

ソーダ回収ボイラーの変遷

三菱重工業株式会社 ボイラ統括技術部

山本 禎久

	頁
1. はじめに	-----
2. 回収ボイラーの形式の変遷	-----
3. 回収ボイラーの大容量化	-----
4. 蒸気条件の推移	-----
5. 防食技術の変遷	-----
6. 空気投入方式の変遷	-----
7. 最近の回収ボイラーでのその他の適用技術	-----

この資料は、平成 22 年 10 月 5 日に開催された紙パルプ技術協会年次大会前日講演会「製紙産業技術 30 年の変遷」での講演記録を基にまとめたものである。資料中すべての図の著作権は作成者に属し、無断使用・複製等をご遠慮ください。

講師略歴

1992 年 武蔵工業大学 工学部 機械工学科卒業
同年 三菱重工株式会社 入社 本社（ボイラ技術二課）
2000 年 同社 長崎造船所（陸用ボイラ設計課）
2003 年 同社 横浜製作所（ボイラ技術二課）
2010 年 同社 横浜製作所（ボイラ設計二課）

ソーダ回収ボイラーの変遷

1. はじめに

三菱重工の山本禎久です。

はじめに序論を説明し、次いで回収ボイラーの形式の変遷、大容量化、蒸気条件の推移、防食技術の変遷、空気投入方式の変遷、最後に最近の回収ボイラーのその他適用技術の順に説明いたします。

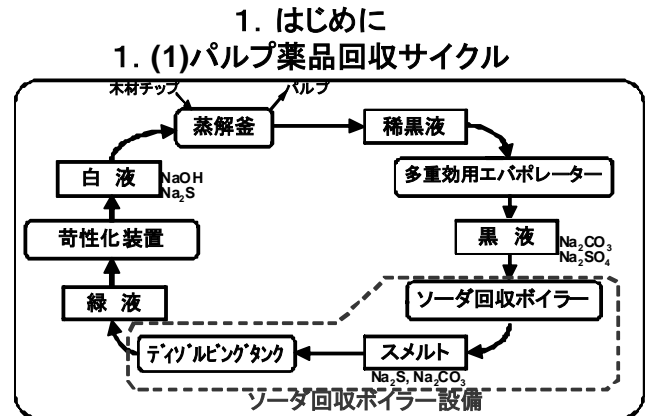
まずはじめに、回収ボイラーがパルプ薬品回収サイクルの中でどのような位置づけにあるかを右下図で示します。木材チップを蒸解釜（ダイジェスター）で白液とともに煮ることによって、セルロース（パルプ分）を取り出します。そこで出てくる廃液が稀黒液です。これを、多重効用エバポレーターを通して濃黒液にし、それを回収ボイラーに投入して蒸気を発生させるとともにソーダ部分（スメルト）を回収します。ソーダ分（スメルト）はディゾルビングタンクで弱液に溶解され、緑液となります。これを、苛性化装置を通して白液に再生して、蒸解釜に戻します。ソーダ回収ボイラー設備とは、右図の点線枠で囲った範囲、すなわち、ソーダ回収ボイラー本体及びディゾルビングタンクとなります。ソーダ回収ボイラーの役割を簡単に整理しますと、パルプ生産過程での廃液である黒液を燃料として利用して、その燃焼熱で蒸気を発生させる。さらに、黒液を燃焼させる際の還元反応によって黒液中の薬品を硫化ソーダと炭酸ソーダとして回収する。これらが回収ボイラーの役割です。

2010年10月

三菱重工業(株)
ボイラ統括技術部 ボイラ設計二課
山本 禎久

目次

1. はじめに
2. 回収ボイラーの形式の変遷
3. 回収ボイラーの大容量化
4. 蒸気条件の推移
5. 防食技術の変遷
6. 空気投入方式の変遷
7. 最近の回収ボイラーでのその他適用技術

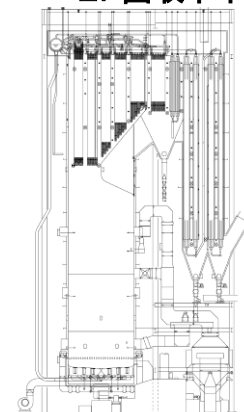


2. 回収ボイラーの形式の変遷

ここから、日本における回収ボイラーの形式の変遷を説明します。右図が現在の回収ボイラーです。主要目としては、黒液固形物処理量は最大で 2,000 トン/日以上、蒸発量もそれに伴い 400 トン/hr、蒸気圧力は最大 13.2MPa、蒸気温度は 515℃まで向上してきました。黒液濃度も 75%以上と高濃度化しています。ここでは現在の回収ボイラーの形にたどり着くまでの変遷を追ってみます。

まず、ロータリー型で、スウェーデンの会社の回収ボイラー、ムーレイワーレン式といいます。この形式は 1950 年代初頭に日本国内に登場してきています。その次に、北欧型と呼ばれている JMW 式が 1950 年代を中心に日本に導入されています。それから、アメリカ

2. 回収ボイラーの形式の変遷



現在の回収ボイラー

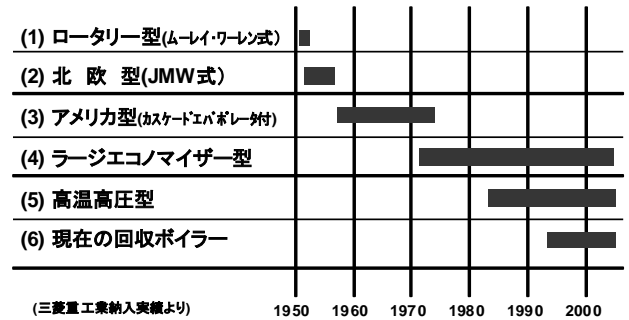
黒液固形物処理量	最大2,000t/d以上
蒸発量	最大400t/h以上
蒸気圧力	最大13.2MPa
蒸気温度	最大515℃
黒液濃度	75%以上

型と呼ばれていますカスケードエバポレーターを持った回収ボイラーが 1960 年代に主に使用されています。その後、1970 年代にラージエコノマイザー型、80 年代に高温高压型、そして 90 年代になって、現在の回収ボイラーと推移してきています。

次にそれぞれの形式の特徴について説明します。下図がロータリー型と呼ばれているムーレイワーレン式回収ボイラーです。当時は黒液の処理量も 50 トン/日級でした。蒸気圧力が 3MPa、蒸気温度も 200°C レベル、黒液濃度も 50% と低い状態です。この形式では黒液は最初に円板形乾燥機に受け入れられ、次に回転式乾燥機に投入され、最後に火炉に投入されます。この円板形乾燥機、あるいは回転式乾燥機を通すことによって黒液濃度が 50% から 70% 以上まで上がり、火炉に投入され、燃焼が始まるというものです。排ガスについては、この逆で、回転式乾燥機、余熱ボイラー、円板形乾燥機を通り、煙突より排出されます。現在の回収ボイラーは、縦長の細長い火炉ですが、当時の回収ボイラーはガスが水平に流れていく横長のタイプでした。この形式の回収ボイラーは三菱重工も 1951 年に 2 缶納入しています。

次に日本に導入されたのが、北欧型と呼ばれている JMW 式回収ボイラーです。JMW というのは、スウェーデンのヤンチョピン・メカニスカ・ワークスという会社の略で、この形式は北欧で広く普及したということから北欧型とも呼ばれています。このボイラーの黒液固形物処理量は 100 トン～200 トン/日と、先ほどのムーレイワーレンから比べると、数倍の大容量化が進んでいます。蒸気圧力は、3～5MPa (30～50kg/cm² 級) です。蒸気温度も 400～450°C で、当時としては高温高压化が進んでいます。黒液濃度も 60% 程度まで上昇してきていることにより、先ほどのムーレイワーレンで示した乾燥機は有していません。JMW 式の特徴は、現在の回収ボイラーと同様のスプレイ方式で黒液を火炉に噴射していたことです。火炉も縦長形状で、現在の回収ボイラーにかなり近づいています。ドラムを三つ持っていることも特徴の一つです。それと、節炭器、空気予熱器の除灰装置として、鋼球を上から落下させることによって除灰するブローマン式のスチールショットクリーニングが採用されていたことも特徴の一つです。

2. 回収ボイラーの形式の変遷

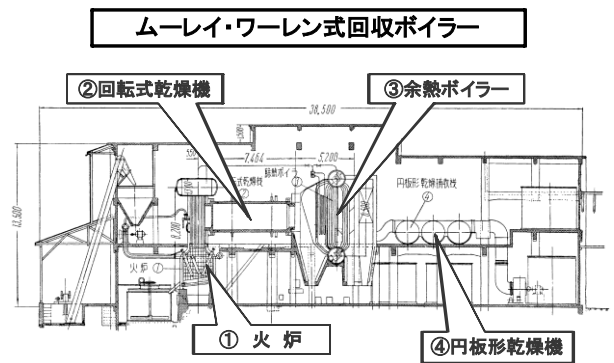


2. (1) ロータリー型

ムーレイ・ワーレン式 (1950年代初期)

- ・回転式乾燥機や円板形乾燥機等の黒液乾燥設備を装備
- ・発生ガス流れが水平方向

黒液固形物処理量	50 t/d級
蒸気圧力	3 MPa級
蒸気温度	200～240°C
黒液濃度	50%程度

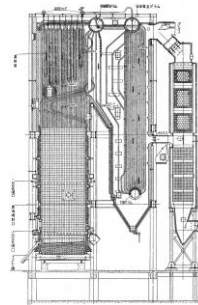


2. (2) 北欧型

JMW式 (1950年代) (Jonkopings Mekaniska Werkstads)

黒液固形物処理量	100～200 t/d
蒸気圧力	3～5 MPa級
蒸気温度	400～450°C
黒液濃度	60%程度

北欧スウェーデンにて普及したことから、北欧型あるいはスカンジナビア型と呼ばれた。ムーレイ・ワーレン式のロータリー型との対比でスプレイ型とも呼ばれた。

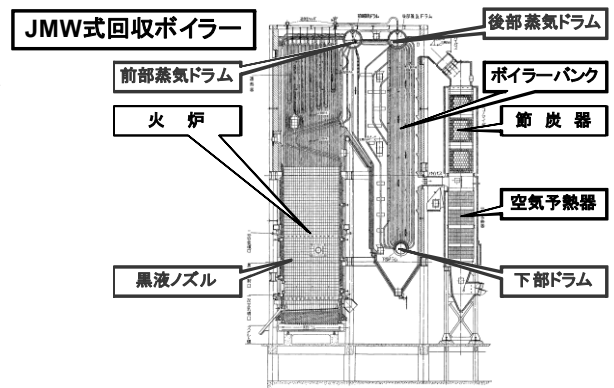


JMW式の特徴

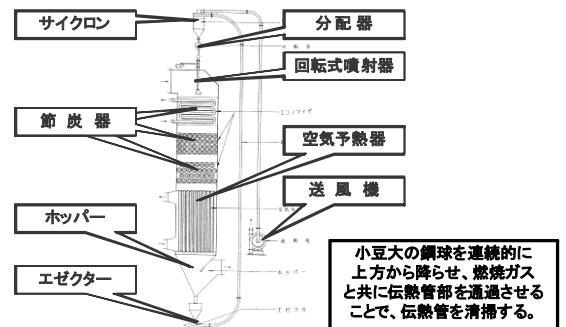
- ・ロータリー型と異なり、現在の回収ボイラーと同様のスプレイ方式にて黒液を火炉内に噴霧し、火炉形状も縦長形状となる。
- ・3つのドラム(前後部蒸気ドラム、下部ドラム)を採用。(後期タイプでは蒸気ドラムが1つに統合される)
- ・節炭器・空気予熱器の除塵装置として、鋼球を上方から落下させることで除塵するブローマン式スチールショットクリーニング装置を採用。

右図が JMW 式の側面図です。ボイラー上部に前部蒸気ドラムと後部蒸気ドラムという蒸気ドラムを二つ、下部に下部ドラムという呼び方の水ドラムの合計三つのドラムを持っています。火炉、過熱器、ボイラーバンク、節炭器、空気予熱器等、構造の違いはありますが、現在の回収ボイラーが持っている設備を同じように持っていました。

ここで現在では珍しいブローマン式のスチールショットクリーニング装置を紹介します。この装置は節炭器と空気予熱器の上から鋼球を落下させる形式の除灰装置です。チューブとチューブの間を鉄の球を落下させることによって、節炭器あるいは空気予熱器についた灰、ダストを除去します。落下した鉄の球は下部で回収されて、上部に運ばれ、再度上から落下します。現在の回収ボイラーでは、蒸気式のスーツブロワが使われていますが、当時はこのように除灰していたようです。



ブローマン式スチールショット クリーニング装置



JMW 式の次は、1960 年代あたりから普及し始めたカスケードエバポレーターをついた回収ボイラーです。この形式は 1970 年代中盤ぐらいまで納入されていました。黒液固形物処理量は 1,200 トン/日とかなり大型化してきています。蒸気圧力は 9MPa (約 90kg/cm²)、気温度 485°C と、かなり高温高压化が進んでいます。ただ、黒液濃度は 50%程度にとどまっていた。スウェーデンにて普及した JMW 式との対比で、主に米国にて普及したこのカスケードエバポレーター付回収ボイラーはアメリカ型とも呼ばれていました。

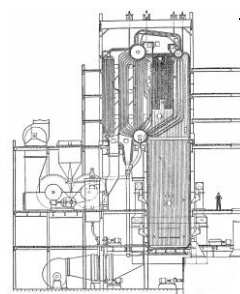
その特徴は、カスケードエバポレーターで 50%程度の濃度の黒液を燃焼ガスと直接熱交換させることです。カスケードエバポレーターが採用された背景は、1950 年代後半より、国内の原木が N 材から L 材主体に切りかわっていったことです。これにより多重効用エバポレーターのスケール付着が顕在化し、黒液濃度を 50%程度にとどめようとする傾向となりました。一方、回収ボイラーで 50%濃度の黒液を安定燃焼させることは難しいため、カスケードエバポレーターで 50%から 60~70%へ高濃度化できたことが普及の背景と言われています。もう一つの特徴としては、JMW 式と同じですが、三つのドラム、前部・後部蒸気ドラム、および下

2. (3) アメリカ型

CE式 カスケードエバポレーター付

(Combustion Engineering)

(1960年代)



黒液固形物処理量	~1200 t/d
蒸気圧力	~9 MPa級
蒸気温度	~485°C
黒液濃度	50%程度

スウェーデンにて普及した北欧式に対し、米国にて普及したことから、アメリカ型と呼ばれた。

CE式の特徴

- ・50%程度の低濃度黒液を、燃焼排ガスと直接熱交換させるカスケードエバポレーターを採用。

カスケードエバポレーター採用の背景

- ・1950年代後半より国内の原木がN材からL材主体に移行し、多重効用エバポレーターのスケール付着が発生するようになり、黒液濃度を50%程度まで低下させる傾向となる。
- ・回収ボイラーで安定燃焼できる黒液を65~70%に濃縮するカスケードエバポレーター付回収ボイラーが採用されるようになる。

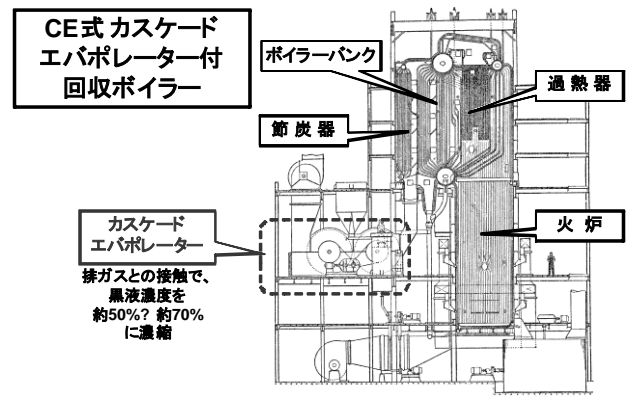
- ・JMW式と同様に、3つのドラム(前後部蒸気ドラム,下部ドラム)を採用。(後期タイプでは蒸気ドラムが1つに統合される)

部ドラムを有しています。後に、蒸気ドラムが一つに統合されて2ドラムタイプも出てきます。

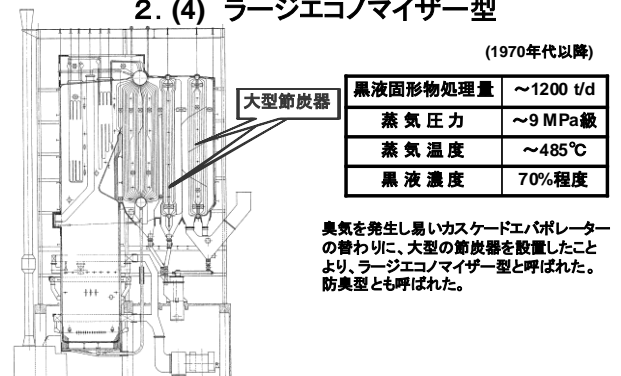
右図は、カスケードエバポレーター付回収ボイラーです。火炉、過熱器、ボイラーバンク、節炭器、そしてカスケードエバポレーターを有しています。節炭器から出てきた排ガスによって黒液を濃縮し、かつ、排ガス温度を下げ、熱回収を行うのがカスケードエバポレーターの役割です。

1970年代になると、ラージエコマイザー型回収ボイラーが登場してきています。黒液処理量、圧力温度はカスケードエバポレーター付とあまり変わっておりませんが、黒液濃度が70%程度まで濃縮されたものを受け入れておりました。この形式は、臭気を発生しやすいカスケードエバポレーターのかわりに大型の節炭器を設置したものです。そのため、ラージエコマイザー型と呼ばれ、臭気を低く抑えることから、防臭型とも呼ばれました。70年代頃より、環境面への配慮から、この防臭タイプの回収ボイラーが好まれるようになってきた点と、エバポレーターの性能が向上し黒液濃度が70%まで上昇し、回収ボイラーをより高効率で運転できる点等がこの形式が普及した背景です。また、70年代の後半から環境対策の一環として、空気投入方式の改善により、SO_x濃度を従来の数百ppmレベルから数ppmレベルに低減した回収ボイラーが納入され始めました。

1980年代に入り、高圧高温型回収ボイラーが登場してきます。蒸気圧力で10MPa(100kg/cm²級)、蒸気温度で500℃以上に高圧高温化することによって発電効率の向上を図った回収ボイラーです。高圧高温型の回収ボイラーでは、蒸気条件向上の他にも省エネルギーを促進するため、いろいろな技術が適用されていました。500℃以上の蒸気温度を得るために過熱器を大型化し、高温部の材料に18~25Crのステンレス鋼管を採用していました。また、蒸気圧力が上がり、火炉壁管の温度上昇の伴うスメルト腐食対策として、18Crの肉盛管を採用しています。さらに、大型の節炭器によって排ガス温度を下げるだけでなく、低温排ガス熱回収



2. (4) ラージエコマイザー型



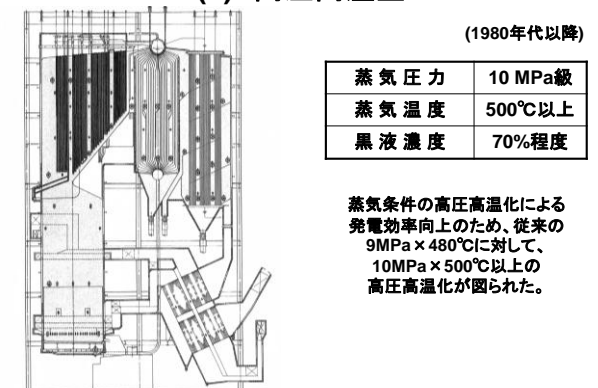
大型節炭器採用の背景

環境面への配慮	1970年代頃より、環境面への配慮より、カスケードエバポレーターのない防臭タイプの回収ボイラーのニーズが高まる。
高効率運転	回収ボイラーの高効率運転のため、水分濃度が少ないより高濃度の黒液を燃焼させることが必要。
エバポレーター性能向上	多重効用エバポレーターの改善で、黒液濃度が70%程度まで上昇。

カスケードエバポレーターを廃止すると共に、大型節炭器を採用し、排ガス温度の低下を図る

さらに、1970年代後半からは、環境対策の一環として、従来より数100ppm発生していた硫黄酸化物(SO_x)を、空気投入方法の改善により、数ppmレベルに低減した回収ボイラーが納入され始める。

2. (5) 高圧高温型



装置も装備するようになってきます。右図は節炭器の下流に鋼管式の空気予熱器を採用している例です。また、空気予熱器ではなく、給水加熱器を設置することもあり、いずれも排ガス温度を 120～130℃まで熱回収することで高効率化を図っています。それから、ボイラー本体ではないのですが、間接式の黒液加熱器が登場し始めたのもこのころです。これは、従来の直接式の黒液ヒーターに対し、蒸気の保有熱を間接的に使うので、黒液濃度がヒーターで薄まらずボイラーの高効率化につながります。

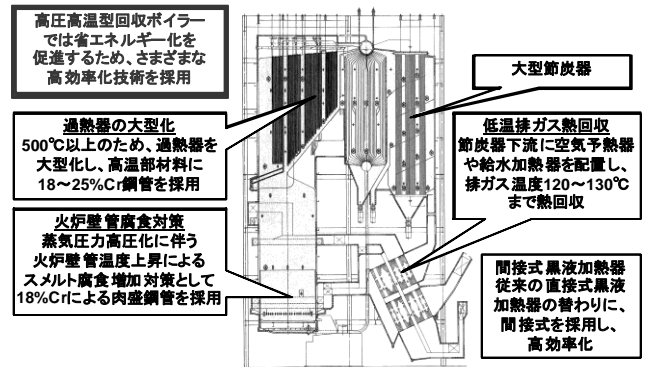
右図が現在の回収ボイラーです。今回は、単胴形で、火炉出口スクリーン管なしで、ガス平行流節炭器を採用している回収ボイラーを現在の回収ボイラーと分類しました。高压高温化に伴い、ボイラーバンクや水ドラムを廃止した単胴形ボイラーです。それから、従来のボイラーでは、火炉出口にスクリーン管があり、天井に付着したスラグが落下して、スクリーン管が変形するトラブルがありました。最近では、その部分に、メンテナンスビームと呼ばれている定検時のみビームを通すやり方で、火炉出口スクリーン管を設けないボイラーが納入されています。それから、ガス平行流節炭器。これは、ダスト付着軽減のため、従来のガス直交流（クロスフロー）ではなく、伝熱管の長手方向と平行に排ガスを流す節炭器です。

ガス平行流節炭器についてももう少し説明します。節炭器の管軸に沿ってガスが下方向に流れ、下まで行ったところで 180 度ターンして、伝熱面のないところを上昇して、もう一度上部で 180 度ターンして低温側の節炭器を通ります。このタイプは、従来のクロスフロータイプの節炭器と異なり、ガスバップルがないことによりバップル上にダストが堆積することがなく、ダストトラブルを回避しやすいで構造となっています。

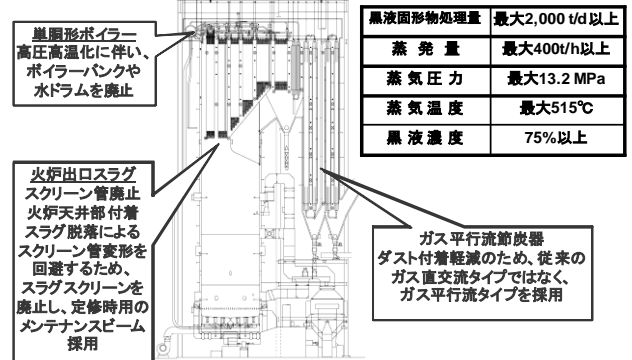
3. 回収ボイラーの大容量化

次に、回収ボイラーの大容量化の進展を話します。形式が変わるごとに回収ボイラーの容量もどんどん大きくなっていきます。初期のころは 50 トン、100 トン／日のレベルの黒液処理量だったのですが、現在、当社でおさめた最大級では 2,400 トン／日までに大容量化しています。

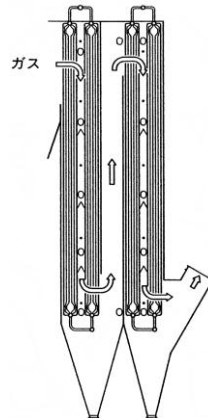
高压高温型回収ボイラーの特徴



2. (6) 現在の回収ボイラー

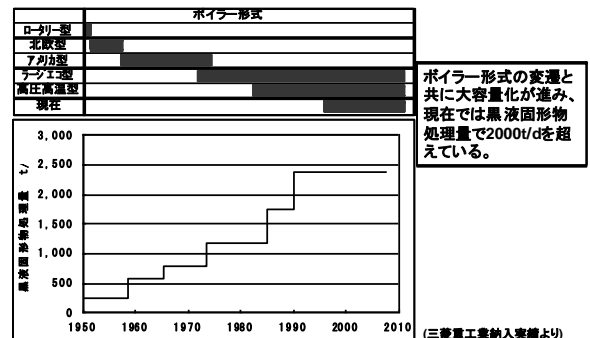


ガス平行流節炭器



従来の直交流タイプの場合、伝熱管及びガス流れを仕切るバップル板上への灰堆積によるガス通路の閉塞等の弊害があったため、管軸方向にガスを流すガス平行流タイプを採用。

3. 回収ボイラーの大容量化



4. 蒸気条件の推移

蒸気条件は、初期のころは蒸気温度で 200℃、蒸気圧力で1~2MPa レベルの回収ボイラーでしたが、1983年の高温高压型の回収ボイラーが登場したころに10MPa を超え、現在では最大で 13.2MPa (135kg/cm²)まで到達しています。蒸気温度も 400℃、450℃と上っていき 1983年頃に 500℃に到達して、現在は 515℃まで上昇しています。これによって、ボイラープラント全体の高効率化を図っています。化石燃料のボイラーに比べ、ソーダ回収ボイラーの蒸気条件はまだまだ低く、化石燃料ボイラーでは 541℃や 569℃とかなりの高温まで上昇しています。一方、回収ボイラーは過酷なコンディションで使われていますので、515℃でそろそろ上限に達したのかなとも思い始めています。

5. 防食技術の変遷

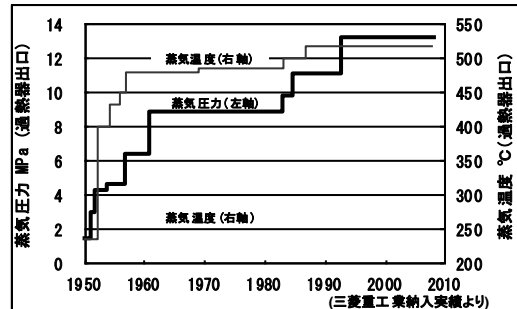
防食技術の変遷については、火炉の防食技術および過熱器の防食技術をまとめています。

ソーダ回収ボイラーでは、黒液を燃料としているため、火炉下部の還元雰囲気にてスメルト腐食が発生します。そのため、従来からいろいろな対策がとられてきています。蒸気圧力の上昇、これに伴う火炉壁管の温度上昇、黒液濃度の上昇による腐食環境の変化に、その都度その都度、できる限りの対策を試みています。1950年代ごろは、水冷壁管に鋳鉄ブロックを被覆したベーレー式、いわゆるベーレーブロックという防食技術で対策をとっていました。それに対して、1950年代中盤以降、フィン付管が採用され始めました。これとクロム質の耐火材で防食性を高めていました。1960年代になると、18Cr の肉盛管が登場してきます。それに、スタッド・クロム質耐火材を肉盛管とともに使用していました。また、1980年代には、肉盛とは別に、管の外層に 18Cr のステンレスを使った密着二重管も出始めてきています。そして、最近、1990年代以降は黒液濃度あるいは硫化度の上昇により、18Cr では耐久性が不足するようになり、25Cr の肉盛管あるいは密着二重管が採用されるようになります。

次に、過熱器の防食技術を紹介します。初期の回収ボイラーの過熱器には蒸気条件に合わせて SUS321HTB、あるいはアルミニウム二次拡散というアルミで表面処理した材料が使われていました。これ

4. 蒸気条件の推移

蒸気圧力・温度は、1950年当初の1.5MPa×200℃程度より始まり、年々上昇し、現在では13.2MPa×515℃まで向上し、高効率運転に貢献している。



5. 防食技術の変遷

(1) 火炉防食技術

ソーダ回収ボイラーでは、黒液を燃料としているため、火炉下部の還元雰囲気にてスメルト腐食が発生する。そのため、各種対策が取られているが、蒸気圧力上昇(火炉壁管温度上昇)や黒液濃度上昇による腐食環境の変化に対応し、対策技術も以下のような変遷を辿っている。

1950年代初頭	水冷壁管に鋳鉄ブロックで被覆したベーレー式を採用。
1950年代中盤以降	フィン付管を採用し、スタッドを溶植し、クロム質耐火材を使用。
1960年代後半以降	18%Cr鋼による肉盛管を採用し、耐食性を向上。 スタッド・クロム質耐火材も併用。 また、1980年代以降は、管外層に18%Crを用いた密着二重管も採用される。
1990年代後半以降	黒液濃度や硫化度上昇等により、耐食性向上のため、25%Cr鋼の肉盛管や密着二重管が採用されるようになった。

5. 防食技術の変遷

(2) 過熱器防食技術

- 初期の回収ボイラーの過熱器には、蒸気条件に合わせ、SUS321HTB等やアルミニウム二次拡散処理材等を使用してきた。
- 蒸気温度500℃以上の高温蒸気条件に対応するためには、回収ボイラーの粒界腐食に優れた耐食性を持つ25%Crステンレス鋼管YUS170(火SUS309J1TB)が開発され、1983年納入の高圧高温型回収ボイラーより採用。
- 現在も、蒸気温度向上に対する信頼性を向上させるため、さらに粒界腐食の少ない23%Cr鋼のHR2EL(火SUS309J2TB)や25%Cr鋼のMN25R(火SUS309J3LTB)が開発され、逐次採用されている。

に対し、蒸気温度 500℃以上の高蒸気条件に対応する回収ボイラーには、粒界腐食にすぐれた耐久性を持つ 25Cr ステンレスの YUS170 という材料が開発され、1983 年に、先ほど紹介しました高压高温型の回収ボイラーに採用されています。その後も、改良を続け、最近では、23Cr の HR2EL や 25Cr の MN25R など使われています。右図がその化学組成です。

6. 空気投入方式の変遷

次は、空気投入方式の変遷を話します。空気投入は回収ボイラーにとって非常に重要で、黒液の安定燃焼に必要な空気を供給するという役割、チャーベットの高温化による芒硝還元反応の促進、チャーベット形状の安定化によるキャリーオーバーダストの低減、灰付着の軽減・抑制、排ガス中の NO_x ・ SO_x を低いレベルに抑えるという役割があります。1950、60 年代には、1 次空気、2 次空気、これらを炉底部や黒液ノズルの上方から投入していました。70 年代には 1 次、2 次、3 次と分かれるようになってきています。最近では、この 1 次、2 次、3 次以外に 4 次空気も投入し、 NO_x 濃度の低減を図っています。

7. 最近の回収ボイラーでのその他適用技術

最近の回収ボイラーのその他適用技術を紹介します。まず一つめが、空気口の自動掃除装置です。スメルトの付着によって空気口が塞がりやすいので、各空気口に自動掃除装置を設置して、自動的にあるインターバルで掃除するものです。従来は炉底の 1 次空気口のみ採用されることが多かったが、最近では、省力化という観点からも、2、3 次空気口にもつける事例が多くなってきています。

次が、各種監視モニターです。燃焼状態を把握監視するため、かなり以前からチャーベットモニターが設置されてきましたが、擬似カラー化等いろいろ進歩してきています。スメルトスパウトの監視をするためのスパウトモニターやダストモニターも多数採用されています。

また、ダストトラブルを軽減させる、あるいは掃除の手間を省力化していくという傾向から、脱塩脱カリ装置も適用するようになりました。それから、炉内水洗。これは、停缶時に回収ボイラーのダスト除去のた

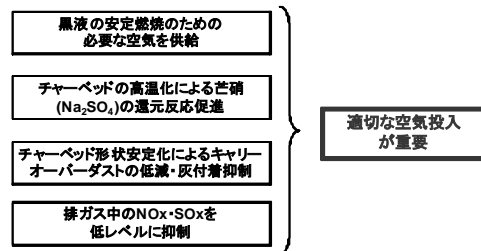
5. 防食技術の変遷

(2)過熱器防食技術

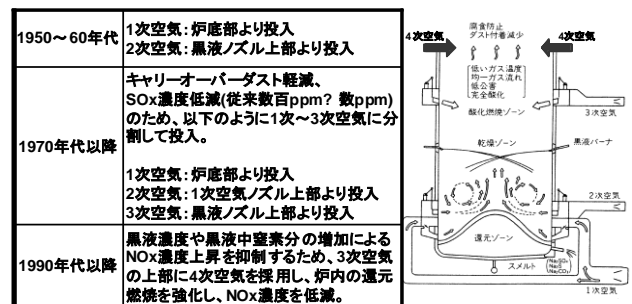
回収ボイラーの過熱器の耐腐食鋼として開発された材料

開発材 通称	発電用火設備 技術標準 による名称	化学成分								
		C	S	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N
YUS170 三菱共同開発	火SUS304J1TB	≤ 0.08	≤ 1.5	≤ 2.00	≤ 0.04	≤ 0.03	≥ 12.0 ≤ 16.0	≥ 23.0 ≤ 28.0	≥ 0.80 ≤ 1.20	≤ 0.25 ≤ 0.4
HR2EL 三菱共同開発	火SUS304J2TB	≤ 0.04	≤ 1.5	≥ 2.5 ≤ 3.5	≤ 0.03	≤ 0.03	≥ 12.5 ≤ 15.5	≥ 21.0 ≤ 23.0	≥ 1.0 ≤ 2.0	≤ 0.10 ≤ 0.25
MN25R 三菱共同開発	火SUS304J3TB	≤ 0.025	≤ 0.4	≤ 2.00	≤ 0.04	≤ 0.03	≥ 13.0 ≤ 16.0	≥ 23.0 ≤ 28.0	≥ 0.80 ≤ 1.20	≤ 0.25 ≤ 0.4

6. 空気投入方式の変遷



6. 空気投入方式の変遷



7. 最近の回収ボイラーでのその他適用技術

以下のような自動化・省力化技術が促進されている。

(1)空気口自動掃除装置

空気口は、スメルトの付着により閉塞が見られるため、最近では多くの回収ボイラーにて自動掃除装置が適用され、省力化が図られている。また、従来は炉底の1次空気口のみ採用される事例が多かったが、最近ではより省力化を図るため、2,3次空気口にも自動掃除装置を設置しているボイラーもある。

(2)各種監視モニター

燃焼状態を把握・監視するためのチャーベットモニター、スメルトスパウトからの流出状況を監視するためのスパウトモニター、炉底チャーベットから飛散するダストを定量計測するためのダストモニター、等の各種モニターを設置し、省力化及び安定操作化が図られている。

めにスーツブロワより温水を噴射して炉内を水洗し、掃除作業の省力化を図っています。

以上、少し駆け足になってしまいましたが、ソーダ回収ボイラーの変遷を紹介させていただきました。ご清聴、どうもありがとうございました。

7. 最近の回収ボイラーでのその他適用技術

以下のような自動化・省力化技術が促進されている。

(3) 脱塩・脱カリウム装置

黒液中の塩素・カリウム濃度が上昇すると、ボイラーの灰付着や腐食が助長され、連続操業の支障となる。そのため、電気集塵機捕集灰中の塩素・カリウム分を除去し、回収ボイラーサイクル内の塩素・カリウム濃度の低下のため、脱塩・脱カリウム装置を採用するボイラーが増加しつつある。

(4) 炉内水洗

停缶時の回収ボイラー内のダスト除去のため、スーツブロワより温水を投入し清掃する炉内水洗を実施されつつあり、停缶時の掃除作業の省力化・停止期間の短縮化等が図られている。

質問 1：おかげさまで非常にすっきりしました。現在の回収ボイラー、これは何か呼び方があるのでしょうか。

山本 今のところ特に呼び方はありません。高压高温ボイラーと現在のボイラーは分類しにくいところがあります。そのため、今回の講演では、単胴形、火炉出口スクリーン管なし、軸流式（ガス平行流）節炭器を採用しているものを現在の回収ボイラーと定義し説明させて頂きました。

質問 2：ソーダ回収ボイラーは、腐食とダスト詰まりとの戦いだったと思います。今、高温高压化になって、材質や保全面では強くなってきていると思います。メーカー推奨の取りかえ頻度と、予防保全あるいは維持するためにどのようなことを推奨しているか教えてください。

山本 各ボイラーで運転状況が異なるため、一概に取りかえ頻度は答えにくいですが、予防保全としては、定検時に、特に高温部の過熱器については肉厚計測を実施する。その際、計測の仕方によって 0.1 ミリ、0.2 ミリ、簡単に変わってしまうので、できる限りスケールをうまくはがして精度よく計測する、そして、経時的な肉厚の推移を把握していく。1年、2年では正確な減肉カーブが書けないので、3年、4年と積み重ねていって、減肉速度を把握し、交換頻度や短管切りかえを見きわめていっていただきたい。また、回収ボイラーの腐食環境も毎年同じでなく、木材の種類が違ってくる、黒液濃度や硫化度が変わってくる等を含めて総合的に評価していく必要があります。

質問 3：貴重な講演をありがとうございました。炉内水洗に興味があります。わたしの事業所では、昭和 40 年から 50 年くらいに設置されました三菱重工のボイラーを運転しています。炉底管は STB35 で、炉底はフラットタイプです。このような状態で炉内の水洗は腐食の問題等があるかと思います。基本的には可能なかどうか、そのやり方を教えてください。

山本 水洗技術は、むしろお客様でお詳しい方が多いと思いますが、90 年代あたりから火炉の水洗、スーパーヒーターの水洗、エコマイザーの水洗が実施されるようになってきたと思います。その当時のボイラーは水洗に対して設計的な配慮をしていませんでした。最近のボイラーでは、水洗するという前提に設計されています。水洗時に一番問題になるのが、火炉下部の空気ノズルあるいは黒液ノズルの開口部からの水洗水の浸入です。従来の回収ボイラーでは開口部の曲げ管部にフィン溶接していますが、フィンでシールせずに耐火材でシールしておりました。そのため、チューブの裏側に水洗水が浸入し易

い傾向であり、チューブの裏側の腐食状況の確認が必要です。一方、初めから水洗するという前提の最近のボイラーですと、開口部の曲げ管部分をフィンでシールしており、出来るだけチューブの裏側に水洗水が浸入しないように配慮してあります。ただし、当然、ノズル用の開口部となっているので、ノズルのすぐ横のチューブの裏側にはどうしても水洗水が浸入し易い。従って、水洗することを配慮はしているのですが、チューブの裏側に水洗水が浸入することを完全に防止することは出来ていないと思います。

貴工場の回収ボイラーは管曲げの部分がペグフィンと言いますか、シール溶接されていない従来のタイプと思いますので、その部分が腐食し易いということを理解頂いた上で、何年かに1度は開口部の管裏側の腐食状況等を確認されるようにして水洗を実施頂けたらと思います。

質問4：追加ですが、火炉壁管は、STB35 ですが、水洗した後も耐火 PCO などを打った後にボイラーをまた点火しなければいけないと認識してよろしいのでしょうか。耐火 POC がいない状態で点火ということはあり得ないということですか。

山本 基本的に、炉底面は耐火材がないとオーバーヒートしやすいところです。水循環のトラブルも起こしやすいところですので、炉底面は確実に耐火材が施工されていることが必要です。また、スメルト固化層が残っていればそれを残したままで再起動ということは考えられると思います。

以上