

氏 名	国 友 孟 くにとも たけし
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 330 号
学位授与の日付	昭 和 45 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	輝炎ふく射伝熱に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 佐藤 俊 教授 福田国弥 教授 大東俊一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は輝炎からのふく射伝熱の機構を明らかにするために、輝炎ふく射において重要な役割りをなしているスート粒子群からのふく射に主眼を置いて実験的並びに理論的に研究した結果を纏めたもので9章からなっている。

第一章の緒論では、輝炎ふく射の重要性と、これに関する従来の研究の進展につきのべ、特にスート粒子群の性状とふく射伝熱との関係が殆んど明確にされていない点を挙げ、本研究を行なう意義を明らかにしている。

まず第二章では輝炎ふく射の主要部分を占めていると考えられるスート粒子群ふく射率とスート粒子群のふく射有効厚さとの関係を種々の燃料、燃焼条件について実験的に求め、且つ採集スートの粒径観察を行なった結果、スート粒子群ふく射率はふく射有効厚さのみによっては有効な整理がなし得ず、スート粒子径の影響を顕著に受けること、および従来一般に考えられていた粒径 0.1μ 以下のスート粒子以外に非常に多数の大径粒子が存在することなどを明らかにし、本実験および従来他の結果の散らばりが、いずれも従来理論結果との比較によって、定性的に粒径の影響として説明しうることを明らかにしている。ただし、従来理論では定量的にはこれら実験結果とはかなりの相違のあることをのべ、以後の研究の方向づけを行なっている。

第三章では輝炎ふく射の波長分布を $1.5\sim 5.4\mu$ の波長領域にわたって分光測定により求めており、その結果、輝炎ふく射は赤外活性気体のバンドふく射とスート粒子群の連続スペクトルふく射の重畳したものであること、スート粒子群ふく射率の実測値が従来理論値より大であるのはスート粒子群の連続スペクトルそのものが大であることによること、更にその単色吸収係数の測定値は従来理論値に比し一様に大であるが、明らかに粒径分布の影響を示していて、その傾向は従来粒径影響に対する理論結果と一致していることなどを明確にしており、続いて第四章においてはスート粒子群の単色吸収係数の実測値が従来理論値と定量的に合致しない原因を考察している。すなわち、従来理論解析を詳細に検討した結果、

スート粒子を形成している物質を純粹のグラファイト質として光学的性質を定めていた点に疑問があるとして、スート粒子の多結晶性や炭素含有率を考慮し、炭素質物質に対する多数のデータを利用して、複素誘電率を理論的に求め、これと複素屈折率との関係から光学定数を定め、この複素屈折率の値を用いて Mie 理論によって、スート粒子の単色の全吸収係数、散乱吸収係数、真吸収係数を算出し、従来の理論値に比し、はるかに実測値に合致する結果を得ている。更にスート炭化の変化に伴う炭素含有量の変化による影響も数値的に検討し、実測値の示す傾向とよい一致を見出すことを明らかにしている。

第五章は輝炎の断面内温度分布およびスート粒子濃度分布がふく射にどのように影響をするかを理論的に検討したもので、同一平均温度でも中心温度が高いほどふく射熱量が大であること、中央部温度が高い一定温度分布の状態、中央部濃度が高いほどふく射熱量が大であることなどを明らかにし、実際の輝炎に対する測定値の整理に有用な方途を示している。

第六章では実際の燃焼条件と輝炎ふく射の関係を総括的に検討するために、二基の実験炉を使用し、種々の燃料および燃焼条件での実験を行なった結果を纏めており、液体燃料燃焼炎ではスート粒子の生成量や粒径分布がバーナの種類、燃料の種類により大きく影響されること、スート粒子には種々の大きさ、形態のものが存在すること、従って輝炎ふく射もこれらにより大きく変化すること、また都市ガス燃焼炎でもスート粒径の分布範囲は液体燃料の場合のそれにおとらず広いことなどを明らかにし、またスート粒子の化学組成が同一火災でも場所により異なり、これも輝炎ふく射に影響を与えることを明らかにしている。さらに輝炎ふく射中のスート粒子群ふく射率と不輝ガスふく射率の比と空気過剰率の関係を検討し、この比に対してはバーナの種類の影響が消え、燃料の種類の影響のみで上記の整理が行なえることを明確にし、これが応用面で有用であることを指摘している。続いて第七章において上記の結果を利用して、輝炎ふく射率を推算する具体的方法を提案している。すなわち、燃料の性質を燃料の比重に集約し、火災の大きさ、火災温度、空気過剰率を定めた場合にまず不輝ガスふく射率を算出する方法を示し、これと上記二ふく射率の比とよりスート粒子群ふく射率を求め、輝炎ふく射率を種々の実際の燃焼条件に対して推算する方法を示している。

第八章はスート粒子以外の固体微粒子を含む輝炎についての実験結果をまとめたもので、金属工業炉などにおける伝熱計算の基礎的資料を与えている。

第九章は以上を要約して結言としたものである。

論文審査の結果の要旨

輝炎ふく射伝熱は各種工業炉、ボイラーなどで広く利用され、また各種燃焼室などの伝熱計算に重要な役割をなしているが、複雑な燃焼現象やスート生成のあり方と微妙に関連をもつこともあって、その機構には従来不明確な点が多く、輝炎ふく射率の推定にも一般性のある方法が確立されていなかった。特に輝炎ふく射の主要部分を占めると考えられるスート粒子群の生成やその性状、およびスート粒子群ふく射とこれらの関係は殆んど明らかにされておらず、輝炎ふく射伝熱機構の解明も、大規模な研究も行なわれていたにも拘わらず、このために不十分な点が多かった。

筆者は上記の観点から、まずスート粒子群ふく射の機構を明らかにすることを主眼として、詳細な実験

的ならびに理論的研究を行ない、スート粒子群ふく射率がスート粒子群のふく射有効厚さのみによっては一般性のある整理がなし得ず、スート粒子群の性状によって大きく支配されることを明らかにし、スート粒子群の粒度分布や化学組成を綿密に測定し、スート粒子群中には従来一般に考えられていた 0.1μ 以下の粒子のほかに多数の大径のスートが存在し、且つその形態も種々のものがあることを究明し、実測値の散ばりの原因が主としてスート粒子群の粒径分布の差異により説明しうることを、従来の理論に基づいた計算により確認している。ただし、従来の理論値は定性的には実測値と一致するが、定量的には、かなりの相違があることを明確にし、その不一致の理由を詳細に検討した結果、従来の理論解析がスート粒子をその多結晶性や炭素含有量を無視して、純粹のグラファイト質として扱っている点に疑問があることを指摘し、炭素質物質に対する多数のデータを参照して、スート粒子群に対して合理的な複素屈折率を理論的に求め、スート粒子群単色吸収率の実測値に比較的良好一致する理論結果を得ている。

一方輝炎ふく射の波長分布を分光測定により求めて上記理論との比較に資する反面、輝炎ふく射が赤外活性気体のバンドふく射とスート粒子群の連続スペクトルふく射の重なったものであることを明らかにし、一部報告されていたスート粒子群のバンドふく射説を反論している。

以上本研究の前半で、スート粒子群ふく射がスート粒子群有効ふく射厚さ以外にスートの粒子の粒度分布に大きく影響され、その化学組成にも影響されることを実験的並びに理論的に明らかにし、よってスート粒子群ふく射の機構を明確にしている点は注目値する。

また本論文の後半では、主として応用面を重視して、種の燃料、燃焼条件によって輝炎ふく射が如何に影響されるかを検討し、その結果が前半の研究結果によってよく説明しうることを示すと共に、更に実際の炉において広く用いられている液体燃料燃焼炎に対して、その輝炎ふく射率を推算する方法を確立している。すなわち応用面を考えるに際して、スート粒子群の詳細なデータは必ずしも明らかでない場合が多く前半の結果が実際のものではないことを考慮し、空気過剰率、燃料の比重、火炎の大きさ、火炎温度といった実際の因子によって輝炎ふく射率を推算する方法を示して実用上非常に有益であると考えられる。

これを要するに、本論文は輝炎ふく射の本質を明らかにするために、その主要因子であるスート粒子群ふく射の機構を解明し、且つまた輝炎ふく射率を実際に推定する方法を提案したもので伝熱工学上極めて有用な資料を与えており、学術上工業上寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。