

木材チップの重量検収

上 村 武⁽¹⁾
齋 藤 寿 義⁽²⁾
中 野 達 夫⁽³⁾

1. は し が き

わが国におけるパルプの生産は逐年増加の一途をたどっているが、これに対する原木の供給状況は必ずしも円滑であるとはいいがたく、木材需給構造の変化にともない、その不足を補うものとして、いわゆる残廃材チップの供給が、ここ数年来急激に増加してきている。昨年度の木材チップ生産実績は500万m³以上となり、パルプ原料木材の実に40%に達している。

さて、このようなチップは工場残廃材によるものから、薪炭材原木にいたる種々の樹種、品質のものが用いられているが、そのほとんどが中小企業たるチップ製造業者の手によって製造され、パルプメーカーに納入されている。ところがこのチップの取引にともなう納入量の単位には、メーカーによって、原木実容積換算値を用いるものと、水分を除いた木材のみの実質重量によっているものがあり、さらにその検収方法にいたっては、千差万別であってなんら標準的なものはない。たまたま同一の検収方法をとるところがあっても、その換算係数はまちまちであり、場合によっては、これに手加減を加えて、集荷あるいは取引を有利にする一手段として用いているとの風評さえ聞かれるほどである。このような状態では取引の公正化も、正量取引も行なわれにくく、納入側と受入側とは相互不信の念を高めあうのみである。この状態を憂えて、紙パルプ連合会および全国木材チップ工業連合会では、かねて検収の基礎的事項の検討を当場に依頼されていた。筆者らは、たまたま、チップ重量を測定して、実容積または全乾重量に換算する、いわゆる重量検収について検討する機会を得て研究をすすめてきた。

その一部についてはすでに公表したものもあるが、今回取りまとめてその結果を公表することとする。この研究の成果が、業界の混乱防止に多少なりとも役立ち、標準的な検収方法の確立に資するところがあればはなはだ幸いである。この試験の機会を与え、または研究の実行にご助力いただいた、村松会長、津田専務をはじめとする全国木材チップ工業連合会ならびに紙パルプ連合会の方々、本州製紙株式会社、大昭和製紙株式会社、山陽パルプ株式会社、高崎製紙株式会社その他の紙パルプ会社、村松林産株式会社をはじめとする多数のチップメーカー各社、米沢当場林産化学部長、小倉当場前木材部長、パルプ研究室伊藤技官、東京農大学生（現大昭和製紙社員）長尾哲郎君、その他多くの方々に深く謝意を表するしだいである。なお、試験に使用した計器は、すべてケット科学研究所のご厚意により試作されたものであることを付記して深謝するしだいである。

2. チップ検収法

チップの取引における検量の単位としては、現在、チップ原木に換算した場合の実容積を用いる場合と、

(1) 木材部長・農学博士

(2)(3) 木材部材料科物理研究室員

含有水分を除いた実重量を用いる場合とがある。パルプ原料としての木材チップは、パルプの収量が木材の実質重量によって定まることを考えれば、重量取引によることが最も合理的であるといえる。しかしながら木材は従来、使用目的より容積単位が多く用いられていた関係と、また、検収手段の容易さから木材チップは容積単位で取引されるものが比較的多く、重量単位で取引の行なわれる場合はさほど多くなかった。一方、チップ検収法としては容積を測定する場合と重量を測定する場合があり、現在一般に行なわれているのは次の方法である。

i) 容積検収法

a) 全層積測定—全実積求積

この方法はロット全体の層積を多くはトラック、あるいは貨車の規模から判定し、それに別に算出してある層積を実積に換算する係数を用いて次式により算出するものである。

$$V = V' \times K_1 \times K_2$$

ここで、 V ：全実積、 V' ：全層積、 K_1 ：層積を実積に換算する係数、 K_2 ：輸送中でチップが洗下する度合を示す係数、走行距離に関係するもの。

b) サンプル層積測定—全実積求積

これはロットの数個所よりサンプリングを行ない、適当な容器を用いて層積および重量を求め、次式によるものである。

$$V = v' \times K_1 \times K_3 \times p$$

ここで、 v' ：試料層積、 K_3 ：チップ容器につめるときのつめ方で定まる係数、 p ：試料とロット全体の重量比、その他は前項同様。

c) サンプル実積測定—全実積求積

ここでは前項同様ロットの数個所よりサンプリングを行なった試料を排水法でその実積を求め、次式によってロットの全実積を求める方法である。

$$V = v \times p$$

ここで v ：試料の実積、その他は前項同様である。

ii) 重量検収法

d) サンプル重量測定—全実積求積

重量を測定して容積を求める方法であるが、全量秤量をしたのち、ロットよりサンプリングを行ない、その重量を求める。それに別に定めてある目的物に応じた容積密度数およびなんらかの方法で求めた含水率を用いて全実積を算出するのがこの方法である。

$$V = w \times (1-u) \times (1/R) \times p$$

ここで V ：全実積、 w ：試料重量、 u ：湿量基準含水率、 R ：容積密度数、 p ：試料とロット全体の重量比

e) サンプル重量測定—全重量算定（全乾）

この方法が重量取引として用いられるものであり、試料の重量を求め、含水率および全体との重量比から次式によるものである。

$$W = w \times (1-u) \times p$$

ここで、 W ：全乾全重量、 w ：試料重量、 u ：湿量基準含水率、 p ：試料とロット全体との重量比

iii) 検収法の問題点

前節に現在行なわれている検収法のあらましを述べたが、これらはいずれも、いくつかの問題点を含んでおり、さらにこれが取引との関連になると問題も多くなる。以下これらの問題点を容積検収法、重量検収法に分けて述べてみる。

a) 容積検収法における問題点

前節：a および b のいわゆる（層積—実積）法においては、 V' 、 v' 、 p の測定はかなり正確にできるが、 K_1 、 K_2 、 K_3 の諸係数にかなり不安定な要素を含むことになる。c の（試料実積—全実積）法では排水法による試料実積の求積の際、一般に現場で用いられている方法では試料が吸水する影響を避け難いこと⁹⁾があげられる。さらに取引上の見地からは、a、b における諸係数は受け入れ側一任の形とならざるを得ないし、 v' 、 v のサンプリングの作業内容にも問題があるといえよう。一方、容積法自体としては、冒頭に述べたごとく、パルプの収量との関連において容積法のみでは重量を知ることができず合理性を欠くものといえる。しかしながら、容積法は取引の場において、多くの場合売手買手の双方立合いのもとで大量サンプルによる即時測定が可能であるため、現在でも広く行なわれている理由はこの点にあるといえよう。

b) 重量検収法における問題点

この場合も前項同様、いくつかの問題点を含むのであるが、全重量 W 、試料重量 w 、この2つの比 p はきわめて正確に測定できる。

試料のサンプリングについては容積法の場合と同様で、これを共通のものと考えれば、測定上の誤差要因はもっぱら、含水率 u と重量から容積を求める場合には容積密度数 R の測定、または判定法にかんにかかっている。これらの測定いかんが、この方法の良否を定めることになるわけである。

一般に含水率 u は全乾法によって求められるので、かなり正確であると考えてよいはずであるが、検収現場においては全乾する際の技術上の不備、水分以外の揮発性成分の影響などで数 % の誤差がともなう場合がすくなくない。また R については、そのつど測定するのは困難であり、樹種別に推定した一定値を利用しているのが一般的である。しかし、この R の値は同一樹種でも、環境要因や個体差などで大きく変動し¹²⁾⁹⁾、決して安定したものとはいえず、5~10% 以上の誤差が常識と考えられ、あらかじめ、これについて十分な予備調査が必要で、仮に調査が十分であったとしても産地環境や成長率の影響等により個々のロットについては、かなりの誤差が予想される。このように重量法にもいくつかの問題点があるが、それ以上に大きい問題は、その測定が迅速に行なわれないことである。納入側にとっては立合の上で検収量が明らかにされないことになり、受入側にとっては多数の試料の全乾測定は、かなりの手数のかかる仕事であり、長時間の作業を要することとなる。取引上の見地からは、この種の測定が生産者側で、そう簡単にできないことと相まって受入側に対する不信の原因にもなりうるのである。そこで、含水率をこのような不信の原因を取り除くような形で迅速に測定しうる水分計の出現が要望されたのは当然のことといえよう。

3. 電気計器による重量検収

i) 検収手段としての木材の電気的性質

木材は本来、繊維状高分子である Cellulose が複雑な形状配列をなしてその細胞組織の基本となってい

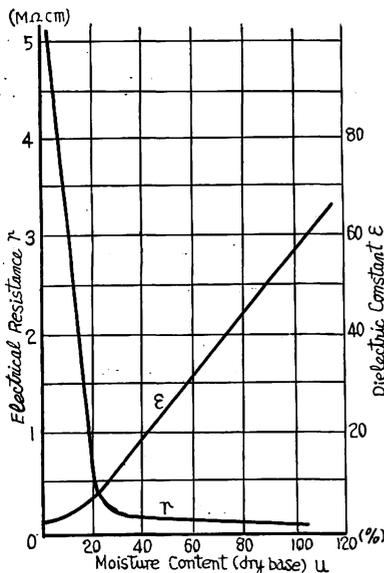


Fig. 1 木材の含水率と直流電気抵抗および誘電率の関係

Relation between the moisture content of wood and the electrical resistance of direct current and the dielectric constant.

影響されないことが必要であり、測定装置が非常に複雑あるいは膨大なものでないことも必要であろう。このような条件を考慮したとき木材の電気的性質を知ることは含水率を知るためには最も適合している性質の一つであり、すでに気乾材については実用計器が多く作られ、木材工業界において広く用いられていることは周知のとおりである。

木材チップの重量検収においても、前章で述べたごとく、その測定には含水率の測定が不可欠の要素であり、それを正確、かつ迅速に測定しうることが強く要望されていた。この含水率測定は、なし得れば素材における場合と同様に、木材中の水分の変動により大きく変化する電気的性質の測定によることかごましい。木材チップといえども木材である以上、すでに広く用いられている電気式含水率計によって含水率を測定することが理論的には可能なわけであるが、素材についても、電極構造、電極と試料との接触状態など多くの問題点が明らかにされた多くの研究によって、はじめて実用化されているので、細かく碎断されたチップについてはなんらの研究もなく、簡単に解決できない多くの問題がある。

碎断されたチップについて、それを1個1個測定することは検収の場合、その繁雑さからみても、技術的にも不可能に近い困難さがあり、採用しがたい。したがって、適当な量の試料を採取して、一括測定するか、山積みになっているチップの中に電極を挿入するかの2とおりの方法に限定されるので、Solidとしての木材の電気的性質を測定する場合は相当条件が異なってくる。すなわち、木材チップの含水率を電気的に測定する場合、木材の小片の集合体を測定することになるので、小片間の空隙の状態、チップの粗さ、チップ表面、あるいは空隙における水分状態、等の要素が素材測定の場合の問題点にさらに加わってくる。しかしながら、一方碎断されたチップは多数の原材料からのものが混合され、均一化されて、

る吸湿性の有機物質であり、電気的には誘電体である。したがって木材の各種電気的性質はそのような細胞構造内の微細な構造によって定まるものであるが、一方水分子の存在は木材の電気的性質を大きく変化させるので、含有水分と木材の電気的性質との間にはいちじるしい相関関係がある。Fig. 1 は含水率によって木材の直流抵抗値および誘電率が変化する一例を示したものである。よく乾燥された木材は非常に高い絶縁性を示すが、水分を吸収して含水率が増加するに従い絶縁性はいちじるしく劣化し、その比は 10^{5-6} 以上にも達する。このような電気的性質の含水率による大きな変化は交番電界における誘電率にもみられ、全乾木材では2.0前後の値であるが、飽水材においては純水の誘電率 80 以上にも達するのが普通である。一般に木材は含水率の影響でその物理的性質を変えるので、逆に木材のある物理的性質を測定することによって含水率をある程度推定することができる。たとえば、木材を打撃した時の音の響きにより乾湿を知ることなどは、その一例であるが、このように木材の物理的性質を知って間接に含水率を知るには、その性質が含有水分以外の因子によってあまり

Solid の場合における材質の部分ムラや異方体としての問題を考慮する必要が減少し、狂いなどに対する対策も考えなくてよい利点もある。木材チップの電氣的性質の測定は結局一般的な電気式木材水分計に対する問題点のほかに、全く新しいチップに適した電極構造を検討する必要がある。

ii) 抵抗方式による含水率の測定

木材の直流電気抵抗値を測定して含水率を知る方法は、相当古くから行なわれているが、それはいずれも含水率の変化に対し、直流電気抵抗値が対数的、もしくは二重対数的に変化する性質を利用したものである。Fig. 2³⁾ にその一例を示した。図に示されているように含有水分状態が結合水領域を越えると急に抵抗値の変化が小さくなる。このことは電気抵抗値を測定して含水率を知ることが、繊維飽和点以上では非常に困難になることを意味している。また、逆に含水率が低くなった場合は、電気抵抗値が極端に大きくなり測定することが困難になる。また、

素材用の電極としては針状もしくは押当式のものを、その極間の直流電気抵抗を測定して含水率により換えるわけである。したがって、電極の周囲条件が測定に大きく影響することになることは申すまでもない。

木材チップの含水率を抵抗方式によって測定しようとする場合は、特に電極構造に配慮する必要がある。個々のチップに電極を当てないかぎり、チップがどのような状態で電極に接触するのか、チップ相互間の状態がどのようなになるのか等の問題が測定の可否をきめるとも考えられる。そこで、それらのこと、

および実用的な面を考慮して、本実験では Fig. 3 に示すような棒状電極 2 種類を試作し、これをチップに挿入して、チップ相互間の空隙、その他の条件をも含めた電気抵抗値の測定を試みた。Fig. 4 はマツ材チップ、 Fig. 5 はブナ材チップについてこの棒状電極を取り付けた抵抗式計器でチップ含水率が測定しうるか否かの判定をおこなうため、約 10 kg 程度の同一樹種で含水率の異なる試料をビニール袋に入れ、3°C、20°C、27°C のもので含水率を変えながら測定したものであるが、一応の傾向がみられ、どうにか測定もできそうな結果を得た。そこで、実際にチップの山積みになっている現場へおもむき測定を試みた結果が Fig. 6 である。ほぼ一定した条件とみなされるビニール袋での、しかも同一試料について継続測定実験では、ある程度の精度で測定されたのであるが、実地での基礎試験では非常に測定がばらつき、実用性が危ぶまれる結果となった。これはビニール袋での実験からも、計器本体に原因があるとは考えられず、電極構造、いわゆる

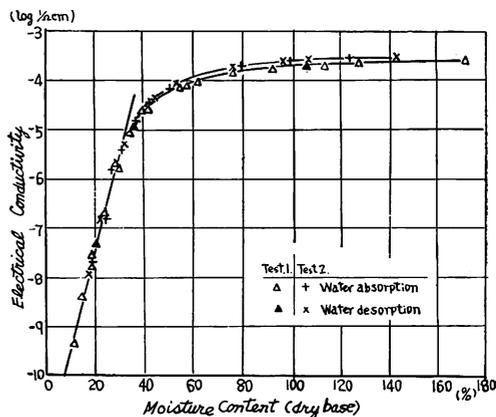


Fig. 2 木材の含水率と直流電気伝導度の関係
Relation between the moisture content of wood and electrical conductivity.

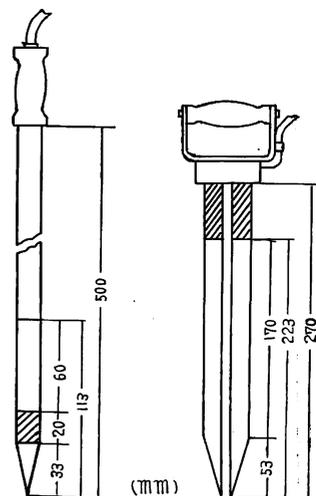


Fig. 3 直流電気抵抗式計器の棒状電極

Electrode for moisture meter on electrical resistance of direct current.

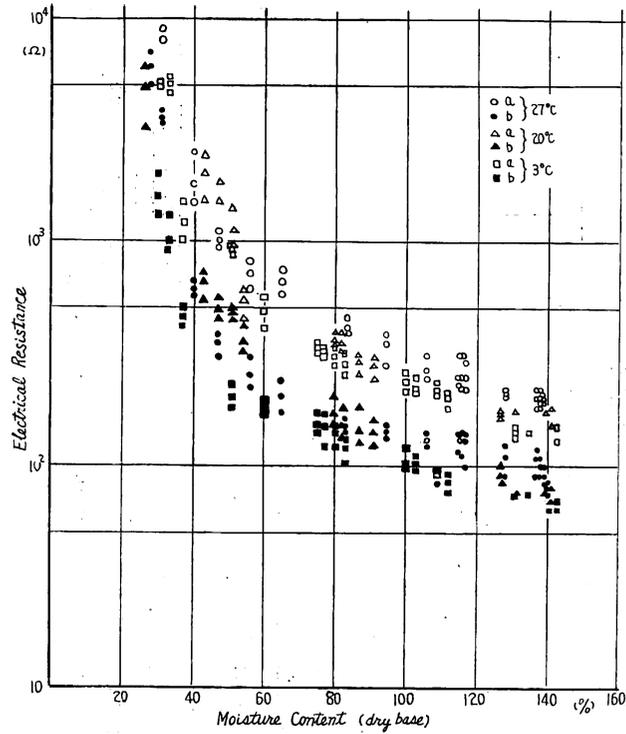


Fig. 4 抵抗方式によるビニール袋に入れた同一試料の測定(マツ)

Relation between the electrical resistance and the dry base moisture content in case of measurement by electrical resistance method apparatus on the same chips in the vinyl bag (MATSU).

a. Fig. 3 の a 電極使用 b. Fig. 3 の b 電極使用
a : electrode a (Fig. 3) b : electrode b (Fig. 3)

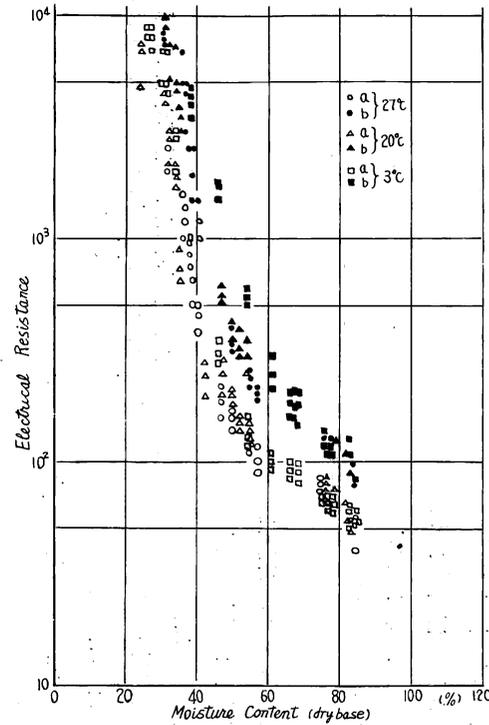


Fig. 5 抵抗方式によるビニール袋に入れた同一試料の測定(ブナ)

Relation between the electrical resistance and the dry base moisture content in case of measurement by electrical resistance method apparatus on the same chips in the vinyl bag (BUNA).

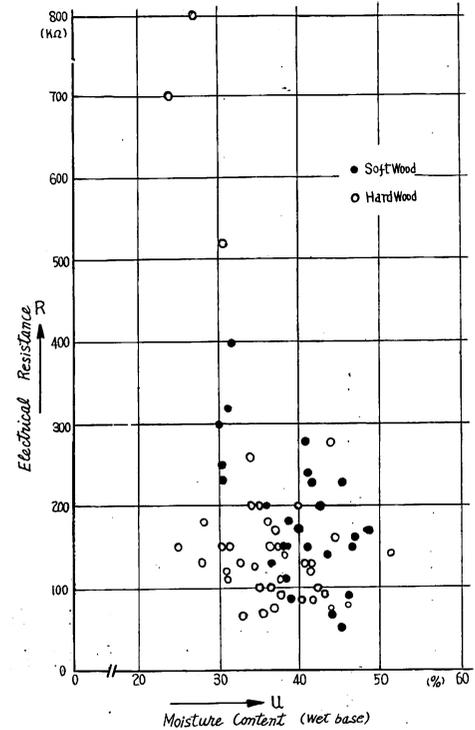


Fig. 6 抵抗方式による実地試験結果
The result of resistance type apparatus at practical test.

測定対象物であるチップと電極との接触、およびチップ自体の個体差に原因があると考えるのが妥当である。

一般に電気式含水率計を精度よく使用するためには、試料と電極の接触性が重要な要素の一つであることは先にも述べたが、抵抗式計器では、その測定原理上特に留意すべき問題であり、また試料自体の問題としては、指示値はチップ表面における水分状態のみが大きく影響し、チップの平均含水率を示さない。チップの含水率測定ではこれらのことがらが電極を試料に挿入した場合、非常に大きく作用するため、測定値がバラついた結果になったものといえる。さらに木材チップは一般に繊維飽和点以上の含水率状態での測定が多く行なわれるため、直流電気抵抗では含水率による指示値の変化が小さく、むしろ他の誤差因子の影響が大きいため測定を困難にしているものと考えられる。いずれにしろ、多数試料測定は無相関に近い結果とも考えあわせて、電気抵抗式の測定計器は、原理的にも問題があるので、これ以上取りあげないこととして、さらに誘電率測定方式に対する検討をすすめることとした。

iii) 誘電率による含水率の測定

前述のごとく誘電体としての木材の電気常数のひとつである誘電率も木材の含水率と密接な関係にあるが、直流電気抵抗が繊維飽和点以上の含水率領域では、含水率の変化に対し、ほとんど変化しなくなり抵抗値から含水率を求めることが非常に困難になるに反し、誘電率は Fig. 7⁴⁾ に示すように自由水領域にあっては直線的な傾斜で増加する関係を有するので、高含水率の測定には非常に有利になる。しかしながら、図からも明らかなように誘電率は木材の密度によっても変化し、その影響は高含水にあっては比例的に増大するので、含水率との相互関係において、このことを十分に考慮する必要がある。素材用としては抵抗式同様実用に供せられており、この場合は電場の木材への浸透性により内部含水率をも含めた測定ができることから、用途によっては、抵抗式の場合よりもすぐれている⁴⁾。

木材チップを測定しようとする時、具体的には、やはり試料と電極との接触性に関連して電極構造がまず問題になる。Fig. 8 に誘電率方式に用いた電極を示すが、a は抵抗式で用いたのと同様の考え方による棒状電極であり、山積チップに挿入して用いるものである。b はサンプリング方式を採用した筒状の電極である。a はポータブル計器と組合せ、トラック上に積載されたままの状態、もしくは荷卸しされて堆積している状態および土場に野積み状態にあるチップを適宜簡単に測定しようように考案したものである。操作がきわめて簡単であるため数十か所を短時間で測定し、その平均値を用いることで測定精度を高めることをねらったものである。b は測定回数を少なくするかわりに、

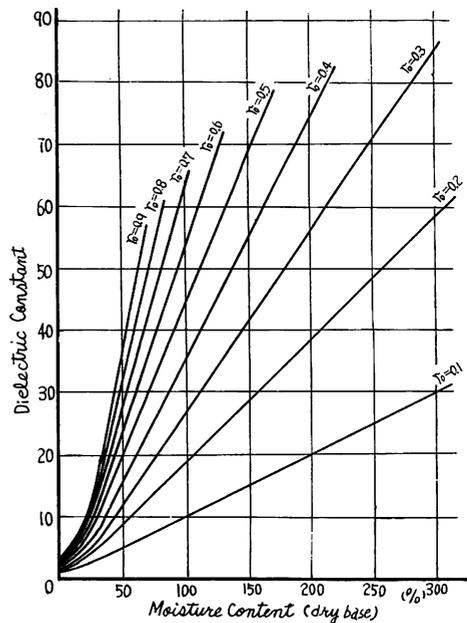


Fig. 7 木材の誘電率と含水率の関係（自由水領域）

Variation in dielectric constant of wood with density and moisture content above the fiber saturation point.

u : dry base moisture content of wood

ϵ : dielectric constant of wood

ρ_0 : density of wood at oven-dry condition

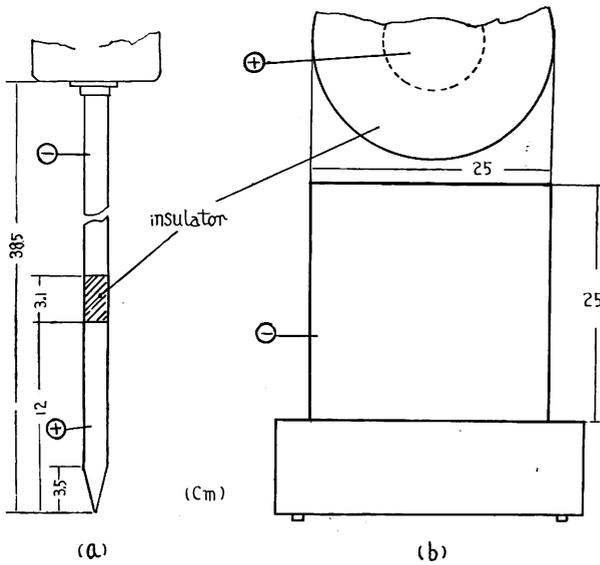


Fig. 8 誘電率式計器の電極

Electrodes for dielectric constant type moisture meters.

ットの各所より約 2 kg 程度の試料を平均的に採取して、筒状の電極内に入れ測定する定置式のものである。計器本体は構造上からもポータブル計器よりかなり精度を高めることができた。いずれにせよ、高周波誘電率方式では、原理的に高含水率での測定に適しているほか、電極が直接試料に接触することが必ずしも必要でない点、接触点より離れた位置にある試料まで電界にはいる点が直流抵抗方式に比べるかに測定器として実用上の可能性があると考えられる。

Fig. 9, Fig. 10 はさきに抵抗方

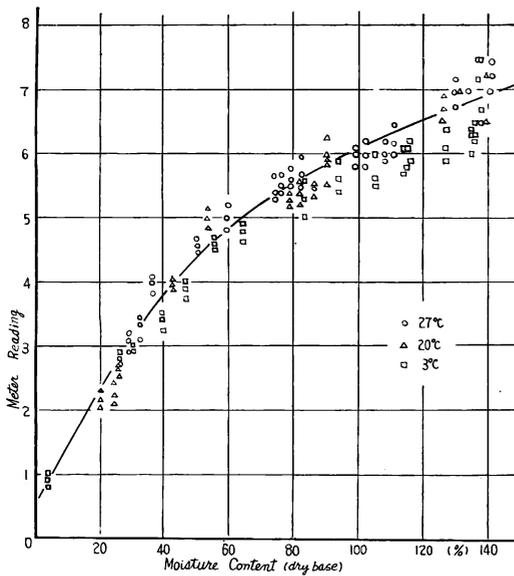


Fig. 9 誘電率方式によるビニール袋に入れた同一試料の測定(A器,棒状電極)(マツ)

Relation between the meter reading and the dry base moisture content in case of measurement by dielectric constant method apparatus on the same chips in the vinyl bag (A type apparatus with stick electrode) (MATSU).

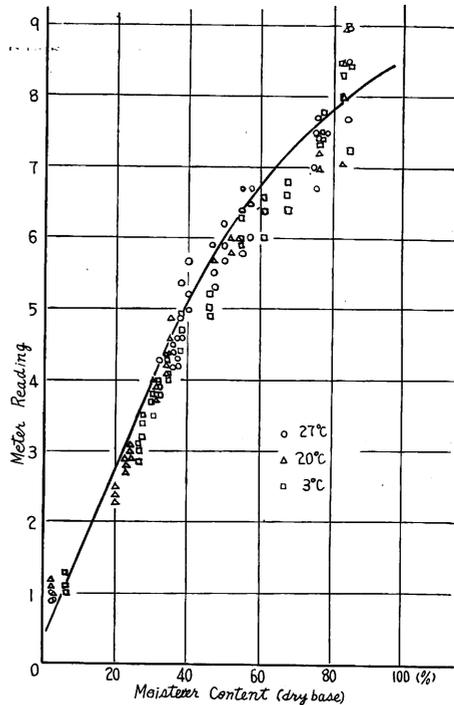


Fig. 10 誘電率方式によるビニール袋に入れた同一試料の測定(A器,棒状電極)(ブナ)

Relation between the meter reading and the dry base moisture content in case of measurement by dielectric constant method apparatus on the same chips in the vinyl bag (A type apparatus with stick electrode) (BUNA).

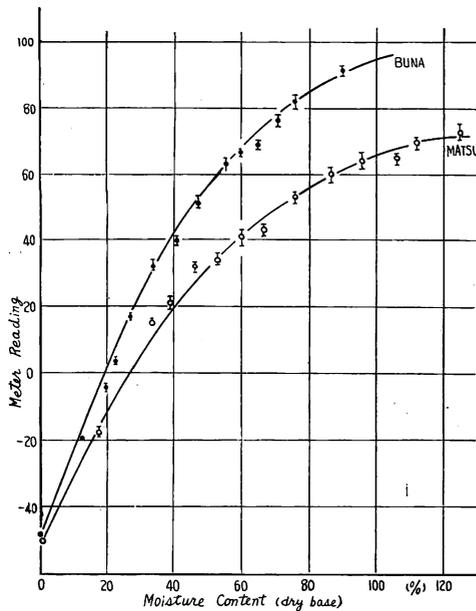


Fig. 11 誘電率方式による同一試料の測定(B器)
Relation between the meter reading and dry base moisture content in case of measurement by dielectric constant method apparatus on the same chips in the vinyl bag (B type apparatus with cylindrical electrode).

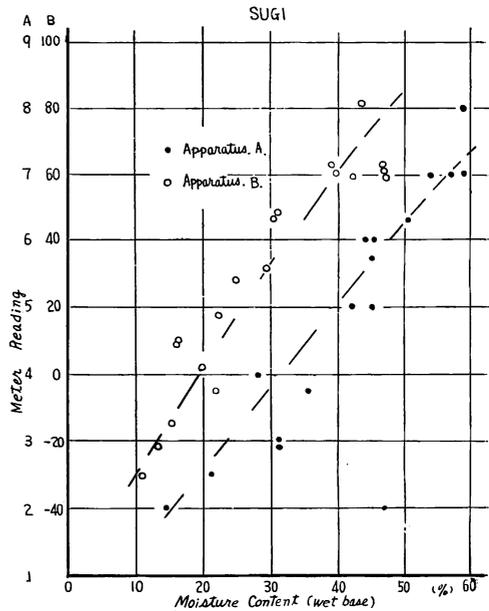


Fig. 12 実地における誘電率方式の測定結果
Measuring result of dielectric constant type apparatus at practical test.

式の項でのべたマツおよびブナチップと同一の試料について、A型で測定した結果であるが、抵抗方式の場合にくらべて、はるかに指示値のバラツキは少なく、測定値と含水率との間には高度の相関関係が見られた。また、温度の影響も抵抗式の場合のようにいちじるしくはない。Fig. 11のB型の場合には、さらに精度の向上していることが明らかにかがわかる。

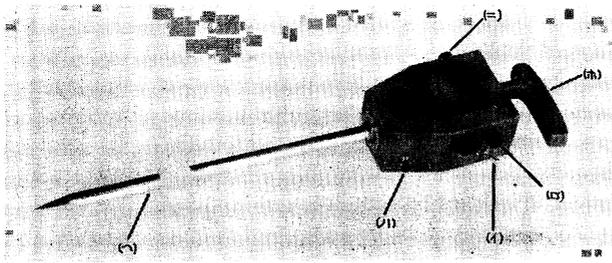
Fig. 12は、実地において抽出したサンプルの若干を両計器で測定し、全乾含水率と比較したものであるが、十分に利用可能であることを裏づける結果が得られた。なおこの試験に用いた計器はFig. 13に示すものとはほぼ同様の回路によるものである。誘電率方式を用いることで木材チップの含水率測定の可能性が一応確かめられたので、誘電率方式についてさらに検討することとした。

4. 誘電率方式による予備実験

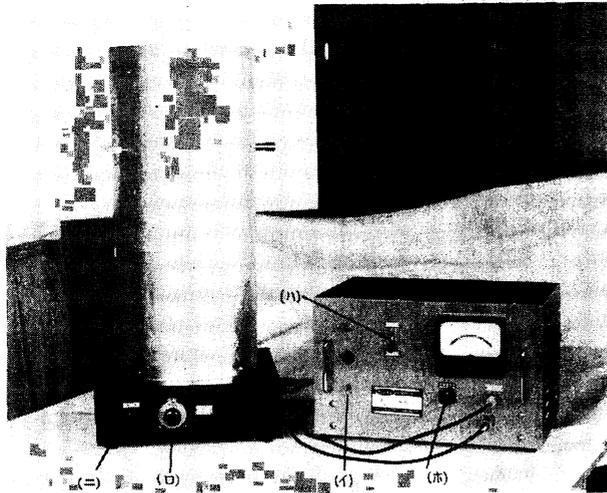
基礎的実験の結果にもとづき、誘電率方式による、可搬型、定置型の2器種を用いて実地における予備実験を某製紙会社の現場において、搬入されるチップについて行なった。

i) 計器

Phot. 1, 2に使用した計器を示す。Phot. 1のAが棒状電極を具備した電源自蔵式のポータブル型であり、Phot. 2のBが筒型電極を用いた定置のものである。Aは測定回路にトランジスターを用いて小型化してあるが、A, B両器とも基本的には復調回路⁵⁾を用いた微小容量計が本体を構成している。基本的回路をFig. 13に示し、電極寸法はFig. 8に示した。計器の指示は直読式等分目盛で、A計器は全目盛を50等分、B計器は50等分の2段切換えで合計100等分目盛となっている。また、A器は堆



Phot. 1 A 計器 A type apparatus.



Phot. 2 B 計器 B type apparatus.

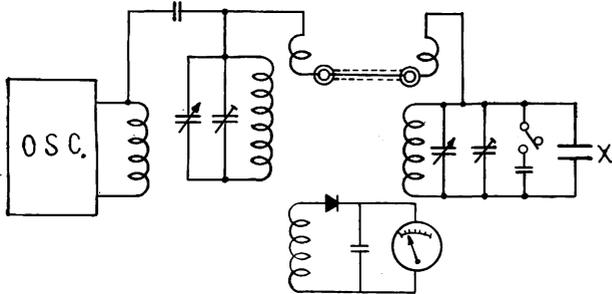


Fig. 13 測定器の基本的回路
Fundamental circuit of measuring apparatus.

ドをさし込んだら、まず、電極槽を空の状態にしておき、Phot. 2 で電源スイッチ(i)を入れる。電極部にある測定—標準切換スイッチ(=)がX位置にあることをたしかめた上で、0 調用ツマミ(□)でメーターの指針を0 位置にあわせる。この時目盛切換え用スイッチ(△)は上側(0~50)にしておく。電極部にある測定—標準切換スイッチ(=)をS側にする。標準調整用ダイヤル(⊕)でメーターの指針がフルスケール位置を指すように調整し、完了したらX-S 切換スイッチ(=)はX側にしておく。A器同様この調整を2度程度繰り返して正確を期す。爾後の測定は補助セルを用いて、試料を電極内に投入することをくりかえすだけでよい。この際メーターが逆に振り切った場合、目盛切換スイッチ(△)を下側にして負号をつけて読む。

積してあるチップに突きさして測定するのでほとんど問題でないが、B器の場合は筒型電極に試料を投入して測定するため、試料が電極内で常に一定の状態で投入されることが測定精度を高めるために必要である。そこで、本計器の場合は、筒型電極に重ね合わせて用いる補助セルを用いて、試料を一度このセルの内壁に示してある試料の適量を示す朱線まで入れ、その中央にある落下式の中蓋を落とし、試料が常に一定の高さから、一定の状態で電極槽にはいるようにした(Phot. 3)。

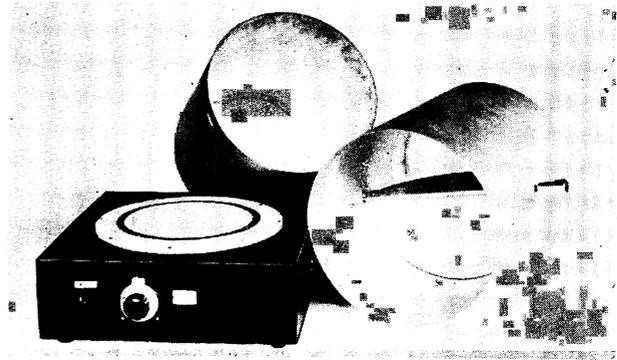
計器の操作は、A器では、Phot. 1 でまず電極を空中においたままで電源スイッチ(i)を入れる。0 調ツマミ(□)で指針が0 位置を正確に指すように調整する。標準用押ボタン(△)を押しながら、指針がフルスケールを指すように標準調整用ツマミ(=)を用いて調整する。押ボタンをはなしてふたたび0 調をチェックし、この調整を2度くらい行ない正確を期す。この調整は一番最初だけであとはハンドル(⊕)を持って試料に電極(△)を挿入してメーター指示を読むことをくりかえせばよい。B器は若干操作が複雑となるが、計器本体と電極部をケーブルで接続し、電源に電源コード

ii) 試験法

イ) A 器の場合

a) 電極の型態

棒状電極の構造は先端部を(+)極とし、中間をアクリル樹脂で絶縁して(-)極を本体に固定させるものであるが (Fig. 7), (+)極と(-)極の長さ、および相対的な位置によって電極周辺に広がる電場の形が変わり、チップの中に挿入した場合に容量変化をきたし、チップとの接触状態も異なってくる。



Phot. 3 B 器の補助セルと電極
The cylindrical electrode for B type apparatus and additional instrument.

また、中間に絶縁物を入れるための強度的な問題等の総合的な影響を調べ、最も適当な状態を選定するために Fig. 14 に示す 4 種類の電極を試作した。各電極で野積みされている比較的乾燥しているものおよび湿めているものについて同一ロットのチップをそれぞれ 15 回測定した結果、測定値の安定性 (Table 1) および機械的構成の安全さから 4 種類の電極中、b 電極を用いて今後の実験をすすめることにした。

b) 測定

工場土場に荷卸しされたチップの山に測定点を全面に分散させて電極を 10 か所に挿入してメーターを讀み、その平均値をとって計器指示値とした。また、その先端部分よりそれぞれ全乾含水率測定用の試料若干量を採取し、全試料をよく混合して、その中から 400 g を秤量採取して JIS Z 2102 により全乾含水率を算出することにした。ただし、すべて含水率の表示は湿量基準によった。チップの乾燥は試料を幅約 11 cm、長さ 33 cm、高さ 7 cm の真鍮製の金網容器に入れ、大型の通風式強制換気型乾燥機を用いて行なった。したがって A 器の場合には、1 ロットの試料について 10 か所の測定値の平均値と、それに対応する全乾含水率の平均値をもって計器の精度を検討したことになる。

ロ) B 器の場合

B 器は筒型の電極に適当量の試料を入れて測定するため、次の予備実験を行なった。

a) Sample 量の影響

Fig. 7 に示したように測定に關与する B 器の電極は、直径約 25 cm、深さも約 25 cm の筒型のもので、その底部に電極が装置してある。したがって、筒に入れられた試料は、底に接しているもの、あるいは底に近いものが計器指示に最も影響が大きく漸次上部のものにおよぶ。ゆえに、やがてそれ以上試料を入れても

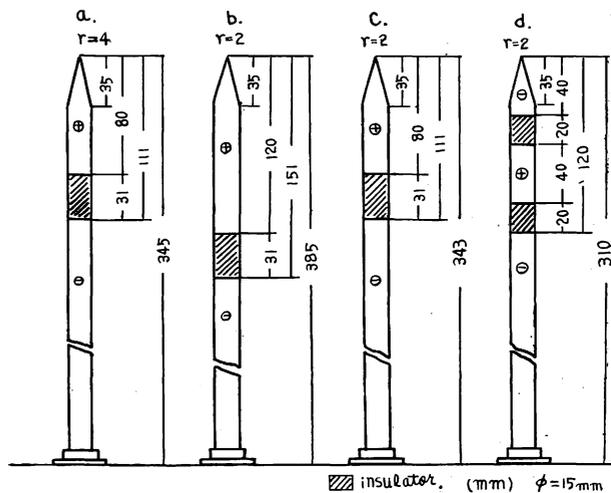


Fig. 14 試作した 4 種類の棒状電極
Four type electrodes were tested.

Table 1. 棒状電極の性能
Performance of the rod type electrodes.

形 状 Form	a		b		c		d	
チップの水分状態 Moisture condition of chips	乾 dry	湿 wet	乾 dry	湿 wet	乾 dry	湿 wet	乾 dry	湿 wet
平 均 値 Average	1.5	3.5	1.8	3.9	1.5	3.5	1.6	3.3
標 準 偏 差 Standard deviation	0.17	0.17	0.14	0.21	0.19	0.23	0.15	0.26
変 化 係 数 (%) Coefficient of variation	10.9	5.0	8.0	5.4	13.3	6.5	9.3	8.2

計器指示が変化しなくなる量があるはずで、その臨界値を求めた。測定法は湿潤 (green), 乾燥 (air dry) 両含水状態の試料を用い、補助セルの内壁に目盛を印して試料の量をきめながら、電極に入れ、スケールで電極の底から試料の上までを測り、その深さと計器指示の関係を求めた。

b) チップサイズの影響について

誘電率方式による含水率計は素材の場合、比重をパラメーターにして目盛られている。これは計器指示と含水率、比重の間で目盛 $d=f(u, \rho)$ の関係があることによるわけであるが、チップ用計器の場合は、チップ自体の原木としての比重のほかに層積に対する密度 (試料の重さ/試料の層積) をも考慮する必要がある。この値はチップ自体の原木としての比重が一定であり、容器への詰め込み圧力も一定であれば、チップのサイズのみに関係してくる。

一般にパルプ工場では、チップの品質管理の一事項としてチップサイズを取り上げており、サンプリングされたチップをフルイ分け、品質を定めている。フルイ分けの規準は各社独自の規格を設け、それによって行なっているのが現状であるが、おおむね、大、中、小、ダストに四分し、その重量比で判定している。大、中、小、ダストの大きさも各社まちまちであるが、大体 25~35 mm 目のフルイに残るものを大、11~25 mm または 15~35 mm の範囲にはいるものを中、4~11 mm または 6~15 mm の範囲にはいるものを小、4~6 mm 以下のものをダストとしている。一方、各サイズの混入比 (重量比) は、ほぼ一定にしていて、某社で搬入された各チップメーカーのも 46 ロットについて調査し、平均した結果では Table 2 のとおりであった。

このようなことから、チップサイズが計器指示におよぼす影響を次のごとき方法で実験を行なった。

中サイズが圧倒的に多いことから、13 mm 以上を大、それ以下を小とし、ダストを除いて、大 0 : 小 10, 大 6 : 小 4, 大 7 : 小 3, 大 8 : 小 2, 大 0 : 小 10 の各混合比をきめ、層積一定で計器の指示変化を求めた。さらにその各混合比において、ダストの混入率を 0%, 5%, 10% と変化させて実験を N 材を用いて行なった。混合比の一つの場合について測定を 5 回繰り返して平均値をとり、また測定値の幅をみた。実際に取引されているチップは、すべて大 6 : 小 4~大 8 : 小 2 の範囲内にはいていた。

ハ) 両器に共通することがら

a) 冠水の影響

工場土場に野積みになっていたため、あるいはトラック積みでもシートがかけてなかったため、などで

Table 2. チップの混入率
Percentage of mixture of the ordiarily chips.

サ イ ズ SIZE	大 LARGE 25 mm 以上	中 MIDDLE 25~11 mm	小 SMALL 11~4 mm	ダスト DUST 4 mm 以下
混 入 比 (%) Mixing ratio	11.8	74.8	12.8	0.6
標 準 変 差 Standard deviation	6.09	4.93	5.29	—
変 化 係 数 Coefficient of variation	52.0	5.6	41.7	—

雨に濡れて冠水したチップを検取する場合も十分ありうるわけで、チップの表面に付着した水の影響を調べるために約 3 kg ずつの試料を用いて水道水を散布し、直ちにビニール袋に入れ、付着水の蒸散を防いでその影響を調べた。

測定法はA器においては、ビニール袋に試料を入れたまま、その中へ棒状電極を挿入し、B器はA器での測定後、試料を筒型電極に入れて測定した。A, B 両器とも、冠水直後より、時間の経過にともなう計器の指示変化をみた。

iii) 予備試験結果

イ) Sample 量の影響

A器はその使用方法から、ごく特別な場合（たとえば袋中に少量チップを入れて測定した場合等）以外 Sample 量については問題がないが、B器は適当量を採取して筒型電極を使用するので、電極の構造上 Sample 量が指示目盛に影響を与えることは前項試験法ロ)の a) で述べたが、その実験結果を Fig. 15 に示す。

図から明らかなように電極の構造上、チップの量が増加するにしたがい、読度も増加していくが、やがて一定の値になる。それ以上は、いくらチップを加えても計器指示値は変化しなくなるが、不必要に多く入れることによりチップの分散が一樣になりにくくなり、湿潤チップではかなりの幅で、乾燥チップでも若干指示値が不安定になった。したがって試料を多くしていく過程で、かなり安定した範囲があり、その範囲内での量で測定することがのぞましい。図からも湿潤チップにおいては、安定領域は試料の深さが 11~15 cm の間にあり、乾燥チップでは、それより安定範囲がやや広く、10~16 cm の間にあった。そこで、チップの乾湿を問わず、12~14 cm の深さにチップを電極に入れて測定すれば十分安定した値がえられることになる。この量は一般に搬入されるチップの含有水分状態を湿量基準で 30~40% とすれば、約 2 kg 程度の重量となる。

ロ) チップサイズの影響

ダストを除き、大チップと小チップを実際の混合比を考慮して、適当と思われる混合比における実験結果が Fig. 16 である。図中の破線は 5 回繰り返して測定した最大最小値幅であり、測点は平均値である。図に示すように、2~3 目盛の測定幅を含み、小チップのみの指示値と大チップのみの指示値の差はほぼ 7 目盛あったが、実際に搬入されるチップの混合比にほぼ似かよった比率である大 6 : 小 4 ~ 大 8 : 小 2 の範囲ではおおむね一定の指示値がえられた。さらに実際性を考えて、それらの比率に混合したものにダストを混入して測定したのが Fig. 17 である。実際にチップに混入されてくるダストの量は重量比で

加させる可能性がでてくる。時間が経過するにしたがい、付着あるいは浮遊していた水がチップに吸水されるので、高周波抵抗も本来の値となり、計器は正規の指示値を示すようになる。図では冠水直後の測定がすでに5分経過後になされているが、チップはすでにある程度吸水しているようにおもわれる。L材チップには明らかにその後の時間経過の影響がみられ30分～15時間を経過する間にほぼ一定の値になるようである。それに反し、マツチップは冠水後5分経過した時から、計器指示値はほぼ一定の値をとり、時間の経過にともない、わずかに下がる傾向がみられた。これはマツ材の吸水速度がL材にくらべ相当速く、冠水後、直ちに吸水して5分後の測定時には、表面の付着水がわずかに残っている状態にあったものと考えられる。したがって測定時ではすでに高含水率のチップを測定した結果と同様のこととなり、冠水の影響がさほどみられなかったものと考えられる。

A, B 両計器間での影響の受け方は、ほぼ同程度とみられ、直接電極が試料に接するA器の方が、

わずかに大きく、冠水後の経過の測定でも若干バラツキが大きく出る傾向を示した。なお、冠水の影響が含水率増加以上に計器指示を増大させる程度は思ったより小さく、実用上は許容しうるものと考えられる。

二) 実地試験

A, B 両器における問題点の検討をしたのち、某製紙会社のチップ集荷現場において実地試験を行なった。

a) 試料抽出

試料は針葉樹材と広葉樹雑木混合材（L材）を区別し、トラックおよび貨車を1ロットとして、荷卸しの際にA器では荷卸しされたチップの山、あるいはコンベアーにはいる手まえで堆積しているところを1ロットあたり10か所を無作為に選んで測定し、10測点の平均値をもってロットの測定値とした。B器の場合は、ロットの各所より無作為に10～15か所を選び、そこからほぼ一握りずつのチップを抽出し、全体で約2kgとして、よく混合した上で測定試料とした。測定試料は1ロットあたり4個とし、おのおのを3回ずつ測定して、それらの平均値を1ロットの値とした。

b) 全乾重量および容積測定

A器の試料については、計器測定時に（+）電極の周辺にあるチップをほぼひと握りずつ取り、10か所で1.5～2.0kgとし、これをよく混合した上で400gを採取した。B器試料は約2kgの中から、これもよく混合して400gを秤量した。

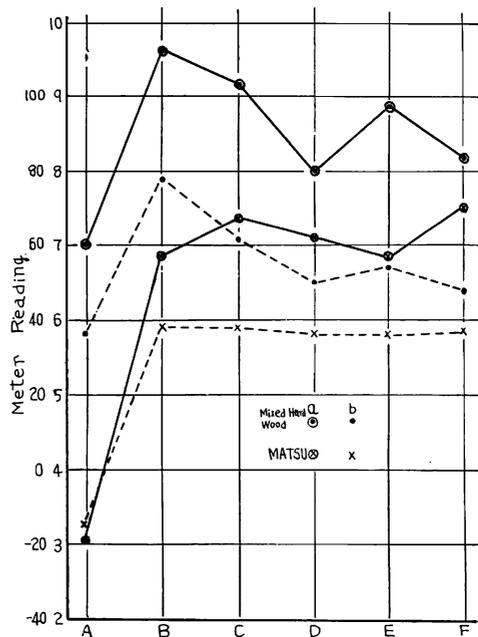


Fig. 18 冠水による計器指示の変化
Variance of the meter reading by the sprinkling.

A: 処理前, B: 5 分後, C: 30 分後, D: 15 時間後, F: 24 時間後, F: 7 日後

A: before sprinkling, B: when 5 min after sprinkling, C: 30 min after, D: 15 hrs after, E: 24 hrs after, F: 7 days after.

このようにして得た 400 g の試料は 4-ii)-b) に述べた全乾用の金網容器に入れ、金属製のフタをして水中に浸漬して浮力を求めた後、4-ii)-b) により全乾にした。浸水は木材中への吸水の影響を受けないように十分の注意が必要であり、これについては 5-ii) に詳細に述べる。

c) 計器目盛と含水率および比容の関係

Fig. 19 に A 器, Fig. 20 に B 器の実地試験結果を示す。両図とも 1 ロット 1 点として書かれているものであり、全体としてはほぼ直線の関係になった。これによると比重の小さい針葉樹材は下側にまとまり、比重の大きい L 材は上側に出ることが明らかになり、樹種により、二、三のグループに分けることでさらに精度を上げうると考えられた。

Fig. 21, Fig. 22 は A 器および B 器の計器指示目盛と比容 (V_u/W_0) との関係を示すものであるが、これも 1 ロット 1 点としてプロットしたものである。この場合は比重の軽重による差があまり大きくなく、重いものが若干下まわっている程度である。いずれにせよ測定結果は、かなり高い相関度を示し、実用計器としての適応性を明らかにすることができた。

5. 実用試験

実地試験の結果、A, B 両器の実用性が十分明確になったので、関東地区および東海地区における製紙会社数社において、本格的に実用試験を行なった。

i) 計器の改造

これまでで使用した計器でも十分実用に供し得たのであるが、さらに実用的見地から能率性を加味して特に B 計器について二、三の改造を行なった。

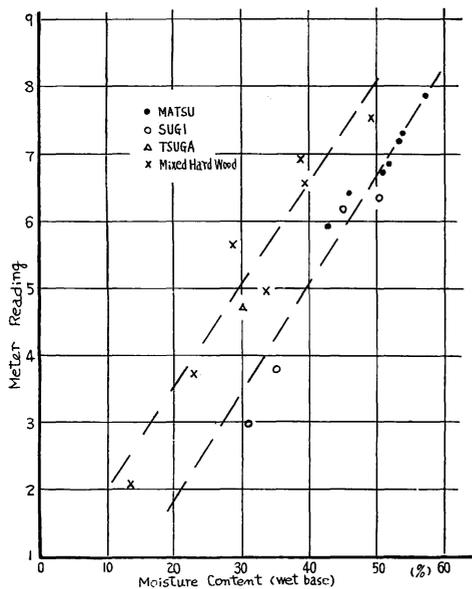


Fig. 19 実地試験における A 型計器測定結果 (含水率)

The result of A type apparatus at practical test (moisture content).

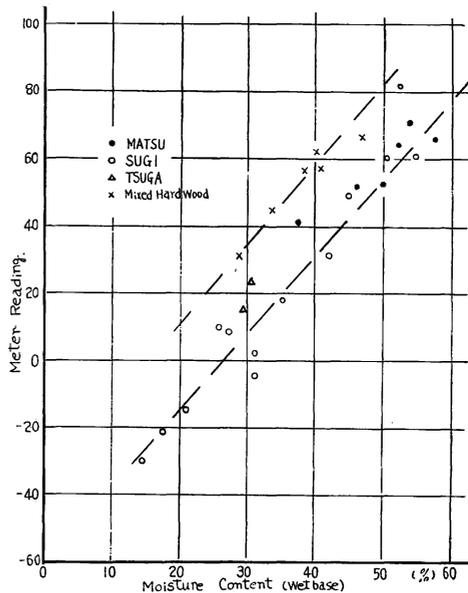


Fig. 20 実地試験における B 器の測定結果 (含水率)

The result of B type apparatus at practical test.

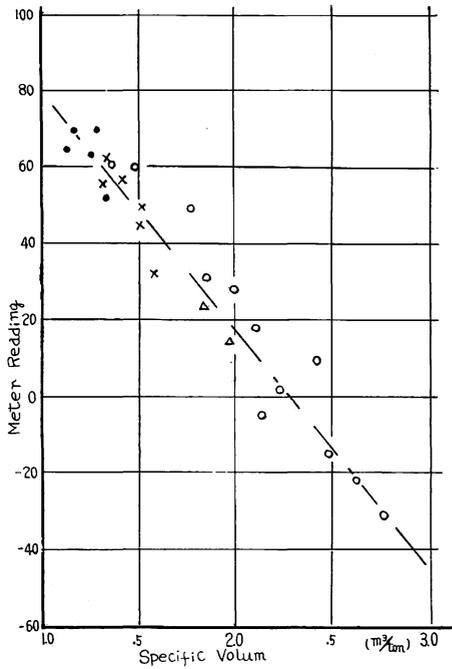


Fig. 21 実地試験におけるA器の結果（比容）
The result of A type apparatus at practical test.

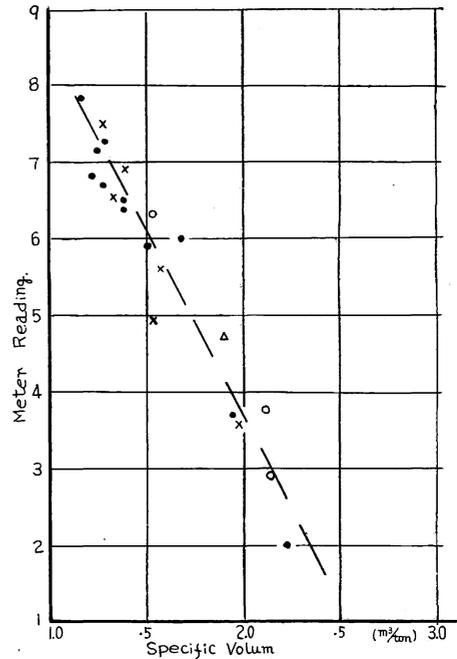


Fig. 22 実地試験におけるB器の測定結果（比容）
The result of B type apparatus at practical test.

a) メータースケール

実際に取り扱われているチップの含水率は湿量基準で 25~45%（乾量基準 33~80%）のものが圧倒的に多数ではあるが、原木の需給状況の変化にともない種々な原木が用いられるようになり気乾から飽水に近いものまでが混在している。実際の検収では、このようなものをこそ検出することが重要である。したがって計器の測定範囲は相当広いものが必要である。B計器のメーターはスケールを切換スイッチで2倍にして使用していたもので気乾程度のものについては負号をつけて読むようにしてあったが、現場的には若干まぎらわしさがあったため、負電圧のかけ方に修正を加え負号をやめ、0~50 と 50~100 の2段階に切換えられるようにした。なおこれにともなって内部回路も一部実用に適するように修正した。

b) 補助セル

Phot. 3にも示してあるように主電極の上部におき、試料投入に一定条件をうるためのものであるが、従来のセルは落下式の仕切が中央になかったため、常に一定方向でしか使用できなかったのであるが、仕切をセルの中央に設け、上下いずれでも使用しうるようにし、測定能率の向上をはかった。かつセル内壁には必要十分な量を示す赤ラインを引き測定を容易にした。

c) 標準指示盤の付加

この種の計器では、経年変化や季節変化があると致命的な欠点となる。本器はそのような変化のないように回路上に多くの配慮が払われているが、さらにその確認用として、試料のかわりに電極槽中に入れる標準器となる特殊な金属盤を付加することとした。普通の調整をおこなってこの盤を測定し、標準目盛と

一致すれば狂っていないことが証明されるわけである。

ii) 容積測定の基準

本試験では容積の測定に 4-iii)-=) にのべた水中浸漬浮力法を用いた。浮力法はチップと金網容器の水中重量 W_s を求め、その付着水を何らかの方法で振り除き、チップの空中重量 W_a を求め、次式のようにその差から容積を求めるものである。

$$V_u = W_a + W_w - W_s$$

ここに、 W_w は金網容器およびオモリ水中重量。

空中重、水中重の測定にはそれぞれ問題があり、以下それらについて予備試験を行なった。

イ) 浸漬くり返しと容積

チップを水中に浸漬し、水中で重量を測定するとチップは吸水して、はじめは急激に、のちは徐々に重量を増していく (Fig. 23)。一方、手振りまたは遠心分離機で付着水を振り除いた空中重量も吸水のため同様に増加してゆくが、その差としての容積は Fig. 24 のごとく吸水のともなわない最初の 1 回を除き、ほぼ一定の容積を示した。

ロ) 遠心分離機の使用条件、試料の初期浸漬時間と容積

スギ、アカマツ、および広葉樹の試料を水中に 5 分間浸漬したもの、および 1 時間浸漬したものについて遠心分離機の回転数を 500 r. p. m. と 1,000 r. p. m. の 2 とおりで、いろいろな時間で脱水した結果は Fig. 25 のとおりであった。初期浸漬時間が 5 分間のものはほぼ一定の値を示したが、1 時間のものはむしろ漸減した。これは長時間浸漬のものは吸水された水分が、遠心分離により徐々に脱水するのに反し、短時間浸漬のものは短時間の分離で水分が振り除かれるからであろう。なお、使用した遠心分離の規格は半径 12.5 cm の籠型で最高回転数は 5,000 r. p. m. のものである。

ハ) 遠心分離機の使用条件と試料の含水率、初期浸漬時間と容積

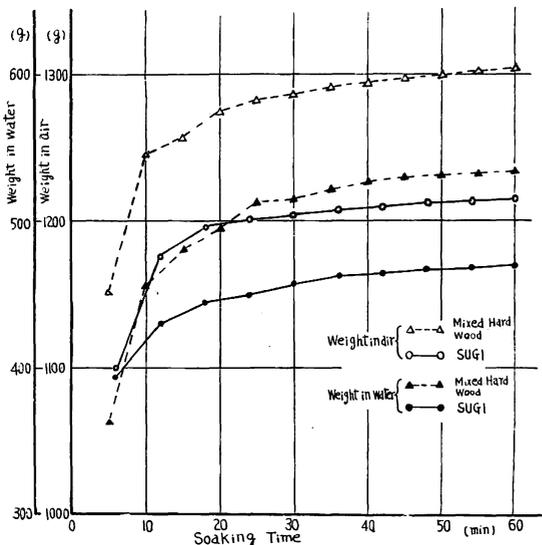


Fig. 23 チップの浸漬時間と重量変化
Relation between the change of weight of chips and soaking time.

遠心分離機の回転数を 1,000 r. p. m. にかぎり、アカマツの乾量基準含水率 14.5%, 21.0%, 38.0% および 73.0% の試料を 400 g 採り、それぞれ 5 分間、1 時間の初期浸漬をしたのち所定時間脱水した結果は Fig. 26 のようであった。図から明らかのごとく、一定重量の試料を用いたので含水率別の容積は異なっているが、含水率にかかわらず回転時間と容積の関係においては、初期浸漬 5 分のもは一定の値を示し、1 時間のものは漸減する傾向を示した。また、浸漬 5 分の場合は遠心分離による容積が手振りによるものとほぼ一定の比を得ていることも注目された。

ニ) 遠心分離機の使用条件の決定

以上の結果から試料を水中に浸漬し、よ

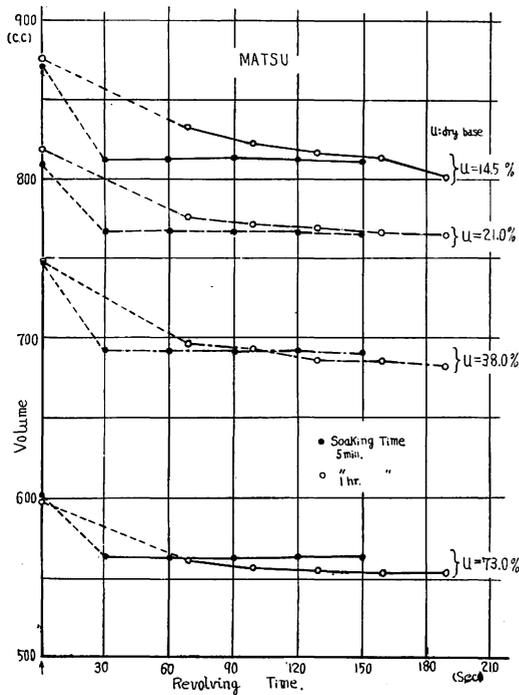


Fig. 26 遠心分離機の回転時間、含水率（乾量基準）および初期浸漬時間と容積との関係

Relation between the volume of chips and the pre-soaking time, moisture content (dry base) and the revolving time of centrifuge separator.

り集めた。B 計器に用いた試料は、それぞれのロット（トラック、または貨車）の各所より取り集めたものをよく混合した上で約 2 kg 程度をとって円筒電極に投入し、計器指示値を得た。測定終了後、両計器とも 2 kg 程度ある試料より 400 g を秤量して、実容積および全乾重量測定用試料とした。

b) 実容積の測定

前節の結果からチップを金網容器に入れ、水中でよく振蕩した上で 5 分間浸漬してから、水中重量を秤り、引き上げて手振りでもよく切り、空中重量を測定し、ふたたび水中に浸漬して水中重量を測定し、両水

Table. 3. 遠心分離機による容積 (V) と手振りによる容積 (V') の比 (V'/V)。

The ratio of V that is measured by the centrifugal separator to V' that is measured by the hand separation.

樹種区分 Species	試料数 Number of Sample	比の平均値 Average of ratio	標準偏差 Standard deviation	変化係数 Coefficient of variation
L	48	1.085	0.026	2.4%
N	115	1.072	0.043	4.0
計 Total	163	1.076	0.039	3.5

この結果、上記遠心分離機による操作の部分同一条件、同一人による手振りで振り切る操作におき替え、前記の補正係数で割って容積を求め、より手数を簡易化、および迅速化せしめることとした。同一人により行なったのは、振り切り方により差が出る可能性があったからである。たとえば、極端に強く振り切った場合と、ごく弱く振った場合とでは、容積が前者で 918cc であったのが、後者で 940 cc となり、その間に 22 cc (2.4%) の差が認められたからである。実際は通常人が普通程度の振り方をした場合には、このような大きい差は出ないので、別人でも大きい影響はないと思われるが、この実験では、安全をみこんで同一人によった。なお、Table 3 の比は同一人が行なったものである。

iii) 試験方法

a) 試料の抽出および計器測定

A 計器についてはチップの載積個所において、1 ロットにつき 15~20 回、棒状電極を各所に突きさして計器指示値を求め、それぞれの平均値をもって 1 ロットの値とし、別にそのロットの各所より無作為に 2 kg 程度の試料を取

中重量の平均値と空中重量の差から浮力を算出する。水中重量を2度測定するのは、吸水の進行による誤差を避けるためである。なお、手振りを用いたのは、さきにも述べたように、この簡便法が遠心分離器を用いて測定する方法と同等の精度で測定しうることが明確になったからである (前節参照)。得られた結果は、前節の補正係数で割って正しい値を求めた。

c) 全乾重量の測定

浮力法で容積測定した試料は容積測定で使用したのと同様の金網容器 (長33×幅11×高7 cm³, 網目 JIS 500) に入れ、熱風循環式乾燥器を用い、JIS-Z-2102 により全乾重量を求めた。乾燥時間は4時間で JIS の条件を満足することができた。

iv) 試験結果

Fig. 27 および Fig. 28 に A, B 両器による計器目盛と全乾含水率の関係を、Fig. 29 および Fig. 30 に、計器目盛と比容の関係を示した。1 点が 1 貨車あるいは 1 トラックを示す。

含水率と計器目盛の関係をみると、A, B 両器とも全体として高い相関を示し、ほぼ直線的な関係となり、含水率が増加するにしたがい測定のバラツキも大きくなる傾向を示しているが、比重階別に 2~3 のグループに分けて見ると直線のよりやや上に凸な曲線的関係にあるとみることによって、より精度が高められる結果となった。また、A, B 両器の比較では A 器よりも B 器の方が、かなり精度が高い結果となった。比容との関係では、含水率の場合とは逆に高度の反比例的な関係を示し、比容が大きくなるにしたがいバラツキが大きくなった。この場合はさらに検討すると、ゆるい S 型曲線となり、比重階別にグループ

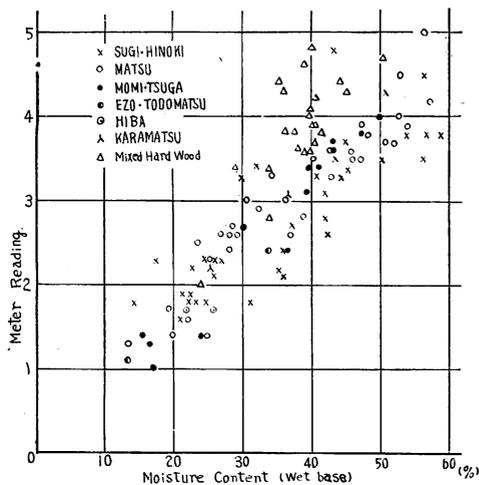


Fig. 27 A器の実用試験結果 (含水率)
Available test of the A type apparatus.

SUGI: *Cryptomeria japonica* D. DON
MATSU: *Pinus* spp.
TSUGA: *Tsuga sieboldii* CARR.
TODOMATSU: *Abies sachalinensis* FR. SCHM.
KARAMATSU: *Larix leptolepis* GORD.
HINOKI: *Chamaecyparis obtusa* ENDL.
MOMI: *Abies firma* SIEB. et ZUCC.
EZOMATSU: *Picea jezoensis* CARR.
HIBA: *Thujaopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC.

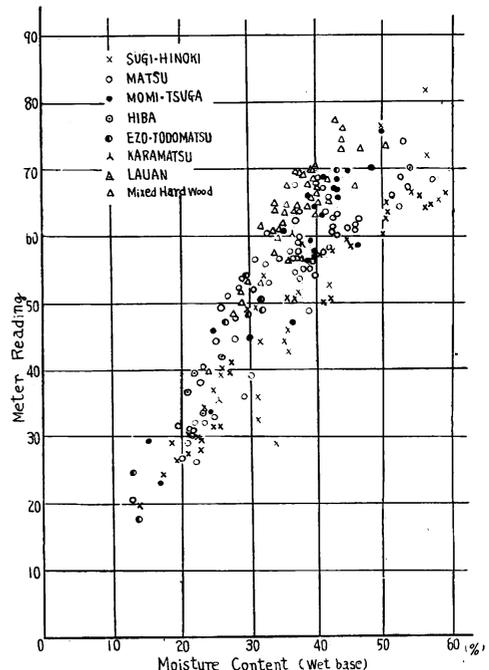


Fig. 28 B器の実用試験結果 (含水率)
Available test of the B type apparatus.

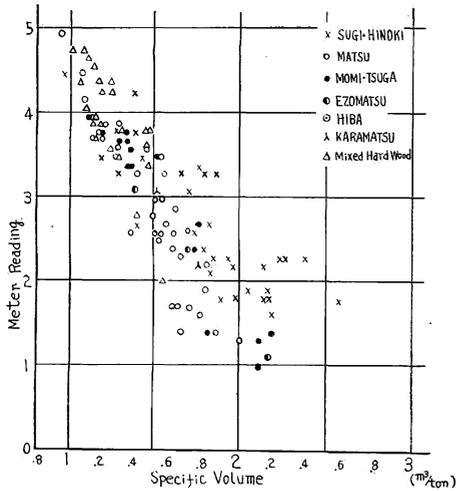


Fig. 29 A 器の実用試験結果 (比容)
Available test of the A type apparatus.

分けすることにより精度が高められることは含水率の場合と同様の結果をみた。また、含水率との関係とは逆に、指示値の大きいほど精度は向上しているようである。これは 3)-iii) にのべたごとく、誘電率 ϵ は含水率 u と木材の比重 ρ_0 との函数関係にあり、そのいずれが動いても誘電率は変化するわけであり、重量検収により容積を求める場合には、含水率を測定し、さらに容積密度数で割ってやるよりは、本計器により、容積検収計として読度から直接比容を求めた方がより高い精度が期待できることになる。この場合の A, B 両器の比較では含水率の場合に比べあまり差がみられなかったが、やはり精度の点で A 器が劣っている。

総体的には含水率を測定するより比容として測定した方が測点のバラツキが少なくなった。これらのことは予備試験の結果を確実に裏づけするもので、すでに述べてきたことがらからも十分妥当性のある結果といえ、また数社数百ロットの試験に対してこの結果が得られたことは、全乾含水率や、比容測定の誤差も考えあわせると、高度の実用性をもった測定法ということができよう。

6. 塩 分 の 補 正

実用試験の結果、海上運搬された素材等を用いたチップの中に塩分を含んだものがあり、それらは通常のものに比べ計器指示が相当高く示され、大きな誤差を招くことが明らかとなった。Fig. 25~28 には、このような塩分を含んだ測定点は別途塩分を検出して取り除いてある。この塩分を含有しているチップを除外することは実際の検収にははなはだ不便である。そこで塩分を含んだチップに対し、通常のチップにはほとんど影響することなく、その誤差を補正するための回路構成を計器に内蔵し、塩分の有無にかかわらず検収を可能にすることを検討した。

i) 原 理

試料の比重、含水率が同一のものの中で一方が塩分を含有している場合、当然試料は電解性を増して、

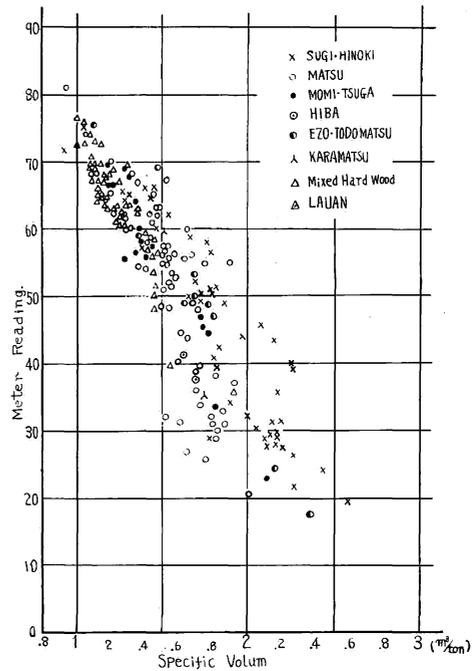


Fig. 30 B 器の実用試験結果 (比容)
Available test of the B type apparatus.

誘電率 ϵ の増加，高周波抵抗 R の低下をきたし，計器は見掛上試料の含水率が増加しているように指示する⁹⁾。この場合試料の含水率が高いほど，塩の解離が容易となり影響も増大し，含水率の低い領域ではさほど問題でなくなる。

本実験に使用したB器の電極構造は，絶縁板で試料と⊕極を隔離してあるので，高周波抵抗 R の低下による直接的な影響はあまりないものと考えられ，塩分による誘電率 ϵ の増加のみが問題となるのであるが，これはチップの電気容量を求める測定方法を用いている関係上避けがたいものであり，計器の主回路においてこれを補正することは至難のため，別に補正回路を設けて指示値に補正をほどこした。すなわち，チップに含有されている塩分は含有水分の変化に応じて解離度を変え， ϵ および R の変化をきたすことから，B 計器の主電極内に直接チップに接触する補正電極を設けて交流電圧（50c/s）を印加し， R の変化に応じた交流電流を取り出して，これを整流し，極性を逆にしてメーターに加えた。ここで交流を用いたのは直流の場合に起こる異状現象をさけるためである。なお，A 計器は試料そのものがアース状態にあるため，このような方式は取りにくく，補正回路は作り得ない。さて，このようにしてメーターに加えられた電流は，塩分の増減および含水率の変動による解離度の程度に応じて変化する ϵ の増加分を， R の変化により打ち消すことになる。したがって，チップに含有される塩分が多い場合あるいは含水率が高い場合は ϵ も増大するが， R は逆にいちじるしく低下し，メーターに加えられる打消し電流も増大する。この逆の場合は R が大きくなり，ほとんど打消作用がなくなる。しかしながら，主回路における ϵ の増加にともなって増加する電流と，補正回路を流れる R による電流は性質を異にしたものであるから，完全に補正することはできない要素もあり，できるだけ適正な補正電圧を実験的に求めた。

Fig. 31 は塩分を含んだものとそうでないものを一語にしたグラフであるが，やはり海水中で操作されるラワン，ソ連からのエゾマツに塩分を含んだものが多かった。それら塩分含有試料を一般のものの指示値まで引き下げには，どの程度補正すべきかという補正值をグラフの下に棒状グラフで示した。したがってこの棒状グラフの先端を結んだ曲線が補正に必要な電流曲線になる。これは塩分試料の含水率変化にともなう抵抗変化に対し，適当な補正電圧を選ぶことによって，ほぼこれに近い曲線を得ることができる。棒グラフ中破線で示したものは補正電圧を9Vにしたときの電流曲線で補正に必要な曲線とほぼ同

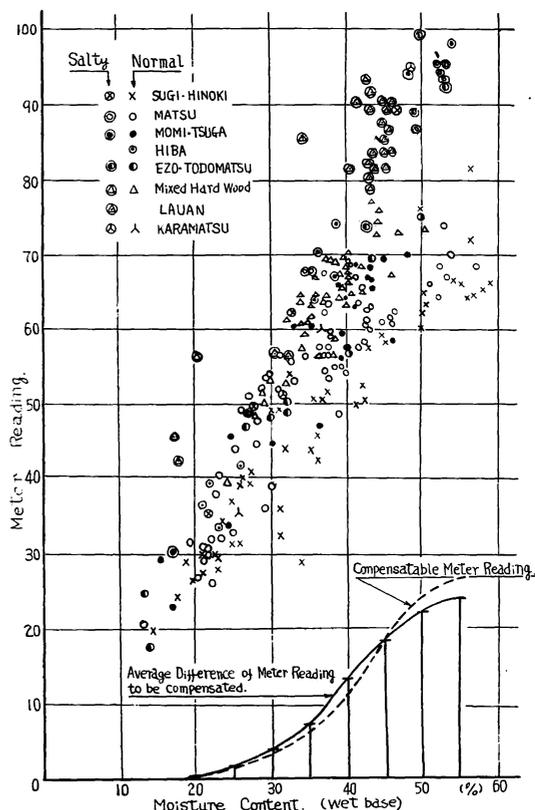


Fig. 31 塩分を含有したチップと通常チップの測定例

One of the example of the moisture measurement of chips that is contained salt and normal.

様といえる。

ii) 計器構成

塩分の自動補正回路を含んだ計器構成は Fig. 32 の回路図に示すように、測定主回路と、それとは別に設けられた交流電源(50 c/s)と主電極中に組み込まれた補正電極から構成される。補正用交流電源はごく小型の変圧器を用い、二次側に抵抗器を入れて電圧の適正值を選び交流のまま補正電極に印加してある。補正電極を経たのち、これを整流し、指示電流計に主回路とは極性を逆にして接続した。補正回路に交流を用いることは直流における異状現象をさけるためであることはさききのべたとおりである。主電極は4)-i)で述べたごとく、筒型電極槽とそれをのせる台座からなっているが、補正電極は電極槽の底で直接チップに接触する位置に幅 5 mm, 直径 190 mm の環状電極を同心円状に取り付け、電極台座とは磷青銅のスプリング入りの球座 2 個を用いて、台座に取り付けた同様の環状接点に電極槽が槽底と同一平面での回転におけるいずれの位置でも常に接続しうるように取り付けた。

iii) 測定結果

Fig. 33 に塩分を含有した試料について測定した結果を、補正前と補正後に分けて示した。図中の破線は通常材を測定した場合の上限と下限を示したものである。図でもわかるように補正量は必ずしも一定の傾向で作用しているわけではなく、個々の場合で異なっている。これは前述のごとく塩の含有量と含有水分の多少による解離の度合とで補正電流の大きさがきまってくるからである。しかしながら、全体としては含水率の高いものほど、大きく補正を受け、樹種ではラワン、エゾ・トド、など海洋運搬されたものがやはり補正量も大きく、スギ・ヒノキなどは小さい傾向を示している。補正の前後での関係をみてみると、補正前では約半数のものが通常材に比べきわめて高い値となっているが、補正後では、ほとんど通常材の分散領域におさまっている。これをさらに樹種別にみると、スギ・ヒノキおよびモミツガ等比較的比重大の針葉樹材は下側に、マツおよびエゾ・トドが中位で雑木、ラワンが上側にほぼ集まっているのも通常材の場合と同様の結果となった。総合的には、この自動補正は原理的に塩分の有無にかかわらず含水率が増加することによってメータ指示の低下率も若干は増加するので、通常材ではやや上に凸な曲線的に分布したものがここではより凸になる傾向を示すが、補正電圧を適当に選ぶことによって、かなり満足できる結果が得られ実用的には非常に有効なものといえる。

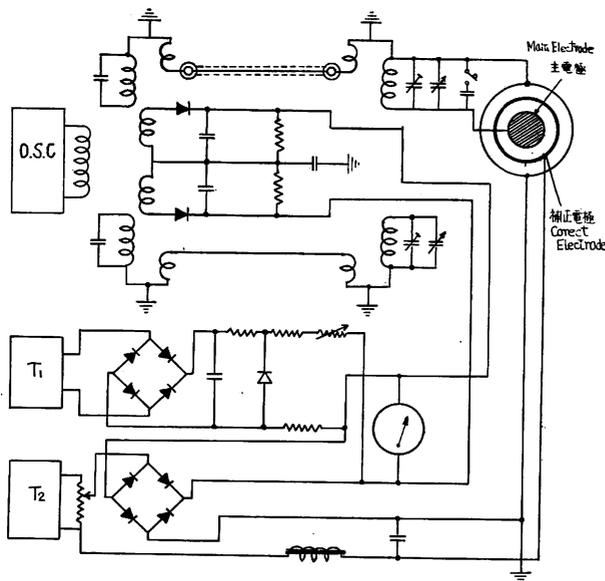


Fig. 32 塩分の自動補正を含むB計器の回路

Circuit of B type apparatus with automatic compensatory circuit for the salty chips.

これをさらに樹種別にみると、スギ・ヒノキおよびモミツガ等比較的比重大の針葉樹材は下側に、マツおよびエゾ・トドが中位で雑木、ラワンが上側にほぼ集まっているのも通常材の場合と同様の結果となった。総合的には、この自動補正は原理的に塩分の有無にかかわらず含水率が増加することによってメータ指示の低下率も若干は増加するので、通常材ではやや上に凸な曲線的に分布したものがここではより凸になる傾向を示すが、補正電圧を適当に選ぶことによって、かなり満足できる結果が得られ実用的には非常に有効なものといえる。

7. 各種測定法の繰返し誤差

ここではチップの電氣的検収法が従来より行なわれている種々の直接的な手段による方法とどのように精度の点で相違があるものかを同一のロットについて、その各所より1方法につき15回測定を繰返して調べてみた。

i) 比容の場合

a) 計器による検収

測定器はA, B両器を用い、今まで集録したデータから計器読数対比容のグラフを作り、それから平均的な曲線を求め、その曲線によって測定値から比容を求めた。

b) 遠心分離器を用いた浮力法と全乾法による重量あたり容積測定

チップを水に浸漬しその浮力から求積する手続きはさききのべたとおりで付着水は遠心分離器で脱水して測定し、これと全乾法による全乾重量とから比容を求めたものである。試料は400gである。

c) 簡易浮力法と全乾法

これは付着水を遠心分離機を用いて脱水するかわりに手振りで金網容器にはいている試料を容器ごと数回強く振って脱水し、空气中重量と水中重量の差による浮力とから求積し、全乾法による全乾重量から比容を求めたものである。試料は400gである。

d) 層積測定による場合

この場合は容積100lの円筒容器を用いて試料100lの重量を秤量したのち、試料をよく混合し、400gを採取、遠心脱水による浮力法で実容積を求め、さらにそれを全乾法により全乾重量を求めた。この場合における比容の算出は各個体について層積比容と実積比容の比をとり、この比の平均値を求めて代表値とし、これを用いておのおのの層積比容に換算した。

e) 容積あたりの重量測定の場合

これは層積測定と類似の方法であるが、この場合は1lの試料について重量を測定したものである。実積比容への換算は層積測定の場合と同様の手段で行なった。

比容として比較したのは以上の方法であるが、その結果をTable 4に示した。この結果から雑木はいずれの方法でも変化係数が小さく、B器の場合がやや大きくなっているが、それでも容積あたり重量を測定した場合とあまり違っていない。したがって計器測定が特に劣っているとはいえず、他の方法に十分匹敵すると思った方が妥当である。雑木がこのように変動が少なかった理由としては、いろいろな樹種が

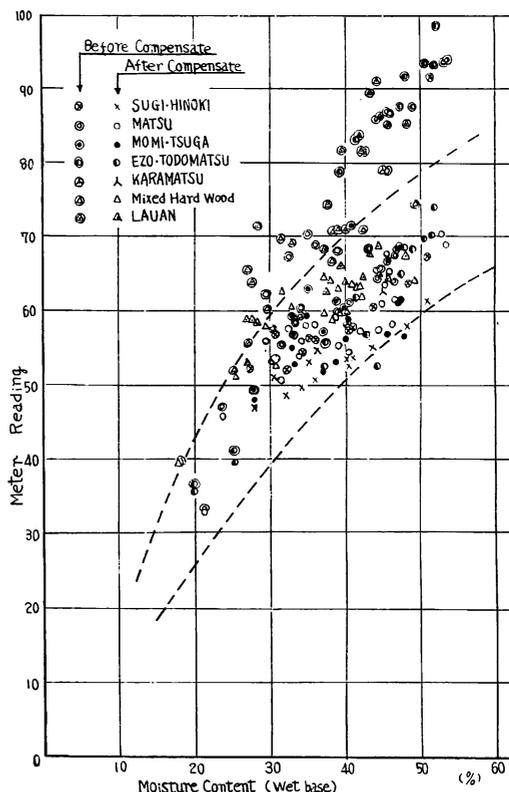


Fig. 33 塩分試料の補正前と補正後(含水率)

Result obtained with measurement of salty chips by B type apparatus with automatic compensatory circuit (moisture content).

混合され、ロット自体が均一化していたものと考えられる。マツの場合は逆に計器測定が他の方法に比べ相当すぐれた結果となった。このことから計器測定が十分実用に供しうることがわかる。

ii) 容積重の場合

この場合は比較の対象の性質から、計器の測定と全乾法による湿量基準含水率を比較してみた。試料の採取は比容の場合同様 1 ロット 15 個で 1 個 400 g である。計器の読みから含水率を求めるのも前項同様グラフによった。結果を Table 5 に示す。この場合も雑木の方がややばらつきが少なく、マツが大きくなっている。全乾法と計器ではやや全乾法がすぐれており、A、B 両器間ではほぼ同程度であったといえよう。この場合にしても実用性が十分あると考えられる。計器測定においては含水率を求めるより、比容として求めた方が精度が高まると考えられることがこの実験でも明らかである。

Table 4. 各種測定法の繰返し誤差 (比容)
Repeatedly error of various measuring method (Specific volume). Unit m³/ton

測定法 Measuring method		遠心分離機を使用した浮力法と全乾法 Volum in proportion to weight measurd by ovedry method and centrifugal separating buoyancy method	簡易浮力法 Simple buoyancy method	層積測定値 Stacked content	容積あたり重量 Specific volume	B 計器 B type apparatus	A 計器 A type apparatus
マツ (N)	平均値 Average	1.628	1.73	1.626	1.668	1.529	1.730
	変化係数 Coefficient of variation	4.87	6.64	5.33	6.20	2.14	3.67
ザツ (L)	平均値 Average	1.085	1.191	1.139	1.086	1.086	1.366
	変化係数 Coefficient of variation	2.00	2.52	2.17	3.02	2.75	3.20

Table 5. 各種測定法の繰返し誤差 (実容積)
Repeatedly error of various measuring method (Solid volume).

測定法 Measuring method		全乾法による湿量基準含水率による Moisture content (wet base) by oven-dry method	B 計器 B type apparatus	A 計器 A type apparatus
マツ (N)	平均値 Average	0.387	0.419	0.411
	変化係数 Coefficient of variation	6.8	8.2	8.5
ザツ (L)	平均値 Average	0.473	0.519	0.522
	変化係数 Coefficient of variation	5.8	7.5	5.4

8. 摘 要

木材チップの取引にともなう検収方法として、もっとも合理的な重量検収方法について、特に電気計器を利用した能率的な検収方法について検討した。その結果は次のごとくである。

- 1) 重量検収には、含水率の測定または比容（実容積/重量）の測定を正確迅速におこなうことが最も大切である。
- 2) 電気計器により含水率または比容の測定をおこなう場合、抵抗式計器は適当でない。
- 3) 誘電率型の計器が使用に適しているが、可搬式棒状電極のもの（A）と、定置式円筒状電極のもの（B）とを試作検討した。
- 4) チップサイズの影響、温度の影響、冠水の影響は多少あるが、いずれも実用上支障があるほどではない。
- 5) 計器指示値と含水率または比容との関係は、いずれも高度の相関関係があり、前者で比例的、後者で逆比例的で、前者は指示値の小さいほど、後者は指示値の大きいほど、誤差が少なく、全体としては前者より後者の方がむしろ誤差が小さい傾向にある。
- 6) 定置器と可搬器とでは、後者の方が精度が劣り、また後述の塩分補正ができないので、実的に多少難点がある。
- 7) 両器とも比重（樹種）の影響があるが、全樹種を3区分くらいに分割することで、精度はかなり高くなる。
- 8) 塩分を含んだ試料は指示値がいちじるしく高く出るので、定置器について塩分による電気抵抗の減少を利用した補償回路をつくり、自動補償することに成功した。
- 9) 計器による繰返し測定の精度も、他の方法に比して劣らず、実用上さしつかえなかつた。
- 10) 比容測定の基準としては、木材チップを5分間浸水し、後1,000回転1分間の遠心分離を行なう浮力法で安定した結果をえられた。なお同一条件で、遠心分離を手ぶりに変えた場合にも、一定の補正を加えることで、実用上さしつかえない結果が得られる。
- 12) 以上の結果から、円筒定置式の試作試器は、迅速かつ正確に含水率または比容を知りうる有力な手段であることが確認された。

文 献

- 1) 加納 孟：幹の平均比重をしめす位置について，林試研報，134，(1961)。
- 2) 加納 孟：トドマツ材の容積密度数の大きさと幹のなかの分布，林試研報，101，(1957)。
- 3) STAMM, A. J.: The fiber saturation point of wood as obtained from electrical conductivity measurements. Ind. Eng. Chem., Anal. Ed., 1, (1929)。
- 4) 上村 武：誘電率による木材含水率の測定に関する基礎的研究，林試研報，119，(1960)。
- 5) ICHIJŌ, B.: On the new method of measuring dielectric constant and loss angles of semi-conductors. J. of App. phys., 24, 3, (1953)。
- 6) 伊藤 彰：チップの容積重について（第1報）測定法について，林試研報，138，(1962)。
- 7) 上村 武：海水浸漬材中の塩分の簡易検定法，木材工業，18，191，(1963)。
- 8) 上村 武・斎藤寿義・中山公男：薬液が浸透した木材の含水率測定，木材工業，15，160，(1960)。
- 9) 中村徳孫・中野達夫：木材チップの検収に関する試験，広島県林業試験場報告，昭和37年度版。
- 10) 上村 武：二三の電気抵抗式木材含水率計の特性について，林試研報，90，(1956)。

**Determination of Dry Weight and Specific Volume
of Wood Chip with Electric Meter.**

Takeshi UYEMURA, Hisayoshi SAITO and Tatsuo NAKANO

(Résumé)

It is very important to measure and determine the quantity of wood chips when they are purchased or sold. But the general method of measurement is either in accurate or unreliable. Particularly, we can not determine quickly the dry weight of wood chips with oven dry method.

This being so, we developed a new type electric meter to measure the moisture content and specific volume of wood chips, and determine the measurement method of quantity of wood chips. The results are as follows:

1) To determine the quantity of wood chips it is most important to determine exactly and quickly the moisture content and specific volume (true volume of chip converted into log / wet weight of chip).

2) The resistance type meter with its inconstant contact of electrode and inexactness of meter reading at high moisture content, is not serviceable for estimating wood chips (Fig. 6).

3) The dielectric type meter is suitable for wood chip estimation; therefore, the portable type meter with stic electrode Fig. 8 (a) and fixed type meter with cylinder type electrode Fig. 8 (b) were developed for trial.

4) Some influences applying to dielectric type meter are chip size (Fig. 16) temperature (Fig. 9, 10), rain absorption etc., but they are negligible for use.

5) There is a high relation between meter reading (Fig. 27, 28) and moisture content or specific volume of wood chip (Fig. 29, 30). In the former case the relation is proportional, and error is smaller at high meter reading than at low reading in the latter case, the relation is inverse proportional and error is smaller at low meter reading than at high reading.

6) Type B is most suitable for wood chip, because it has closer accuracy than A type, and the influence of salty chip may be corrected.

7) The meter reading influenced by density of each species, but the 3-relation curve (high density, middle density and low density) may be used to get a high degree of accuracy (Fig. 27~30).

8) Measurements of salty chips (in logs that have been in sea water) give very high meter reading (Fig. 31). We developed B new type correcting circuit for salty materials, owing to decrease of resistivity of them at high moisture condition (Fig. 33).

9) Stability of measuring with dielectric type meters is higher than other measuring methods (Table 4, 5).

10) Standard method to measure specific volume of wood chip was as follows: Wood chips to be measured were immersed in water for five minutes, and weighed in water and weighed after one minute, water separated with 12.5 cm diameter centrifuger at 1000/min speed (Fig. 23, 24, 25, 26).

12) From results obtained it appears clear that the dielectric type meter, particularly B type, is a very useful instrument for measuring the quantity of wood chip, and has high availability for practical use.