エコ・スクリーンシステムの完成*

—MFZ スクリーンの紹介—

石川島産業機械株式会社 岩 重 尚 之

Completion of “Eco SCREEN SYSTEM”

—Introduction of the MFZ Screen—

Naoyuki Iwashige

Ishikawajima Industrial Machinery Co., Ltd.

The “MFZ Screen” invented and developed by Ishikawajima Industrial Machinery Co., Ltd. (IIM) following after MF Screen and MFC Screen already on market, is for application as a final tail screen in fine screening stage. The outstanding feature of MFZ Screen is that high screening efficiency, sorting performance of contaminants and squeezing function of reject resulting its unique construction.

The “ECO SCREEN SYSTEM” combined by these MFC, MF and MFZ Screen contribute to reduction of CO₂ exhaust gas by energy saving, reduction of throughout waste by achieving high quality recycled pulp keeping high yield to furnish, and at the same time it makes possible the cost reduction for handling of the waste disposal and simplification of the plant site by such modification presents the good circumstances for operators resulting a considerable initial cost reduction.

Keywords : MFZ Screen, Eco Screen System, Secondary fiber, Reject rate

分類 : G₃ 除塵, J₆ スクリーン, X₂ 紙パルプ産業環境一般

1. はじめに

エコロジーという言葉が頻繁に使われている昨今であるが、一口にエコロジーと言ってもそのとらえ方はさまざまである。しかし、現在我々は森林保護、地球温暖化対策といった地球規模の生態環境問題を抜きにして産業の発展を進めることのできない状況に置かれているといえよう。

たとえば、これまで省エネルギーといえば単にコストセーブのためだけのものであったのに、エネルギー

の消費量が地球温暖化に対して大きな影響を持つといわれている CO₂ の排出量と大きな相関を持っていることが指摘されるにいたり、環境保護という側面からの取り組みの必要性が強くなってきている。また、環境問題に対する具体的な取り組みとして資源のリサイクルがあげられる。この点で紙パルプ産業の古紙再生技術の分野は、すでに大きな功績を上げているといえることができる。しかし、人間の健康に大きな影響を及ぼすダイオキシンや環境ホルモン等の問題がクローズアップされていることもあり、産業廃棄物の減量が現在古紙の再生技術において緊急を要する問題となりつつあることは周知の通りである。

*平成 10 年度年次大会講演（講演 No. B 16）

我々石川島産業機械(株)では、古紙再生技術を通してこのような社会のニーズを的確に捉え、できるだけタイムリーにそのニーズにマッチした機器開発を行い、社会に貢献したいと考えている。そして、我々が最初にテーマとして選んだのはエコロジカルなスクリーニングシステムの開発である。省エネルギーによるCO₂排出量の低減、完成パルプの品質と系外排出物の減量の両立、そしてシステム全体の簡素化というコンセプトを掲げ、これを実現するためにどのような装置が必要かを検討し、具体化したアイデアが精選工程用のMFスクリーン、粗選工程用のMFCスクリーン、精選系最終テールスクリーンのMFZスクリーンであった。平成4年にこの計画をスタートさせ、まず平成6年にMFスクリーンを、また平成8年にMFCスクリーンを完成させリリースした。そしてこのたび、我々が最も技術的に困難であろうと考えていたMFZスクリーンの完成に至った。

今回の報告によってMFC、MF、MFZスクリーンとこれらの開発機器から構成された「エコスクリーニングシステム」の基本原理解を説明していただき、今後の古紙再生プラント設計の参考にしていただければ幸いである。

2. エコスクリーンシステム

古紙の再生技術の中でスクリーンを用いた異物除去システムは、言うまでもなく古紙処理の最も重要な部分である。誰もが理想とするのは古紙の中に含まれるさまざまな異物を、完全にそして選択的に除去することである。つまり、含まれる異物を完璧に除去すると同時に、資源化できるパルプ繊維は全て回収し再利用したいのである。

従来、少しでもこの理想に近づけるためには単機能の装置を複雑に組み合わせ、タンク、ポンプなどの多くの周辺機器や計装設備を駆使して、大きなエネルギーを必要とするシステムを構築せざるを得なかった。また、原料として使用する回収古紙の量に対する再生した完成パルプの量の割合を、原料歩留まりと言い表しているが、この歩留まりの値は原料コスト管理という意味で重要な数値ではあるものの、完成パルプの品質を最優先とする場合には数値の低下もある程度やむを得ない、つまり系外排出物が増えても仕方が無いとしている例も多々見うけられる。これは一つには、設備を増やしてますます複雑化させるよりも、系外排出量を増やした方がコスト的に得策である場合が多いという理由によるものである。しかし、先にも触れた生態環境保護という立場でこれらのことをとらえた場合、

表 1 エコスクリーンシステムの効果

	エコロジー	エコノミー
省エネルギー	CO ₂ 排出削減	ランニングコスト削減
品質と歩留まりの両立	廃棄物減量	廃棄物処理コスト削減
設備の簡素化	設備環境改善	イニシャルコスト削減

今後は生産のために消費するエネルギーの削減はもとより、その品質に求められる要求がいかに高度なものであろうとも、古紙再生プラントから系外に排出するものの量は極力抑えなければならなくなることは明らかである。

このような社会的ニーズを満足させるために石川島産業機械(株)は、省エネルギーによるCO₂排出量の削減とランニングコストの削減、完成パルプの品質と歩留まり確保の両立による廃棄物や公害物質の削減とその処理コストの削減、設備の簡素化による設備環境の改善とイニシャルコストの削減を基本コンセプトとする「エコスクリーンシステム」を提案させていただく(表1)。

2.1 省エネルギー

スクリーンシステムにおける省エネルギーを実現するために、石川島産業機械(株)では次世代型スクリーンとして、粗選ステージ用MFCスクリーン、精選ステージ用MFスクリーンを開発しリリースした。採用されているユーザーからは次々とリピートオーダーをいただいており、段ボール古紙処理システムにおいては、フルプラントでこの装置によるシステムに設備を更新されたユーザーも多い。これらについては一昨年および昨年の年次大会の講演で発表させていただいたので、細かい説明は省かせていただくが、どちらもスクリーニング機能と未離解片の解繊機能の二機能をあわせもった装置であり、さらに原料の内部循環を利用してテール処理設備を大幅に簡略化している。

これらの装置が省エネルギー効果を実現できるのは、次に説明する二つの理由によるものである。第一に複数機能を持たせたことによる動力消費の効率アップである。ご存知のように原質機械は、そのほとんどが高周速で回転する装置である。したがって、これらの装置はいずれも供給される原料スラリーに対し旋回流を与えなければならない。旋回流を与えるために消費される動力は、たとえば離解作用やスクリーンシリンダの掃除作用などの各装置本来の仕事をするための動力に対して、無視できない大きさである。従来の単機能装置の組み合わせでは各装置がそれぞれ原料スラリー

に対して旋回流を与えているのに対し、MFC、MFスクリーンでは一つの駆動軸に複数の機能を持たせることによって、その部分のエネルギーを節約できる。もう一つの省エネルギー効果はテール系の大幅な簡略化によるものである。複数の装置を組み合わせる従来のシステムのテール系では、これらの装置同士をつなぐために多くのポンプやアジテータ等の周辺機器が必要となる。これらが大幅に削減されることによって省略できるエネルギーも決して小さくはない。

250 T/Dの段ボール古紙処理プラントを例に採ると、エコスクリーンシステムでは従来システムに比べ、動力源の共通化によるメイン機器の台数削減による省エネルギー効果が約23%、システム簡略化による周辺機器の削減による省エネルギー効果が約17%で、合

せて約40%の省エネルギー効果が期待できる(図1)。

2.2 品質と歩留まりの両立

各ステージのテール系設備の大幅な簡素化をねらったMFC、MF両スクリーンは、従来の単機能装置を組み合わせた複雑なスクリーニングシステムでは未だ達成できずにいる精選度の保持と、原料歩留まりの確保という課題を全くシンプルなフローで実現できる。テールラインの簡素化を実現するとともに高い品質を確保できる理由は、もちろんMFC、MF両スクリーンの内部カスケード構造に負うところが大きいのだが、最も重要なことは未離解片の解繊作用において機械的剪断力よりもむしろ液体剪断力を与えることによって、原料に含まれるガムやホットメルトなどの異物を細分化しないことである。即ち、歩留まりをあげるためには、スクリーンでアクセプト側に回収する成分を増やす必要があるが、通常バルパーで離解した古紙原料には10カットフラットスクリーン残として計測できる未離解成分が20%程度含まれる。これらは解繊しさえすればスクリーンのアクセプトとして回収できるが、そのままでは異物と一緒にリジェクト側にはじかれてしまう。したがって歩留まりを向上させるためには、これら未離解の解繊を促進する必要がある。

そこで、従来のシステム(図2)ではスクリーン工程に離解装置を組み入れ、スクリーンのリジェクト側に集まった未離解片の解繊を行なっている。この時、な

図1 250 T/Dスクリーンシステムの動力比較

図2 スクリーンシステム比較

るべく効率よく未離解片を解繊するためには、言い換えると動力あたりの離解効果を高めるためには、高速離解装置のタックルのクリアランス、あるいはセパレータのローターとプレートのクリアランスを小さくして強い機械的剪断力をかけてやる必要がある。ところが、これは未離解片の解繊と同時に異物の細分化を促進する行為でもある。当然このように細分化された異物はスクリーンの目を通過しやすく、完成原料の品質の低下を招いている。つまり従来システムでは、歩留まりの向上と品質の向上という二つのテーマは相反するものであり、それぞれの要求の妥協点を探す必要があった。一方、MFC、MF 両スクリーンを使用したエコスクリーンシステム(図2)では、装置内の循環を利用して緩やかな液体剪断力を何度も与えることで未離解繊維のみを選択的に離解し、異物の細分化を防止しているため、歩留まりの向上と品質の向上を同時に果たすことが可能となった。

採用いただいているユーザーの方ならすでにご存知のように、スクリーン工程の最終テール粕の大きさが、従来システムの粕よりも明らかに大きくなっていることからこのことはご理解いただけたと思う。また、このように異物になるべく大きなうちに除去することから、ハイドラパージシステムに代表されるパルパー

デトラッシングシステムの採用の効果は容易におわかりいただけたと思う。

2.3 エコスクリーンシステムの完成

石川島産業機械㈱ではエコスクリーンシステムの完成に向けて、MFC、MF の両スクリーンとともに精選ステージ用の最終テールスクリーンの開発を続けてきた。というのは、いくら MFC、MF スクリーンの性能が良くてもそのテールを従来のテールスクリーンで処理していたのではどうしても我々が理想とするスクリーンシステムを完成できないからである。従来のテールスクリーンは振動スクリーン、弊社の UP/US-Z テールスクリーンに代表されるバッチ処理タイプスクリーン、そして最近最も多く使われている弊社のウルトラソータイプスクリーンの三種類がある。これらのスクリーンは歩留まり確保という目的に対して、一定の効果は認められるものの、精選作用という点では粗選工程用としてはまだしも、精選工程用として見るとその効果は満足できるレベルから遠くかけはなれた物であると言わざるを得ない。つまり、精選系のスリットスクリーンではじかれた異物が、これらのテールスクリーンでは必ずしも系外排出されおらず、かなりの量が系内に戻っていると考えられる。系内に戻った異物は平衡状態になるまでスクリーン工程に集積し、いずれは微細化されてスクリーンの目穴を通して完成原料に入ってしまうことになる。

スクリーン工程のテール系に、低濃度で処理するサイクロンを導入すると驚くほど多くの量のガムが採れる例がある。これはスリットスクリーンではじかれたガムが最終テールスクリーンで系外に排出されず、スクリーンシステム内部で循環している時などに起こりやすい現象である。このような場合ガムなどの異物はいずれ細分化してスリットスクリーンを通り抜けてしまい、完成原料の品質を悪化させていると考えられる。これは従来の最終テールスクリーンの精選能力が十分でないからであり、この問題を解決しないかぎり我々が理想とするスクリーンシステムは完成し得ないのである。

このたび石川島産業機械㈱が開発した MFZ スクリーンは、メインラインのスリットスクリーンのアクセプトとそん色の無い精選効果を持ちながら、排出する最終テールに十分に異物を集積させ、さらにこれを30%前後に濃縮して排出する機能を持った、精選系専用の最終テールスクリーンである。この MFZ スクリーンの完成によって、石川島産業機械㈱が提案するエコスクリーンシステムは一応完成したことになる。以下 MFZ スクリーンについて説明する。

図3 スクリーンシステム内の異物の動向

3. MFZ スクリーン

MFZ という名称はマルチファンクションの「MF」に、アルファベットの最後の文字「Z」を付けたことで複合機能最終テールスクリーンという意味を表している。新型テールスクリーンつまり MFZ スクリーンの開発に着手したのは、平成 6 年のことであった。スタート当初の開発コンセプトは次のようなものである。

- ① 出口精選度を完成パルプなみのものとする。
- ② リジェクトに異物を選択的に集積させる。
- ③ リジェクトをそのまま焼却可能な濃度に濃縮して排出する。

アイデアを形にする作業は先にリリースした MF スクリーンや MFC スクリーンよりもはるかに骨の折れるものであった。試作機によるテストも最初のうちはなかなかうまくいかず、社内でさえ実現性を疑う声があったほどである。しかし、約 3 年の開発期間を経てようやく完成にこぎつけることができた。

完成した MFZ スクリーンは当初の目標をほぼ完全に実現できるものとなった。現在、プロトタイプの 24-MFZ スクリーン (45 kW-4 P, 8 CUT-PSN 20 BDT/D) があるユーザーの段ボール古紙処理ラインで長期運転中である。また、まもなく別のユーザーの新聞古紙処理ラインでも運転を開始する予定となっている。このスクリーンは、メインラインのスクリーンと同様の PSN スクリーンシリンドラを採用し、非常に大きな内部リジェクト率を採ることで従来のテールスクリーンに比べ飛躍的に高い精選効果を実現するとともに、スクリーンケージ内部に遠心力を利用したリジェクトの脱水機能を備えている。

3.1 MFZ スクリーンの構造

MFZ スクリーンの構造を図 4 に示す。装置は脱水粕の排出をしやすくするために横形になっており、二重軸のシャフトにはスクリーンケージおよび脱水バスケットを駆動するためのメインモーターと、脱水バス

図 4 MFZ スクリーンの構造

ケット内で濃縮されたりリジェクト粕を排出するためのパドルを駆動するためのインバータモーターが接続されている。

本体には入口ノズル、出口ノズル、希釈水ノズル、リジェクトノズル、ブローノズル、循環ラインが接続されており、入口バルブ、リジェクトバルブ、希釈水バルブは標準で装備されるタッチパネル付シーケンサで自動的にコントロールされる。

本体内部はその機能毎に、入口チャンバー、スクリーニングゾーン、リジェクトチャンバー、脱水ゾーンによって構成されている。

入口チャンバーに供給された原料は、スクリーニングゾーンに送り込まれスクリーンプレーとを通過できる原料は出口ノズルを経て原料の送り先に流送される。スクリーンプレーを通り抜けられなかった原料はリジェクトチャンバーに行き、希釈される。その大部分はリジェクトチャンバーから入口チャンバーに接続された循環ラインを通り、再びスクリーニングチャンスを与えられる。リジェクトチャンバーには循環している原料の一部を排出するためのリジェクトノズルが接続されており、これを脱水ゾーンに送り込んでいる。脱水ゾーンで脱水された原料は、インナーシャフトによって駆動されるパドルによって、アウトレットより系外に排出される。なお脱水ゾーンで発生する搾水はスクリーンケージ内部を経てスクリーニングゾーンに戻される。

3.2 MFZ スクリーンの作用原理

非常に多くの異物を内部に集積されているにもかかわらず高い精選度を保つことができる。その理由は第一に、従来のテールスクリーンで使用することができなかった、メインラインのスクリーンで使用しているものと同じタイプの、しかもメインラインよりも 1 ランク細かいサイズのスリットのスクリーンプレーを採用していることがあげられる。従来小さなスリットサイズのスクリーンプレーを最終テールで使用すると、極端にプレーが詰まりやすく、リジェクト率を多く採らなければ運転できないというのが常識となっている。そうすると当然のことながら歩留まりは低下する。ところが MFZ スクリーンでは処理能力を損なうことなく、しかも、非常に低いリジェクト率での運転が可能である。

第二に循環ラインを介して非常に多くの内部リジェクト率を採っていることが上げられる。実はこのことによって上記のようなプレーの閉塞防止も実現しているのだが、それと同時に実に 80~90% という大きなリジェクト量を採ることによって、高い精選度を可能

図 5 リジェクト率とスクリーン出口難解度

なものとしているということを強調したい。

なお、内部リジェクト率とは次の式によって表されるものである。

内部リジェクト率 (%)

$$= \frac{\text{リジェクト量} + \text{循環量}}{\text{入口量} + \text{循環量}} \times 100$$

この効果はMF、MFCの両スクリーンでも利用している原理に基づくもので、リジェクト率と出口精選度の関係はいかなるスクリーンでも同様の傾向があり(図5)、入口原料の性状が悪化するほど変極点の大きなリジェクト率の方向にずれるという傾向を利用したものである。

通常テールスクリーンのアクセプト原料は、前段のスクリーンの入口に戻るのが普通であるが、MFZスクリーンのアクセプト原料の精選度は、先送りすることも可能なレベルである。リジェクトに異物を選択的に集積できる理由については、上記の説明でも触れた

内部循環によるものである。スリットを通過できない異物のほとんどはスクリーンの入口チャンバーに戻されるため、循環ラインにはこれらが高度に集積する。リジェクトはこの循環ラインの中からほんの一部を抜出している状態である。つまり、リジェクト流量を絞れば絞るほど異物の集積度は高くできるのである。ただし、入口から供給される原料の中に含まれる異物量に見合ったリジェクト量を採らなければならないのは言うまでもない。

このリジェクト成分を濃縮しているのは、ケージ内部にある脱水機構の効果である。φ1mm以下の孔を持つストレーナープレートを介して遠心脱水されたリジェクト成分は、濃度約30%のフレーク状になって排出されるため、このまま焼却することも可能である。

4. おわりに

我々石川島産業機械㈱は、古紙再生という命題に取り組むに当たり、常に環境との融和を念頭に置きながら、紙パルプ業界発展のために少しでもお役に立てるよう今後いっそうの努力を重ねていくつもりである。

また、昨年来、石川島産業機械㈱が石川島播磨重工業㈱と共同で福島県本宮町の弊社新工場内に建設中の「IHI-IIM 製紙総合研究所」は、原質技術研究所、抄紙技術研究所、塗工技術研究所の三研究部門から構成されており、去る7月24日には一足先に完成した原質技術研究所のお披露目を開催させていただいた。遠路はるばる駆けつけていただいた方々にこの場を借りて御礼を申し上げますとともに、今後ともご指導ご鞭撻のほどよろしくお願いしたい。