回収ボイラの現状技術と将来の展望

川崎重工業株式会社 松田孝男
エネルギープラント事業部

Present Technique and Future View for Recovery Boiler

Takao Matsuda

KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.
ENERGY PLANT ENGINEERING DIVISION

This paper describes the history, present technique and the future view for the recovery boiler which is one of the most important equipment in the kraft pulp recovery system. The recovery boilers installed in the last three years have been completed with improved efficiency system—high steam condition, low pollution, high smelt reduction rate and computer control etc.

1. はじめに

クラフトパルプ回収クローズドサイクル中に位置する回収ボイラは、使用燃料（黒液）が腐食性を有することや排ガス中に多量のダストを含むなどのため、その誕生以来長期間の安定連続操作を行える設備としていくことに力の大半が費やされてきたといっても過言ではない。しかし近年においてはエネルギー有効利用の見地から、また省蒸気の進展により回収ボイラが工場内エネルギーの大半をまかなう傾向にあり、このため安定連続操作に加え、回収ボイラの高効率操作は工場全体の生産性を左右する重要なポイントとなっている。更にエネルギー資源のほとんどすべてを海外に依存している我が国においては自給エネルギーの有効活用は今後益々要求される点であり、従って回収ボイラへの期待度は更に高まるものと考えられる。

このように KP 工場の中核設備となっている回収ボイラの変遷をふり返ると共に現状の技術を紹介し、更に今後の課題ならびに将来の展望について記述する。

2. 国内における回収ボイラの変遷

スプレー式回収ボイラに限定してその変遷をたどる。

2.1 設置台数および黒液固形分処理量

昭和 27 年に設置されて以降、昭和 62 年初頭完成予

定までの 2 年毎の設置台数とその累計を図 1 に示す。
（現在休・廃缶をも含む——以下同様）また設置缶の黒液固形分処理量の和とその累計を図 2 に示す。

これら両図から回収ボイラの、ひいてはパルプ産業

図 1 回収ボイラの設置缶数

図 2 設置缶の固形分処理量 (ton/day)

のマクロな歴史をうかがうことが出来る。

- 昭和35～36年に第1次の完成をみた。
- 昭和45～46年をピークとして第1次分のスクラップアンドビルドを含み第2次の完成をみたが、一巡化およびその後の2度にわたる石油ショックによる設備投資減退で昭和50年代後半まで新設は見送られた。
- 昭和50年代後半から再び設置台数、特にその黒液固形分処理量が増加してきた。これらはすべて後に述べる高効率回収ボイラである。

2.2 ボイラのスケールアップ

同様に2年毎の設置台あたりの黒液固形分処理量を図3に示す。パルプ産業の発展を裏付ける如く着実に大形化してきた。

図3 1台あたりの固形分処理量

2.3 過熱器出口蒸気条件

既設台を含み各2年毎の過熱器出口での最高蒸気条件の変遷を図4に示す。最近数年間に蒸気条件が向上したのは高効率の要求に応えた腐食対応の技術（構造、材料、操作管理など）の進歩と、省蒸気化の進んだ結果、負荷率が低下したり、あるいは使用されなくなった重油ボイラ用タービン蒸気条件とのマッチングによるものである。

図4 蒸気条件の変遷

2.4 トピックス

以上記した通り国内において回収ボイラは30有余年の歴史を有する。その間のトピックス事項を表1に示す。

表1 回収ボイラの変遷

昭和(年)	変遷事項
27	スプレー式回収ボイラ1号缶の建設
30	
40	低臭気形ボイラ（炉内燃焼改良方式）の建設 ラージエコ形ボイラの建設
50	低SO ₂ 形ボイラの建設
60	高効率回収ボイラの建設

2.5 過去の計画と運転の指針ならびに改善

以上、データから回収ボイラの歴史を見つめたが、それとは異なり過去の歴史を計画と運転の指針ならびに改善という面からながめてみた。

1) 安定連続操業

クローズドサイクル中の設備であるため回収ボイラは長期の安定連続操業が必要不可欠である。腐食性の燃料でありダスティなボイラであるため、腐食・減肉に対する配慮とダストトラブルを発生させないこととの戦いが回収ボイラの歴史であったといえる。昭和40年代には安定操業を確保し得るに至ったが、それはユーザとメーカーが一体となった努力の結実であった。

[長期連操面]

- キャリオーバー防止
 - 燃焼方式（例：低圧噴射）
 - 適切な火炉寸法
 - 運転対策（例：空気比）
- ダスト閉塞防止
 - 伝熱管構造
 - スートブロー形式、圧力
 - 適切な除灰剤の使用

[腐食対策]

- 燃焼室
 - PCO（プラスチック系耐火材）による被覆
 - 低臭気形ボイラ
 - 水処理の管理

2) 省力化

回収ボイラは運転・保守共人手のかかるボイラといわれてきたが、種々な改良により省力化が図られてきた。

〔運転の省力化〕

- ラーエコ形ボイラの出現
- 長期連続操業の確立
- ワンタッチ黒液噴射装置

〔保守の省力化〕

- 停缶時のスートブロー水洗による伝熱管掃除
- アルミニウムケーシング
- 補機構造の改善

3) 省エネルギー

第1次石油ショックを契機とし一般ボイラと同様な対策を含め、省エネルギー対策が行われてきた。

- 高速トラベルスートブロー
- 高効率補機（例 IDF：プレート形→エアーホイール形）
- 回転数制御装置
- 押込送風機効率化システム（高風圧大容量1台→高風圧用と低風圧用に分離）

4) 低公害化

環境基準が年々厳しくなる中で、技術確立された各種の公害対策設備が導入されてきた。

〔無臭気化〕

- 低臭気形ボイラ（燃焼空気投入改善）
- 無臭気（ラーエコ）形ボイラ
- 乾式ダスト処理設備
- 工場全体の無臭気化——現在では工場内で発生する臭気ガスを回収ボイラで燃焼処理することが一般的となっている。

〔低 SO₂ 化〕

炉内反応の解明、シミュレーションなどにより SO₂ 低下技術が確立し、それを実用に適用（空気投入方式の改善など）することにより SO₂ 排出濃度は非常に低下した。

〔低いじん化〕

- 高性能電気集じん機の開発

3. 現在の技術

前章に記したごとく回収ボイラは様々な改善によって現在では完成された設備となったが、第2次石油ショックを契機とし自給燃料の有効活用が大きくクローズアップされ、後記する如くほとんどすべての面でユーザ・メーカ共同の研究・テストなどにより確認確立された改善設備の導入によって、高効率回収ボイラが完成した。昭和50年代後半以降建設されてきた回収ボイラすべてが、以下に記す現状の最新技術の大半を網羅した高効率回収ボイラである。その外観を写真1

写真1 回収ボイラの全景

図5 高効率回収ボイラ

に示す。

3.1 高効率回収ボイラ

高効率回収ボイラの定義はないが、筆者の考えるそれを図5に示す。

すなわち高効率回収ボイラとは高圧高温化や蒸気量最大化のみを指向したものではなく、従来技術でつちかわれてきた長期連続操業や安全対策にも充分配慮を払ったものであると共に、公害対策や省エネルギーを極限まで追求したものであり、更にコンピュータを駆使した最適化制御システムがそれらをバックアップし、より安定化させている設備と考える。

なお、これを具体的な例で表わしたものが図6である。以下に具体的項目の一部について内容を紹介する。

3.2 高効率回収ボイラの具体的な技術

1) 高圧高温化

火炉下部でのガス腐食やスメルト腐食の面から、また過熱器においては飛散・付着ダストの溶融による腐

食の点から、図4に示す通り蒸気圧力および温度は長期間にわたり頭打ちとなっていたが、長年にわたる研究やテストなどにより $100 \text{ kg/cm}^2 \times 500^\circ\text{C}$ 級が可能となった。具現化し得た対策を記す。

〔高圧化の対策〕

- 耐食鋼管の採用……コンポジットチューブ（密着二重管）、軟鋼管への肉盛りないし溶射
- ガスおよびスメルトの管への直接接触防止……スタッド+PCO 被覆

上記対策中コンポジットチューブは、多くの回収ボイラが設置されているスキャンディナビア地域において頻発する火炉下部管の減肉対策として、ユーザ、ボイラメーカーおよび鋼管メーカーが共同で開発した外層 SUS、内層軟鋼の二重管（クラッド鋼管）で、権威あるフィンランドの回収ボイラ委員会（Finish Recovery Boiler Committee）が蒸気圧力の高低を問わず推奨しているチューブであり、現在では全世界で70 缶以上の回収

図6 高効率回収ボイラの内容

ボイラに採用されるなど回収ボイラの火炉下部使用管としては最も信頼性の高いチューブであるといえる。また火炉下部はスメルト・水爆発に対する対策としてパネル構成時、耐圧部への直接溶接のないプレフィンチューブ（一体ヒレ付鋼管）が望ましいが、その点と腐食との両面の対策機能を備えたプレフィンコンポジットチューブが世界で初めて国内の鋼管メーカーにより開発されたが、これを採用したボイラも既に稼動している。このプレフィンコンポジットチューブを写真2に示す。

写真2 プレフィンコンポジットチューブ

従来から採用されているスタッド+PCO被覆方式も高圧化のための必要不可欠な対策であるが、これは低負荷時や濃度低下時においても炉床を高温に保持可能とするため低 SO_2 化や高還元率化にも大いに有効となっている。スタッド打設中のプレフィンコンポジットチューブパネルの外観を写真3に示す。

写真3 コンポジットチューブパネル

〔高温化の対策〕

- 耐食鋼管の採用
SU S347 H, YUS 170 など
- 管壁温度の低下
 - ①大形ノーズパッフル（炉内からの輻射熱シールド）
 - ②過熱器の4～5分割化
 - ③パネル内でのチューブクロッシング

④最高温度の炉幅方向クロッシング

耐食鋼管に関してはラボテストや実缶テストによって確認された高級なオーステナイト系材料が使用されており対策としては充分といえるものの、いずれも運転後数年の実績しか無いため今後のフォローが大切である。

管壁温度低下対策としての2つのクロッシング方式について記す。

●過熱器は長期連続操業可能となるよう炉幅方向に400 mm 程度の間隔で配置された1ループが並列管からなるパネル状で構成されている。火炉に面した下部ベンド部は炉内からの輻射熱を受けその最外側管は内側管より収熱量が多くなるため、対策を行わなければ並列管中に蒸気温度のアンバランスが生じる。これを防止するべく図7に示す如く各パネル中に1ヶ所以上管のクロッシングが設けられている。

●過熱器入口ガス温度は火炉水冷壁の影響により、炉幅方向では中央が高く炉端部が低い。その結果、過熱器での炉幅方向の収熱量が異なる。過熱器出口蒸気温度は一定となるよう制御されているが、従来のボイラでは炉中央部のそれは平均温度（すなわち出口検出温度）より20～25℃高いという測定データがある。このような実績から最高温度である最終過熱器は2分割し、その間に設けた蒸気連絡管を図8に示す如く炉幅

図7 過熱管のパネル内クロッシング

図8 過熱管の炉幅方向クロッシング

表 2 間接式黒液ヒータ

形 式	開 発 思 想	使 用 蒸 気	常時使用電力	洗 淨
チューブラ	熱交換器としては一般的	低 圧	ナ シ	予備機に切替え、希黒液にて洗浄
プレート (スパイラル)	高濃度を可能としたエバポレータ(スケールリング少)	低 圧	ナ シ	予備機に切替え、希黒液にて洗浄
ロータリー	発生したスケールを常時はく離させる	中 圧	回転動力およびクラッシャ動力	一般に同一形式の予備機を設けず、従来形の直接式ヒータに切替え、希黒液にて洗浄

方向にクロッシングして管壁温度の低下を図っている。

耐食鋼管採用の他このようなきめ細かい配慮によって高温化が実現した。

2) 黒液濃度低下防止——間接式黒液ヒータ

プレート形濃縮装置の出現により黒液の高濃度化が容易となり、70%ないしそれを上回る濃度で供給されていることが回収ボイラ高効率化の一つの大きな要因となっている。黒液は良好な噴霧を継続させるため粘度低下・調整が必要であるが、その手段として従来は中圧系蒸気を黒液に直接吹込んでいたが、それでは仕上り黒液の濃度を低下させるためボイラ効率の低下を招くと共に、機器・計器トラブルの場合にはスメルト・水爆発をひき起しかねぬ憂慮もあった。この対策として蒸気との熱交換による間接式黒液ヒータが実液によるテストを重ね開発された。現在、国内においては3種類の間接式ヒータが採用されているが、その特徴などを表2にまとめた。

なお、間接式黒液ヒータのメリットは上記の他、後述する最適化制御システム中のドロップサイズ制御(チャーベッドレベル制御)の噴射黒液温度コントロールの外乱を除去しているため、その制御の安定性に寄与している点にもある。直接吹込ヒータの場合でも黒液温度コントロールは可能だが併せて黒液濃度も変化、すなわち外乱要因となり、制御系の安定を乱しているからである。

3) エアーポート自動クリーニング装置

人手のかかるボイラという回収ボイラのイメージは火炉下部の燃焼空気投入口(エアーポート)に付着するスメルト、ダストの除去のため数時間毎にパトロールしなければならなかったからであったといっても過言ではない。付着により風圧が変化しエアーポート各段風量が変化する他、同一段中でもエアーポート毎に付着状態が異なり、その結果、各エアーポート風量にアンバランスが生じるため特に付着スピードの早い最下段の1次エアーポートの場合チャーベッド形状の安

定化には大きな外乱となるため、定時パトロールによる掃除が必要であった。

この解決のため実缶への各種テスト機の装着・作動確認の結果エアースリンド駆動によってエアーポートを自動的に、かつ完全にクリーニングする装置が開発された。その取付けられた状況を写真4に示す。設置された設備はいずれも順調に稼動しており省力化および労働環境の改善に大いに貢献しているが、前述した通り、チャーベッド形状安定化の外乱を除去しているため、本装置も最適化制御システム中のチャーベッドレベル制御を行う前提設備となっていることも見逃せない効果である。

写真4 エアーポート自動クリーニング装置

4) 低 SO₂、高還元率

回収ボイラの SO₂ 排出濃度を低減させる理論は炉内反応の解明などにより既に確立されている。すなわち「発生する SO₂ ガスを Na Vapour と反応させることにより脱硫させる。従って発生 SO₂ 以上の Na Vapour を発生させれば理論的には SO₂ はゼロとなる。この Na Vapour の発生は炉床をある温度(1400°K)以上とすること」である。従って炉床を常に高温に保持し得る設備・運転により、排出 SO₂ 濃度を常に数 ppm に保持することが可能である。

図9 スメルト還元率

一方スメルト還元率については、その理論は古くから確立されている。図9は理論式に基づく計算結果であるが、1次空気比を押えた中で炉床温度を高めることにより常に高還元率を得ることが可能である。

すなわち、 SO_2 minimum 化とスメルト還元率 maximum 化とは相反するものではなく同一の対策——炉床を高温に保持する——ことにより達成し得る。この具体的な設備・運転対策としては下記のすべてが満足されている必要がある。

- 高濃度黒液燃焼
- 適正なチャーベッド形状ならびにレベル
- チャーベッド直上部への大量空気投入
- 還元芒硝の均一化

これによって常時 SO_2 は0～数 ppm、スメルト還元率は95～96%以上に保つことが出来る。

上記対策中チャーベッド直上部への大量空気投入とはそれによる燃焼輻射熱をチャーベッドに与えるものであり、そのため高効率ボイラでは従来形ボイラに比して、一般に2次空気レベルは低くなり、かつエアポート断面積は大きくなっている。

還元芒硝の均一化……節炭器ホッパーや電気集じん機で捕集され黒液に還元されるダスト（大半芒硝）は、黒液の見掛け濃度を上昇させるものの無機物であるので発熱量を低下させ、炉床の高温保持を阻害する。常時一定量が回収される場合には影響は何ら表われないが、スートブロー直後とそれ以外では捕集ダスト量には数倍の差があり、常時一定ではなく、スートブロー直後のダストを回収すると発熱量が大幅に低下し炉床温度を低下させる。このダスト量均一化には、芒硝

ミキサの容量アップ、一般に大きな容量を持つ濃黒液タンクへの回収、乾式による均一フィード方式などが考えられるが、実用化され大きな効果を発揮しているものとしては濃黒液タンクへの回収方式であるといえよう。

なお、このような低 SO_2 、高還元率を指向すると理論から明らかなように飛散ダスト量が増加するので伝熱管ピッチなどの構成が完全でなければ伝熱管閉塞の懸念が生じる。実際、高濃度化後数缶において過熱器などのハンドランシングが必要となっていることは、他の要因もあろうが高濃度化、低 SO_2 化もダスト飛散・付着状況を把握しつつ行いべきことを示唆していると考ええる。

5) スートブローによる水洗

停缶時のスートブローによる水洗システムは比較的古い歴史を有しているが、採用されているボイラは少ないので“最近の技術”の一つとして紹介する。

定期検査などによる長期停缶時、回収ボイラ各部伝熱面のダスト掃除はその後の連続操業のために、また伝熱管のチェックのためにも必要不可欠な作業であるが、従来の手作業の場合、固形分処理量600～700 T/Dクラスで通常3日程度必要であった。これをスートブローによる水洗にて行くと、8～10時間で手作業以上の清浄さに掃除可能である。（但し若干の設備増強が必要）これにより定修費用が少なくなると共にその期間が2日間ほど短縮出来、プラント稼働率を上昇させることが出来る。

なお、現在この水洗が行われているのはバンク以降の対流伝熱面であり、過熱器部の掃除は従来通りの手作業である。その大きな理由は水洗水が火炉下部のPCOと管表面の間に侵入することによる腐食を懸念したことであるが、前述のコンボジット採用缶にはそれも小さいと考えられるので、何らかの方法による確認は必要とするものの過熱器のスートブロー水洗に可能な道も開かれたといえる。

6) 最適化制御システム

ハード設備の改善、運転保守技術の進歩などにより回収ボイラは飛躍的に安定化・高効率化されたが、コンピュータを使用することにより一層の安定化・高効率化を図ったものが最適化制御（コンピュータコントロール）システムである。最適化制御システムは一般に表3に示す5つの制御機能ブロックより構成されている。

システムの詳細は数多く発表されている各誌を御覧いただくこととし、最近のトピックスなどを紹介する。

国内において採用されている最適化制御システムと

表 3 最適化制御システム

制 御 名 称	方 法 と 目 的
燃 焼 制 御	発生する CO ないし O ₂ を一定範囲ないし最少とするよう各部燃焼用空気を制御し、未燃損失、排ガス熱損失を最少としボイラ熱効率を向上させる
還元ゾーン最適化制御	ボイラ効率の向上、SO ₂ の低下などの回収ボイラのトータル効率を定める評価関数を設定し、それを最大とするよう各部燃焼用空気を調節する
ドロップサイズ（チャーベッドレベル）制御	回収ボイラの安定燃焼の基本となるチャーベッドレベルを一定範囲の高さとなるよう、噴射黒液温度や各部燃焼用空気を調節する
ブラックアウト回避制御	ブラックアウトの発生を回避しボイラが安定した運転を継続し得るよう、部分的なブラックアウト状態を検知し、燃焼用空気量などを自動的に変更して正常燃焼状態に戻す
スートブロー最適化制御	各部計測データを用いることにより、必要な時期に必要なポジションのスートブローを行って、スートブロー消費蒸気量を削減する

表 4 両方式の主たる相違点

	海 外 某 社 方 式	国 内 3 社 方 式
動作の透明感	詳細動作表示画面少	詳細動作情報表示多
メンテナンス性	メンテナンス画面少	メンテナンス画面豊富
操業要請による変更	メーカーチューニング要員によるチューニングあるいはプログラム変更要	操業側にて可変
外乱補償機能	多くは探索機能にて対応	外乱特性、ボイラ特性を考慮した各種補償機能あり

しては、海外の某計装メーカー方式と、国内の3社（紙パルプメーカー・計装メーカー・ボイラメーカー）共同開発方式とがある。機能的には基本は同一であるが詳細な面では相違点が多い。その主要な相違点を表4に示す。国内3社方式のものは各社が夫々専門分野のノウハウ——紙パルプメーカーは操業管理技術、計装メーカーは制御・コンピュータ技術、ボイラメーカーは設計・制御技術——の提供をベースとし開発されたものである。

いずれの方式も低 O₂ 運転、スートブロー蒸気削減などにより1缶あたり年間数千万円の運転メリットのほか定量的算出は難しいが、ボイラの超安定化などの大きなメリットもあったといわれている。

本最適化制御システムとハード設備との関係について記す。それは最適化制御の効果を発揮させるためには、ハード設備が図5や図6に示す高効率設備となっていることが理想的であるという点である。その理由としては前述の如くエアポートの自動クリーニング装置はチャーベッドレベル制御の外乱を除去しているし、間接式 BL ヒータは制御系の安定に大いに寄与している。更に効果として取上げられる低 O₂ 運転はハード側での種々な改善がベースとしてあり、また伝熱管構成が不適切であればダストトラブルが発生し易く、

スートブロー最適化制御の効果も充分発揮出来ないと考えられるからである。

なお、本最適化制御システムとも関連し、回収ボイラにおいて制御盤を排した完全ボードレス化（公害監視計器のみの盤を有する）の制御システムも出現している。その制御室内の状況を写真5に示す。

写真 5 ボードレス制御室

4. 将来の展望

技術の進歩により回収ボイラは、今や重油や石炭を燃料とするボイラと比べても劣らぬほど高効率化され

た設備となったといえる。しかしながら、更に安定化したより高効率の設備とするよう追求しなければならぬことは論を待たない。将来予測されるニーズ、今後の動向の一端を“将来の展望”として私見を記す。

4.1 蒸気条件の向上

一つの節目である $100 \text{ kg/cm}^2 \times 500^\circ\text{C}$ という蒸気条件は実現した。しかしこの蒸気条件は、蒸気原動所として圧力・温度バランスの面からみると多少イレギュラーであり、圧力 100 kg/cm^2 とすると温度は $520 \sim 540^\circ\text{C}$ とするのが一般的である。 $(100 \text{ kg/cm}^2 \times 500^\circ\text{C})$ は圧力に対し温度が低いため、タービンでの仕事の結果プロセス用として使用されるタービン背気温度が飽和に近づいたり、復水の場合には最終段においてドレンカットが生じ易くなる)

この解決のためには2つの検討ポイントがある。一つは当然ながら過熱管の耐食性であり、各所で腐食テストが更に継続して行われるなど、より高温化に向けて研究中である。今一つは回収ボイラの熱バランス面からの検討である。火炉での完全燃焼、キャリオーバ防止などの点から他燃料ボイラに比し火炉容積が大きいため、過熱器入口ガス温度は最高でも 950°C と低い。蒸気温度を高めればガス・蒸気温度差が小さくなるので過熱器の伝熱面積が増加するため大幅にコストアップし、結果、経済的に効果があるのかどうか、また技術的にその入口ガス温度を上昇させ得た場合、回収ボイラ連続操業面で最も重要なポイントであるバンク入口ガス温度がバランス上どの程度になるかなど検討事項は多い。

また、一方それと共に圧力の上昇化もやはり検討対象事項であるが、近い将来に限れば 100 kg/cm^2 級での実績、耐食鋼管の信頼性のフォローを着実にやっていくことが適切な手法であろう。

4.2 高濃度化

70～72%程度の高濃度黒液の安定した供給が回収ボイラの高効率化を具現化させた大きな一つの要因であることを記したが、それでもなお回収ボイラの熱効率が高位発熱量ベースで70%を若干上回る程度に留まっているのは、黒液中の水分がいまだ約30%含まれている点が大い。従って今後今以上の高濃度化、究極的には黒液を絶乾状態として燃焼させることも期待される。高濃度化を実現させるためには黒液の濃縮のみならず、搬送、燃焼そして燃焼の結果表われる諸問題についての研究が必要であるが、これに関しては現在行われている直接苛性化 (DARS) 技術の研究がプロセスの相違があるものの大いに参考になると考える。

4.3 超省力化

ハード設備に関してもまだまだ省力化などのために改善すべき点があり、例えばロボットアームなどを使用したスメルトスパウトや黒液ガンの自動クリーニング装置など対象は多い。

4.4 操業管理のためのセンサなど

最適化制御システムの導入と共に、パイロスコープなど種々な操業管理用センサが開発・使用され、また既存の濃度計からのデータなどにより黒液中の有機成分を推定する手段が確立するなどなされているが、操業管理を充実させるためにはいまだ不十分であり、一部開発中のものもあるが更に下記の各種センサなどの確立が期待されている。

- 炉内燃焼状態、チャーベッド形状の確認……炉内カメラ、チャーベッド三次元形状表示
- 連続測定可能な発熱量計、硫化度計、NaCl 濃度計、還元率計、ダスト性状分析計など

4.5 超安定化とトータル最適化

- 超安定化……各種センサを用いて薬液状態、燃料性状、燃焼状態を常時正確に把握してあいまいさを減らすと共に、信号処理技術の進歩とあいまって超安定化を図る。
- マスター制御……今後一層の省蒸気化によって自給燃料である回収ボイラのための蒸気原動所が増加すると考えられ、従って回収ボイラでのマスター制御 (黒液流量制御) が必要となろう。このためには、現在それを阻害しているチャーベッドのコントロールが最適化制御システムの導入で道づけされたので、これを土台として開発していくことになる。
- ミルワイドシステム……クローズドサイクル、工場トータルという視点から他工程、プラント構成を考慮しての安定化、高効率化を図る。

5. あとがき

回収ボイラの足跡をふり返ると共に現状の技術を紹介し、更に将来の展望について記した。一部でも読者諸氏の御参考になれば幸いである。将来の展望に関しては私見であるため、既に陳腐な項目がある場合など御了解願いたいと共に、今後それに関し多くの場に関係者が議論するのは多いに実のあることだと思う。なお末尾ではあるが本稿作成にあたり、十條製紙株式会社釧路工場ならびに八代工場の御担当各位に貴重な御意見をいただき、その一部を使用させていただいたことに紙面を借り厚くお礼申し上げます。