過酢酸蒸解に関する研究 (2)

チップ・サイズ及び薬液の pH について

九州大学農学部 島田五佐生・近藤民雄

Studies on Peracid Cooking (2)

Influences of Chip Dimension and pH of Cooking Liquor

Isao Shimada and Tamio Kondo
(Agricultural Faculty, Kyushu University)

Peracetic acid has now been evaluated as one of superior delignifying and bleaching agents. In the previous paper we reported the peracid pulping data obtained from the preliminary digestion experiments using materials supplied in the form of wood meal and shavings. This investigation constitutes an attempt to determine which cooking condition is responsible for obtaining of the better pulp characteristics through the peracid digestion. The results show that size of the wood chip, namely its thickness, is a dominant factor of some cooking variables. So two types of pretreatment for chip penetration are tested, except in the case where a series of digestion using a few pH of cooking liquor is carried out. Some advantages obtained from the peracid cooking are more than counterbalanced by the higher cost of the cooking liquor dosage required. In this work some other remarks on peracid-cooking pulp are reported also.

木粉および鉋屑を試料として過酢酸 (PA と略記) 蒸解を行ない、同時にはぼ等しいパルプ収量および相当する白色度を持った SCP 並びに 5 段 BKP とそれぞれ比較した結果を前報¹⁾で報告した。それによると、これらの試料を蒸解する条件としては 10% 濃度の PA 溶液を液比 20, 常圧下, 90°C で反応させ, L 材で 70~80 分, N 材で 140~150 分の蒸解時間で一応充分であり, しかも漂白処理を必要としないことが明らかになった。パルプ収率は N 材で 57~59%, L 材で 68~70% とかなり高く, しかも白色度は N パルプで 79~81, L パルプで 80~83 であり, 強度的性質についてもかなり満足すべき結果が得られた。

本報告では試料をチップ形態のものに変更した場合, チップ・サイズがどのような影響を持つか, また PA 溶液の pH を変更した場合, パルプ収率, 強度的性質がどのように変化するか, 更にパルプの一般分析を行なって, 収率増加の要因及び強度因子の特性等について検討を加えた結果を報告する。

1. 実験の部

1) チップ調製

N 材としてアカマツ, L 材としてシラカバを用い, チップは人手によって調製した。工場操業で通常使用されるサイズ (長さ 15mm 前後, 厚さ 2~5mm) を

基準として幾種類かのものを, 必要に応じて調製使用した。

2) 薬液の浸透促進

亜硫酸塩蒸解では薬液のチップへの浸透の良否が蒸解要因の 1 つとして重要視されており, クラフト蒸解の場合とちがって, 蒸解サイクル内の相当の時間が浸透に費やされている。もし浸透が不充分なまま, 蒸解を強行した場合には黒煮現象を起し, 脱リグニンがスムーズに進行せず, セルロースの崩壊がすすみ, パルプの強度も低下することが知られている²⁾。PA 蒸解の薬液の pH は亜硫酸塩蒸解の場合と同様に酸性側にあり, 前報では試料形態が鉋屑や鋸屑であったために, 薬液の浸透についてさほどの考慮を払う必要を認めなかったが, チップ形態のものでは, やはり薬液の浸透良否が問題点の 1 つであった。このためにチップへの薬液の浸透を阻害する重要因子と考えられるチップ組織内の空気を排除する方法としてチップを水蒸気処理 (presteaming と呼称) したり, 或いは減圧処理 (air evacuation と呼称) したりした後, 蒸解を試みた。

Presteaming は蒸気発生缶によって発生させた水蒸気 (98~100°C) を, チップを入れたガラス鐘にみちびき, 鐘内温度が蒸気温度まで上昇した後, 蒸気を放出しながら所定時間保持するようにして行なった。

水蒸気の吹き込み量はチップの絶乾重量1gに対して毎分2gとなるように調整した。

air evacuation はチップをデシケーターに入れ、減圧度に応じて水流ポンプ或いは真空ポンプによって所定の減圧度(14~16mmHg 及び 70~73mmHg)の2通りに到達させ、所定時間当該減圧度を保持させるようにした。

いずれの前処理の場合も処理後、直ちにPA薬液を投与し、10分間浸透放置した後蒸解した。

3) 蒸解・紙力測定

PA蒸解及び比較試料としてのKP蒸解は前報¹⁾と同様に行なった。紙力試験、ペントザン定量、銅価及び粘度(CED溶液)の測定はいずれもTappi標準法によった。叩解は小型ボールミルを使用しC.S.F.で300~330ccに規制し、白色度測定には日立製分光反射計を使用した。

PA溶液を所定のpHに調製した後蒸解を行なったが、この場合buffer solutionを添加するだけでは目的のpHに調製しにくい場合があった。このようなさいは止むを得ずNaOHを使用して調製した。buffer solutionとしてはpH5以下にはacetate bufferを、5以上にはphosphate bufferを使用した。

4) パルプの構成糖の定量とアルカリ処理

パルプの構成糖の定量には先ず香山氏の方法³⁾によって加水分解を行なった。パルプ(1g)の加水分解液をBa(OH)₂・8H₂OでpH5.7に調整し、1~2昼夜放置したのち、上澄液200ccをとり濃縮して10ccとして定容、このうち2ccをとりNaBH₄で還元したのち、Amberlite IR-120イオン交換樹脂2ccを加え4~5hr.攪拌した。1G2グラスフィルターで濾別後、交換樹脂はEtOH・H₂O(1:1, 30cc)で洗浄。濾液及び洗液は合して50~55°Cの湯浴上で減圧下に留去し、充分乾燥したのち、ピリジンと無水酢酸とをそれぞれ2cc加え、4hr.反流、冷却したものをガスクロ用試料とした。ガスクロによる糖の定量はE. Sjöströmらの方法⁴⁾によった。

なおPAパルプの強度因子の特性をチェックしようとしてパルプのアルカリ処理を試みた。アルカリとしてはNaOHの水溶液を使用し、60°C, 30分間、パルプ濃度10%で処理した。

2. 結果および考察

チップ・サイズについて

チップ・サイズの影響を検討した結果をFig. 1及び2に示した。いずれも得られたパルプの白色度は80±1を基準とし、そのさいのパルプ収率を目安とし

Fig. 1 Pulp yield versus chip size

Fig. 2 The effect of chip thickness on pulp yield

てプロットした。

Fig. 1 ではチップの厚さ(T)を1mmとし、長さ(L)及び幅(W)を変更した結果を、Fig. 2 ではチップの長さ及び幅を一定として、厚さを変更した場合の結果を、浸透が問題とならない木粉及び鉋屑について得られた数字¹⁾と比較しながら、それぞれ示している。

図から明かなようにチップの長さや、幅はそれほど大きな要因とはならないが、厚さは重要なポイントとなっており、1mm以上になると収率が低下し始める。同様な傾向はSP蒸解の場合にも認められており、木材の組織構造の特性、とりわけ仮道管や木繊維の配列様式と密接な関係を有することが認められている⁵⁾。Fig. 2から厚さ3mmのものをみればマツでパルプ収率が52%前後、シラカバで約63%に低下していることが分る。しかも蒸解時間についてはマツ

で 180~230 分, シラカバで 90~120 分に延長しなければならなかった。従って木粉或いは鉋屑サイズのものに匹敵する蒸解成績を得ようとするれば, チップの厚さが 1mm 以上のものを使用する場合には薬液の浸透を促進するなんらかの処置を, 蒸解前の処理として必要とした。

前処理について

Presteamung の効果をチップの厚さに応じて示したのが Fig. 3 である。厚さが大きくなるにしたがっ

Fig. 3 The effect of presteaming (98—100°C) on pulp yield

て presteaming を行なっても, その効果が小さくなり, screen yield が減少する。しかし presteaming はかなり有効な前処理であることが分る。presteaming のさい, 過熱水蒸気を使用したり, 或いは蒸気

Fig. 4 The effect of air evacuation (14—16mmHg) on pulp yield

処理の時間を延長することによって木粉或いは鉋屑試料の場合と同等の収率を得よう実験を試みるべきであったが, 白色度 80 を一応の基準とした関係上, このような前処理に起因する白色度の低下を懸念したため, これ以上の検討を加えなかった。

air evacuation の効果を減圧度 (14~16mmHg 及び 70~73mmHg) に応じて Fig. 4 及び 5 に示した。

Fig. 5 The effect of air evacuation (70—73mmHg) on pulp yield

パルプ収率については presteaming の場合とほぼ等しい数字が得られている。また減圧度については 14~16mmHg のものも, 70~73mmHg のものも大差はみられない。ただ蒸解時間については予想されたように高い減圧度のものの所要時間が短かった。ただ減圧度が高い場合には, 実験操作上の困難が, はるかに大きかった。従って, 蒸解時間の延長はさげられないとしても, 収率向上のための air evacuation としては減圧度 14~16 mmHg に 30 分間処理すれば充分であった。

presteaming の場合も, air evacuation の場合にも, チップの厚さが 1mm 以上になると, 木粉や鉋屑の場合に比較してパルプ収率が 2~3% 低下し, この差は蒸解時間の延長の必然的な結果と解釈された。つまり木粉や鉋屑サイズの試料で L 材について, 70~80 分, N 材について 140~150 分であるが, チップ形態のものでは N, L とともに最小限 50 分前後の延長が必要であった。

パルプの糖組成および強度因子について

PA 蒸解によって得られるパルプ (PAP と略記) は前処理の有無にかかわらず同一白色度の BKP と比較してパルプ収量かなり高い。収率増加は当然ヘミセ

Table 1 Carbohydrate composition and properties of pulp

Pulp	BKP	Peracetic acid pulp			
Chip thickness (mm) Type of pretreatment	2.5mm	1 mm	3 mm		
			no treatment	presteaming	air evacuation
Yield %	46.0 (48.0)	58.0 (66.3)	52.7 (61.6)	57.8 (65.0)	57.7 (64.2)
Lignin %	0.4 (0.3)	0.3 (0.2)	0.5 (0.4)	0.4 (0.4)	0.4 (0.3)
Roe value	0.5 (0.4)	0.5 (0.5)	0.6 (0.4)	0.4 (0.5)	0.6 (0.6)
Copper No.	1.1 (0.8)	2.5 (2.3)	2.6 (2.0)	2.7 (2.1)	2.9 (2.1)
Viscosity cp	12.9 (11.2)	24.8 (16.0)	20.6 (15.5)		
Glucose %	41.2 (38.4)	46.7 (45.5)	43.4 (44.0)		
Mannose %	2.2 (0.2)	8.0 (1.8)	6.1 (1.5)		
Xylose %	2.3 (9.4)	3.0 (18.0)	2.7 (15.8)		
Arabinose %	0.4 (/)	0.6 (0.9)	0.6 (/)		

Chip size: length×width×thickness

(): white birch=15×25×tmm

ルロースの保持が良いことに帰せられる筈であるが、この点をパルプの全加水分解による組成糖の定量によって確認しようと試み、同時に一般分析を行なった。Table 1 にこれらの結果を示した。

原木のヘミセルロースの糖組成から予想されるようにマツでの収量増加は主としてグルコマンナンの残留によるものであり、シラカバの場合はキシランの残留によるものである。

Table 1 から分るように BKP のヘミセルロース残留率は N で約 25%, L で約 32% であり、一方酸性亜硫酸塩蒸解でも 25~30% 前後しかパルプに残留しないと言われている。PAP では N で約 60%, L で約 70% が残留しており、当然のことながら収率増加に大きく寄与している。ヘミセルロースの保持が良好な原因としては 2 段サルファイト蒸解のさいにみとめられるような脱アセチルが進んだ結果としてのヘミセルロースの安定化に由来するものか⁶⁾、或いは別のメカニズムによるものか、どうか検討を加えていない。しかし PA 蒸解は蒸解条件そのものが 2 段亜硫酸塩蒸解とちがって、かなり温和であり、このためヘミセルロースに対する攻撃もより緩慢となり、従って

変質を受けることが少ないままヘミセルロースが残留保持されたものと推定される。パルプの銅価が PAP ではかなり高いこともヘミセルロースの保持の良いことと符合している。粘度をみると、BKP と比較して、やはり高い数字が得られており、これも蒸解条件がきびしくないために炭水化物の崩壊が最小限に食い止められたせいと考えられる。

PAP の叩解性については、同一のフリーネス (C. S. F. 300~330cc) に叩解するに要する時間が LBKP の 250~270 分、NBKP の 280~300 分であるのに、一方 LPAP で 60~90 分、NPAP で 120~150 分であり、ヘミセルロースを多量に保持し、それだけ親水性に富み、叩解を促進したものと解釈される。また繊維長の分布を BKP と比較した結果を Table 2 に示した。16 メッシュ以上のものが叩解の有無と関係なく 50% 以上を占めており、このような分布の差は当然機械的強度に強く関係すると共に、ヘミセルロースの保持のところで述べたように、蒸解が常圧低温で行なわれるという温和な蒸解条件に起因するものと推定された。

パルプ収率及び強度関係のデーターを Table 3 に

Table 2 Classification of fiber length (pine)

Mesh number	Before beating (%)		After beating (%)	
	PAP	BKP	PAP	BKP
16 mesh rejected	60.0—65.0	35.0—45.0	50.0—60.0	20.0—30.0
24 mesh	3.0— 8.0	3.0— 8.0	2.0— 5.0	3.0— 7.0
42 mesh	3.0—10.0	3.0— 7.0	2.0— 5.0	3.0—10.0
80 mesh	3.0—10.0	4.0— 8.0	3.0— 5.0	3.0— 8.0
80 mesh screened	20.0—30.0	25.0—40.0	30.0—40.0	55.0—63.0

Chip size: 15×25×2.5—3.0mm

PAP: peracetic acid pulp

Table 3 Pulping data of PAP and BKP (C.S.F. 300—330)

	Chip thickness (t)	Type of pretreatment	Total yield %	Screen yield %	Brightness %	Tensile st. (km)	Tear st. (g)	Burst st.	Folding No.
Pine	PAP 1 mm		58.0	58.0	79.0	9.1	60.6	6.5	1800
	2 mm	No.	55.9	55.7	80.4	10.4	51.0	8.3	3500
		per.	58.4	58.1	78.5	9.5	44.2	7.2	2900
		air.	58.4	58.4	79.8	9.6	49.3	6.9	3000
	3 mm	No.	54.3	52.7	80.7	9.6	48.0	7.1	3200
		per.	58.5	57.8	79.2	9.7	47.0	7.3	3300
		air.	58.8	57.7	79.5	9.4	51.0	7.0	3000
	BKP I		44.5	43.6	82.0	6.3	51.0	4.8	2300
	II		44.5	43.6	83.0	5.6	54.0	4.3	2500
	III		47.0	45.0	81.0	6.4	86.4	5.0	2600
Birch	PAP 1 mm		66.3	66.3	83.0	7.9	39.0	5.6	1100
	2 mm	No.	63.8	63.6	83.0	6.8	38.8	4.8	800
		per.	66.0	66.0	81.5	8.6	40.0	5.7	1000
		air.	65.9	65.8	84.0	8.1	37.0	5.6	950
	3 mm	No.	61.8	61.6	83.0	8.4	40.0	5.4	1450
		per.	65.1	65.0	82.5	8.6	42.0	5.7	1200
		air.	64.2	64.2	82.0	8.2	40.0	5.6	1100
	BKP I		49.0	48.0	83.5	6.2	48.0	4.2	850

Chip size: 15×25×4mm

pre.: presteaming

air: air evacuation

示した。PAP のパルプ収率が高いことは当然としても、強度因子特に引張り及び破裂強度が BKP と比較して一段と高い点が著しい。これは前報の結果¹⁾ と全く同様であり、多量のヘミセルロースが残存していること及び繊維長の大きいものの比率が高いことなどにもとづくものと思われる。

一方、PAP の引裂強度は BKP とくらべて、かなり低い。もともと引裂強度はよく知られているように他の強度が破壊時の強度を内容とするのちがって潜在的な仕事量を表示するものである。パルプのヘミセルロース含量が大きいほど引裂強度が低いとか⁷⁾ 或いはパルプの単位重量あたりの繊維数が少いと低下すると言われ⁸⁾ 一般に PAP に限らず高収率パルプでは引裂強度が低いことが知られている⁹⁾。また多硫化蒸解、さらに NaBH₄ を添加した高収率クラフト蒸解の場合

でも、パルプ収率が従来の KP よりも 1~3.5% 前後増加するまでは引裂強度が増大しているが、それ以上の収率増加では、やはり引裂は低下を示している^{10, 11)}。PAP の場合もこれらと同じような理由によって引裂強度の低下がみられたものと推定した。そこで軽く、アルカリで処理することによってヘミセルロースを部分的に除去し、同時にパルプ収率を下げた場合に、引裂強度がどのように変化するかを検討した。Table 4 から明らかのようにアルカリ処理によって引裂強度が著しく増加し、同時に引張り並びに破裂強度はいく分低下の傾向を示した。したがって PAP の場合もヘミセルロース含量およびパルプ収率が引裂強度に大きく寄与すると共に、B. Thomas がパルプをマーセル化することによって引裂強度の上昇を認めている¹²⁾ ように、更に複雑な要因の寄与も考慮されねばならないも

Table 4 Evaluation of PAP by alkali treatment (pine)

NaOH addition (% to dry pulp)	Yield %	Tensile st. (km)	Tear st. (g)	Burst st.	Glucose %	Mannose %	Xylose %
0	100.0	9.6	48.0	7.1	82.9	11.7	5.4
2	93.3	9.2	56.0	6.7	82.5	12.1	5.4
4	86.5	8.2	93.0	6.4	82.0	12.4	5.6
6	83.3	7.8	76.0	6.0	82.0	12.5	5.5

Original pulp yield: 52.0%

のと思われた。

薬液の pH について

PA を使って GP の漂白を行なうさい、対パルプ 1～2%の使用量で10ポイント前後の白色度の増加が期待され、この場合 pH は中性付近が適当であり、特に高い白色度を得たい場合には若干アルカリ側に保つことが望ましいと報告され¹³⁾、脱リグニン作用特に

その反応速度には薬液の pH が大きく関係することが明らかにされた。薬液の pH を実験の部のように調製し、チップの厚さ 1mm のものについて蒸解を試みた。蒸解終了時の pH は初期 pH と殆んど変わらず、大きな差はみられなかった。結果を Table 5 に示した。

従来の pH は 1 前後であり、表から明らかなよう

Table 5 Pulping data of PAP at various pH (pine)

pH	1.1	2.8	3.2	3.8	4.1	4.4	5.3	7.3
Total yield %	57.5	68.1	71.0	77.7	72.5	73.0	77.5	92.5
Screen "	57.1	66.8	67.2	66.5	60.5	55.0	40.0	/
Brightness %	81.0	82.0	83.0	82.5	83.0	80.0	75.5	/
Cooking time min.	160.0 (±10)	100.0 (±5)	100.0 (±5)	120.0 (±5)	120.0 (±5)	120.0 (±5)	120.0 (±5)	120.0 (±5)
Pentosane %	7.0	7.8	8.0	8.0	7.3	/	/	/

Chip size: 15×25×1mm

に pH 3 前後の蒸解が好成績を与えた。この場合パルプ収率は 67% に達し、蒸解時間は 100 分前後で、今までのものより 40～60 分間短縮できる。ペントザン測定値からみて、このようなパルプ収率の増加はグルコマンナンの保持がより良好だったせいと思われる。pH 4 以上になるとパルプ収率が減少し始め、pH 5 を過ぎると事実上蒸解困難となった。漂白時の pH は中性付近で最高の白色度を得られ、一方蒸解時の pH としてはこのように 3 前後が好適である理由は PA の自己分解と反応時間の延長とのかね合いのためと解釈される。つまり PA 溶液の安定性は pH の低いも

のほど良好であり、従って自己分解は小さい。pH 1 前後で使用した場合、反応時間をかなり延長しても PA を有効に利用し得るが、pH が高いものを作用させた場合には自己分解が大きく進行し、従って出来るだけ短時間内に処理を完了する必要があるものと思われる。換言すれば漂白作業は短い処理時間で完了し得るから高い pH が許され、一方蒸解作業は長時間を必要とするために、低い pH で取り扱うことになるものと考えられた。

反応中消費される PA の総量は蒸解或いは漂白作業の本質反応である脱リグニンに消費される量とこの外に自己分解によって消費される量との合計量であり、いま両者の関係を各々の pH について測定した結果を Fig. 6 に示した。

この図から pH が大きいほど脱リグニンに消費される量が小さくなることが理解されるであろう。

チップの厚さが 2.5mm のものについて pH 3 を中心として蒸解を試みた。その結果シラカバでは、かなり良好な結果が得られ、蒸解時間もかなり短縮し得ることを知った。Table 6 にその一例を示した。しかしマツの場合には好結果が得られず、浸透促進のための前処理が必要であった。前処理として先ず 15～16 mmHg, 30 分間の処理を行なったが収率がやや低かったので、より減圧度を高くし、4～7 mmHg, 90 分間の処理をしたのち、pH を変更して蒸解した。その結果を Table 7 に示した。これから明らかなようにマツのチップ試料でも前処理を

Fig. 6 Peracetic acid consumption during cooking

Table 6 Pulping data of PAP at various pH (birch)

pH		1.1	2.8	3.2	3.8
Total yield	%	64.0	72.0	69.0	68.0
Screen	"	63.6	70.0	68.0	66.0
Brightness	%	81.0	84.0	83.0	83.5
Cooking time	min.	110-120	70-75	70-75	75-80
Pentsane	%	23.0	25.3	24.0	23.0

Chip size: 15×25×2.5mm

Table 7 Pulping data of PAP at various pH (pine)

pH		1.1	2.8	3.2	3.8
Total yield	%	53.5	69.5	68.7	70.2
Screen	"	52.5	64.7	65.1	63.3
Brightness	%	80.0	81.5	79.5	80.5
Cooking time	min.	210-230	110-120	110-120	110-120

Chip size: 15×25×2.5mm (4—7mmHg, 1.5hr, air evacuation)

行なうことによって好結果が得られる。

従来の pH では前処理条件をそれほどきびしくしなくても良かったが、pH が 3 から 4 と高くなるにつれて、よりきびしい条件の前処理を必要とした理由については、さきに述べたように PA の自己分解率が pH の高いほど大きくなること、及び薬液の浸透を含めた蒸解時間の延長を出来るだけ最小限にとどめて、有効な脱リグニンによる消費量を可及的大きくする必要があったためと思われる。

むすび

チップ・サイズのものを試料として PA 蒸解を行ない、次の結果が得られた。

1) チップの厚さが 1 mm までは鉋屑試料の場合と同様のパルプ収率、白色度、紙力が得られ、1 mm 以上のものでは前処理を必要とした。

2) 前処理としては水蒸気処理でも、減圧処理でも効果がある。チップ・サイズ 15×25×2.5mm のものについてみると、蒸解時間の若干の延長はさけられず、このためにパルプ収率が鉋屑試料のものと比較して 2～3%低下した。

3) 同一白色度の BKP と比較して収率はかなり高く、叩解時間は約 1/2 程度に短縮され、引張り、破裂強度ともにすぐれており、引裂が劣っていた。しかしアルカリ処理を行なうことによって引裂強度を向上させることが出来た。

4) 薬液の pH を変更して蒸解を試みた。

pH 3 前後が好結果を与えた。漂白に好適の pH と蒸解に好適の pH との食い違いを PA 溶液の自己分解の pH 依存性及び浸透を含めた蒸解時間の長短から議論した。

(原稿受付 昭 42. 12. 9)

文 献

- 1) 島田, 河野, 近藤: 紙パ技誌紙 21, 151(1967)
- 2) 紙パ技協編: 亜硫酸パルプ・溶解パルプ, 12 頁 (昭 41)
- 3) 香山: 木材誌, 8, 33(1962)
- 4) E. Sjöström, P. Häglund and J. Janson: Svensk Papperstidn., 69, 381(1966)
- 5) S. Rydholm: Pulping processes, p.294, Interscience Pub. New York (1965)
- 6) I. Croon, B. F. Enström and S. A. Rydholm: Svensk Papperstidn., 67, 196(1964)
- 7) 上野: 紙の強度, 212 頁, 丸善 (昭 31)
- 8) H. W. Giertz: Svensk Papperstidn.. 66, 691, (1963)
- 9) N. Hartler: Tappi, 50, 156(1967)
- 10) N. Sanyr and J. F. Laundrie: Tappi, 47, 640(1964)
- 11) N. Hartler: Svensk Papperstidn.. 62, 467 (1959)
- 12) B. B. Thomas: Tappi, 49, 515(1966)
- 13) M. Wayman: Tappi, 48, 113(1965)

p. 20 よりつづく

Das Papier, Nr. 10A, 1967:

518 輻射光線によるセルロースの減成とセルロース繊維に及ぼすその影響 (H. Kässig; 629—635, 図 9, 文 17, 独文)

519 木材セルロースと重合物の超分子構造 (D. Fengel; 図 9, 写 17, 文 38, 独文)

520 高度に希釈したリグニンスルホン酸の追試 (SP工場の排水) (G. Jayme, E. Pohl; 645—653, 図 14, 文 25, 独文)

521 パルプ蒸解のメカニズム (T. N. Kleinert; 653—658; 図 3, 文 30, 独文)

522 高歩留 SP の光学的特性に及ぼすリグニンの影響の研究 (F. J. Polcin, V. Farksová; 659—662, 図 5, 表 4, 文 14, 独文)

523 パルプの光学的特色 (N. Hartler, J. Rennel; 662—672; 図 7, 表 3, 文 17, 独文)

524 デジタル計算機用としてのパルプ製造工程のモデル化 (J. Schmied; 672—678, 図 3, 文 9, 独文)

p. 46 へつづく