

**製紙産業の発展に大きな影響を与えた技術：  
環境問題が製紙産業に求めた技術開発(2)：サルファイトパルプからクラフトパルプへ**

紙パルプ技術協会 製紙産業技術遺産保存・発信

**なぜ過去を振り返るのか**

現在の日本の製紙産業の環境に対する取り組みは世界の製紙産業の中でも高い水準にある。しかし、歴史的には、製紙産業は環境汚染産業とみなされた苦い記録があり、それを克服するための膨大な努力と技術開発があった。あらためてそれを振り返ることで、今後の環境への取り組みの参考としたい。

**サルファイトパルプ(SP)からクラフトパルプ(KP)へ**

**1. 1950年代のサルファイトパルプ(SP)とクラフトパルプ(KP)**

1950年代の化学パルプはサルファイトパルプ(SP)が主流であった。蒸解液は、一番安価な塩基であるカルシウム(炭酸カルシウム)を用い、硫黄を燃焼して得られる亜硫酸ガスを反応させ、酸性亜硫酸水素カルシウムの水溶液である。蒸解方法は、針葉樹チップを数十m<sup>3</sup>の高温・高圧の蒸解釜に充填し、蓋を閉めて、蒸解液を注入し、蒸気で加熱する。蒸解液は、酸性亜硫酸カルシウムと亜硫酸の溶液でこれが脱リグニンを進める。このパルプ化法では、蒸解後、蒸解釜の原料はピット(広い部屋)にブローされ、廃液は床下に流れ落ちる。この廃液は薄茶色で、そのまま放流されるので、河川に茶色の筋ができた。1960年代に入ると、環境意識の高まりからこのSPの廃水が問題となってきた。

当時、SPに対しKPがすでに存在していた。KP法はアルカリ蒸解であるがために、広葉樹を含め多くの樹種を蒸解でき、すでに二酸化塩素で高白色度に漂白可能となっていた。また、薬品回収のプロセスが1920年代に確立し、近代的な大型生産プロセスの要件を備えていた。しかし、臭気と大型設備なゆえの投資が問題であった。

**2. サルファイトパルプの環境対応**

一方、サルファイト法は、塩基(ベース:base)としてCaを使用しているがゆえに蒸解できる樹種が針葉樹に限られ、かつ、排水は放流されるままであった。この問題は、Caの代わりに可溶性のベース(Na,Mg,NH<sub>3</sub>)を使うことにより解決できると考えられた。可溶性のベースは、カルシウムに比して高価なため、使い捨て出来ず、薬品回収が必要となり、必然的に廃液の垂れ流しを解決できる。また、蒸解液のpHを上げることができ適用樹種が広がり、蒸解も短時間で行えた。さらに、現状の蒸解設備は使用でき、得られるパルプは白色度が高く新聞用紙や下級紙では漂白せずに使える利点があった。このため、針葉樹の豊富な北欧を中心に廃液回収と薬品再生を目指した大がかりの研究が進められ、その成果は、Stora法、Sivola法、Magnefite法等となり、一部実用化された。これらの基本的な薬品組成を表1に示す。

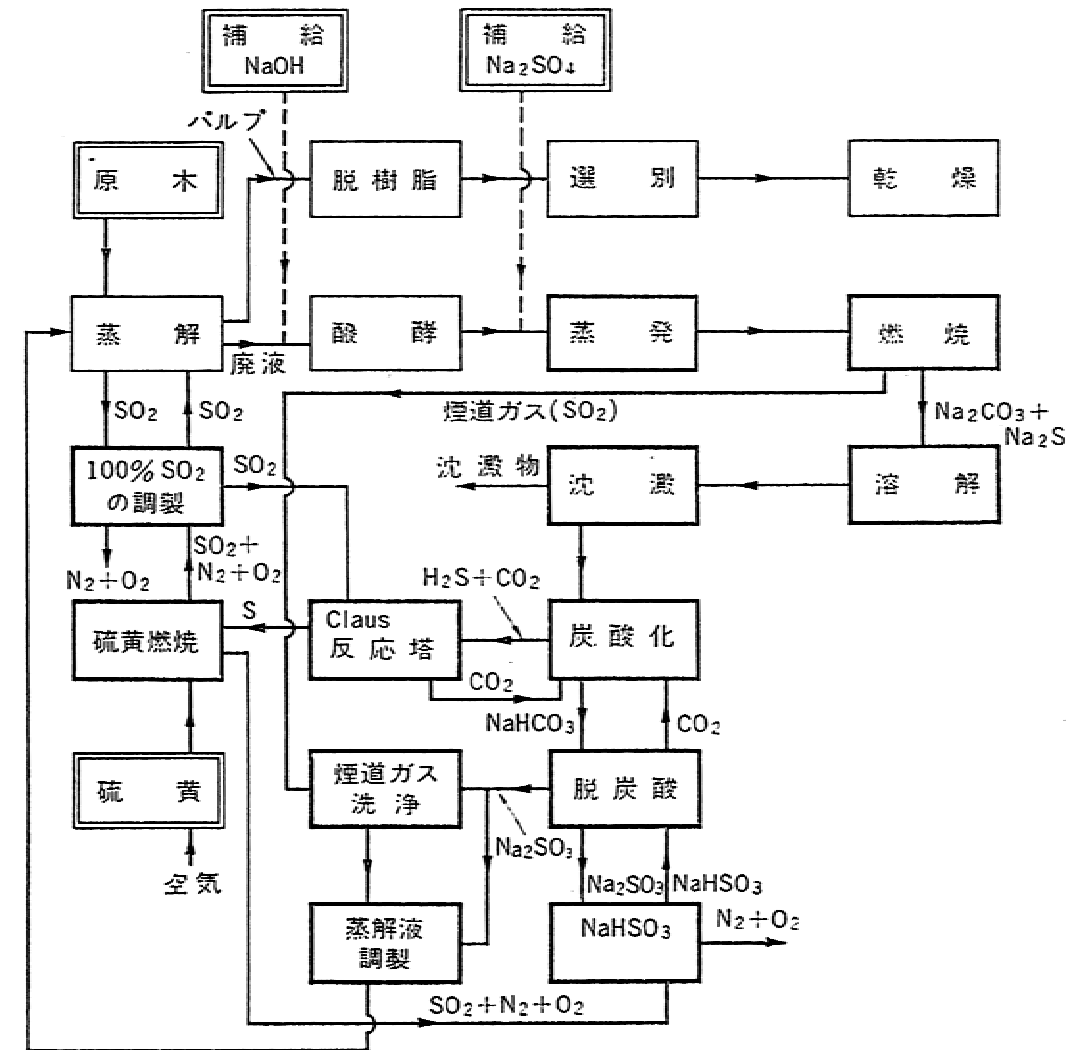
研究の中心は、薬品回収であった。その例を図1に示す。Naベースの場合(Stora法)、KPの回収が基礎になっていることをうかがわせるが、スメルトを炭酸化して硫化水素を取り出し、さらに、硫化水素から硫黄を固定するための反応装置(クラウスリアクター)が組み込まれている。この硫黄を燃焼して亜硫酸ガスを作り、炭酸ナトリウムを得る。結果として、クラフト回収の苛性化工程よりも複雑なプロセスである。

Mgベースでは、燃焼することにより酸化マグネシウムと亜硫酸ガスを得る。この両者を反応させて亜硫酸水素マグネシウムを作る。回収工程は単純であるが、蒸解液pHを上げることができないため、

表1 各種サルファイト法の蒸解液組成

	アルカリ性	中性	微酸性	酸性
Ca ベース				Ca (HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + SO <sub>2</sub>
Mg ベース			Mg (HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mg (HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> + SO <sub>2</sub>
Na ベース	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> +NaHSO <sub>3</sub>	NaHSO <sub>3</sub>	NaHSO <sub>3</sub> +SO <sub>2</sub>

図1 Naベース回収プロセスの例 (Stora 法)



(「亜硫酸パルプ・溶解パルプ」 P.251 紙パルプ技術協会(1966年))

対応できる樹種が限られる。(図2:下図)

実用化の例では、Stora社は、自社開発の薬品回収プロセスを組み込んだStora法(Naベースの2段蒸解法)を1955年からSkutskar工場で、さらにカナダのNova Scotiaにも工場を建設した。日本でも、十條製紙伏木、八代(1963年)等で既存のSPに代えてNaベース蒸解が採用された(薬品回収はない)。Magnefite法は新聞用紙のSPの代替としては優れた特徴(高い白色度、高歩留まり、樹種多様性)により日本でも複数の新聞用紙工場で実機操業した(1967年)(日本の場合は、薬品回収がなされていなかった)

### 3. クラフトパルプが主流となる

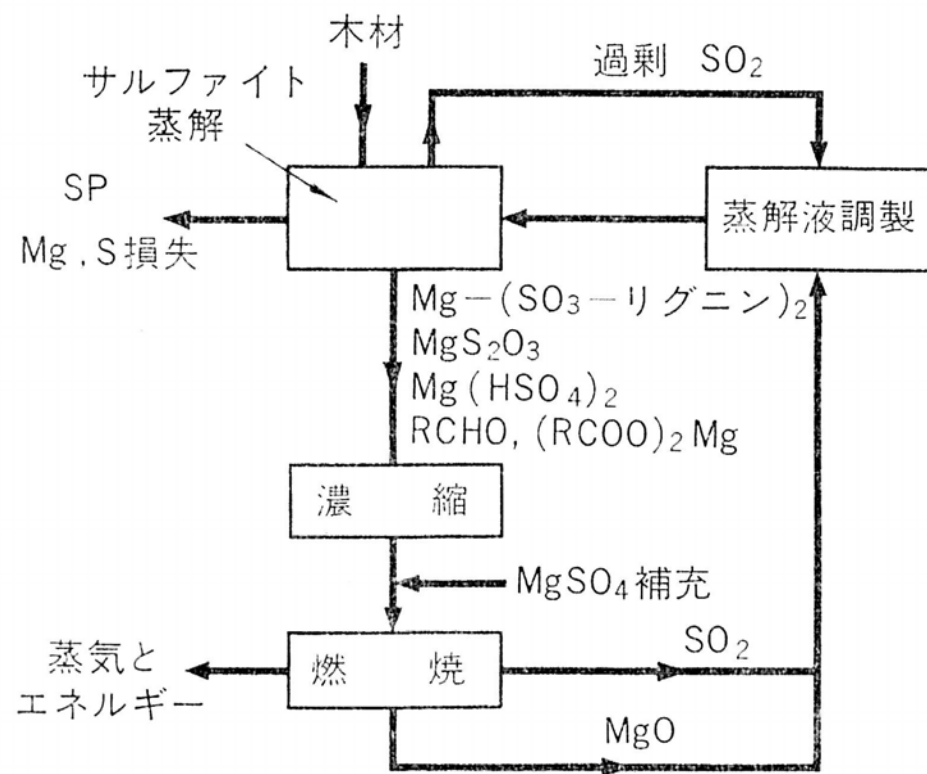
しかし、国内の広葉樹を印刷用紙特に上質紙に使用するにはクラフト法に優るものではなく、臭気、設備投資の問題がありながら一気に増設が進んだ。(図3、図4)

1960-1970年代は、環境問題に後押しされ、クラフト法とサルファイト法がその後の覇権をかけて技術開発を争った時期であったわけである。これはまた、競合する技術の中で、いくつかの外的な要因に適するものが主流となっていく例でもある。重要なことは、この過程で大きなエネルギーが投入されたことで、それは決して無駄ではなく、それなしでは製紙産業の発展があり得なかったであろう。

しかし、クラフトパルプは環境面では依然完全なものではなく、臭気と未回収の漂白廃水が問題として残った。このうち、漂白廃水は1990年代に大きな問題となり、製紙産業の存続を揺るがしかねないものとなった。これについては「環境問題が製紙産業に求めた技術開発(1)」にて紹介する。

(まとめ: 飯田清昭)

図2 Mgベースの回収プロセスの例



(「亜硫酸パルプ・溶解パルプ」 P. 218 紙パルプ技術協会(1966年))

図3 KPが急速に伸びる

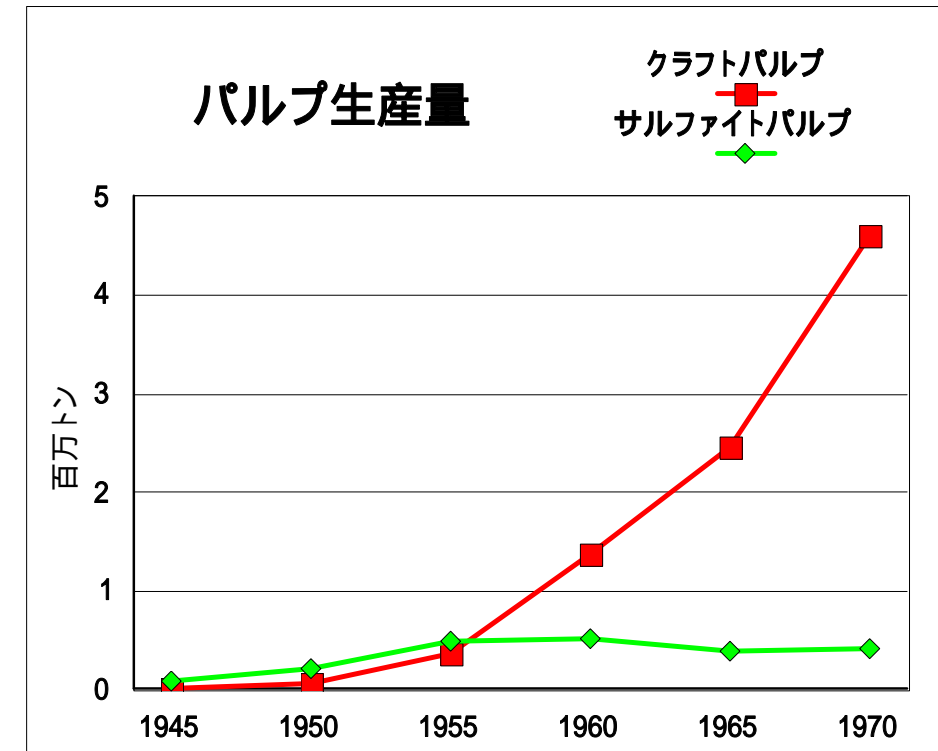


図4 KPが主流となる

