HBS パルプ化(4) —パルプの ECF 漂白と HBS 溶媒の熱安定性—

北海道大学大学院 農学部 オリギル, 梶本 純子, 佐野 嘉拓

HBS Pulping (4) —ECF Bleaching of HBS pulp and Thermo-Stabilization of HBS Solvents—

Aorigele, Junko Kajimoto and Yoshihiro Sano

Laboratory of Wood Chemistry, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

Todomatsu (*Abies sachalinensis* Mast.) chips as softwood gave T-pulp with a Klason lignin (KL) content of 5.6% and a viscosity degree of 21.5 cP at a yield of 50.3% by HBS pulping with a mixture of 70% aqueous R-1,3- and 1,4-butanediol (as RHBS shown in Fig. 1) at 210°C for 3 h. Birch (*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara) chips were cooked with 80% RHBS at 180°C for 3 h to give B-pulp with a KL content of 5.0% and a viscosity degree of 43.4 cP at a yield of 54.3%. Chinese reed gave R-pulp with KL and ash contents of 2.5 and 6.3% in a yield of 48.7%, when cooked with 80% RHBS at 200°C for 2 h. B- and R-pulps were fully bleached by ECF sequence with OD, and T-pulp with ODEPP. Bleached B- and T-pulps had TI of 12.4 and 17.6 mN · m²/g, indicating that TI of HBS pulp was remarkably improved by ECF bleaching. Seventy and 80% aqueous HBS such as 1,3- and 1,4-butanediol, propylene glycol and 1,5-pentanediol were quantitatively recovered on heating at 190°C for 2 h, so they can be reused repeatedly as pulping solvents without distillation for purification and also with a little loss.

Keywords : HBS pulping, high boiling solvent, wood, reed, ECF bleaching,
save-energy pulping process

分類 : F₁ KP 製造一般 (アルカリパルプ含む), F₂ KP 蒸解, W₁ 蒸解薬品

1. 緒 言

リグニンの多岐に亘る工業的利用技術が提案されているが、工業リグニンを製造できるプロセスは普及していない。また、わら類、バガスなどのリグノセルロース系農産廃棄物の排出量は世界で 13 億トン/年あり、他の非木材繊維植物を含めると 26 億トン/年、存在し、パルプ材の消費量 (約 4 億トン/年) を遙かに凌ぐが、多くは未利用資源である。中国では、わら類のアルカリ処理が主要なパルプ化プロセスであるが、シリカを含むパルプ廃液からパルプ化薬剤の回収が難しいために廃液は河川などに廃棄され、大きな公害を引き起こしている¹⁾。非木材の環境に温和なパルプ化技術の開

発が望まれている。もし、中国やインドで非木材のパルプ化が中止されたら、チップ市場の混乱と更なる森林の乱伐を招く危険性がある。森林資源を出来るだけ保全し、化石資源を代替する環境に温和な有機資源の持続的供給の面からもこれら未利用の非木材をパルプ材やバイオマス資源として有効に利用しなければならない。

ソルベントパルプ化プロセスは無機薬剤の回収・再生装置、環境保全設備などを必要としないことから、簡便で小規模な装置によりパルプの生産が可能である²⁾。特に、分散型原料である非木材からもパルプとパルプ副産物を経済的に生産できる。種々のパルプ化溶媒が検討されているが、EtOH を用いた従来のアル

セル法では溶媒による炎上・爆発の危険性やパルプ化樹種の制限などの欠点が指摘されている³⁾。揮発性の低い高沸点アルコール性有機溶媒 (HBS) を用いた HBS 法は、これらの欠点を解消でき、エネルギーの消費を抑えたパルプ化溶媒の再生が可能なパルプ製造法およびバイオマスのリファイナリー (成分分離) 法であることをこれまでに報告した^{3) 6)}。

本研究では、HBS パルプを製紙用、機能性セルロースや生分解性プラスチックなどのバイオポリマー原料に広範に利用するために、パルプの ECF シークエンスによる漂白性を検討した。また、HBS 法では図 1 に示すように、パルプ廃液からリグニンのみを分離し、糖類、抽出成分、低分子リグニンなどを含む残液 (RHBS) をパルプ化溶媒として繰り返し再使用する。従って、もし、パルプ化プロセスで HBS の多くが分解・変質し、水と共に RHBS から除かれるならば、HBS プロセスの根底が覆されることから、パルプ化条件による HBS 溶媒の安定性を検討した。更に、HBS プロセスのエネルギー収支を検討するために、パルプ廃液から RHBS を再生するための水分蒸発量を概算した。

2. 実験方法

2.1 試 料

シラカンバ (*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara) とトドマツ (*Abies sachalinensis* Mast.) は北海道大学農学部附属雨竜演習林から、中国産の葦は某社から提供された。HBS 溶媒類はエチレングリコール (EG)、ブタン-1,3-ジオール (BDOL-1,3)、ブタン-1,4-ジ

オール (BDOL-1,4)、プロピレングリコール (PG)、ペンタン-1,5-ジオール (PeG) とテトラヒドロフルフリールアルコール (THFA) の一級市販品を使用した。

2.2 HBS 溶媒の熱安定性

5 ml のマイクロオートクレーブに各 HBS の 60~80% 水溶液 (以下 60~80 滴 BS) を入れ、190 と 220℃ で 1~3 時間加熱した。溶媒の回収率は反応液に内部標準物を加え、Gaschrompack 55 を充填した 2-m カラム、カラム温度 200℃、N 230-40 ml によるガスクロマトグラフィーで測定した。

2.3 RHBS による HBS パルプ化

BDOL-1,3 および -1,4 を用いた木材、農産廃棄物などの HBS パルプ廃液から調整した RBDOL を一緒にした RHBS を本研究のパルプ化溶媒に使用した。

各試料を 70~80% RHBS, 180~220℃, 1~3 時間、蒸解した。パルプは濾過し、70~80% RBDOL 水溶液の代わりに本研究では便宜的に 90% アセトン水で 2 回洗浄し、更にパルプに残存するアセトンを水で 2 回洗浄した後、パルプ収率とパルプ残留リグニン (KL) 量を測定した。アセトン洗浄液からアセトンを蒸発・回収した残液をパルプ廃液と一緒にし、3 倍量の水パルプ洗浄液に攪拌下、注入した (図 1)。沈殿した HBS リグニン (以下リグニン) を傾斜し、少量の温水で洗浄した後、凍結乾燥した。リグニンの分離液と洗浄液を合した後、水のみを蒸発留去し、残液を RHBS として貯蔵した。

2.4 HBS パルプ洗浄液によるパルプ化

トドマツチップを 2.2 に準じてフレッシュな 70% BDOL を用いて 220℃ で 2 時間、パルプ化した。パルプは 70% BDOL で 3 回洗浄し、BDOL 洗浄液-1~3 を得た。洗浄液-1~3 に含まれるリグニン量を定量した後、各々をパルプ溶媒に用いて、トドマツチップを同じ条件で蒸解し、パルプの収率と KL 量を分析した。

2.5 漂白試験

トドマツ、シラカンバおよび葦の各 HBS パルプ (2.3 で調製) を酸素 (O)、二酸化塩素 (D) および過酸化水素 (P) を用いた ECF シークエンスにより漂白した。各々の漂白条件を以下に示した。

O 漂白: 1~5% NaOH, 0.05% MgSO_4 と 1% $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ (対パルプ), 5 $\text{kg}/\text{cm}^2\text{O}_2$, 10% パルプ濃度, 110℃, 1 h

D 漂白: 1% ClO_2 (対パルプ), pH 4, 10% パルプ濃度, 70℃, 2 h

E 抽出: 2% NaOH (対パルプ), 10% パルプ濃

Fig. 1 HBS pulping with recovered high boiling solvents (RHBS)

度, 70℃, 2 h

P 漂白 : (1) 0.3% EDTA (対パルプ), 5% パルプ濃度で前処理・濾過,

(2) 1% H₂O₂, 2% NaOH, 0.05% MgSO₄, 5% Na₂SiO₃ (対パルプ), 10% パルプ濃度, 70℃, 2 h

3. 結果と考察

3.1 RHBS を用いた HBS プロセスによる

製紙用パルプの調製

前法で広葉樹材のみならず, 針葉樹材も HBS プロセスにより容易に脱リグニンされることを報告した^{4,5)}。しかし, 針葉樹材として使用したトドマツ(T)の HBS パルプの粘度 (14.5 cP) はシラカンバ (B) パルプ (28.5 cP) に比べて低く, 更にパルプ化条件の精査が必要であることを示唆した。また, 本研究のパルプの漂白研究に供する適切なパルプを得る目的で, トドマツのみならず, シラカンバと葦のパルプ化条件の検討を行った。パルプ化の結果を表 1 に示した。

トドマツの蒸解をこれまでの 220℃ から 210℃ に, 70% BDOL を 80% RBDOL に変えて行った。1 時間では, パルプ化は不十分であったが, 2 と 3 h では, パルプ粘度は約 30 cP に改善された。しかし, パルプの残存リグニン (KL) 量は共に約 9% と高く, 脱リグニンが不十分であった。パルプ化溶媒に 70% RBDOL を用いると, 210℃ の蒸解温度でも, 2 と 3 h

の蒸解で脱リグニンの進んだ, 粘度 (22~34 cP) の高い T-パルプが調製された。シラカンバについても, 蒸解温度を従来の 200℃ から 180℃ に変え, 2 と 3 h のパルプ化を検討した。2 h では KL が 8.3% と高かったが, 3 h では 5.0% KL の B-パルプが 54.3% の高収率で得られ, 粘度も 43.4 cP と高かった。

葦 (R) を液比 6 の 80% RBDOL を用いて 180℃ と 200℃ でそれぞれ 2 と 3 h 蒸解した。葦はシラカンバと同様に 180℃, 2 と 3 時間でパルプ化が可能であり, R-パルプ収率はそれぞれ 58.8 と 52.9% であった。しかし, 各パルプは 4~5% の灰分と約 6% の KL を含んでいた。更に, 蒸解温度を 200℃ で 2 と 3 時間, 蒸解すると, 灰分を 6.3 と 6.0%, KL を 2.5 と 1.9% 含むパルプが各々, 48.7 と 50.0% の収率で得られた。従って, 葦も他の草本類と同様に, HBS プロセスにより脱リグニンの進んだパルプ化が行えることが示唆された。

3.2 HBS パルプの ECF 漂白

HBS パルプの酸素 (O), 二酸化塩素 (D) と過酸化水素 (P) による ECF 漂白を行った。まず, 前報 4-5) で調製した T-と B-の各 HBS パルプを用いて O 漂白条件を変えて検討し, 結果を表 2 に示した。B-パルプのカッパ価 (Ka) 24.9 は 1% NaOH (対パルプ) で 7.8 まで低下し, 3% と 5% NaOH でも粘度 (20.5 と 20.1 cP) の著しい低下なしで 4.9 と 3.5 の Ka まで低下した。T-パルプ (Ka 27.7, 5.8 cP) とし

Table 1 HBS pulping of todomatsu, birch and reed chips

Chips	Pulping conditions			(% of chips)	(% of pulp)		Vis (mPa·s)
	Solvent	℃	h	Pulp yield	KL	Ash	
Todomatsu	70% RHBS	210	2	50.8	6.8		33.9
			3	50.3	5.6		21.5
	80% RHBS	210	2	52.0	9.0		
			3	53.2	9.1		
Birch	80% RHBS	180	2	53.0	8.3		34.4
			3	54.3	5.0		43.4
Reed	80% RHBS	180	2	58.8	6.3	4.5	
			3	52.9	5.7	5.2	
		200	2	48.7	2.5	6.3	
			3	48.4	1.9	6.0	

RHBS: R-1,4-BDOL was used for pulping solvent. KL: Klason lignin as residual lignin.
(+Values): ash content of pulp. Vis: viscosity.

て220℃, 3hで調製したものを予備テストに使用したが, 3% NaOH で Ka が7.8まで, 5% NaOH では2.6まで低下した。更に, 3% NaOH に 1% P (対パルプ) を加えた条件でB-パルプのO漂白を行ったが, P無添加に比べて顕著なKaの低下は認められなく, 著しい粘度の低下が認められた。以上の結果から, 以下のB-パルプのO漂白には, 3%と5%のNaOH, T-パルプには5% NaOHのアルカリ添加を使用することにした。先に調製したT-パルプ(蒸解条件: 210℃, 3h),

B-パルプ(同: 180℃, 3h) およびR-パルプ(同: 200℃, 2h) を用いてO漂白を行った。各パルプはO漂白の前に, 2% NaOH (対パルプ) で70℃, 2hで洗浄前処理した。T-とB-パルプの漂白結果を表3に示した。

B-パルプ (Ka 33.9と40.1 cP) を3%と5%のNaOHでO漂白して得られるB-パルプ-O(3)と-O(5)のKaは各々, 13.4と7.4, 粘度は共に20 cPであった。B-パルプ-O(3)と-O(5)を更に1% Dで漂白すると, パルプのKaは共に粘度の低下なしに各々5.6および1.1まで低下した。B-パルプ-O(3)-Dを1% NaOH抽出すると, Kaは2.6, 引き続き1%のP段で1.8まで低下し, その時の粘度は18.9であった。O(5)-Dによる漂白B-パルプの白色度は76.6%であった。

T-パルプ (Ka 37.7, 20.3 cP) を5% NaOHでO漂白すると, パルプのKaと粘度が14.1と14.7 cPを示し, T-パルプはB-パルプより漂白し難いことを示唆した。Oパルプは1% D-1% NaOH-1% Pで漂白したが, Kaは4.2と高く, 更に1% Pを行ってもKaは3.4に低下したに過ぎなかった。最終段はPの代わりにDを行う必要があったかも知れない。最終漂白パルプの白色度は79.8%であった。

R-パルプは200℃, 2hの蒸解で得られたものを漂白テストに使用した。このR-パルプのKaは6.4と低く, B-パルプの比較としては適切でなかった。R-パルプは2% NaOHでKaが4.2まで低下し, Kaは3% NaOHによるO漂白で1.7, 引き続き1% Dで1.0であった。R-パルプの粘度の測定は行わなかった。

Table 2 Oxygen (O) bleaching of HBS pulp

HBS Pulp	NaOH (H ₂ O ₂)	Ka	Vis
B-pulp	Control	24.9	23.8
	5 (0)	3.5	20.1
	3 (0)	4.9	20.5
	1 (0)	7.8	15.3
	3 (1)	3.8	13.8
T-pulp	Control	27.7	5.8
	5 (0)	2.6	5.6
	4 (0)	3.8	5
	3 (0)	7.8	5.2

B-pulp: prepared by HBS pulping of birch with a RHBS mixture at 200℃ for 2 h. T-pulp: prepared by the pulping of todomatsu with the mixture at 220℃ for 2 h.

O bleaching: NaOH (1-5% of pulp) with and without H₂O₂ (% of pulp), 10% consistency, O₂ (5 kg/cm²), 110℃, 1 h. Ka: Kappa nos.

Table 3 Bleaching of HBS pulp

HBS Pulp	Item		O	D	E	P	P
	reagent (% of pulp)		5% NaOH	1% ClO ₂	1% NaOH	1% H ₂ O ₂	1% H ₂ O ₂
B-pulp	Ka	33.9	7.4	1.1			
	Vis	40.1	20.2	18.6			
T-pulp	Ka	37.7	14.1	12.1	8.4	4.2	3.4
	Vis	20.3	14.7	14.6	15.5	15.5	14.9

B- and T-pulps used for bleaching were the same as those shown in Table 1 prepared by the pulpings of birch at 180℃ for 3 h, and of todomatsu at 210℃ for 3 h, respectively. O: oxygen bleaching (O₂ of 5 kg/cm² 5% NaOH, 0.05% MgSO₄, 10% consistency, 110℃, 1 h). D: ClO₂ bleaching (1% ClO₂, pH 4, 10% pulp consistency, 70℃, 2 h). P: H₂O₂ bleaching (0.3% EDTA, 5% consistency for pretreatment, then 1% H₂O₂, 2% NaOH, 0.05% MgSO₄, 5% Na₂Si₂O₅, 10% consistency, 70℃, 2 h). E: NaOH extraction (2% NaOH, 10% consistency, 70℃, 2 h).

最終の漂白 R-パルプの白色度は 85.2% であった。

以上の結果, HBS パルプは何れも, ECF シークエンスにより容易に完全漂白し, 広範な用途に有効利用できることを示唆した。

3.3 漂白パルプの強度試験

各漂白パルプの強度試験の結果を表 4 に示した。各パルプのフリーネスが異なるために, 正確な比較は出来ないが, トドマツとシラカンバの各漂白パルプの強度特性は興味ある結果を示した。これまでに未晒オルガノソルブまたはソルベントパルプについて報告されている強度特性の特徴は, 相応する KP に比べて引裂き強さ (TI) が弱く, 他の強度に顕著な差異が認められないことであった³⁾。本研究で得られた漂白 B-パルプと T-パルプの TI は何れも, 漂白により顕著に向上し, 未晒パルプの TI の 157% と 142% を示し, 漂白によりソルベントパルプの強度特性の欠点はクリアできることを示した。漂白による TI の改善は, HBS パルプに残存していた結束繊維が漂白による脱リグニンで単繊維化したことに起因すると考えられる。しかし, 詳細は更に検討しなければならない。裂断長と破裂強さは漂白により若干, 低下したが, これら漂白パルプの強度特性は漂白 KP²⁾ に比べて遜色のないものと考えられる。

R-パルプは B-パルプに比べて, 未晒パルプの TI のみが高かったが, 他の強度特性, および漂白パルプの強度特性は全て低かった。これは, 脱リグニンの進み過ぎた R-パルプを漂白に用いたことにも一因があると推定される。葦の試料が少なく, これ以上の考察は出来なかった。

3.4 HBS の熱安定性

HBS プロセスでは, 図 1 に示すように, 廃液から RHBS を簡便に再生し, パルプ化溶媒として繰り返し

再利用する。再使用の過程で損失した HBS 溶媒のみをペントザン→フルフラール (FA)→THFA→1,5-PeDOL などの変換によりバイオマスから廉価に調製し, 補給する計画である。FA, THFA や 1,5-PeDOL はパルプ化溶媒の他にも, 汎用溶媒, ポリマー原料, 不凍液など多くの用途に利用できるが, パルプ化プロセスで補填する溶媒量の多寡はプロセスの重要な要因の一つとなることから, HBS 溶媒の熱安定性を検討した。

針葉樹材の HBS パルプ化には 180~220℃ の蒸解温度が必要であるから, 先ず, 60~80% 1,4-BDOL を 220℃ で 1~3 時間, 加熱した時の溶媒の回収率を検討し, 結果を図 2 に示した。80% 1,4-BDOL は 1~3 時間の加熱で 95% 以上の回収率を示した。70% 1,4-BDOL は 2 時間で 95% 以上であったが, 3 時間では 80% しか回収されなかった。60% 1,4-BDOL では 70% よりも回収率が低下した。HBS 溶媒に酢酸を少量, 添加してパルプ化すると, 脱リグニン率が顕著に改善されることが示されている。そこで, 5% 酢酸を含む 60~80% 1,4-BDOL の熱安定性を検討した。図 2 に示した結果は 5% AcOH を含む 80% 1,4-BDOL, 1 時間のみで 95% の高い回収率を示したが, 水の比率が増加すると, 溶媒の安定性が損なわれ, 回収率は 90% 以下であった。70% 1,4-BDOL の熱安定性を酢酸添加量を 1% と 3% に変えて検討し, 結果を図 3 に示した。1% 酢酸を含む 70% 1,4-BDOL の 220℃, 1 時間のみで 95% 以上の回収率であった。3 と 5% 酢酸を含む場合は 1 時間の加熱でも, 90% の溶媒回収率であった。溶媒の回収率は熱処理前後の溶媒量をガスクロマトグラフィー (ガスクロ) で測定したことから, 熱処理で失われた溶媒が揮発成分となり, 揮散したのか, それともガスクロマで分析されない物

Table 4 Properties of bleached HBS pulp

HBS Pulp	Bleaching	CSF	Brig	Dens	BI	BL	TI	FE
B-pulp	non	550	16.9	0.71	5.53	7.97	7.9	38
	OD	460	76.6	0.68	4.31	5.91	12.4	19
T-pulp	non	470	14.4	0.68	7.05	9.03	12.4	258
	ODPP	390	79.8	0.71	7.76	8.25	17.6	749
R-pulp	non	250	53.1	0.55	2.52	4.32	9.8	5
	OD	300	85.2	0.64	2.64	4.12	9.5	5

Bleached B- and T-pulps: the same as those shown in Table 3. R-pulp prepared at 200℃ for 2 h in Table 1 was bleached by the same OD sequence as that for B-pulp shown in Table 2. CSF: ml, Brig: brightness %, Dens: g/cm³, BI: kPa·m²/g, BL: km, TI: mN·m²/g, FE: times.

Fig. 2 Recovery of 60–80% aqueous 1,4-BDOL with and without 5% of AcOH by heating at 220°C for 1–3 h

Fig. 3 Recovery of 70% aqueous 1,4-BDOL with AcOH (0–5% of solvent) by heating at 220°C for 2 h

質となり、HBS 溶媒中に残存しているかは明らかでない。もし、後者であれば、ガスクロで測定されない溶媒も RHBS として利用できることから、リグニンの溶解度に影響しないかぎり、溶媒の回収率の低さは問題にならない。熱処理された HBS のガスクロでは、相応する溶媒のピーク以外のピークは検出されなかったことから、後者の可能性が高いが、詳細は現在、検討中である。

広葉樹や非木材のパルプ化温度である 80% HBS, 190°C, 2 時間の加熱では、THFA の回収率は 90% と低かったが、他の HBS 溶媒は全て、定量的に回収された (表 5)。THFA の熱変質物についても更に検討中である。

3.4 HBS プロセスで RHBS の回収に必要な水分量の試算

HBS プロセスでは、図 1 に示すようにパルプ廃液に水を加え、疎水性物質 (リグニンと糖変質物) を水不溶物として除き、水溶液から水のみを蒸発させ、パ

ルプ化溶媒 RHBS を再生する。従って、廃液に加える水分量はプロセスのエネルギー収支に大きく影響する。前報 5) で、蒸解で得られた T-パルプを HBS 水溶液により 3 回洗浄し、各洗浄液-1~3 をパルプ化溶媒として HBS パルプ化を行った結果を報告した (図 4 と表 6)。洗浄液-1~3 は 2.0% (12% 対チップ), 0.7% (4.2% 対チップ) と 0% のリグニンを含むが、洗浄液-1 と 2 によるパルプ化の結果はリグニンを含まない洗浄液-3 の結果と変わらず、反対に前者が若干、脱リグニンの改善されたパルプが得られた。仮に、パルプ廃液にリグニン量の多い洗浄液-1 を混合し、全容の 2~3 倍の水を加え、リグニンを沈殿・回収する場合には、RHBS の再生に必要な水分量はパルプ廃液のみに加える量の 2 倍になるから、エネルギー収支上、得策でない。パルプ洗浄液-1 を廃液と一緒にせず、パルプ化溶媒に利用できることは、水の蒸散に要するエネルギー量を半分に削減できることを意味する。因みに、液比 3 でパルプ化し、廃液回収率 80%、廃液

Table 5 Recovery (%) of HBS solvent

Solvent	%	Solvent	%
70% 1,3-BDOL	99	80% EG	98
80% 1,3-BDOL	99	80% 1,5-PDOL	98
70% 1,4-BDOL	95	80% PG	99
80% 1,4-BDOL	100	80% THFA	90

Heating temperature of solvent: 190°C, 2 h. BDOL: butanediol, EG: ethylene glycol, PDOL: pentanediol, PG: propylene glycol, THFA: tetrahydrofurfuryl alcohol.

Table 6 HBS pulping of T-chips with HBS washings

Pulping solvent (lignin content)	Pulp	KL
70% BDOL (0%)	54.0	8.1
68.5% BDOL washings-1 (2.0%)	53.8	7.9
67.2% BDOL washings-2 (0.7%)	51.1	7.2
71.3% BDOL washings-3 (0.0%)	56.6	9.9

Lignin content: % of solvent. Pulping conditions: L/W 6, 220°C, 2 h. Pulp: % of chips, KL: % of pulp.

Fig. 4 HBS pulping of T-chips with HBS washing

に加える水分量を2または3倍とすると, RHBSの再生に蒸発しなければならない水分量は2(または3)×0.8×3=4.8(または7.2)kJ(水)/t(チップ)となる。液比が4では, 2(または3)×0.8×4=6.4(または9.6)kJ(水)/t(チップ)である。単純な計算は出来ないが, 活性アルカリ24%, クラフトパルプ収率50%とすると, 黒液の全固形物0.74tとなり, 黒液の濃度が13%とすると, 黒液のである。5.7kJ(水)/t(チップ)となる。この概算では, 液比3のHBS蒸解で, 希黒液から水を蒸散させるエネルギー量でRHBSを再生できることを意味する。勿論, 濃縮した黒液を回収炉に吹き込むことで得られる高圧蒸気はHBSプロセスでは得られないが, 再利用可能な蒸留水としては利用できる。

4. 結 論

トドマツ(針葉樹), シラカンバ(広葉樹)と葦(草本類)のHBSパルプ化を再検討した。トドマツは70%

RHBS, 210°C, 2-3 hで脱リグニンの進んだ粘度の高いパルプが得られた。シラカンバと葦は180°Cでも良好なパルプ化が可能であった。得られた各パルプはECFシーケンスで容易に完全漂白することが可能であった。HBSパルプの引裂き強さは漂白により著しく改善され, 他の強度特性は大差なく, 各漂白KPに匹敵する特性を示した。パルプ化溶媒を繰り返し再利用するために, 溶媒の熱安定性を検討した。パルプ化温度で各HBS溶媒は安定であり, 投入したHBS溶媒はRHBSとして再使用できることが明らかになった。また, HBSパルプ洗浄液をパルプ化溶媒に使用することで, RHBSを調整するために必要な水の蒸散量はKPプロセスの希黒液を乾固する水分量に相当する。

従って, HBSプロセスは全ての繊維原料のパルプが可能であり, 得られるHBSパルプは環境に温和なECF漂白により完全漂白し, 広範な用途に利用できると結論された。

引用文献

- 1) X. -J. Pan, Y. Sano and T. Ito: Holzforchung 53, 49-55 (1999)
- 2) P. Stockburger: Tappi J., 76(6), 71-74 (1993)
- 3) S. Aziz and K. Sarkanen: Tappi J. 72 (3), 169-175 (1989)
- 4) 梶本純子, 佐野嘉拓, ワヒユ・エコ・ウイドド, 岸本崇生, 浦木康光: 紙パ技協誌 54 (9), 1252-1259 (2000)
- 5) ワヒユ・エコ・ウイドド, 梶本純子, 佐野嘉拓: 紙パ技協誌 54 (10), 1394-1402 (2000)
- 6) 梶本純子, 佐野嘉拓: 紙パ技協誌 55 (10), 114-123 (2001)
- 7) 紙パルプ技術協会: 紙パルプ技術便覧, 127 (1992)