

# 木材糖化用滲透機に関する研究

東京工業大学

葛 岡 常 雄

## 目 次

第1章 序 論	1
第2章 基礎的考察	2
第3章 予備実験	5
第4章 実験方法	5
第5章 糖化実験結果	7
第6章 処理量及び所要動力	8
第7章 結 論	10
附 表	12
附 図	19

濃厚硫酸を使用する木材糖化プロセスに関して、酸使用量を経済的にするため設計された実験用内面ロール滲透機に就いて、その糖化能力及び処理量、動力等を研究した。而して、工業的規模の本装置設計に関する基礎的、工学的諸資料を得るのが本研究の目的である。

## 第1章 序 論

木材糖化に関する研究及び工業化方法に就いては、世界各国でその研究が行われている。いわゆる木材糖化工業は、木材中の多糖類或いはセルロースを加水分解して糖若しくは糖液を得、之等をアルコール醗酵、酵母製造等、種々の用途に供するプロセスを言うが、糖化方法としては、稀酸法、濃酸法等があり、前者に就いては既に一部工業化されているに反し、後者に就いては未だ充分なる研究結果も得られていない。

濃酸法プロセスは、主として木材中の稀酸分解し難い部分を濃酸で溶解した後、稀酸で加水分解を行うもので、理論上、木材組成中の単糖類になり得べき多糖類を全て利用出来ると同時に、常圧でよく、又構成材料にも特別な困難がない利点がある。このプロセスには、現在考えられているものに2つある。即ち、一度稀酸で処理した後、比較的分解し易い糖類を除いた残渣を濃酸で処理する方法と、前述せる様に、はじめから濃酸処理を行う場合とである。

本研究は、原料木材として製材廃物たる鋸屑を利用する木材糖化法の、濃厚硫酸使用方法に就いての過去の研究結果に鑑みて、特に設計製作した実験用内面ロール滲透機を使用して濃酸使用プロセスを検討せんとするものである。

本研究に使用せる内面ロール滲透機は鋸屑及び硫酸混合物に圧力及び剪断力等の機械的エネルギーを加えて、滲透効果を高めようとする意図の下に設計されたもので、その構造等に就いてはここでは省略する。

## 第2章 基礎的考察

### §1. 実験方法の検討(1)

糖化率に影響を及ぼす因子としては、最初次の諸項が考えられた。

1. 鋸屑対硫酸混合比
2. 鋸屑粒度
3. 使用酸濃度
4. 反応温度
5. 圧力の大きさ(内面ロール外輪間接触圧力)
6. 剪断力の大きさ(内面ロール外輪円周速度差)
7. 反応時間

之等諸項は、夫々独立に糖化率に牌係するものではなく、例えば2・5・6・各項の様に明らかに之等相互間に関係があるものもある。従って、項目一つ一つについて条件を制約して実験を行う事は困難であるので、調節可能な範囲で条件を整え、実験値をなるべく多くとり、抽的に正しい結果を期待出来る様な方法を取るのが望ましく、特に温度についてはこの傾向を強く出さざるを得ない。

項目1. は本実験の目的(如何に硫酸量を少くし得るか)そのものであって、乾燥鋸屑に対する濃硫酸(100%  $H_2SO_4$ として)の混合重量比である。混合比の目途としては、過去の研究結果等を参照したが、具体的には、使用原料鋸屑の理論的還元性糖の90%以上の単糖類を得るために要した最少酸量を限界とした。

項目2. は原料鋸屑のメッシュであるが、原料をそのまま使用出来ない時は、然るべき粉碎機を使用する必要があるので、多分に経済的な要素を含んで居る。粒度は細かい程糖収率のよい事は考えられ、又、実際にも実験室的に之が裏付けられているが、ここでは何メッシュ以上であればよいかを調べる事にした。因みに参考までに本研究に使用した原料鋸屑の粒径分布を示すと下表の通りである。

Mesh .	>12	12~20	20~30	30~40	40~45	45~60	60~80	<80
%	7.8	26.1	25.5	25.5	4.6	5.2	2.0	3.3

項目3. は使用濃度については、反応速度等の動力学的研究等があるが、70%、80%、95%について基礎実験の結果、70%のものは反応条件が悪くなり、95%では脱水変質を起さしめるので、80%のものを使用する事にした。

項目 4. の温度に関しては、本研究の実験装置が、このままでは温度のコントロール困難なので特別には行わず、定温に応じて抽出的にデータを集めた。装置は構造上、反応に関連する箇所は熱容量大きく、材質上、熱伝導度が高いに反して、原料である鋸屑及び酸混合物は、実験的フィード・レートでは僅か 1~ 3 mm 程度のいわば膜状で滲透作用を受けるため、温度の影響は専ら装置接触部が影響をもつものと思われる。

項目 5. の接触圧力に関しては圧力大なる程、機械的エネルギーは増大し、従って、糖化率にもプラスの影響増大する事は当然考えられるが、逆に所要動力が増加すると共に、接触圧力が或程度以上になれば、装置の構造上、種々故障が生ずる事が想像される。圧力は内ロールに附属する軸受箱に蔓巻バネで加圧する。従って蔓巻バネの長さを変化させる事によって圧力を加減出来る。本装置について実験的に可能な圧力範囲は 0~160kg であるが、実験測定値の数と精度の関係から実験は主として 0kg, 60kg, 110kg, 160kg で行った。

項目 6. の剪断力の大きさの影響を見るためには、外輪と内ロールの間の円周速度差が問題となると考え、之を種々調節して糖化率を調べた。この調節は本装置について或る圧力、或る円周速度差の範囲では充分にうまく操作出来る。円周速度差は実験操作上、外輪 > 内ロールの場合に於いて種々変化したが、内ロール > 外輪の時には或いは相違した結果が見られるのではないかとも思われ之についても行った。

項目 7. の反応時間については、本来ならば全反応時間を調べるべきであるが、ロール処理前、処理後の取扱い方法はすべて一律に同一条件を採用したので単に内面ロール滲透機に依る反応時間を測定せんとした。しかし実際には瞬間的に外輪内ロール間を通過する試料について厳密にその反応時間を測定するのは困難であり、又、その反応時間の範囲がどこであるかを各実験に統一して制定する事は技術的に難しい。従って、実際には試料を滲透機にかけた回数を以って反応時間に代える事とした。尚、第 1 回滲透回数から第 2 回迄の時間は、実験操作上可能で、しかも最も短かい時間を採用すれば、約 1 分間となり、酸・鋸屑混合後滲透機に供給する迄の時間を約 5 分間とした。

## §2. 実験方法の検討(2)

前節の諸ファクターを調べるために滲透実験を行う方法としては、次の方法が考えられた。

1. 混合及び滲透を同時に行わせる。
2. 混合及び滲透は別々に行わせる。

前者を採用すれば、本滲透機に依る影響のみが現われると共に実験誤差は少いと思われるが酸散布と鋸屑供給とを同時に行わねばならず、実験操作は複雑である。しかも酸散布の方法については、未だ優秀な方法が見付けられない。即ちなるべく散布表面積を大きくして(望ましい状態としては噴霧状であるが)しかも充分に原料鋸屑或いは内ロール・外輪面にキャッチされて、周囲に飛散して浪費される事なく、原料鋸屑と一定の比で供給される酸散布方法が案出

されねばならない。

これに反して、後者の方法は酸鋸屑混合は別の装置で行うので、混合操作の影響が出て来るので、実験誤差の範囲が拡大する恐れがある。しかし、実験操作は簡単でスムーズに行える。

両者とも実験に当ってはロールの有効巾、即ち実際に原料が供給されて、滲透作用を受ける巾を 100 mm とした。装置のロール巾は 150 mm あるから、両側を約 25 mm ずつあけたわけであるが、之は数回の予備実験の結果適当とされたスペースである。

フィード・レートは先にも一寸触れたが、数回の予備実験で 100mm 巾で鋸屑 5~ 50 g/sec に就いて実験の結果、約 30 g/sec が最も能率がよく、この位の供給速度では、滲透操作前、即ち、両ロール間を通らぬ時、厚さ約 10 mm、通過後、約 1.5~ 1.0 mm ( 接触圧力  $P = 160$  kg ) であった。

### §3. 基礎的実験

濃酸処理後の実験条件を検討する目的で、内面ロール滲透機操作後の加温条件、加水分解条件等の最適値を求めめるため、乳鉢による濃酸処理を施した後、該当諸条件を調べた。

実験室用陶製乳鉢に、乾燥鋸屑約 10g を入れ、滴定用ビュレットから 80%  $H_2SO_4$  を滴下させ乍ら摺り混ぜ鋸屑対硫酸比を一定に保ったまま一定時間混合する。次いで 40 の恒温器中で一定時間加温滲透作用を行わせ、後、加水して  $H_2SO_4$  濃度 8% となし、100 で一定時間加熱し加水分解を行わしめる。この結果、濃酸処理後の加温条件は、温度 40 で 30 分間、30 で 1.5 時間、50 では約 10 分で定性的に変質を見た。加水分解の加熱時間は、温度は 100 で変化させずに最適時間を調べた結果、3.5 時間であった。尚、参考のため、硫酸比を種々変化して行った乳鉢試験の結果を第 1 表及び第 1 図に示した。次いで 40 の保温下に同様な処理を施した結果を示した。

### §4. 最大理論的還元性糖量 ( Potential Reducing Sugar Yields )

木材糖化の結果、得られる最大理論的還元性糖 ( P . R . S . ) の定量は次の様にして行った。

80 メッシュ通過の鋸屑 ( 水分 15% 以内 ) を水分定量の後、約 0.5g とり、ピーカー中にて 72%  $H_2SO_4$  を約 5cc 加え、30 の恒温器中で時々攪拌を行いながら 45 分間置いて十分にセルローズの溶解を行わしめる。後、加水して酸濃度を 8% となし、100 , 3 hr 加水分解を行う。次いで、冷却、濾過し NaOH で中和して、その中適当量を取り New Somogyi 法還元性糖定量法で生成還元性糖を測定する。本実験に主として使用せる鋸屑は北海道旭川林業指導所調製のエゾ松、トド松を主とする樹質のものであるが、その還元性糖収量は、上記の方法に依れば、約 1% 以内の誤差で平均 68% ( dry basis ) であった。

### §5. 糖化率

種々の条件下で糖化後、その生成糖を定量するが、この還元性糖定量は前節の New Somogyi 法で行った。

糖化率は前節の P.R.S. に対する生成糖の百分率で表示した。例えば糖化率 90 % と言うのは P.R.S. を 100 とした時の収量が 90 である事を意味し、原料乾材に対しては  $0.68 \times 90 = 61.2\%$  の糖収量のあった事を意味している。

### 第3章 予 備 実 験

#### §1. 実 験 方 法

前章 §2. で述べた方法の中、1. を行って予備実験とした。任意に調節出来る酸撒布器を設計製作した。即ち酸を飛散させる事は望ましくないので、噴霧状にするのをさけ、外輪面に均一に撒布する様に直径 10 mm , 内径 9 mm , 長さ 150 mm の鋼管に、管壁に沿って軸方向に 5 mm 間隔に 0.3 mm の孔をあけ、管内部には調節弁を附し、流量を加減出来る様にしたスプレーを用いた。これは酸タンクの圧力を変えてその流出量を加減出来る。

鋸屑は任意のフイードレートで行うため、ベルトコンベヤを本装置に附設した。このベルトコンベヤは原料鋸屑を一定質量速度で供給する。

以上の装置は同時に操作運転して滲透を行わせる。一定時間後或いは 1 回滲透操作終了後、試料は外輪面に附着しているから、之をスクレーパーでかき落してサンプリングする。

後、後処理として、加温し、後加水分解する。

#### §2. 結 果

第 2 表及び第 2 図に滲透時間、混合比、糖化率の関係を示した。之は、鋸屑と酸を一定量比に供給した後、一定時間外輪に附着させたまま一定時間滲透操作を行ったもので、外輪回転数は 15.3r.p.m. であるから、1 分間 15.3 回滲透操作を受けている事を示している。

第 3 表及び第 3 図は、滲透回数、混合比、糖化率の関係を示した。之は前項のものが、一定時間連続に操作するに反して、滲透操作 1 回毎に外輪に附着された試料をかき取り再度、再々度フイードする方法をとったものである。

前者は後者に比して、比較にならぬ程の機械的エネルギーを多く受けているわけであるが、それだけに糖化率も高く、混合度もよく結果にむらが少ない。しかし糖化率は小さく、鋸屑対酸混合比 1.0 以下では殆ど濃酸処理の効果が無視されかねない結果を示している。之は恐らく、酸と鋸屑の混合が充分に行われず、滲透及びそれに伴う反応が著しく遅れる事と思われる。しかも処理量は約 18 kg/hr/10 cm<sup>2</sup> で僅かである。

### 第4章 実 験 方 法

#### §1. 試 料 調 整

前章予備実験の結果、第 2 章 §2. の両方法には、その糖収率にかなりの距たりのある事が知られた。従って本実験では 2. の方法を採用する。

原料鋸屑の粒径分布に就いては第 2 章で述べたが、水分約 15% のものをポットミルで約 1 昼夜粉碎し、次表の如き分布のものを得た。

20mesh パス	98%
30mesh パス	94%
60mesh パス	60%

30 mesh をパスしないものは、再び粉碎する。之等は  $30 > D > 40$  mesh と、 $D > 60$  mesh のものとの二つに分けて置く。実験には主として  $D < 60$  mesh のものを使用した。

原料鋸屑は 105 ~ 110 で約 2 hrs 乾燥した後、室温迄デシケータ中で冷却し、ホーロー引き器に取る。一方硫酸は撒布装置のタンクに一定量入れる。鋸屑を入れた器を手で動かし乍ら、酸を表面に撒布する。

酸撒布用装置は、ノズルとタンクからなり、ノズルは先端が 4 叉状になっていて先端から噴出した酸が空間で 1 点に衝突して噴霧状となった後、落下撒布される様になっている。酸のタンクは約 70cc 入るガラス器である。酸はタンク内でコンプレッサーよりの空気の圧力によって噴出するものである。圧力は 2 気圧、80%  $H_2SO_4$ 、毎分 50cc 噴出せしめる。

## §2. 滲透操作

混合は 15 分間行って、調整された試料を前章のフイダーで滲透機に供給する。この段階では、第 2 章 §1. の項目 4~7 の影響を見るのであるが、温度以外は任意に調節し得る。円周速度差の調節は 3 段プーリ及び電源トランスで内ロールの回転数を変化せしめて行う。

外輪周速度は伝動ギヤを交換して変化出来る。

フイードレートは 30 g/sec 有効巾、即ち供給巾は約 100 mm とした。外輪面に附着して行く試料はスクレーパーでかき取って、アトランダムにサンプリングする。滲透回数が 2, 3 回に亘るものは、1 分間の間隔を置いて再度、更に 1 分間の間隔を置いて再々度滲透機にかけた。

## §3. 試料採取

1 回の実験に対して 3ヶのサンプリングを行った。糖定量にのみ使用する試料は 1~ 3 g ずつ秤量瓶に採った。処理量調査用サンプルは、スクレーパーから出る板状試料を平板上に取って、1 辺 3 cm の正方形に載り取った上、秤量瓶に採取した。

## §4. 加水分解

秤量を終えた試料は水を加えた後、酸濃度を 8% 迄うすめ、そのままか或いは既知量の 8% 硫酸を加え、100 で boiling している湯浴中に 3.5 hrs 加水分解を行う。この際第 2 章で記述した通り、後処理として稀酸分解前に濃酸処理効果を補うため、40 , 30 分間熟成させる過程が含まれる。加水分解後、冷却し、ヌツツ工濾器で残渣を除き清澄液を得、1/10 N - NaOH で中和、含硫酸量を知って試料中の原料鋸屑量を算出した。

## 第5章 糖化実験結果

### §1. 鋸屑対硫酸混合比の影響

第4表, 第4~7図に, 混合比と糖化率の関係を示した。接触圧力  $P$  を  $160 \text{ kg}/10 \text{ cm}$ , 円周速度差  $V = 0.25 \text{ m}/\text{sec}$  の下で得た糖化率は, 混合比が少い中は急速に増加するが, 漸次緩曲線となる。而して, ロールに3回かけたものでは0.8の混合比では糖化率90%以上を得るに至る。従って, 爾後の実験は一応混合比を0.8にして行う事とした。

### §2. 滲透操作回数の影響

第4表及び第8図に混合比, 滲透操作回数と糖化率の関係を示した。前節と同様の測定値であるが, 混合比1.1以下では, 滲透回数の大なる程, 糖化率が大である事が歴然としているが, 1.1以上では大して変りがなく, むしろ滲透回数の少ない程, 糖化率が高いと言う結果を見せている。之は無論, 実験誤差の範囲内と見られぬこともないが, 兎も外輪及び内ロール表面の鉄分が試料中に混入し, 糖定量の際, その鉄化合物が影響を与えるのではないかと想像される。(この現象と同じ様なことが教育大学小林研究室酒井氏に依っても認められている。)

### §3. 接触圧力の影響

圧力  $0 \sim 160 \text{ kg}/10 \text{ cm}$  について実験を行った結果を第5, 6表及び第9~16図に示した。 $[\text{kg}/10\text{cm}]$  なる単位は, 有効接触巾(試料が内ロール及び外輪面に狭まれる巾)が  $10 \text{ cm}$  であり, 又内ロール 試料 外輪面は理論上線接触であることから生じたものである。

円周速度差を種々に変えて実験を行ったが, いずれの場合も, 圧力の増加に従って糖化率は増加している。而して之等の曲線を  $\log \log$  紙にプロットすれば, 大体, 直線になる事が知れた。今, 糖化率を  $y$ , 接触圧力を  $P$   $[\text{kg}/10\text{cm}]$  とすれば

$$y = KP^n$$

円周速度差  $V = 0.25 \text{ m}/\text{sec}$  の場合は ( $V_0 = 0.481 \text{ m}/\text{sec}$ )

$$y = 0.43 P^{0.16}$$

円周速度差  $v = 0.15 \text{ m}/\text{sec}$  では ( $V_0 = 0.481 \text{ m}/\text{sec}$ )

$$y = 0.38 P^{0.16}$$

但し,  $P$  は  $10 \sim 160 \text{ kg}/10 \text{ cm}$  の範囲の実験であり, この範囲にのみ成立するものであり,  $y$  は1を越えないこと勿論である。

### §4. 円周速度差の影響

外輪回転数は  $15.3 \text{ r.p.m.}$  ( $V_0 = 0.481 \text{ m}/\text{sec}$ ) 及び  $30.6 \text{ r.p.m.}$  ( $V_0 = 0.962 \text{ m}/\text{sec}$ ) について行った。圧力は  $0 \sim 160 \text{ kg}/10 \text{ cm}$  とし,  $V$  は  $-25 \text{ cm}/\text{sec} \sim 45 \text{ cm}/\text{sec}$  及び  $0 \sim 65 \text{ cm}/\text{sec}$  の範囲に行った。この結果は, 第5~6表及び第17~24図に示した。この中  $V_0 = 0.481 \text{ m}/\text{sec}$

については各測定値を、 $V_0 = 0.962\text{m/sec}$ については測定値の平均値をプロットした。茲で併せて温度の影響を見ようとしたが、温度範囲が約 3 以内では全く変化がない事が知れた。而して、糖化率は約 3%内外の変動がある事が知れた。

糖化率を示すカーブは、 $V_0$  に依ってその形を異にするが、兩者共、 $V$  が夫々或る値以上になると、糖化率は殆ど変化しなくなる点が見出される。即ち  $V_0 = 0.481\text{m/sec}$  の場合には  $V = 0.25\text{m/sec}$  附近で、糖化率はほぼ一定に達し、 $V_0 = 0.962\text{m/sec}$  の場合には  $V = 0.50\text{m/sec}$  附近で糖化率はほぼ一定値に達する。而して、今横軸に  $V$  をとる代りに（円周速度差/外輪周速度） $V/V_0$  をとると、 $V_0$  の如何に拘わらず  $V/V_0 = 0.59$  に於いて、糖化率が一定値に達し、 $V_0 = 0.962\text{m/sec}$ 、 $V_0 = 0.481\text{m/sec}$  の兩者は糖化率のずれはあるが相似た形のカーブを示した。この事は次の関係を意味する。即ち  $V_0$  が2倍になると、試料に対する作用時間が  $1/2$  となり、円周速度差が 2倍になると、剪断力が 2倍となり、従って  $(1/2)(2) = 1$  でエネルギー量は変りない。従って相似た糖化率カーブを示すのである。しかし、茲で尚約 3.5% の糖化率差が見られるのは、その他の原因が働いているものと思われる。

円周速度差  $V$  が正であるか負であるか、即ち  $V_0 > V_i$  か  $V_i > V_0$  かに依って糖化率にどんな相違があるかを調べたが、図で見られる通り  $V$  が 0 なる点を軸にして対称をなす事がわかり、 $V$  の正負によらず、その絶対値が糖化率に影響する事が認められた。この事は機械的エネルギー（試料に加えられる）に变りがない事からも肯定出来る。

## 第6章 処理量及び所要動力

### §1. 処理量

内面ロール滲透機に依って 90% 以上の糖収量を得るために必要な条件下では如何程の原料鋸屑処理能力があるかは、設計上必要不可欠な資料である。本実験に使用せる内面ロール滲透機に於いて、少くとも 90% の糖化率を得る様な条件で運転した結果、 $V_0 = 0.481\text{m/sec}$ 、 $V = 0.25\text{m/sec}$ 、 $P = 160\text{kg}/10\text{cm}$  であれば、滲透 1回の後、厚さ約 1mm 内外にあればよい。従って 1 mm 内外のものについて、その重量を測定した。行った実験では、試料の性質上、厳密にフィードレートを調整する事は出来ないため、前記の様に 1mm 内外のものについて重量を測定したのである。

試料は 100 mm 内外の巾を有し、柔軟性、昆布状のものとなるが、約 5 分もたてば膨潤化して形を崩すので、手早く硝子板上で薄刃のナイフをもって 3 cm 四方の正方形に截断し秤量瓶にとり蓋をして秤量した。

試料はすべて外輪に附着して行くので、次の計算が可能となる。即ち外輪巾が 150 mm でも、有効巾は 100 mm 巾であるから、外輪円周速度  $V_0$  とすると、試料の面積速度は  $0.1 V_0 \text{ m}^2 / \text{sec}$ 、 $9 \text{ cm}^2$  の試料重量は第 7, 8, 9 表より 1.12 g であるから、面積  $1 \text{ m}^2$  であれば

$$(1.12) \begin{pmatrix} 10000 \\ 9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1000 \end{pmatrix} = 1.244 \text{ kg/m}^2$$

1時間当りの処理量は

$$(1.244) (0.1) (3600) V_o = 448 V_o \text{ kg/hr}$$

$V_o = 0.481 \text{ m/sec}$  で運転すれば処理量は

$$(448) (0.481) = 216 \text{ kg/hr}$$

鋸屑対硫酸混合比は 1 : 0.8 であるが、80%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  を使用したので、その重量比は 1 : 1 である。故に原料鋸屑処理量は

$$(216) (1/2) = 108 \text{ kg of dry S.D./hr}$$

従って処理量は  $V_o$  に比例して増大するかに見える。この事は第 7 表と第 8 表を比較すれば容易に肯ける。しかし、 $V_o = 0.962 \text{ m/sec}$  では糖化率は約 3.5% 減少する。

$V_o = 0.962 \text{ m/sec}$  に於いて  $V = 0.50 \text{ m/sec}$ ,  $P = 160 \text{ kg/10 cm}$  で糖化率 90% 以上得ようとするれば、第 9 表に見られる様に厚さが 0.75 mm 内外となり、 $9 \text{ cm}^2$  当り重量 0.88 g で、糖化率は 90.8% である。従って、処理量は

$$(0.88) \begin{pmatrix} 1002 \\ 9 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 10000 \end{pmatrix} = 0.981 \text{ kg/m}^2$$

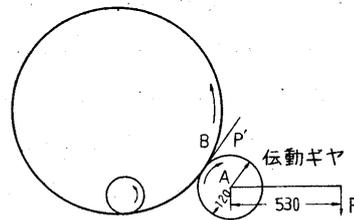
$$(0.981) (0.1) (3600) (0.962) (1/2) = 170 \text{ kg of dry S.D./hr}$$

となり、 $V_o$  が 2 倍となっても、処理量は 1.57 倍にしかならない。

## §2. 所要動力

本実験に使用せる内面ロール滲透機は外輪駆動用として、1HP 交流三相モーター、内ロール回転用として、2HP 直流モーターを使用している。但し勿論これは最適運転に対しては必要以上の大きさである。

外輪所要動力は便宜的に次の様な方法で算出した。即ち右図の伝動ギヤ・シャフトに挺子を固定し、一端に荷重を加えて行って、外輪が動き出した瞬間の荷重の大きさを読み、外輪回転の際の応力を計算した。



実験は次の 3 種について行った。

外輪 内ロール接触なし

外輪 内ロール接触、円周速度差なし (内ロールを外輪に従動さす)

外輪 内ロール接触、内ロール静止スリップせしめる。

接触圧力は 0 ~ 230 kg に就いて行った。

所要動力は、内ロールと外輪が接触して回転するに要する動力と、外輪が内ロールとの間にスリップして回転するに要する動力との和であるとして求めた結果が第 25, 26 図である。この図に依れば  $P = 160 \text{ kg/10 cm}$ ,  $V = 0.25 \text{ m/sec}$ ,  $V_o = 0.481 \text{ m/sec}$  では約 400 watt とな

る。

内ロール用動力は電源に電流計、電圧計を附して精算した結果、内ロールを単独で回転せしめる時は、その円周速度  $V_i = 0.231\text{m/sec}$  では 450 watt,  $V_i = 0.462$  では 600 watt となるが、接触せしめて外輪と同時に回転してスリップせしめると、 $V = 0.25\text{m/sec}$  の場合は 300 watt,  $V = 0.50\text{m/sec}$  の場合は 450 watt ~ 500 watt となった。

尚、本滲透機に依る結果から、有効巾の変化による処理量の変化に対する所要動力を算出して第27図に示した。

## 第7章 結 論

鋸屑対硫酸混合比は 0.8 以下に縮め得る。

滲透は回数大なる程大きいと思われたが、大した違いはない。

圧力は糖化率に大きな影響を及ぼすが、糖化率と接触圧力との間には  $y = kP^n$  なる簡単な関係が見られた。

円周速度差  $V$  も同様に糖化率に大きな関係があり、前記の  $k$  に何らかの函数関係を持つと想像されるが、速度差が或る程度以上になると、糖化率は殆ど変化なく一定の値に達する。しかもその値は単に  $V$  のみに依って定まるものでなく、 $(V/V_0)$  に依って定まり、本実験の範囲では、この比が 0.59 の点に於いて、糖化率一定の結果を得た。又  $V$  の正負は問題でなく、その絶対値のみが影響すると言う当初の想像が実験誤差の範囲内で確められた。

糖化率 90% 以上の収率で運転するためには、処理量はロール巾（有効巾）10cm 当り 100 kg/hr 程度が最も能率がよい。而して、この時の条件は圧力  $P = 160\text{ kg/10 cm}$ ,  $V_0 = 0.481\text{ m/sec}$ ,  $V = 0.25\text{m/sec}$  となる。然るに  $V_1 = 0.962\text{m/sec}$ ,  $V = 0.50\text{m/sec}$  となして、所要動力を2倍にしても、処理量は約 1.5 ~ 1.6 倍にしかならず、若しも、処理量を動力と同じ割合に倍加しようとしても、糖化率は約 3.5% 程度落ちる。

糖化率を一定に保って動力と処理量とを同じ割合で変化させるにはロール有効巾を変化させるのが有利で、廻転数を増加（ $V_0$  の増加）してもそれに伴って処理量が正比例しない事がわかった。

## 附 言

以上の研究に於いて、実験を担当された高井政民君、分析を担当された細田敏子君並びに初期に於て実験に従事された伊藤高昭君に感謝の意を表すると共に、種々御助言を戴いた東京工業大学内田俊一教授、東京教育大学小林達吉助教授、林業試験場安倍慎部長の諸氏に対して厚く御礼申上げる次第です。

尚、本研究は木材糖化審議会の総合研究の一環として、昭和 26, 27 年度に於て、北海道よ

りの委託研究費に依り行ったものであること及び実験装置製作に関しては農林省の補助を得たことを附記して謝意を表す。

(昭和 28年 7月 27日。化学機械協会北海道地方大会研究発表会にて発表)

第1表 乳糖に依る滲透糖化

混 合 比	糖 化 率 %			混 合 比	糖 化 率 %		
	恒 温 40°C	室 温 °C			恒 温 40°C	室 温 °C	
0.5	51.5	40.5	11	2.0	97.0	78.2	10.5
0.5	50.8	41.0	11	2.0	91.9	83.8	10
0.6	55.0	—	—	2.2	97.1	84.1	11
1.0	73.3	53.5	10	2.2	95.0	—	—
1.0	—	55.2	12	2.3	—	86.9	10
1.25	80.7	63.5	11	2.5	96.6	87.5	10
1.50	85.0	72.2	11	2.5	97.8	—	—
1.50	—	66.3	10.5	3.0	96.4	91.0	12
1.75	91.1	75.8	11	3.0	—	90.6	12
1.75	—	76.0	11.5				

滲透操作 約 1.5分間 後処理 40 30分間

第2表 外輪面酸散布に依る滲透糖化(その1)  
 接触圧力: 160kg/10cm 円周速度差: 25cm/sec

混 合 比	室 温 °C	糖 化 率 %			
		3 分間滲透※	6 分間滲透	9 分間滲透	12分間滲透
0.5	10.5	40.8	—	40.5	45.0
0.66	10.0	—	42.8	44.0	—
0.75	11.5	42.0	—	—	—
1.02	10.5	—	46.7	—	50.3
1.05	10.5	—	45.3	47.8	—
1.05	13.5	43.5	46.1	49.1	52.4
1.10	11.0	—	—	49.0	—
1.13	12.0	42.0	—	49.2	—
1.25	12.5	42.2	46.8	—	53.9
1.50	10.5	47.3	—	59.0	57.6
1.63	12.0	—	56.2	56.4	—
1.75	12.5	49.6	59.3	59.5	60.8
1.92	10.0	52.5	57.8	—	—
2.00	9.0	56.0	—	63.1	68.9
2.05	11.0	—	—	64.5	69.1
2.10	9.5	—	61.2	—	—
2.25	10.5	—	—	—	71.5
2.30	11.0	63.5	—	—	—
2.30	11.0	59.0	—	—	—
2.50	12.0	—	67.8	70.0	76.5
2.60	13.5	65.2	66.9	71.2	78.0
2.75	10.5	67.5	—	—	82.0
3.0	10.5	72.7	80.6	78.1	89.0

外転速度は 15.3r.p.m. であるから滲透作用は1分間に 15.3回の機械的処理を受ける。

第3表 外輪面酸散布に依る滲透糖化(その2)

接触圧力: 160kg/10cm 円周速度差: 25cm/sec

混 合 比	室 温 °C	糖 化 率 %			
		1 回	2 回	3 回	4 回
0.5	13	42.5	41.9	41.8	42.8
0.8	12	41.5	42.4	42.5	44.1
0.9	15	43.8	42.5	41.9	42.1
1.0	11	41.7	42.0	42.2	42.0
1.2	10	42.4	42.4	42.8	45.5
1.3	9	42.5	43.0	44.1	43.8
1.5	12	41.6	43.0	45.0	46.2
1.8	11	44.0	45.9	46.8	47.1
2.0	10	47.2	49.5	50.7	51.5
2.3	12.5	50.1	52.2	54.6	55.8
2.5	13	55.2	56.7	59.4	60.8
2.7	14	54.9	57.6	62.0	64.0
2.83	12	55.6	59.8	64.0	66.6
3.0	10	59.3	64.7	67.5	69.9

Feed rate of dry saw dust = 5g/sec

第4表 内面ロール滲透機に依る糖化

a. 混合比の影響(平均値)

Vo = 0.481m/sec V = 0.25m/sec P = 160kg/10cm  
温度(室温) 10~15

鋸屑 対酸混合比	糖 化 率 %	内 面 ロ ー ル 滲 透 回 数			
		無 操 作	1 回	2 回	3 回
0.5		45.6	62.0	63.7	71.5
0.6		50.8	70.8	76.0	82.5
0.7		53.9	79.1	85.4	88.6
0.8		59.3	86.4	88.9	90.5
0.9		63.8	88.8	90.2	90.3
1.0		68.8	90.7	90.7	89.9
1.1		76.2	91.5	91.4	91.5
1.2		80.1	92.2	91.3	91.5
1.3		84.9	91.8	91.8	91.5
1.4		86.3	—	—	—

第5表 内面ロール透過機に依る糖化  
b. 接触圧及び円周速度差の影響 (その1)

銅屑対硫酸混合比=0.8

外輪円周速度  $V_0=0.481\text{m/sec}$

接触圧力 kg/10cm	円周速度差 cm/sec	室 温 °C	糖 化 率 %	接触圧力 kg/10cm	円周速度差 cm/sec	室 温 °C	糖 化 率 %
0~21	-18.0	19	59.3	40	25.0	21	71.4
"	"	18	58.5				
"	"	16	60.5	60	-18.0	21	74.2
"	"	18	59.8	"	"	17	72.5
"	0	19	56.3	"	"	18	75.5
"	"	18	55.9	"	"	20	70.8
"	"	16	60.3	"	0	21	63.4
"	"	18	58.1	"	"	17	65.2
"	14.5	19	57.5	"	"	18	60.1
"	"	18	59.2	"	"	20	64.7
"	"	16	60.3	"	14.5	21	72.8
"	"	18	58.2	"	"	17	70.4
"	25.0	19	60.4	"	"	18	73.5
"	"	18	60.1	"	"	20	74.2
"	"	16	58.4	"	25.0	15	76.9
"	"	18	60.7	"	31.5	21	79.3
"	31.5	19	61.2	"	"	17	79.5
"	"	18	58.8	"	"	18	80.2
"	"	16	59.4	"	"	20	78.8
"	"	18	60.8	"	39.7	21	77.2
"	39.7	19	60.3	"	"	17	79.4
"	"	18	59.5	"	"	18	78.4
"	"	16	60.1	"	"	20	79.2
"	"	18	60.9	"	42.0	21	78.5
"	42.0	19	62.5	"	"	17	78.3
"	"	18	60.8	"	"	18	77.2
"	"	16	63.4	"	"	20	79.7
"	"	18	59.8				
				70	14.5	16	73.8
30	25.0	15	66.5	"	25.0	18	82.0
"	"	21	63.2	"	"	16	79.3

接触压力 kg/10cm	円周速度差 cm/sec	室温 °C	糖化率 %	接触压力 kg/10cm	円周速度差 cm/sec	室温 °C	糖化率 %
80	25.0	15	81.8	135	25.0	16	87.8
90	14.5	16	76.0	140	25.0	19	88.5
				"	"	16	86.1
100	14.5	19	82.3				
"	"	18	85.5	150	15.0	17	80.1
110	-18.0	19	79.5	160	-16.8	16	79.3
"	"	18	76.9	"	"	18	78.1
"	"	19	78.0	"	"	21	78.3
"	"	20	78.5	"	"	17	78.6
"	0	19	69.6	"	0	16	63.8
"	"	18	66.2	"	"	18	69.5
"	"	19	66.6	"	"	21	71.2
"	"	20	68.4	"	"	17	68.4
"	15.0	19	79.0	"	10.2	16	75.5
"	"	18	77.9	"	"	18	78.4
"	"	19	77.5	"	"	21	72.2
"	"	20	78.3	"	"	17	76.4
"	25.0	19	86.7	"	25.5	16	90.4
"	"	18	84.8	"	"	18	88.8
"	"	19	87.5	"	"	21	91.0
"	"	20	86.2	"	"	17	90.1
"	40.0	19	87.3	"	35.0	16	89.7
"	"	18	86.4	"	"	18	90.2
"	"	19	87.0	"	"	21	88.5
"	"	20	84.7	"	"	17	90.2
				"	38.0	16	90.7
120	14.5	19	79.3	"	"	18	90.2
"	25.0	16	87.4	"	"	21	87.4
				"	"	17	90.2

第6表 内面ロール透過機に依る糖化

b. 接触圧力及び円周速度差の影響 (その2)

鋸屑対硫酸混合比=0.8

外輪円周速度  $V_0=0.962\text{m/sec}$

接触圧力 kg/10cm	円周速度差 cm/sec	室温 °C	糖化率 %	接触圧力 kg/10cm	円周速度差 cm/sec	室温 °C	糖化率 %
0~21	0	17	56.5	110	25.0	14	78.1
"	12.5	20	60.4	"	"	13	79.3
"	25.0	22	61.5	"	50.0	14	83.6
"	35.5	22	63.3	"	"	13	82.9
"	50.0	22	63.4	"	"	16	82.0
"	62.5	16	64.7	"	"	13	83.8
60	0	18	60.1	140	50.0	15	85.3
"	12.5	20	65.5				
"	25.0	17	72.3	160	0	14	66.3
"	35.5	18	68.7	"	"	15	66.8
"	35.5	15	74.3	"	"	14	67.5
"	50.0	18	78.4	"	12.5	14	70.5
"	60.7	18	78.2	"	"	15	71.8
"	65.5	18	79.8	"	"	17	69.1
				"	"	14	70.4
70	50.0	14	79.9	"	25.0	17	85.8
				"	"	15	79.3
90	50.0	17	83.0	"	30.5	18	80.0
"	"	19	82.0	"	35.5	22	75.2
				"	40.5	15	85.2
110	0	14	64.0	"	50.5	17	85.5
"	"	13	63.0	"	55.5	17	84.8
"	"	16	63.2	"	55.5	17	86.0
"	"	13	62.1	"	50.0	19	86.5
"	12.5	14	68.6	"	"	15	87.0
"	"	13	65.8	"	60.8	17	86.2
"	"	16	67.9	"	63.0	19	86.0
"	"	13	69.0				

第7表 内面ロール透過機に依る糖化处理量(その1)

Vo=0.481m/sec

P=160kg/10cm

実験番号	円周速度差 cm/sec	単位重量 g/9cm <sup>2</sup>	糖化率 %	処理量 kg/hr
1	25.0	1.0825	90.1	105.0
2	"	1.0007	90.3	97.0
3	"	1.1900	89.8	115.0
4	"	0.9087	91.1	88.0
5	"	1.1626	90.0	112.5
6	"	1.0925	88.0	105.5
7	"	1.0899	89.9	105.0
8	"	1.1028	87.3	106.5
9	"	1.1758	90.8	113.5
10	"	1.3822	82.3	134.0
11	"	1.1003	90.3	106.0
12	"	1.1525	90.2	111.0

第8表 内面ロール透過機に依る糖化处理量(その2)

Vo=0.962m/sec

P=160kg/10cm

実験番号	円周速度差 cm/sec	単位重量 g/9cm <sup>2</sup>	糖化率 %	処理量 kg/hr
13	25.0	1.12	72.3	216.0
14	"	1.20	69.4	232.0
15	"	1.12	74.4	216.0
16	"	1.01	72.5	195.5
17	"	11.1	75.8	214.0
18	26.2	1.06	73.8	204.5
19	22.5	1.21	71.5	234.5
20	52.5	1.15	86.0	222.0
21	51.5	1.20	87.1	232.0
22	"	1.12	86.5	216.0
23	"	1.19	85.8	230.0

第9表 内面ロール透過機に依る糖化处理量(その3)

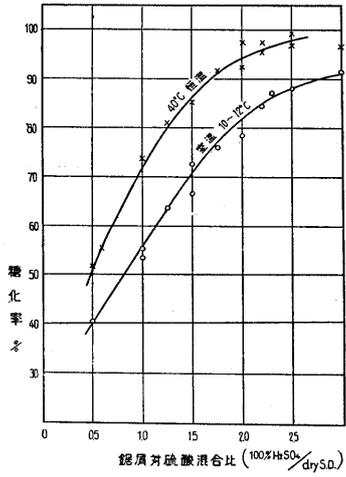
Vo = 0.962m/sec

P = 160kg/10cm

V = 0.50m/sec

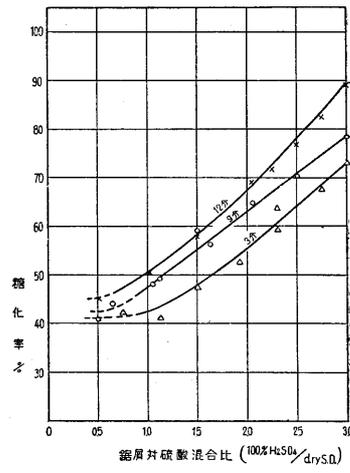
実験番号	平均厚 mm	単位重量 g/9cm <sup>2</sup>	糖化率 %	処理量 kg/hr
1	0.525	0.6312	91.2	122.0
2	0.617	0.7392	93.8	142.5
3	0.550	0.6588	91.0	126.8
4	0.717	0.8562	90.5	165.0
5	0.705	0.8449	90.9	163.0
6	0.814	0.9738	90.0	188.0
7	0.823	0.9629	91.2	186.0
8	0.880	1.0009	88.1	192.7
9	0.805	0.9658	85.5	188.2
10	0.902	1.0816	86.7	195.0
11	1.003	1.1987	85.8	231.0
12	1.550	1.8322	77.2	353.0
13	1.515	1.7098	76.8	329.0
14	1.505	1.7998	79.6	346.0

第1図 乳鉢に依る渗透糖化



第2図 外輪面酸散布に依る渗透糖化 (その1)

室温10~12



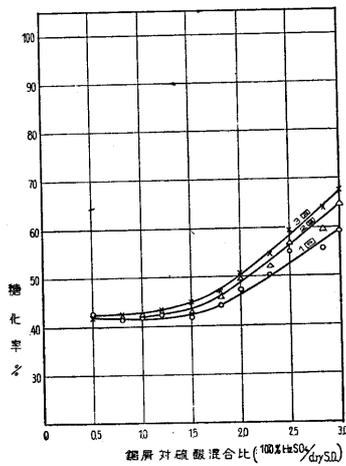
第3図 外輪面酸散布に依る渗透糖化 (その2)

$V_0 = 0.481 \text{ m/sec}$

$V = 0.25 \text{ m/sec}$

$P = 160 \text{ kg/10cm}$

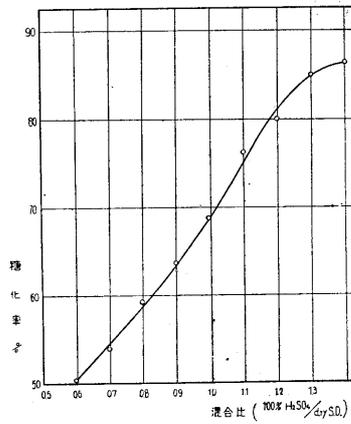
Feed rate of dry S.D., = 5g/sec



第4図 内面ロール渗透機に依る糖化

a. 混合比の影響 (その1)

混合後機にかけぬもの

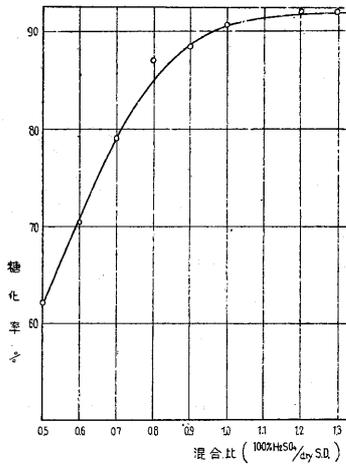


第5図 内面ロール滲透機に依る糖化

a. 混合比の影響 (その2)

混合後機に1回かけたもの

$P=160\text{kg}/10\text{cm}$ ,  $V=0.25\text{m}/\text{sec}$

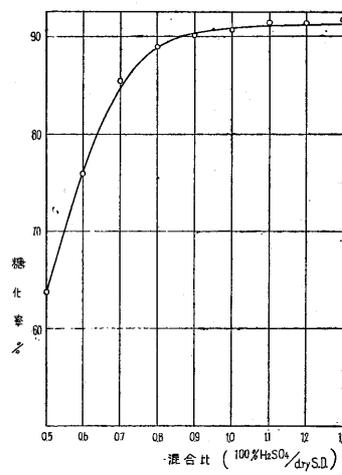


第6図 内面ロール滲透機に依る糖化

a. 混合比の影響 (その3)

混合後機に2回かけたもの

$P=160\text{kg}/10\text{cm}$ ,  $V=0.25\text{m}/\text{sec}$

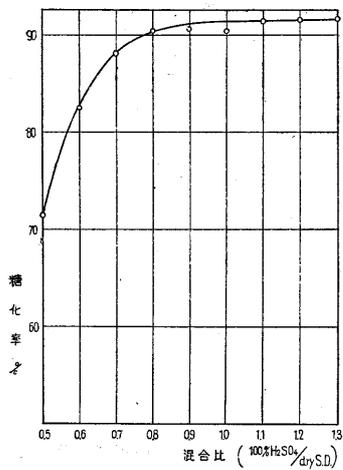


第7図 内面ロール滲透機に依る糖化

a. 混合比の影響 (その4)

混合後機に3回かけたもの

$P=160\text{kg}/10\text{cm}$ ,  $V=0.25\text{m}/\text{sec}$

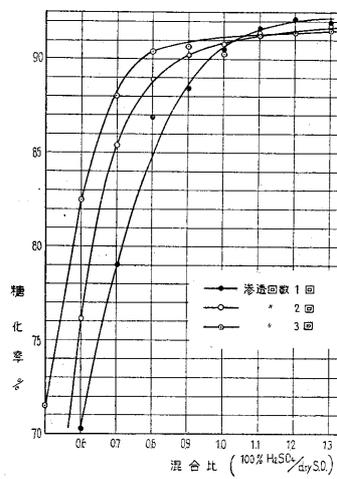


第8図 内面ロール滲透機に依る糖化

b. 滲透回数の影響

$P=160\text{kg}/10\text{cm}$ ,

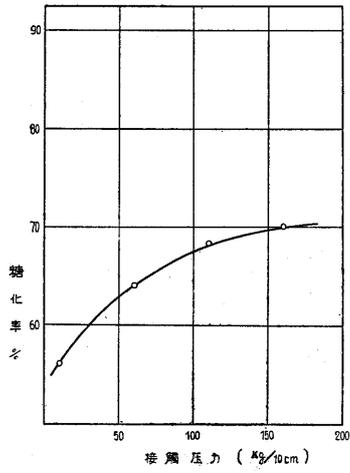
$V=0.25\text{m}/\text{sec}$



第 9 図 内面ロール滲透機に依る糖化

c. 接触圧力の影響 (その1)

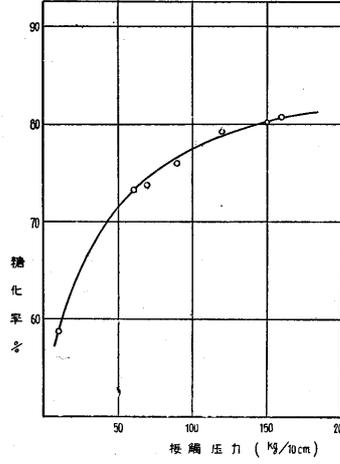
$V_0 = 48.1 \text{ cm/sec}$ ,  $V = 0$



第 10 図 内面ロール滲透機に依る糖化

c. 接触圧力の影響 (その2)

$V_0 = 48.1 \text{ cm/sec}$ ,  $V = 0.15 \text{ m/sec}$

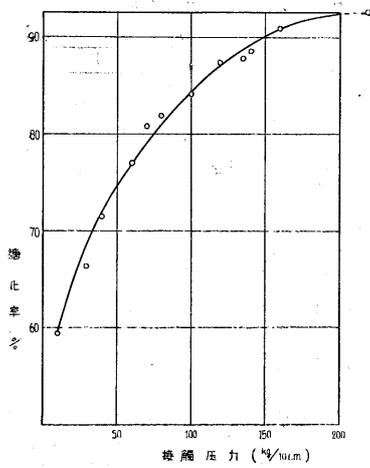


第 11 図 内面ロール滲透機に依る糖化

c. 接触圧力の影響 (その3)

$V_0 = 48.1 \text{ cm/sec}$

$V = 0.25 \text{ m/sec}$

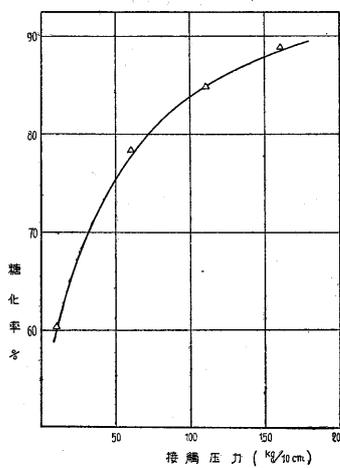


第 12 図 内面ロール滲透機に依る糖化

c. 接触圧力の影響 (その4)

$V_0 = 48.1 \text{ cm/sec}$

$V = 0.40 \text{ m/sec}$

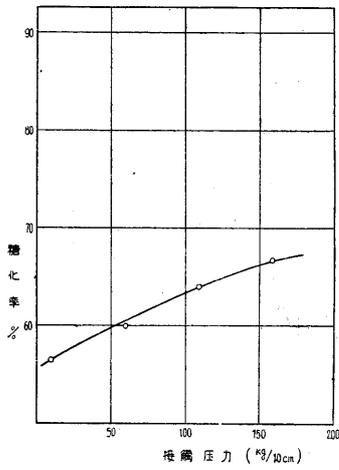


第 13図 内面ロール滲透機に依る糖化

c. 接触圧力の影響 (その5)

$$V_0 = 96.2 \text{ cm/sec}$$

$$V = 0$$

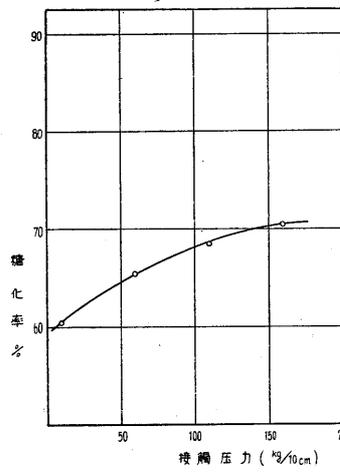


第 14図 内面ロール滲透機に依る糖化

c. 接触圧力の影響 (その6)

$$V_0 = 96.2 \text{ cm/sec}$$

$$V = 0.125 \text{ m/sec}$$

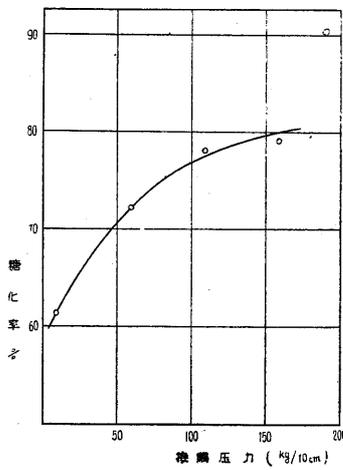


第 15図 内面ロール滲透機に依る糖化

c. 接触圧力の影響 (その7)

$$V_0 = 96.2 \text{ cm/sec}$$

$$V = 0.25 \text{ m/sec}$$

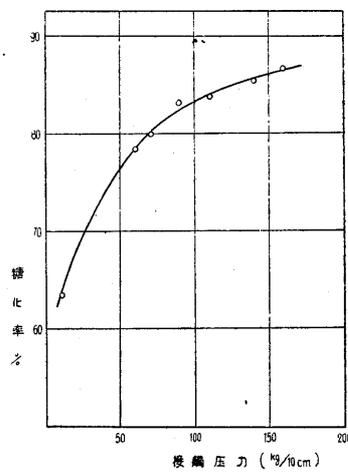


第 16図 内面ロール滲透機に依る糖化

c. 接触圧力の影響 (その8)

$$V_0 = 96.2 \text{ cm/sec}$$

$$V = 0.50 \text{ m/sec}$$

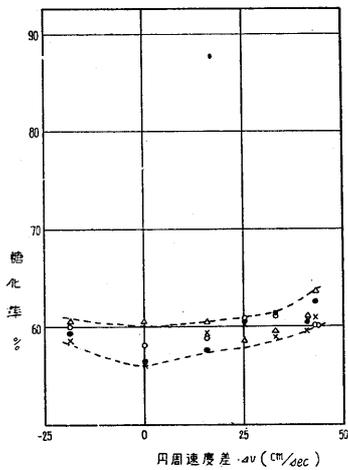


第 17図 内面ロール渗透機に依る糖化

d. 円周速度差の影響 (その1)

$V_0 = 48.1 \text{ cm/sec}$

$P = 0 \sim 21 \text{ kg/10cm}$

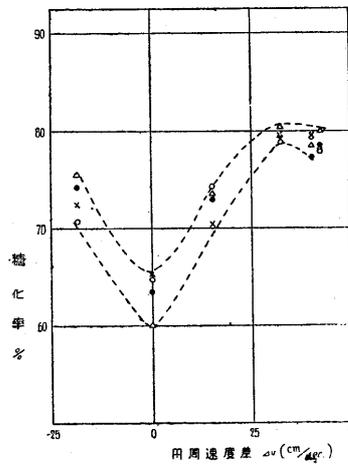


第 18図 内面ロール渗透機に依る糖化

d. 円周速度差の影響 (その2)

$V_0 = 48.1 \text{ cm/sec}$

$P = 60 \text{ kg/cm}$

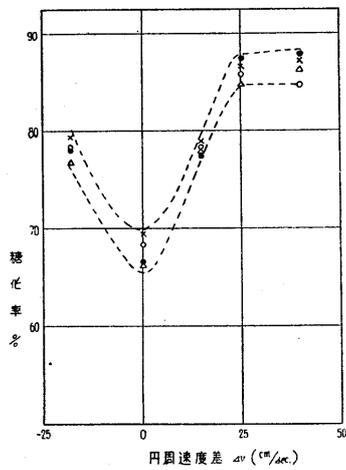


第 19図 内面ロール渗透機に依る糖化

d. 円周速度差の影響 (その3)

$V_0 = 48.1 \text{ cm/sec}$

$P = 110 \text{ kg/cm}$

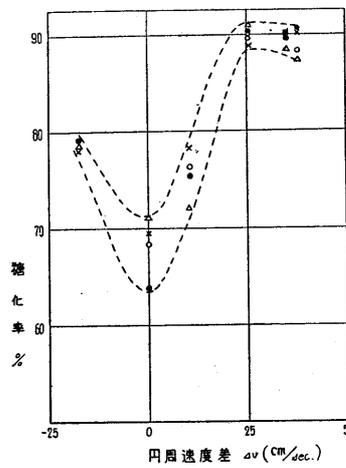


第 20図 内面ロール渗透機に依る糖化

d. 円周速度差の影響 (その4)

$V_0 = 48.1 \text{ cm/sec}$

$P = 160 \text{ kg/10cm}$

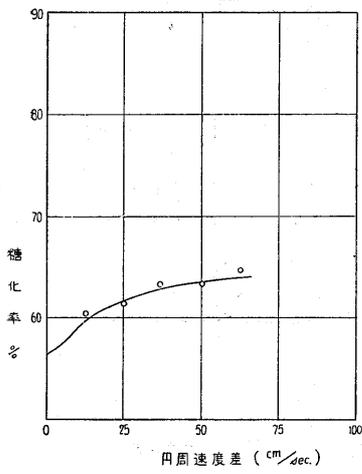


第 21 図 内面ロール滲透機に依る糖化

d. 円周速度差の影響 (その5)

$V_0 = 96.2 \text{ cm/sec}$

$P = 0 \sim 21 \text{ kg/10cm}$

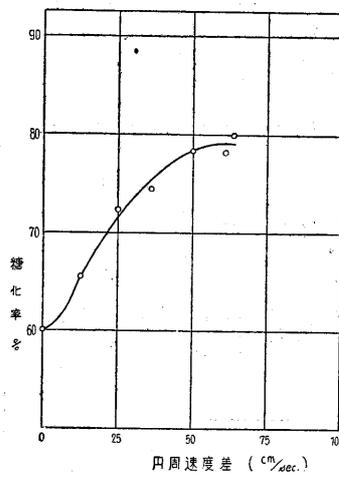


第 22 図 内面ロール滲透機に依る糖化

d. 円周速度差の影響 (その6)

$V_0 = 96.2 \text{ cm/sec}$

$P = 60 \text{ kg/10cm}$

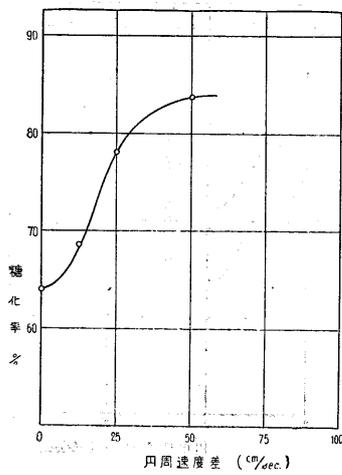


第 23 図 内面ロール滲透機に依る糖化

d. 円周速度差の影響 (その7)

$V_0 = 96.2 \text{ cm/sec}$

$P = 110 \text{ kg/10cm}$

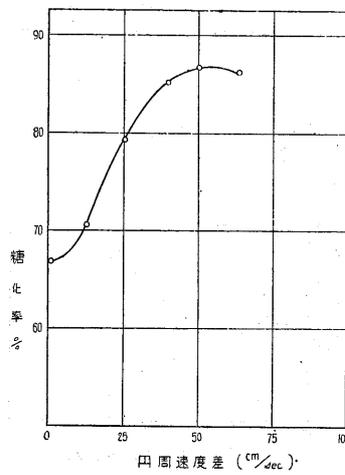


第 24 図 内面ロール滲透機に依る糖化

d. 円周速度差の影響 (その8)

$V_0 = 96.2 \text{ cm/sec}$

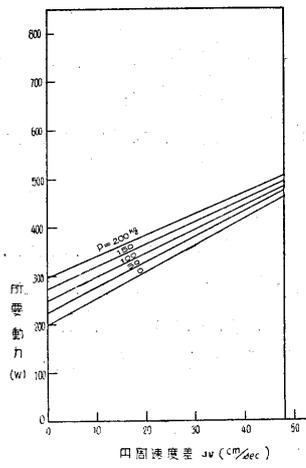
$F = 160 \text{ kg/10cm}$



第 25 図 内面ロール滲透機所要動力

b. 円周速度差の影響 (その1)

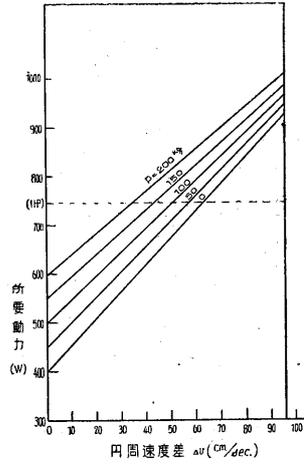
$V_0 = 48.1 \text{ cm/sec}$



第 26 図 内面ロール滲透機所要動力

b. 円周速度差の影響 (その2)

$V_0 = 96.2 \text{ cm/sec}$



第 27 図 内面ロール滲透機所要動力

c. 処理量と所要動力との関係

$V_0 = 48.1 \text{ cm/sec}$

$V = 25.0 \text{ cm/sec}$

$P = 160 \text{ kg/10cm}$  (有効巾)

