

学位論文題名

工業用間接加熱式燃焼炉用バーナの 燃焼騒音と伝熱に関する研究

学位論文内容の要旨

管内燃焼器からはしばしば共鳴音による騒音事例が報告され、問題となる場合がある。これは、機器類のコンパクト化、高負荷化への流れの中で燃焼に伴う騒音、ひいては管内燃焼器の騒音が増加することに起因する。

しかし、工場等における作業環境の改善への動きから、工業用燃焼器の騒音低減のニーズが高くなってきている。従来では、送風機等のバーナ周辺機器がかなりの騒音を発生していたが、最近ではこれらから発生する騒音の低減が図られたこともあり、管内燃焼器から発生する騒音が問題として上がり、対策が求められることが多い。しかしながら、現状では試行錯誤的に騒音低減の試みがなされる場合がほとんどであり低減対策手法として確立されたものはない。都市ガス燃料とする実用的な管内燃焼機器としては、浸管バーナ(I T B)、ラジアントチューブバーナ(R T B)などがあり、これらは間接式加熱装置で利用されるものである。各バーナの形態は多様であるため、汎用的に利用できる基礎技術の確立が重要である。さらに燃焼器の騒音が問題となる場合、解析を行うために長期間を要するものでは現実的でなく、機器の開発者の抱える問題、現場で発生した課題の解決に即応できるものであることが要求される。

これまでの研究の中で燃焼器の騒音源となる管内における火炎から発生する騒音の大きさや、周波数特性については燃焼形態に特有の傾向についての報告がなされている。管内燃焼器の中でも比較的小型の家庭用燃焼器や大型の発電ボイラ等においてはこれまでも数多くの研究が報告されているが、中規模の工業用燃焼器については、あまり騒音研究開発事例がない。

そこで本研究では、工業用の管内燃焼器の中でも主要なI T BとR T Bについて、騒音低減対策指針を得るために有用な、これら燃焼機器から発生する騒音の予測解析手法を確立することを目的とする。

本論文は、5章より構成されている。

第1章は、序章であり、中規模クラスの工業用管内燃焼器から発生する騒音の現状と騒音研究の背景について述べるとともに、本研究の目的と構成を述べている。

第2章は、従来研究について述べたものであり、これまでに実施された燃焼騒音研究の経緯と、

次章以降で検討する騒音解析方法のもととなる研究について解説したものである。

第 3 章では、まず騒音計測・解析手法について検討した。騒音の計測は、無響室(20dB(A)以下)において実施した。管内ガスの温度と騒音の計測のため、燃焼機器内のガス温度分布測定用の多点型ガス温度測定プローブと、管内における局所音圧値の計測用の 1 点型測定プローブを製作した。これらを用いて計測を実施し、測定プローブによる機器から発生する騒音特性への影響は無視できるレベルであることを示した。一方解析は、工業用の間接式加熱バーナのうち比較的形状が簡易な浸管バーナを取り上げ、コールドモデルにより管内での音の伝播について調べ、測定結果により検証した。また、併せて非燃焼高温時についても検証した。その後、管内における発熱量分布を考慮した伝達マトリクス法による騒音発生モデルを用いて浸管バーナの実燃焼時における騒音予測を行い、測定データの周波数特性と比較し、本解析手法により、共振周波数が予測できることを示した。

第 4 章では、工業用の間接式加熱バーナのうち、前章で取り扱った燃焼器に比べて形状が複雑なラジアントチューブバーナを取り上げ、発生騒音について検討した。まず、ラジアントチューブバーナから発生する騒音特性を明確にするため、排気口付近における騒音を測定した。さらに管内各位置における局所音圧を測定し、周波数毎にその分布を求めた。その結果、ラジアントチューブバーナの内管内における音の伝播が本燃焼器から発生する騒音の主要因であることを明らかにした。一方、ラジアントチューブバーナから発生する騒音については、炉内で実運転時を想定した 300～900℃の炉内雰囲気温度において、前案で開発した手法により共振周波数の予測が可能であることを示した。併せてバーナの運転条件の違いが騒音に与える影響についても解析と測定により検討した。すなわち、常用で使用するターンダウン 6.9kW～定格の 15.9kW までの熱入力に対し、いずれの運転条件においても共振周波数の予測が可能であることを示した。

さらに音圧レベルの予測解析精度の向上について検討し、前章までの検討において予測精度が不十分であった燃焼器から発生する音圧レベルについて、燃焼騒音が音源から騒音測定点に到達するまでに減衰する音圧エネルギーを考慮する方法を用いることにより、解析精度を改善することができることを示した。

第 5 章では、本研究の結論を取りまとめるとともに、今後の展望について述べた。

以 上

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 工 藤 一 彦

副 査 教 授 山 田 元

副 査 教 授 菱 沼 孝 夫

学 位 論 文 題 名

工業用間接加熱式燃焼炉用バーナの 燃焼騒音と伝熱に関する研究

管内燃焼器からはしばしば共鳴音による騒音事例が報告され、問題となる場合がある。これは、機器類のコンパクト化、高負荷化への流れの中で燃焼に伴う騒音、ひいては管内燃焼器の騒音が増加することに起因する。

しかし、工場等における作業環境の改善への動きから、工業用燃焼器の騒音低減のニーズが高くなってきている。従来では、送風機等のバーナ周辺機器がかなりの騒音を発生していたが、最近ではこれらから発生する騒音の低減が図られたこともあり、管内燃焼器から発生する騒音が問題として上がり、対策が求められることが多い。しかしながら、現状では試行錯誤的に騒音低減の試みがなされる場合がほとんどであり低減対策手法として確立されたものはない。都市ガスを燃料とする実用的な管内燃焼機器としては、浸管バーナ（ITB）、ラジアントチューブバーナ（RTB）などがあり、これらは間接式加熱装置で利用されるものである。各バーナの形態は多様であるため、汎用的に利用できる基礎技術の確立が重要である。さらに燃焼器の騒音が問題となる場合、解析を行うために長期間を要するものでは現実的でなく、機器の開発者の抱える問題、現場で発生した課題の解決に即応できるものであることが要求される。

これまでの研究の中で燃焼器の騒音源となる管内における火炎から発生する騒音の大きさや、周波数特性については燃焼形態に特有の傾向についての報告がなされている。管内燃焼器の中でも比較的小型の家庭用燃焼器や大型の発電ボイラ等においてはこれまでも数多くの研究が報告されているが、中規模の工業用燃焼器については、あまり騒音研究開発事例がない。

本論文は、工業用の管内燃焼器の中でも主要なITBとRTBについて、騒音低減対策指針を得るために有用な、これら燃焼機器から発生する騒音の予測解析手法を確立することを目的としたものである。

本論文の第3章では、浸管バーナを対象として、まず騒音計測・解析手法について検討している。騒音の計測は、無響室(20dB(A)以下)において実施し、管内ガスの温度と騒音の計測のため、燃焼機器内のガス温度分布測定用の多点型ガス温度測定プローブと、管内における局所音圧値の

計測用の 1 点型測定プローブを製作し、これらを用いて計測を実施し、測定プローブによる機器から発生する騒音特性への影響は無視できるレベルであることを示している。一方解析は、工業用の間接式加熱バーナのうち比較的形狀が簡易な浸管バーナを取り上げ、コールドモデルにより管内での音の伝播について調べ、測定結果により検証している。また、併せて非燃焼高温時についても検証している。その後、管内における発熱量分布を考慮した伝達マトリクス法による騒音発生モデルを用いて浸管バーナの実燃焼時における騒音予測を行い、測定データの周波数特性と比較し、本解析手法により、共振周波数が予測できることを示している。

第 4 章では、工業用の間接式加熱バーナのうち、前章で取り扱った燃焼器に比べて形狀が複雑なラジアントチューブバーナを取り上げ、発生騒音について検討している。まず、ラジアントチューブバーナから発生する騒音特性を明確にするため、排気口付近における騒音を測定し、さらに管内各位置における局所音圧を測定し、周波数毎にその分布を求め、その結果、ラジアントチューブバーナの内管内における音の伝播が本燃焼器から発生する騒音の主要因であることを明らかにしている。一方、ラジアントチューブバーナから発生する騒音については、炉内で実運転時を想定した 300～900℃の炉内雰囲気温度において、前案で開発した手法により共振周波数の予測が可能であることを示している。併せてバーナの運転条件の違いが騒音に与える影響についても解析と測定により検討し、常用で使用するターンダウン 6.9kW～定格の 15.9kW までの熱入力に対し、いずれの運転条件においても共振周波数の予測が可能であることを示している。

さらに音圧レベルの予測解析精度の向上について検討し、前章までの検討において予測精度が不十分であった燃焼器から発生する音圧レベルについて、燃焼騒音が音源から騒音測定点に到達するまでに減衰する音圧エネルギーを考慮する方法を用いることにより、解析精度を改善することができることを示している。

以上の研究により、代表的な工業用間接加熱バーナである浸管バーナ、ラジアントチューブバーナに関し、その軸方向の温度分布を測定することにより、管内の軸方向の熱発生率分布を予測し、これより共振周波数および出口騒音の音圧レベルおよびその周波数分布を予測する手法を確立できた。

これを要するに著者は、工業用間接加熱バーナの出口騒音を定量的に予測する手法を開発し、工業炉の燃焼騒音低減に寄与したもので、熱・音響工学上有益な多くの新知見を得たものであり、熱・音響工学の進歩に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。