

ボイラリフレッシュエンジニアリング

Boiler Refresh Engineering

浅居 秀樹^{*1}

ASAHI Hideki

「ボイラリフレッシュエンジニアリング(以下BLRREと表記)は、現在運転中、または運転再開予定のボイラプラントを対象としたソリューション提案型の商品である。ボイラ簡易診断(運転データの収集と解析、補機適正運転状態、制御システムの最適制御状態などの各診断)と共に、各種計測施工状態及び測定センサーの妥当性の調査を実施する。それらの結果から、運転効率改善、運転コストの低減、環境汚染への影響である排ガス規制への対応法など、あらゆる角度からソリューションを提案する。本稿では、この商品について紹介する。

Boiler Refresh Engineering (hereinafter called BLRRE) can provide boiler users various kinds of solutions for boilers in current operation and for resumption. BLRRE diagnoses boiler plants through some checks such as installation check of field instruments and validity check of field sensors, along with other simple boiler checks such as gathering and analysis of operation data, running condition check of auxiliary equipment, optimum control condition check of control systems. On the basis of such diagnoses, BLRRE offers some solutions to customers for improvement of operation efficiency, reduction of operating cost, and countermeasures for flue gas regulations.

This report introduces the BLRRE.

1. はじめに

1980年代後半から環境汚染に関する規制、条例が問い質されるようになり、高度成長期に建設されたボイラ(6000基以上)はその規制、条例に対する改善が急務となっている。特に1980年以前に運転開始したボイラプラントの中には、それらへの配慮が乏しい旧制御設計のまま稼働しているボイラプラントが数多く見られる。

これらのボイラプラントを対象に、制御システムのメーカーを問わず、現状の制御システムのまま最小限の設備投資と期間で環境基準やエネルギー消費の改善を提案する「ボイラリフレッシュエンジニアリング(BLRRE)」を商品化した。

2. BLRRE導入によるメリット

BLRRE導入による主なメリットとして以下の項目が挙げられる。

- (1) 制御チューニング改善による効率改善、公害物質の発生低減。
- (2) 制御方式更新による効率改善、公害物質の低減。
- (3) ポンプ、ファン運転効率の改善による機器の長寿命化。

- (4) 計測方法改善による、正確なプラント管理と安全性の向上。
- (5) 手動介入などの運転員の作業負荷軽減。

3. BLRREの手順

BLRREでは、以下の手順により作業を実施する。

- (1) ボイラプラントの診断
- (2) 現状のボイラ運転制御データの収集
- (3) プラント診断結果と採取データの科学的解析、良否の判定(判定は当社算出基準に拠る)
- (4) 当社基準報告書に拠る解析データ、改善効果、施工改善例などの提出
- (5) 改善提案に基づく施工及びリチューニング
- (6) 完了報告会の実施
- (7) 保全課向け、オペレータ向けの各種教育

4. BLRREの内容紹介

商品は、以下から成り、それぞれ1項目毎の要請でも、3項目全ての要請でも、ユーザの要望に応じた対応が可能である。

ボイラ簡易診断
ボイラ最適調整
ボイラ制御トレーニング

*1 IA事業本部 ソリューション営業統括本部

4.1 ボイラ簡易診断

ボイラ簡易診断は、通常制御中のデータをテキストデータとして採取し、PCにより解析を行うものと、現場の設置状態を実際に調査確認して診断するものがある。データの収集は、その制御装置の種類により下記の3種類を用意しており、当社製品以外の制御装置にも適応可能としている。

- (1) DARWIN²によるアナログ信号収集
- (2) Ethernet環境を利用するDDE(Dynamic Data Exchange)通信データ収集
- (3) RS-232C環境を利用するデータ収集

また、データ解析には米国製データ解析、モデリングソフトウェアのInsights³を使用し、細部に亘るデータ解析を可能としている。ボイラ簡易診断の主な診断項目は以下に示す。

4.1.1 制御状態の診断

ボイラを代表する制御は、以下に大別される。

- (1) 自動燃焼制御系(Automatic Combustion Control)
- (2) 自動給水流量制御系(Automatic Feed Water Control)
- (3) 自動蒸気温度制御系(Automatic Steam Temperature Control)

これら各制御は、フィードバック制御とフィードフォワード制御の組み合わせにより構成されている。各制御系毎に制御量、操作端、設定値などのデータから通常制御中、負荷変化中の制御状態の解析を行う。

解析は制御偏差量、制御偏差分布、PID(制御定数)ゲインの妥当性、先行信号の妥当性、操作端リアリティ、制御系干渉度合など多岐に亘る。同等規模プラントにおいて、それらの数値が最適な状態であるのか、そうでないとなれば何をどうすれば良いのか、という改善策の提示を行う。

4.1.2 補機運転状態の診断

ボイラには多くの大容量電動機器(補機)が使用されており、この消費電力はプラント運用コストの多くの部分を占めている。この補機は、最大負荷運用に十分足る容量を有したものが設計、設置されており、通常運用状態においてはその余裕度が過剰となっている場合が多い。

BLRREでは、実際の補機運転状態とプラント運転状態を調査し、制御弁、制御ダンパの制御性を確保した上で必要最低限の電動機負荷を解析し、その結果の通り運用した場合の運用コスト削減効果を定量的に提示する。

4.1.3 センサー設置状態の調査

差圧発信器の導圧配管などの状態が要求される設計基準とどの程度ずれているかの調査を行い、その結果からどの程度測定値がずれているかを算出し、効率への影響

も考慮して改善提案を行う。

4.2 ボイラ最適調整

収束性、追従性の各性能が最適となるよう調整を実施する。最適調整の流れは以下のようになる。

- (1) 静特性データの採取
各負荷帯における安定状態の各プロセスデータ、操作信号などを採取する。このデータは制御系のフィードフォワード信号を決定するのに不可欠となる。
- (2) 制御回路の検討
現状の制御回路を分析し、フィードフォワード回路の追加、制御方式の変更など、そのボイラにふさわしい制御回路の検討、変更を実施する。
- (3) フィードフォワード要素の決定
各負荷帯における静特性データに基づき、適正な調節弁開度を把握して先行要素の適正值を設定する。また、外乱要素などに対する先行信号についても必要に応じて検討、追加を実施する。
- (4) 動特性によるPIDの決定
一般的にボイラ動調整は、動特性試験(ステップ応答試験、Load Swing試験など)により適正なPID(制御定数)の値を求めている。BLRREでは新たに開発した調整ソフトウェア(F-PRID)により各制御系の最適定数を算出する方法を採用し、制御状態をビジュアルに表現することで顧客の理解が深まる工夫をしている。

4.3 ボイラ制御トレーニング

顧客担当者に対し、ボイラ制御や調整についての理解を深めて頂くことを目的として、要望に応じて以下のメニューを用意している。

- (1) 制御理論
一般的な古典制御理論について、理解し易く解説する。
- (2) ボイラ制御回路とその調整について
ユーザのボイラ制御回路の構成について、改善案を踏まえて理解し易く解説する。また、基本的な最適調整の方法についての説明を行う。
- (3) 当社製品のメンテナンス方法
当社製品を使用されているユーザに対し、そのメンテナンスやソフト変更方法について説明を行う。

5. 実施例の紹介

一般的な、蒸発量140 t/hの重油バーナ前面燃焼ボイラにて実施した簡易診断を例に、解析の一部を紹介する。

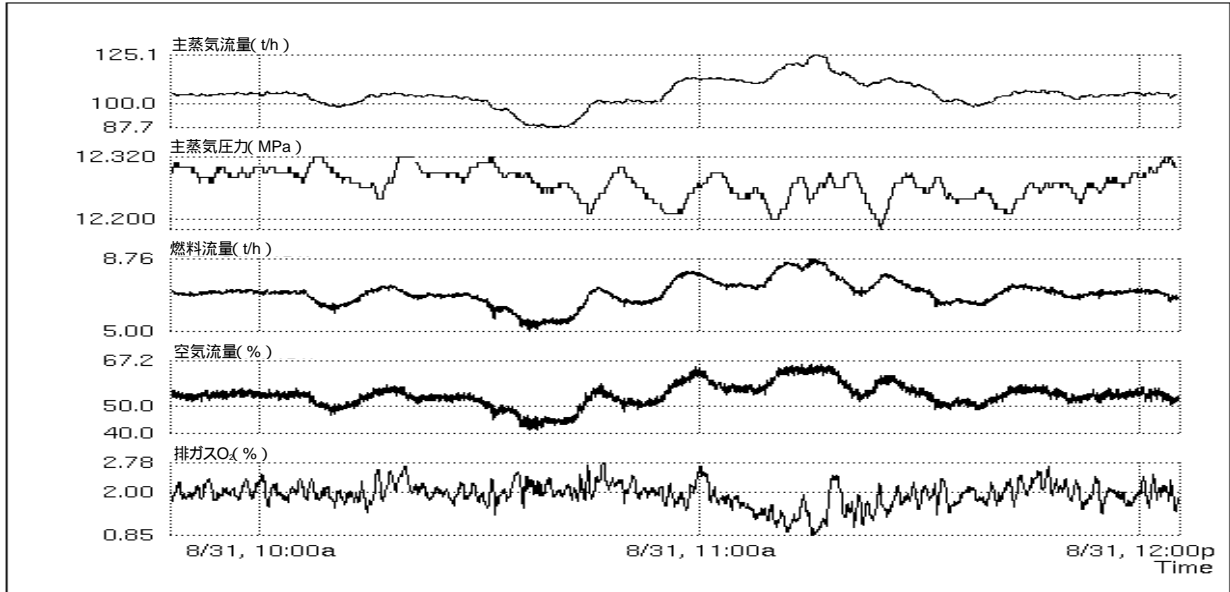


図1 ACC系データ

5.1 自動燃焼制御系に関する解析例

図1に自動燃焼制御系(ACC系)のデータトレンドを示す。図1から主蒸気流量の流量変化37 t/h(26%負荷)に伴い燃料流量は約3.7 t/h, 空気流量は約27%変化し, 排ガスO₂値は約2%以内の変化幅に抑えた範囲で制御され, 結果, 主蒸気圧力は±0.1 MPaの偏差内で良好な制御が行われていることが判る。

次に燃料, 空気の各流量制御について解析を行った。燃料流量の要求流量に対する実流量の偏差の正規分布, 及び空気流量の要求流量に対する実流量の偏差の正規分布をそれぞれ図2, 3に示す。これは燃焼制御の核となる燃料, 空気が要求通りの値に制御されているかどうかの度合を示すもので, 中央の偏差ゼロの付近に集中していれば制御は良好, 広がりが多くなれば制御が不適当であることを示している。図2を見ると, 燃料流量はほぼ

良好, 図3の空気流量は広がりが多く, 制御性に若干の問題が有ると言える。空気流量制御に問題が有りそうだということが見い出せたことから, この空気流量制御系に絞って解析を進めていく。

図4は, 空気流量制御を行う操作端であるFDF(Forced Draft Fan)入口ベーンの開度と流量の関係を示したものである。PI制御で流量制御を行う場合, その操作端への信号と, その制御量がリニアの関係かそれに近い状態にあることが望ましいが, 図4はベーン開度に対する空気流量が一定せず, 開度を変えても流量の変化が小さい状態にあることが判る。

図5は, 負荷(主蒸気流量)に対するFDF出口ダンパの開度と入口ベーンの時系列データである。図5からFDFの出口ダンパを負荷変化に併せて手動操作していることが判明した。

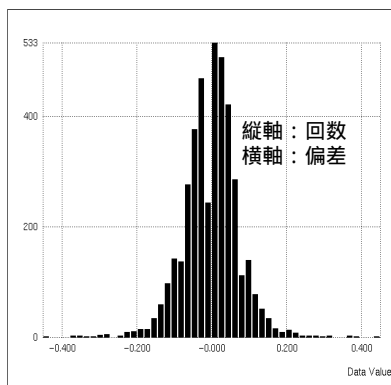


図2 燃料流量偏差

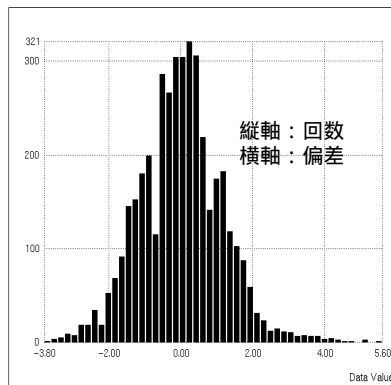


図3 空気流量偏差

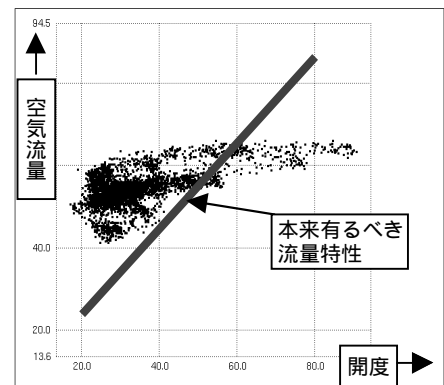


図4 FDF入口ベーン特性

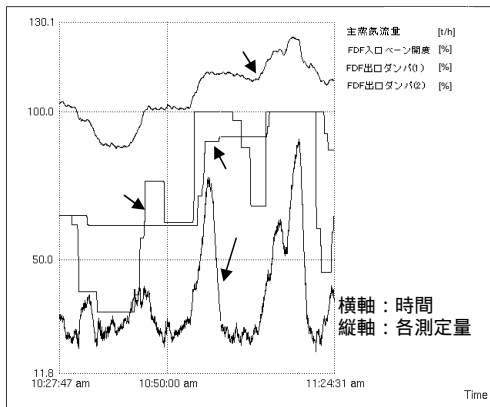


図5 ダンパ操作による空気流量制御

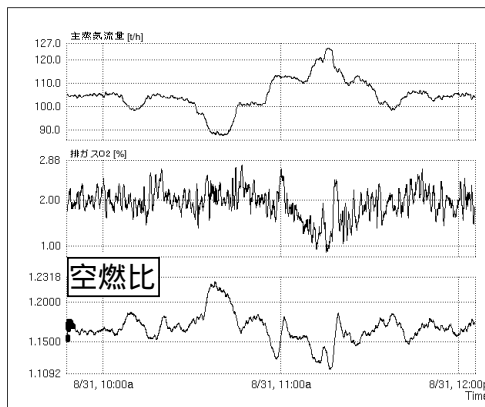


図6 空燃比の動向

図6は、負荷(主蒸気流量)、排ガスO₂値、計算した空気燃料比率(空燃比)の動向を示したものである。図6から判る通り、空燃比は1.23~1.1の間で制御されている。手動介入の目的が明確にならないが、結論を言えば空気流量は出口ダンパによる手動制御がかなりの部分を占めており、操作員の作業負荷が非常に高い運転であるということになる。この問題に対し、空気流量制御の再調整及びFDF出口ダンパのプログラム制御追加を提案した。この提案に従って変更、調整を実施することにより、FDF出口ダンパが負荷に見合った適正な開度に自動的に動作するようになり、手動介入無く負荷変化に追従できる良好な結果が得られた。

5.2 ドラムレベル発信器に関する診断例

図7は、ドラムレベル測定(ウェットレグ方式)の施工例である。ウェットレグ方式で正確なレベル計測を望む場合、最大のポイントは基準水(導圧管内の凝縮水)の比重である。この施工例では、基準脚側(L側)が過剰保温(コンデンスポット及び基準脚の保温)されているため、

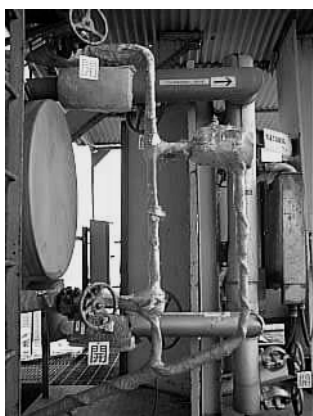


図7 ドラムレベル発信器施工例

基準脚温度が設計値より高くなり、基準水の比重が設計値より小さくなることで誤指示になること、コンデンスポット部分の温度がドラム内の飽和水温度に近くなると、圧力変動によりコンデンスポット内で蒸発が起り、基準水のレベルが変動してレベル指示が安定し難くなることが考えられる。この問題に対して、コンデンスポット部分と基準脚部分の保温を取り外す提案を行った結果、基準水温度が安定し、正確なレベル計測が行えるようになった。

6. おわりに

環境保護が地球規模で意識されるようになった現在、旧態のボイラプラントを最小のコストでいかに適合させていくかが重要であり、大規模な設備投資をすること無く適合のソリューションが提供できるBLRREは、時代の要求に合った商品と言える。現在のところ、お客様のサイトで必要なデータを採取しているが、情報化技術の革新により通信インフラが整いつつあり、サイトへ行かなくてもオフィスに居ながら必要なデータの採取やソリューションの提供が可能になる。当社では、今後情報化技術を活用した次の2項目の提供を予定している。

- (1) データベース(DB)を利用したインフォメーションエンジニアリング
顧客データベースに基づいた設備経年劣化の予測、それに伴う各制御系の制御性悪化からくる効率低下などを、随時お客様へインフォメーションを提供する。
- (2) リモート診断エンジニアリング
お客様の希望する時間に、リモートで診断、調整、設定ができる新しいシステムを提供する。

*2 DARWINは横河電機(株)の登録商標です。

*3 Insightsは米国 Pavilion社の登録商標です。