

高圧（最高使用圧力3.2MPa）対応大型貫流ボイラ

川重冷熱工業株式会社
技術総括室 ボイラ技術部
主事 正井 文敏

1. はじめに

近年、省エネ・省力化を目的として、ボイラ設備においては、小型貫流ボイラの多缶設置が多くの実績を得ている。これは、保有水量が少ないことから取扱資格の優遇処置や、監督官庁による定期検査免除処置など、事業者にとって使用しやすいものとなっていることによる。しかし、最高使用圧力0.98MPaを超えるものについては、小型ボイラの適用でないため、水管ボイラや炉筒煙管ボイラから貫流ボイラへの置き換え事例は多くない。なお、貫流ボイラに置き換わったユーザにおいても、蒸気負荷状況とボイラ制御の断続性や複数台設置によるボイラ発停の多さから、実働ボイラ効率の低下など課題があると考えられる。当社は最高使用圧力3.2MPaまで対応できる大型貫流ボイラを商品化している。本ボイラは貫流ボイラでありながら燃焼量・給水量の制御に比例積分（PI）動作の連続制御を採用することにより、より環境保全・省エネ・省力化を実現できるボイラとなっている。高圧対応の当社大型貫流ボイラの特徴や最近の納入事例について紹介する。

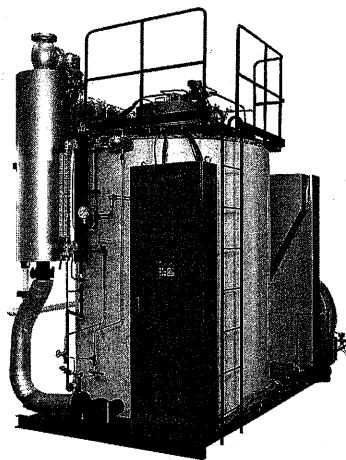


写真1 ボイラ外観

2. 高圧対応大型貫流ボイラの特徴

当社の大型貫流ボイラ「イフリート」シリーズは、最高使用圧力3.2MPaまで対応が可能である。その主要目表を表1に示す。最高使用圧力3.2MPa仕様を中心に特徴を説明するが、商品の圧力段階のラインアップとしては他に0.98、1.56、1.96、2.35MPaを標準として準備している。

表1 イフリート高圧シリーズ機種一覧表

| ボイラ形式 | IF-3000H(G)E | IF-4000H(G)E | IF-5000H(G)E | IF-6000H(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) | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 |
| 実際蒸発量 (kg/h) | 2516 | 354 | 4192 | 5031 |
| 最高使用圧力*1 (MPa) | 3.2 | | | |
| 常用圧力 (MPa) | 2.0～2.8 | | | |
| 伝熱面積 (m ²) | 29.6 | | | |
| ボイラ効率*2 (%) | 95〈94〉 | | | |
| 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) | 比例積分動作 | | |
| NOx (O ₂ =0%) (ppm) | 60/40（オプション）〈150〉 | | | |

注) 表中の〈〉内は、A重油、灯油の場合を示す。

*1 最高使用圧力は、標準設定として0.98、1.56、1.96、2.35MPaを用意している。

*2 ボイラ効率は、蒸気圧力2.8MPa、給水温度15℃、吸気温度35℃として表示している。

(1) 容量・高効率・取扱資格

最大蒸発量6000、5000、4000、3000kg/hをシリーズ化している。更に最大16缶を同時に制御できる台数制御装置と組み合わせることで、換算蒸発量96t/hの大容量ユーザへも対応が可能である。

高圧対応のボイラ効率は95%（ガス焼き）であるが、バーナのターンダウンが6：1（ガス焼き）であるため、6000kg/hボイラで、換算蒸発量1000～6000kg/hまでバーナをオン・オフさせることなく追従できる。このターンダウンの広さが実働部分負荷（ボイラの実働運転領域）のボイラ効率の維持に有効な技術となっている。

貫流ボイラは保有水量が少ないことから、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。これはボイラの最高使用圧力やボイラを複数台設置した場合でも適応される。つまり3.2MPaの高圧ボイラであっても、そのボイラの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) 制御・省電力・低公害

イフリートシリーズの大きな特徴として、燃焼量制御及び給水量制御共に比例積分（PI）動作の連続制御を行っていることがある。この連続制御により蒸気圧力を一定値に安定させることができ、給水制御を連続制御とすることで高圧ドレン回収システムに最適に対応できるなど、従来の多管式貫流ボイラに比べ大幅な省エネメリットを得ることができる。

押込送風機と給水ポンプの制御にインバータ制御を採用することで、最低燃焼時の電力は定格時に対し約1/10まで低減することができる。

ガスバーナは標準仕様としてNO_x=60ppm（O₂=0%換算値）以下であるが、2008（平成20）年2月よりNO_x=40ppm以下対応のバーナもラインアップした。

3. その他イフリートの特徴

(1) 実働部分負荷に対する性能特性

ボイラ効率の仕様値はすべて定格運転条件での数値である。しかし、ユーザでの消費蒸気量は一

定でなく、多缶設置ボイラにおいては頻繁なボイラ発停があることから、実際の蒸気負荷に対するトータルのボイラ効率の把握は容易でなかった。

そこで蒸気負荷を任意に設定できる当社のボイラ運転設備を利用して、イフリート（以下、大型貫流ボイラ）と小型貫流ボイラでの実働部分負荷におけるボイラの燃料使用量の違いを確認した。以下にその一例を示す。

比較ボイラは大型貫流ボイラIF-4000AGE×2缶と小型貫流ボイラKF-2000GE×4缶であり、両方とも合計の換算蒸発量は8000kg/hである。

図1に試験確認を行った蒸気負荷パターンを示す。

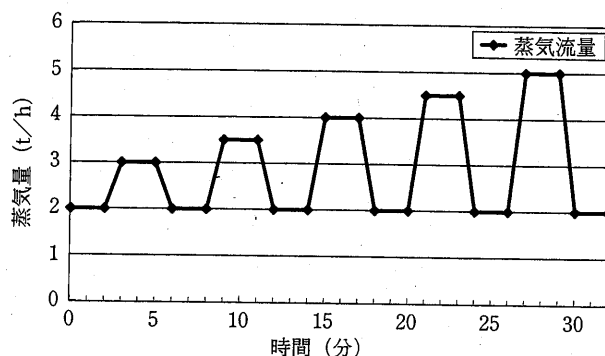


図1 蒸気負荷変動パターン

負荷は実際蒸発量2000kg/hをベースに1分間で1000kg/hから最大3000kg/hの負荷の増減を与えた。このときの設定蒸気圧力は0.7MPa、ボイラの制御は当社標準の台数制御装置で行った。

比較結果の一例を表2に示す。1時間当たりの発生蒸気量は両機種ともおよそ3000kgであるが、燃料の消費量は大型貫流ボイラの206.8m³Nに対し小型貫流では221.2m³Nと多く、ボイラ効率の差で比較すると5.6ポイント大型貫流ボイラの方が良いことが分かる。

ボイラの発停が伴う多缶設置小型貫流ボイラの台数制御に比べ、燃焼量の連続制御と広いターンダウン性能を有する大型貫流ボイラの方が実働部分負荷領域の燃料消費量に対して有効であることが確認できた。

表2 ボイラ効率比較

| 機種 | 種類 | データ (kg, m ³ N) | 運転時間 (h) | 1時間当たりの負荷 (kg, m ³ N) | ボイラ効率 (%) |
|--------------------------------|------|-------------------------------|-------------|-------------------------------------|--------------|
| 大型貫流 (イフリート) IF-4000AGE×2 缶 | 蒸気流量 | 1500 | 0.5 | 3000 | 95.4 |
| | ガス流量 | 103.4 | | 206.8 | |
| 小型貫流ボイラ KF-2000GE×4 缶 | 蒸気流量 | 1510 | 0.5 | 3020 | 89.8 |
| | ガス流量 | 110.6 | | 221.2 | |

ここで紹介した設備は「イフリートショールーム」として一般に公開しており、お客様の蒸気負荷パターンを設定することで大型貫流ボイラでの負荷の追随性を確認できるものとなっている。

(2) ガス焼き超低NOxシリーズ

従来のガス焼き機種では60ppmであったNOx排出値 (O₂=0%換算値) を、部分予混合燃焼方式を採用することで、NOx排出値40ppm以下を達成するバーナを開発し、2008(平成20)年2月より販売を開始した。排出量に総量規制のかかる大規模ユーザや排出規制値が厳しい地域のユーザに、バーナのみの変更で対応することが可能となった。

本バーナの燃焼負荷に対するNOx及びO₂特性を図2に示す。この図は横軸にボイラ負荷、縦軸に排ガス中のNOx値とO₂の値を示す。NOx値は定格燃焼時に最大値32ppm程度となり、部分負荷では徐々にその値が下がり、最低燃焼時には24ppm程度となる。排ガス中のO₂値は、NOx値を上昇させることなく省エネ法で定められているボイラ負荷1/2以上で空気比1.3 (排ガスO₂=4.8%) 以下の条件での燃焼調整が可能である。定格燃焼時の排ガスO₂はおおよそ4%の設定である。

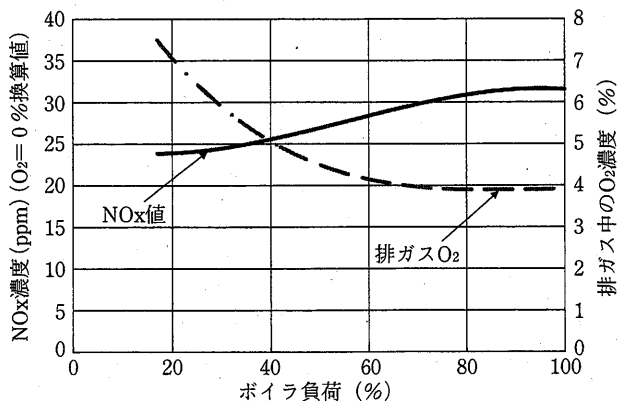


図2 ボイラ負荷とNOxとO₂の特性

(3) 大容量コジェネのバックアップボイラ

貫流ボイラの特性的の一つである起蒸の速さと、大型貫流ボイラのコジェネ緊急停止時の高追従性及び少缶設置のメリットで、特に大容量のコジェネのバックアップボイラとして導入事例が増えてきている。その事例を紹介する。

コジェネ廃熱ボイラのバックアップは、コジェネが正常運転の場合ほとんど蒸気を発生する必要はなく、いざコジェネが緊急停止した場合すばやく起蒸し、蒸気利用プロセスへ影響を与えないことが要求される。蒸気利用プロセスの影響度はユーザによりまちまちであり、その要求の度合い (例えば最低蒸気圧に下限がある) によりバックアップ待機状態の制御設定を行う。

図3にバックアップ用として複数台大型貫流ボイラが設置されている時のバックアップ制御の概略フローを示す。図の上側はコジェネ正常運転時、下側にコジェネ緊急停止時を示す。

コジェネ正常運転時は、大型貫流ボイラ台数制御の設定蒸気圧力をLow設定 (通常運用の蒸気ヘッド圧より低く設定) とする。この場合排熱ボイラからの蒸気により、蒸気ヘッド圧が台数制御設定圧より高く維持されるため、大型貫流ボイラの燃焼する缶数が減少する。そこで最低負荷で燃焼を維持させておく大型貫流ボイラの缶数を設定し、コジェネ緊急停止時のすばやい起蒸に備える制御を行っている。また、自動ローテーション機能により順次燃焼させる缶を変更することで、すべての缶が待機状態となり、よりすばやい起蒸が可能となる。

コジェネ緊急停止時には、コジェネ側から異常信号を台数制御装置に受け入れることで、ヘッド圧が下がり始める前に各ボイラに対し制御を行う

ことができる。

図3ではコジェネ緊急停止により台数制御の設定蒸気圧力がHi設定（通常運用の蒸気ヘッド圧より高く設定）に変更する例を示す。台数制御の設定蒸気圧を高く変更することで、各ボイラはすばやく順次立ち上がり、蒸気ヘッド圧を必要以上に下げることなく、プロセス負荷の担当をスムーズに大型貫流ボイラに変更させることができる。ボイラの立ち上がり台数やその間隔の設定を最適値に調整することで各ユーザー要求の最低蒸気圧力をキープするバックアップ制御が可能となる。

4. おわりに

当社は多量の化石燃料を消費する産業用熱源メーカーであることから、当社製品の性能向上が地球環境の維持・改善への貢献に直結しているものと考えている。そこで今後もより一層の省エネ（省CO₂）・省資源化を計るべく当社イフリーストに下記の機能を付加する商品化技術開発を進めている。

- (1) 小型コンパクト化
- (2) 高効率化（ガス焼きボイラ効率98%）
- (3) ターンダウンの拡大
- (4) 排ガスO₂フィードバック制御機能

当社は今後も環境負荷低減に注力した商品・サービスを開発し、それらを低価格で市場へ提供することで社会に貢献できるよう努力していきたいと考える。

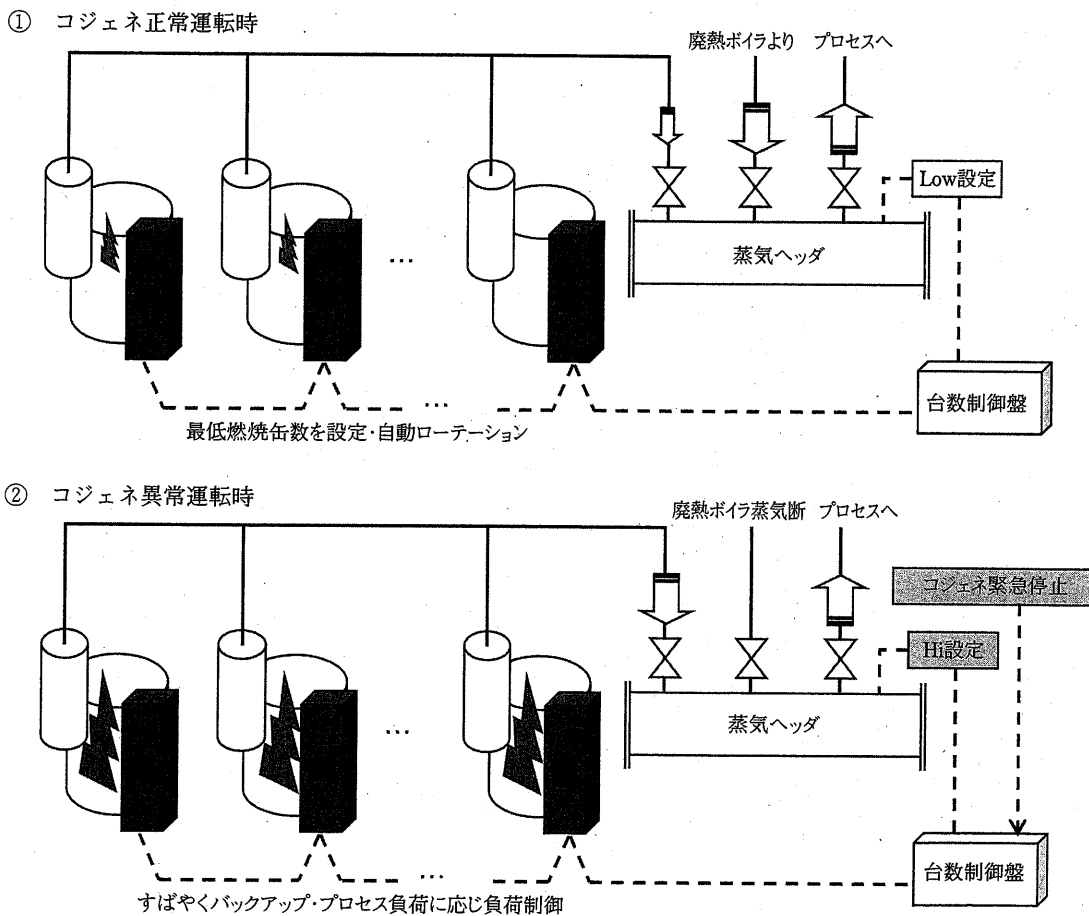


図3 コジェネバックアップ制御の概略フロー