

音響式燃焼ガス温度計の開発

ボイラ用CTスキャナーの開発

Development of an Acoustic Combustion Gas Temperature Meter

A CT scanner for monitoring boilers

(電力技術研究所 機械研究室)

火力発電所ではボイラの燃焼ガス温度分布を測定することにより、燃焼状態の監視やボイラ水冷壁管の汚れの監視等を行うことができる。特に、石炭火力発電所等における燃焼ガス温度の監視は、ボイラの高効率運転の維持に有効であるが、現状では通常運転中の燃料ガス温度分布の測定は困難である。このため、燃焼ガスを伝播する音波の音速と温度が比例することを利用した音響式燃焼ガス温度計を開発した。実機で実証試験を行った結果、実用化の見通しが得られた。

(Electric Power Research & Development Center,
Mechanical Engineering Research Section)

A boiler in a thermal power plant can be monitored for its burning conditions and the contamination of the boiler cooling water pipes, by measuring the temperature distribution in the boiler combustion gas. While monitoring the combustion gas temperature in coal-fired power plants, in particular, is very helpful in keeping the boiler in highly efficient operation, it is very difficult to monitor temperature distribution during operation. To provide real-time monitoring, we have developed an acoustic combustion gas temperature meter based on the fact that sound velocity in a combustion gas is proportional to its temperature. Through tests on a boiler in operation, we found a bright outlook for practical application.

1 音響式燃焼ガス温度計の必要性

ボイラの燃焼ガス温度の測定は、ボイラ点火から発電機併入までの間、再熱蒸気管の焼損防止のため熱電対を炉内に挿入して測定しているが、通常運転中の燃焼ガス温度は、熱電対の耐熱温度以上になるため測定を継続することができない。

通常運転中の燃焼ガス温度および分布が測定できれば、バーナ毎の燃焼監視やボイラ水冷壁管の汚れ等が検知できるため、これにかなう温度計の開発が望まれていた。

2 燃焼ガス温度を非接触で測定

音波が、燃焼ガス中を伝播する速度は、ガス温度の $1/2$ 乗に比例することから音速を測定することにより燃焼ガス温度を求めることができる。音速は、スピーカから発信された音波が、炉内の燃焼ガス中を伝播してマイクロフォンで観測されるまでの時間を測定して求める。

音響式燃焼ガス温度計のセンサは、スピーカとマイクロフォンを一体化した送受波器で音波の送受信が行えるようにしたものである。送受波器は、ボイラ炉壁に設けられている覗き窓を利用して炉外に取付けられ炉内に向かって音波を発信する。

炉内では、燃焼に伴って発生する燃焼音等の大きなノイズが存在するため、送受波器で発生する音波は、ノイズと区別できる音圧レベル以上とする必要がある。このため、送受波器は、内蔵するスピーカを3連ホーンとして音波の音圧レベルを大きくしている。

(第1図)

このように、音波を利用した温度測定法は、炉外に取付けられた送受波器により炉内の燃焼ガス温度が測定できるため、高温の燃焼ガスを連続して測定することが可能となった。

3 燃焼ガス温度分布測定が可能

複数の送受波器をボイラのある断面に配置することによって温度分布を求めることができる。

第2図に示すように、たとえば、6個の送受波器を配置し、1個の送受波器から音波を発信させると、それに対向する全ての送受波器で音波が受信できる。

音波を発信する送受波器を順番に切替えれば、全ての送受波器間の伝播経路の音速が測定できることになる。このように音響式燃焼ガス温度計は、ボイラのある断面の燃焼ガス温度を伝播経路の数だけ測定し、CTスキャナーの方式を用いて、要素毎の平均温度を計算し温度分布図を作成して表示する。



第1図 送受波器の取付状況

4 性能試験結果

音響式燃焼ガス温度計の測定精度を評価するため、円筒容器内に燃焼ガスを模擬したガスを封入して音速測定を行い理論値との比較を行った。

この結果、音響式燃焼ガス温度計の音速の測定値は、理論に対して約±0.2%の誤差であった。これは温度誤差に換算すると約±0.4%の誤差である。

5 実証試験

音響式燃焼ガス温度計の実用性を確認するため、武豊火力発電所1号ボイラで実機試験を行った。

実機では、炎の揺らぎにより燃焼ガス温度が変化することや高ノイズ環境に影響されて測定結果にバラツキが出る。

この測定値のバラツキは、音波の伝播経路の長さや

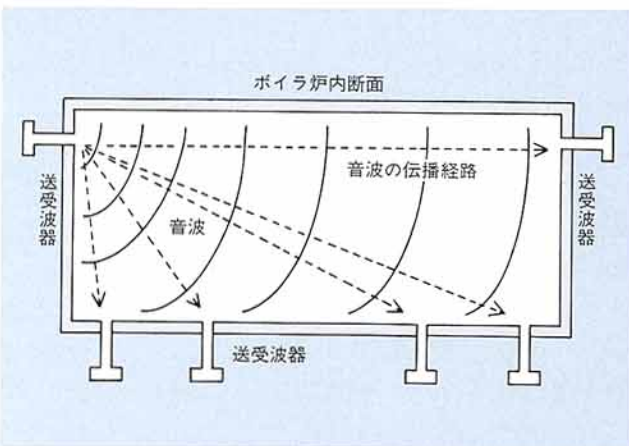
ボイラ負荷の増加によって大きくなった。

測定結果を第3図に示すが、音響式燃焼ガス温度計と熱電対温度計の測定結果は、ボイラ点火直後では良い一致を示したが、ボイラの昇温が進むにしたがって燃焼ガス温度の測定値が熱電対温度計の測定値より高い値を示した。

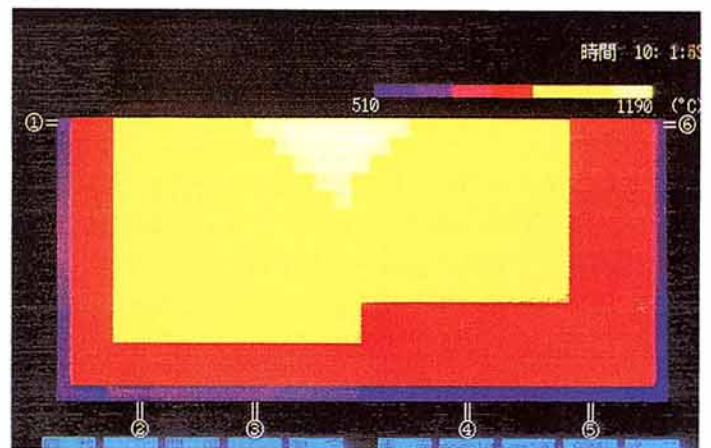
100%負荷付近では、赤外線温度計との比較を行ったが両測定結果は、ほぼ一致した。

第4図は、ボイラ負荷を100%に保持して燃焼ガス温度を測定し、これを計算機でグラフィック処理をして温度分布を表示したものである。

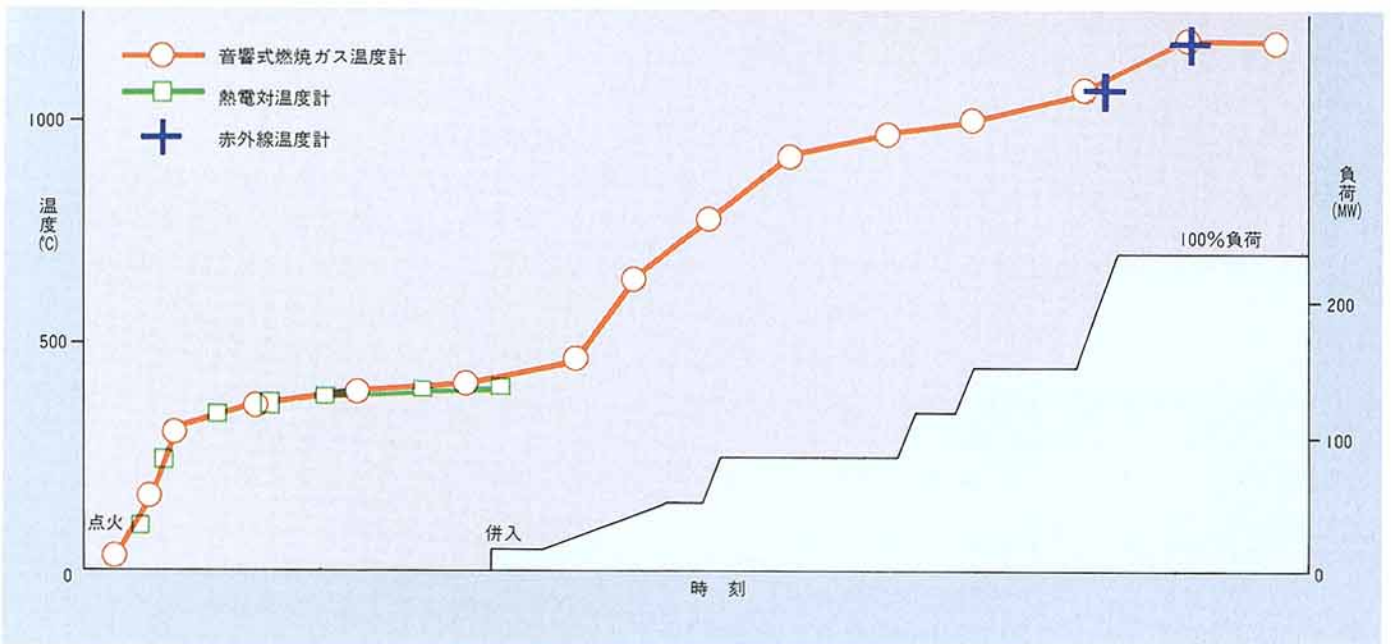
本試験で使用した送受波器数は6個に制限されたため、分割できる要素の数は10個と少なく、温度分布図は比較的きめの荒いものとなったが、音響式燃焼ガス温度計は、送受波器の数を増やすことによってきめ細かな分布図を作成することができる。



第2図 送受波器の配置と音波の伝播経路



第4図 炉内ガス温度分布の測定結果



第3図 起動過程の燃焼ガス温度測定結果