.7	17.7	7.0	6.2	6.6	23.8	22.2	23.0
65～100	3.1	3.2	3.1	3.4	4.0	3.7	4.4	3.3	3.8	3.8	4.2	4.0
100～135	3.2	2.0	2.6	3.4	2.2	2.8	4.3	2.7	3.5	4.1	4.2	4.2
平均繊維長 Av. length (mm)	2.347	2.360	2.354	2.527	2.604	2.566	2.724	2.785	2.755	2.573	2.569	2.571
	No. 2 外			No. 2 内			No. 3 外			No. 5		
～ 10	14.5	12.7	13.6	34.8	30.9	32.8	47.9	49.1	48.5	4.8	4.8	4.8
10～ 35	19.5	20.1	19.8	20.0	22.9	21.5	25.5	26.3	25.9	20.4	20.8	20.6
35～ 65	52.8	55.1	53.9	36.6	37.0	36.8	20.1	18.3	19.2	61.3	59.8	60.5
65～100	6.7	6.0	6.4	4.5	5.1	4.8	3.4	3.0	3.2	5.8	6.7	6.3
100～325	6.5	6.1	6.3	4.1	4.1	4.1	3.1	3.3	3.2	7.7	7.9	7.8
平均繊維長 Av. length (mm)	2.092	2.091	2.092	2.368	2.333	2.351	2.549	2.564	2.557	1.984	1.972	1.978
	No. 4			No. 6			ト ド 元			ト ド 末		
～ 10	19.8	18.1	19.0	24.2	25.2	24.7	9.0	7.2	8.1	3.1	4.1	3.6
10～ 35	39.4	37.6	38.5	26.3	25.9	26.1	30.4	27.4	28.9	21.4	25.6	23.5
35～ 65	31.9	34.9	33.4	41.4	39.4	40.4	51.8	56.4	54.1	66.9	60.6	63.8
65～100	4.7	4.8	4.7	3.3	4.3	3.8	4.6	4.8	4.7	5.2	5.5	5.3
100～325	4.2	4.6	4.4	4.8	5.2	5.0	4.2	4.2	4.2	3.4	4.2	3.8
平均繊維長 Av. length (mm)	2.277	2.246	2.262	2.285	2.273	2.279	2.141	2.110	2.126	2.061	2.066	2.064

付表 21 フリーネス 200 mℓ 付近の叩解パルプのふるい分け試験一覧 (割合 %)

Appendix 21. Fractionation of beaten pulp (CSf about 200 mℓ, %)

	健全アカエゾマツ (CSf 205 mℓ)			No. 1 内 (CSf 200 mℓ)			No. 1 外 (CSf 210 mℓ)			No. 2 内 (CSf 165 mℓ)		
	1 回目	2 回目	平 均 Average	1 回目	2 回目	平 均 Average	1 回目	2 回目	平 均 Average	1 回目	2 回目	平 均 Average
～ 10	1.4	3.3	2.4	4.6	6.3	5.4	5.6	4.5	5.0	1.4	1.7	1.5
10～ 35	10.9	10.2	10.6	26.4	25.6	26.0	9.9	12.0	11.0	26.8	28.4	27.5
35～ 65	68.2	67.0	67.5	40.4	40.8	40.6	54.5	53.6	54.0	26.7	26.6	26.7
65～100	8.8	8.4	8.6	9.7	10.1	9.9	12.9	13.3	13.1	26.0	24.9	25.5
100～325	10.7	11.1	10.9	18.9	17.2	18.1	17.1	16.6	16.9	19.1	18.4	18.8
平均繊維長 Av. length (mm)	1.826	1.839	1.833	1.742	1.783	1.763	1.693	1.693	1.693	1.500	1.535	1.518
	No. 2 外 (CSf 190 mℓ)			No. 3 内 (CSf 200 mℓ)			No. 3 外 (CSf 210 mℓ)			No. 5 (CSf 210 mℓ)		
～ 10	1.3	1.1	1.2	3.1	2.5	2.8	4.8	5.6	5.2	1.0	0.8	0.9
10～ 35	5.6	5.3	5.4	9.7	9.5	9.6	23.1	23.5	23.3	4.2	3.9	4.1
35～ 65	52.8	52.2	52.5	53.5	56.5	55.0	44.9	43.9	44.4	53.4	52.1	52.7
65～100	17.0	18.3	17.7	15.4	14.2	14.8	10.1	9.6	9.8	17.5	19.0	18.2
100～325	23.3	23.1	23.2	18.3	17.3	17.8	17.1	17.4	17.3	23.9	24.2	24.1
平均繊維長 Av. length (mm)	1.465	1.450	1.458	1.613	1.641	1.627	1.763	1.771	1.767	1.441	1.414	1.428
	No. 4 (CSf 195 mℓ)			No. 6 (CSf 210 mℓ)			ト ド 元 (CSf 190 mℓ)			ト ド 末 (CSf 200 mℓ)		
～ 10	1.0	1.3	1.2	1.0	1.4	1.2	1.4	1.5	1.5	0.9	1.4	1.1
10～ 35	24.7	24.0	24.3	7.9	8.4	8.2	7.8	7.9	7.8	8.7	7.6	8.1
35～ 65	45.6	47.4	46.5	61.7	61.8	61.7	63.3	63.2	63.2	67.0	65.0	66.0
65～100	9.7	9.9	9.8	11.7	9.4	10.6	12.1	11.7	11.9	9.4	10.9	10.2
100～325	19.0	17.4	18.2	17.7	19.0	18.3	15.4	15.7	15.6	14.0	15.1	14.6
平均繊維長 Av. length (mm)	1.699	1.727	1.713	1.644	1.654	1.649	1.686	1.687	1.687	1.744	1.708	1.726