

高効率高圧ドレン回収ボイラ

川重冷熱工業株式会社
技術総括室 ボイラ技術部
課長 上田 知弘

1. はじめに

近年、ボイラ設備における省エネルギー、省力化を目的としてその利便性が買われ、小型貫流ボイラの多布設置が多くの実績を得ている。また、蒸気使用設備としては、総合的な熱効率の向上を図るべく使用済み蒸気のドレン回収が盛んに行われている。段ボールシート製造設備であるコルゲートマシンにおいても、その特性上従来から、より熱回収率を向上すべく高圧のドレン回収が行われている。このドレンは、蒸気潜熱のおよそ40%前後に相当する熱量を保有しているの、これを有効に再利用するか否かは設備全体の熱効率を大きく左右する。コルゲートマシン用の蒸気はおよそ1.27MPaを必要とし、かつ、高圧のドレン回収を行うため、従来水管ボイラまたは炉筒煙管ボイラが使用されてきた。そこで、小型貫流ボイラの利便性と水管・炉筒煙管ボイラの安定性の両者を兼ね備え、かつ高効率での対応が可能な当社の大型多管式貫流ボイラについて、その特長と使用実績を紹介する。

2. 大型多管式貫流ボイラ「イフリート」シリーズの特長と高圧ドレン回収への適応性

当社製大型多管式貫流ボイラ「イフリート」シリーズは、約6年前に発売され、その実績を積上げ2005(平成17)年7月に後継機を販売開始した。その主要目を表1に示す。旧型機同様に従来の多管式貫流ボイラに比べ、より水管ボイラに近付いた特長を有しているの、その特長と高圧ドレン回収への適応性をここに紹介する。

(1) 大容量・高効率・取扱資格

最大蒸発量6,000kg/h (伝熱面積<30m²小規模ボイラ)

多管式貫流ボイラでは史上初の大容量を実現、

表1 基本計画要目

ボイラ形式	IF-300A(G)E	IF-400A(G)E	IF-500A(G)E	IF-600A(G)E
規格分類 (取扱資格)	ボイラ (ボイラ取扱技能講習修了者)			
換算蒸発量 (kg/h)	3,000	4,000	5,000	6,000
実際蒸発量 (kg/h)	2,535	3,380	4,225	5,070
最高使用圧力 (MPa)	0.98、1.56			
常用圧力 (MPa)	0.49~1.32			
伝熱面積 (m ²)	18.6	18.6	29.4	29.4
ボイラ効率 (%)	96 (95)			
燃料	13A都市ガス <A重油、灯油>			
制御方式	(燃焼)	比例積分動作 (制御範囲17~100%) <30~100%)		
	(給水)	オン・オフ (最高使用圧力0.98MPa) 比例積分動作 (最高使用圧力1.56MPa以上)		
NOx(O ₂ =0%) (ppm)	60 (150)			

<備考>

1. ボイラ効率は、蒸気圧力0.49MPa、給水温度20℃、吸気温度35℃として表示しています。
2. 最高使用圧力が1.96、2.35、2.8、3.2MPaの仕様も用意しています。
3. 最高使用圧力0.98MPa仕様についても、給水比例積分制御はオプション対応可能です。
4. ドレン回収時のボイラ効率は、ドレン回収率により異なります。詳細は別途お問い合わせ願います。
5. 常用圧力は最高使用圧力0.98MPa時80%以下、1.56MPa時85%以下が目安です。

それ以上をご計画の場合は、別途お問い合わせください。

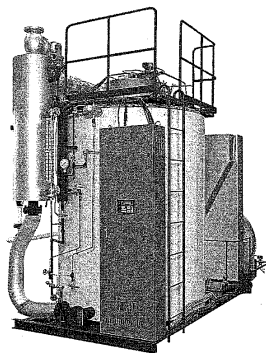


写真1 外観写真

小型貫流ボイラユーザへは、高効率及び設置台数軽減による省エネルギー・省力化メリットを、大

型ボイラユーザへは、取扱資格軽減による利便性とボイラ効率96%（ガス焼き）の省エネルギーメリットを提供できる。また、貫流ボイラは構造的に安全性が高いことから伝熱面積30m²以下のものについては、取扱資格の軽減処置が受けられる。これは複数缶設置した場合でも適用され、設置台数に関係なくボイラ技士免許は不要であり、「ボイラ取扱技能講習」修了者で取り扱うことができる。

(2) 広域高効率連続制御

多管式貫流ボイラでは史上初めて、バーナターンダウンを6:1まで広げること成功（ガス焼き）IF-6000GEでは、蒸気量1,000~6,000kg/hまでバーナをオンオフさせることなく追従できる。これにより小型2,000kg/h多管貫流ボイラの多缶設置台数制御の場合に生じるパーセント損失やバーナオンオフ時の制御応答遅れも解消でき、表2のように小型ボイラ多缶設置に比べて実働部分負荷におけるボイラ効率を約3%と大幅に向上させることができる。

表2 ボイラ効率比較

ボイラ形式	小型2000×6缶	IF-6000GE×2缶
設備容量（換算蒸気量）(t/h)	12	
蒸気負荷（実際蒸気量）(t/h)	4	
ボイラ効率公称値 (%)	96	96
実働ボイラ効率 (%)	93.8	96.8

蒸気圧力0.49MPa、給水温度20℃、吸気温度35℃、各機種共に台数制御運転とし、暖房運転モード有とする。

(3) 比例積分 (PI) 動作の圧力制御による水管ボイラ並の安定性

ボイラ蒸気圧力を比例積分 (PI) 動作で制御できるため、蒸気圧力は常に一定値に安定し、加熱シリンダの温度も安定するため、水管ボイラを使用した時と変わらないコルゲートマシンの安定性が得られる。バーナ3位置制御、給水オンオフ制御をする多管式貫流ボイラでは、逆に蒸気圧力が一定値に安定することはなく、加熱シリンダの温度に影響を与えやすいと考えられる。

(4) 比例積分 (PI) 動作の水位制御による高いドレン回収率

高圧のドレンは、特に高いエンタルピを有するため、その回収率は燃料原単位に大きく影響を及

ぼすことは既知の通りである。その一例として図1に蒸気圧力1.27MPa、回収ドレン圧力0.78MPaにおけるドレン回収率と燃料削減率の関係を示す。回収率を40%上げると燃料を約9%削減できる。イフリートはボイラ水位を比例積分動作で制御できるので、ボイラ水位は安定し、かつ、給水も連続して行われるため、蒸気圧力及び回収ドレンシステムの圧力並びに流量も水管ボイラ並の安定が得られる。そのため、ボイラ蒸気量と還流ドレン流量は、ドレン回収率で表される一定の関係を持続でき、還流ドレンを滞滞なくボイラへ給水することが可能である。

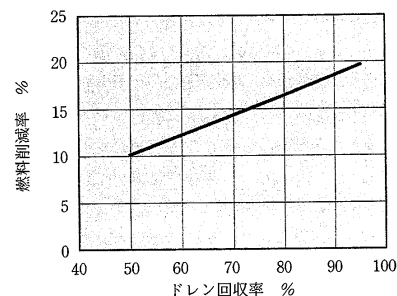


図1 ドレン回収率-燃料消費量

その結果、システムの流量変動を吸収するためのドレン回収タンク（第1種圧力容器）を省略しても、高いドレン回収率を維持することができる。これは水管ボイラや炉筒煙管ボイラでは特筆すべきことではないが、イフリートの場合は多管式貫流ボイラであっても、それと同等の装置の簡素化と、同時に高い回収率を実現することが可能である。

(5) エコマイザ使用による高効率化

高圧ドレン直接回収では、一般的にエコマイザスチーミングのためそれを使用できない。その場合のボイラ効率はおよそ87%程度である。イフリートの場合は、補給水と回収ドレンをエコマイザ入口で合流させるため、回収ドレンもエコマイザを経てボイラ本体に供給することができる。これは水位をPI制御していることによるもので、コルゲートマシンが運転している間は、その蒸気負荷に見合った給水量を安定かつ連続してエ

コノマイザに供給することができる。このため、ドレン回収率がほぼ100%でもエコマイザを使用することが可能である。ボイラ蒸気圧力1.27MPa、ドレン回収圧力0.78MPaにおけるドレン回収とボイラ効率を図2に示す。このようにボ

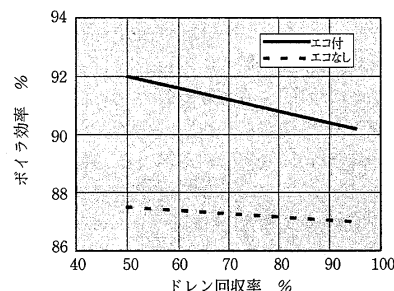


図2 ドレン回収率-ボイラ効率

イラ効率（ブロー損失を除く）は、ほぼ90%以上を確保することができる。また、ドレン回収率が低くなるとボイラ効率が上昇しているが、これはエコマイザ入口給水温度が低下し、エコマイザの吸熱量が増加するためである。図3にエコマイザ入口給水温度とエコマイザ出口排ガス温度の関係を示す。このようにエコマイザを使用するとドレン回収率が低下した場合でもそれによる燃料原単位の悪化を抑制するよう作用する。

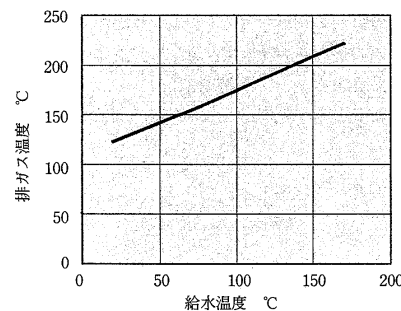


図3 エコマイザ排ガス温度

(6) ボイラ水管理について（ブロー率約2~4%）
ブローを行う目的は、ボイラ水中の不純物濃度

を許容値内に抑え、スケールの付着や腐食を防止することである。ドレン回収率を上げることによって、システムへの補給水量を削減すれば、それに伴って不純物の持込み量を減少させられるので、補給水量に対する必要ブロー率を低減することができる。ドレン回収を行う場合のドレン回収率と必要ブロー率の関係を図4に示す。これはドレン回収がない場合、必要ブロー率17%の給水を使用した場合の例であるが、ドレン回収率に反比例して必要ブロー率は低下する（但し、鉄分の影響は除く）。イフリートは水管ボイラ並みの水管理要領を原則としているので、この関係をそのまま適用できドレン回収率を上げるほど必要ブロー率を下げる可以降低。

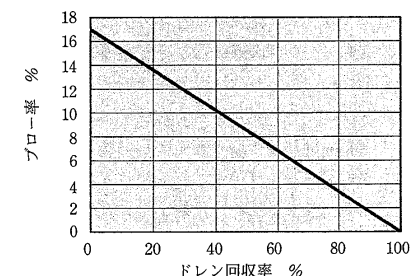


図4 ドレン回収率とブロー率

また、ドレン回収を行う場合は給水温度が高くなるため、ブロー水の熱回収は容易でなくなる。ブロー水の熱回収を行わず、高温（飽和水）のまま放出した場合のボイラ効率に与える影響を図5

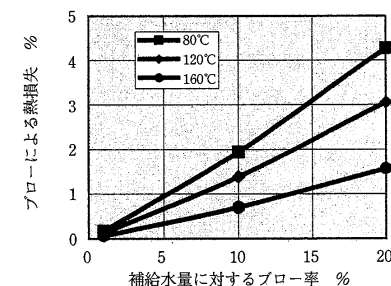


図5 ブロー熱損失

に示す。図中の凡例はボイラへの給水温度で、補給水と回収ドレン水の混合温度である。この混合温度が低いほど補給水量が多いことになり、混合温度が高い場合と比較してブロー量が増えるため、ブロー冷却器を設けない場合はブローによる熱損失は増加する。ドレン回収率を上げると、補給水に対するブロー率の低減と併せてボイラへの給水温度も上昇し、ブローによる熱損失も削減できるので一石二鳥の効果がある。イフリートはこの意味でも有利な特性を持っている。

3. 適用実績と高圧ドレン回収設備（コルゲートマシン）への適用例

(1) システム全体フロー

コルゲートマシンとイフリートを組み合わせた場合の全体フローを図6に示す。コルゲートマシンからのドレン回収系統は2系統ある。高圧ドレン回収系統にはドレンタンクは設けずドレン回収ポンプ入口にドレンポット（125A×350L）を設けることで対応している。高圧ドレンはドレン回収ポンプで昇圧し、直接ボイラへ給水される。もう一方は低圧であるため一旦給水タンクへ回収した後、再びボイラへ給水される。蒸発量より高圧ドレン量を差し引いた給水は、給水ポンプでボイラへ補給される。回収された高圧ドレンと給水ポンプからの給水はエコマイザ入口で合流させることによりエコマイザでの排熱回収を図っている。

(2) 実働実績

実働実績例を表3に示す。ボイラ運転圧力は1.25MPa、高圧ドレン回収圧力は0.74MPaである。

エコマイザ出口排ガス温度は、約165～190°C程度に保持されている。連続ブロー率は、約3.5%でボイラ水質を維持している。毎朝の操業開始時のドレン排出は、ドレンポット部でのドレン温度が80°C以上になると終了するよう設定している。高圧ドレンの回収率は高圧ドレン系に関しては95.7%、全蒸発量に対しては約82.7%である。（何れも操業開始時初期ドレン排出量を除く）これらの値には計測誤差も含まれるが、それを考慮しても高圧系蒸気量に対するドレン回収率は、90%前後の高い回収率を実現しているものと考えている。

表3 運転実績

項目	単位	実績	備考
給水量	ton	248.7	
蒸発量	ton	241.7	
高圧ドレン回収量	ton	187.7	
初期ドレン排水量	ton	14.7	測定値
高圧系蒸気量割合	%	87	
低圧系蒸気量割合	%	13	
高圧ドレン回収率	%	95.7	(高圧系蒸気量に対して)
	%	82.7	(全蒸気量に対して)
ブロー量	ton	8.8	
ブロー率	%	3.5	
ボイラ効率	%	90	排ガス損失法 (排ガス温度180°C) (平均12.25H/日)
運転時間	H	147	

注) 高圧ドレン回収率は、初期ドレン排水量を除く

4. おわりに

このシステムにおける実働実績は現在6件あるが、ユーザからは燃料源単位が約20～30%ほど削減できたと好評をいただいております。イフリートシリーズの優れた特長を十分に活かし、高圧ドレン回収システムの更なる高効率化に貢献できるよう努力していく所存である。

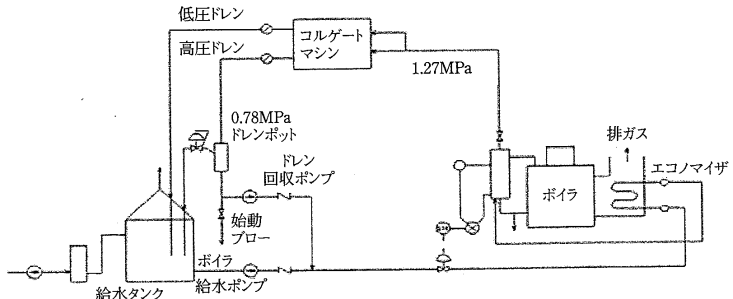


図6 全体フロー