

# ボイラ寿命評価システム(B-LECCS)の開発

Development of Boiler Life Estimation of Creep and Corrosion System “B-LECCS”



佐々木 宏二<sup>\*1</sup>

Kouji Sasaki

川上 善道<sup>\*2</sup>

Yoshimichi Kawakami

上林 正和<sup>\*3</sup>

Masakazu Kamibayashi

山田 健治<sup>\*1</sup>

Kenji Yamada

佐藤 繁博<sup>\*4</sup>

Shigehiro Satou

大崎 展弘<sup>\*5</sup>

Nobuhiro Osaki

国内外で稼働中の自家発ボイラの多くは、既に運転時間が15万～35万Hrに達しており、長時間運用に伴うボイラの漏えい事故を未然に防止するため、余寿命診断がますます重要になってきている。しかしながら、コストと労力を要する点検時期を合理的に決定することは困難であった。そこで、このたび、過去30年以上の点検結果を統計的に解析して、ボイラの運用年数、燃焼形式、設計圧力、温度等の諸元をもとに、チューブのクリープや腐食減肉に対する余寿命を予測し、詳細点検時期の決定につなげられるシステムを構築したので、これを紹介する。

## 1. はじめに

ボイラは長時間の運転で経年劣化するため、点検によって各部位の余寿命を評価し、必要箇所の補修を行うとともに部品の定期更新を行わなければならない。

これによって、障害及び事故を未然に防止するとともに、次の計画停止時までの長期連続安全運転が可能になる。

そこで、この点検時期を決めるための支援ツールとして、ボイラの型式や運用諸元をもとに、500℃程度の高温度部(過熱器管と管寄せ)の腐食減肉を考慮したクリープ余寿命、及び、300℃程度の部位(水管、火炉管、節炭器管)の腐食に対する余寿命を推定するシステムを開発した。また、本システムはデータベース化された過去の損傷事例を用いて、対象とするボイラの点検の要点を表示、出力して点検計画を支援する機能も有する。以下にシステムの内容を紹介する。

## 2. ボイラ諸元の入力

本システムのログイン画面を図1に示す。システムにはインターネット経由で管理用サーバにアクセスし、ボイラ運用先と協議しながら、入力条件を変更しつつ評価することも可能である。

また、対象ボイラの型式、運転諸元の入力画面を図2に示す。ボイラ名称、ボイラ型式、蒸気圧力、蒸気温度、燃焼方式、燃料、納入年等を入力する。これらの諸元は後述するチューブのクリープや腐食評価のパラメータの一部として用いられ、個々のボイラ情報として登録しておき、適宜活用することが可能である。

なお、この画面の右下には、評価対象ボイラの稼働年数に対応して、同型式ボイラの手炉管、過熱器管、管寄せ等の部位ごとに過去に経験した損傷件数が表示される。

\*1 技術本部横浜研究所

\*3 技術本部横浜研究所 工博

\*5 原動機事業本部サービス統括部グループ長

\*2 技術本部横浜研究所主席研究員 工博,技術士(機械)

\*4 横浜製作所原動機サービス部グループ長



図1 システムのログイン画面

インターネット経由で管理用サーバにアクセスし、ボイラ運用先と協議しながら入力条件を変更した場合も、即時評価可能である。

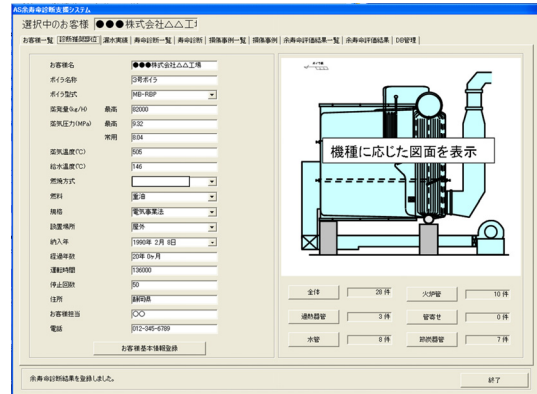


図2 対象ボイラの型式、運転諸元の入力画面  
ボイラ型式を選択入力すると、自動的に図面が表示される。設計圧力、蒸気温度、燃料等の入力情報は、この後のクリープ、腐食寿命評価に反映される。

### 3. 過去の損傷事例の抽出機能

前記の損傷件数を表示した箇所を選択すると、各々の部位ごとに運転年数と損傷頻度、更新の実績が棒グラフで表示される(図3)。また、評価対象のボイラの現時点における運転年数が矢印で表示され、過去の損傷頻度との位置づけが確認できる。また、画面上部のタブより損傷事例一覧を選択できる(図4)。この一覧から、着目箇所を選択すると、その箇所特有の損傷の状況写真、原因、対策の概要が示され(図5)、現象の理解ができる。

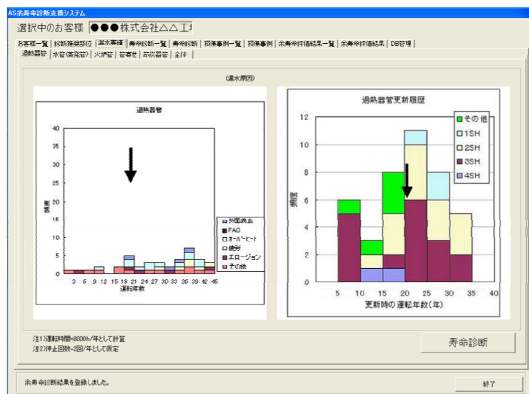


図3 運転年数と損傷頻度、更新の実績  
(過熱器管の例)

運転年数と要因別の損傷頻度の関係を表示し、また過熱器管の更新実績も表示する。評価対象ボイラの運転年数も、図中に矢印で表示される。

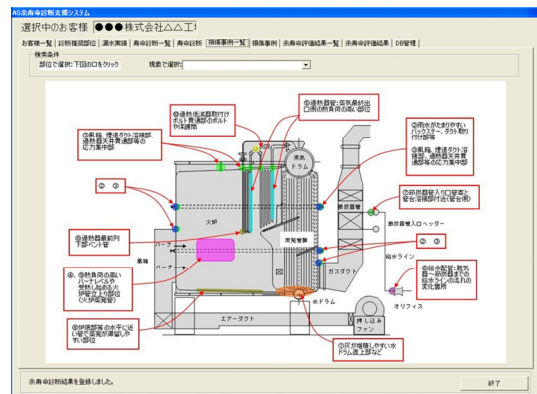


図4 場所ごとの損傷事例の選択画面

損傷が生じやすい箇所が表示され、その場所を選択すると具体的な損傷内容(図5)が示される。

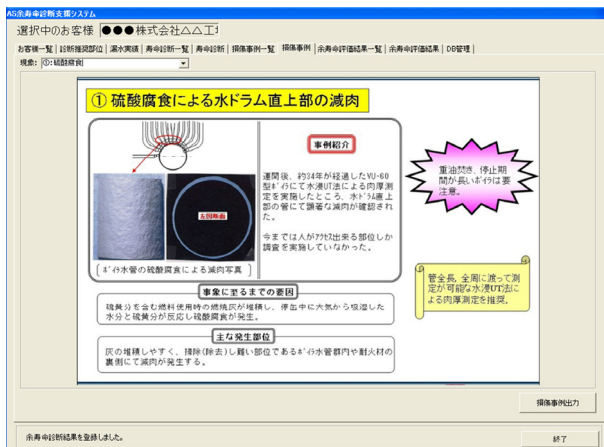


図5 損傷事例の表示

選択された箇所ごとに、過去の損傷例と原因・対策を示す。

## 4. 過熱器管のクリープ余寿命評価

過熱器管のクリープ寿命評価は、以下の流れで実施される。

### (1) 入力情報

2章で述べたボイラ型式、運用年数以外に、過熱器管の呼称肉厚、外径寸法、材質(リスト選択式)を入力する。

### (2) 評価因子

入力された材質とボイラ型式を考慮して、社内外のデータを解析して得られた以下の評価因子をシステム内で自動選択する。

- ①材質ごとのラーソンミラーパラメータの定数
- ②設計温度をパラメータにもつ腐食速度式
- ③設計温度をパラメータにもつスケール生成速度式
- ④過去の抜管調査に基づく温度補正係数

### (3) 寿命評価方法

スケール厚さの影響による管の温度上昇と、腐食減肉の影響による管の応力上昇を、運用開始時から経年的に算出し、各年のクリープ損傷率を積算していく。その損傷率が100%を超えるところを寿命として評価する。なお、管の温度とスケール生成速度の関係を図6に、減肉速度との関係を図7に例示するが、このような各評価因子のデータのばらつきを考慮して、評価寿命は上限と下限の範囲で算出している。

以上の入力、評価結果の例を図8に示す。

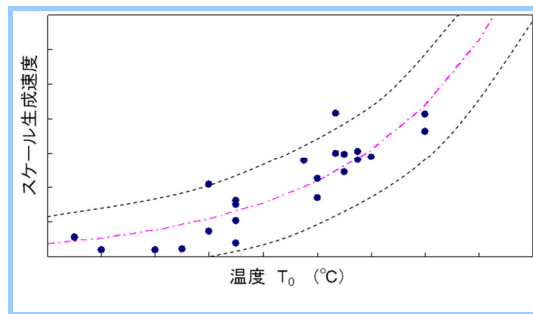


図6 過熱器管の温度とスケール生成速度の関係の例

設計温度が高いボイラは、スケール厚さの増加も著しく、経年的に管温度の上昇を助長させ、クリープ寿命を減少させる傾向がある。

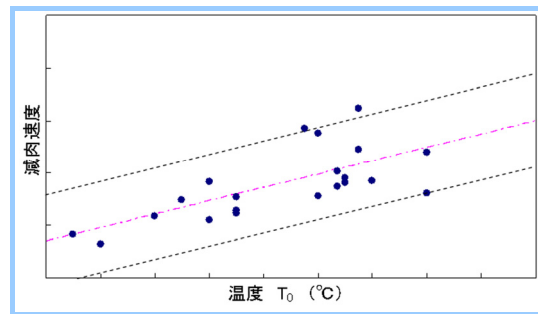


図7 過熱器管の温度と減肉速度の関係の例  
設計温度が高いボイラは減肉も著しく、経年的に管の応力を上昇させて、クリープ寿命を減少させる傾向がある。

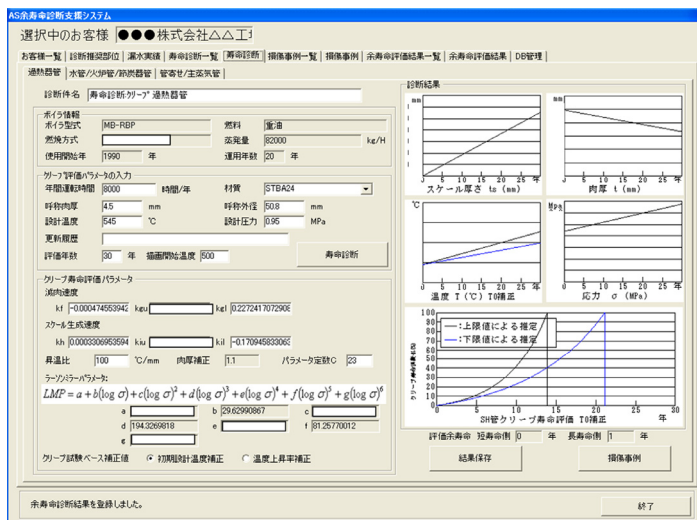


図8 過熱器管クリープ寿命評価の例

管材質などの条件を選定すると、運転年数に対するスケール生成厚さと伝熱悪化による管の温度変化、腐食による肉厚減少と管の応力上昇を表示し、それらを考慮したクリープ寿命評価結果を表示する。

## 5. 水管、火炉管、節炭器管の腐食余寿命評価

水管等の腐食寿命評価は以下の流れで実施される。

### (1) 入力情報

前記の運用年数、燃焼方式などのほかに、対象とする管の呼称肉厚、外径寸法、材質(リスト選択式)を入力する。

### (2) 評価因子

水管(蒸発管)、火炉管、節炭器管ごとに、燃焼方式と燃料(重油、混焼、ガス、石炭等)によって変わる腐食速度式をシステム内で自動選択する。なお、ボイラの設置場所が屋外の場合、雨水による外面腐食が問題になることがあり、2章のボイラ諸元入力において設置場所の選択肢を屋外にすると、雨水腐食の評価も実施される。

### (3) 寿命評価方法

まず、JIS B 8201<sup>(1)</sup>に従って、管の材質ごとに、設計温度に対する許容応力  $\sigma_a$  を抽出する。さらに同規格に準拠して、 $\sigma_a$  と外径、設計圧力から管の必要肉厚  $t_{sr1}$  を算出し、管径に応じた最小肉厚  $t_{sr2}$  と比較して、両者のうち大きい方を必要最小肉厚  $t_{sr}$  とする。

そして、燃料・燃焼方式ごとの腐食減肉と、屋外設置の場合の雨水腐食による減肉を算出し、管の肉厚が必要最小肉厚  $t_{sr}$  を下回ったときを寿命と判断する。

以上の入力、評価結果の例を図9に示す。

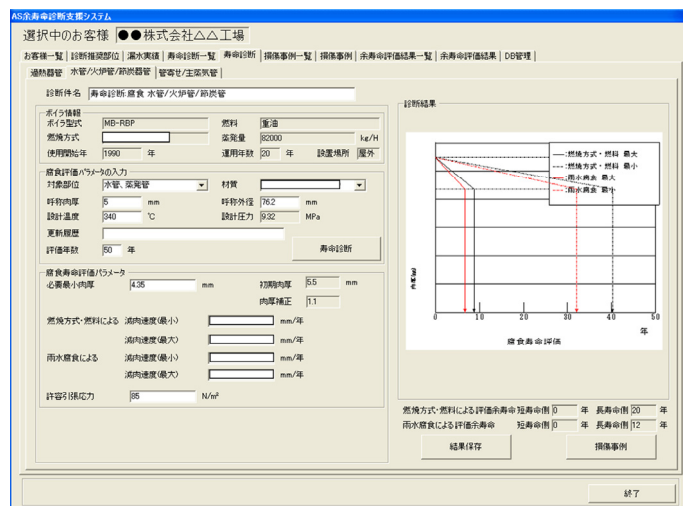


図9 水管、火炉管、節炭器管の腐食評価の例

燃焼方式、燃料などの条件を選定すると、運転年数に対する管の肉厚変化を表示し、肉厚が必要最小値を下回ったときを寿命と判断する。

## 6. 管寄せ、主蒸気管のクリープ余寿命評価

管寄せ等のクリープ寿命評価は以下の流れで実施される。

### (1) 入力情報

前記の運用年数などのほかに、対象とする位置、管の材質(リスト選択式)を入力する。

### (2) 評価因子

管寄せ、主蒸気管に対して、材質ごとに従来の点検結果をもとに統計解析したクリープ寿命消費率の式を自動選択する。

### (3) 寿命評価方法

クリープ寿命消費率の上限、下限の式によって寿命の範囲を算出する。

なお、この評価の元になっている管寄せ、主蒸気管の点検結果のデータは、組織対比法、ボイド個数密度法、Aパラメータ法等<sup>(2)</sup>によるものである。したがって、前記の過熱器管のように抜管してクリープ試験を行っている場合よりも評価誤差が大きいと考えられるため、経産省の余寿命診断に関する指針<sup>(3)</sup>により、診断によって得られた余寿命の50%を評価余寿命としている。

以上の入力、評価結果の例を図10に示す。



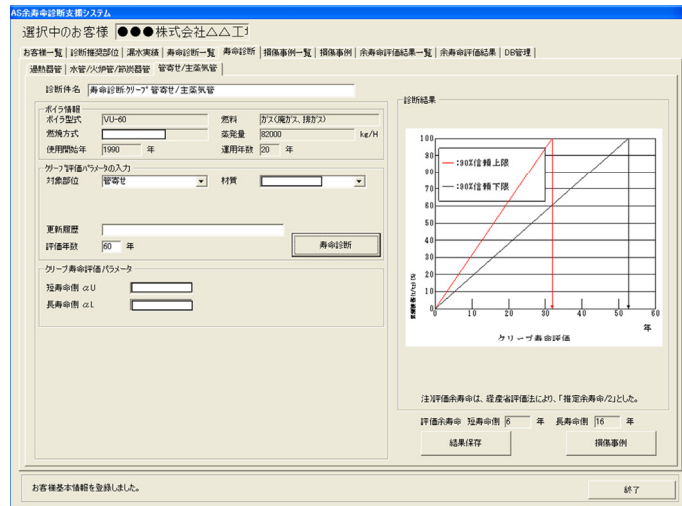


図10 管寄せ、主蒸気管のクリープ寿命評価の例  
管材質などの条件を選定すると、クリープ寿命評価結果を表示する。

## 7. まとめ

過去 30 年以上にわたって蓄積された、産業用ボイラ 1500 件の点検・更新データをもとに、ボイラの型式、運用年数、燃料、燃焼形式等の運転条件から、過熱器管などのクリープ寿命や水管などの腐食寿命を推定するシステムを構築した。このシステムによって、詳細な点検を行う前に、現在運用中のボイラの不具合発生リスクを知ることができ、合理的な保守計画を立てることができる。

なお、近年バイオマスボイラ等も多くなってきたが、このような新形式のボイラのデータも蓄積中であり、今後も多様なメンテナンス計画のニーズに対応していく所存である。

## 参考文献

- (1) 陸用鋼製ボイラ構造, JIS B 8201, 2005
- (2) 西村宣彦ほか, 定検時期変更のための三菱火力ボイラ・配管寿命診断システム, 三菱重工技報, Vol.37 No.1 (2000) P.46~49
- (3) 経済産業省原子力安全・保安院(NISA-234c-05-7)平成 17 年 10 月 18 日原院第7号(平成 17 年 11 月 1 日付)余寿命診断に関する指針