

令和 2 年 2 月 17 日

豊橋技術科学大学長 殿

機械工学 専攻
学位審査委員会
委員長 三浦 博己 印

論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	山 崎 拓 也		学籍番号	第 179104 号
申請学位	博士（工学）	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 機械工学 専攻	
博士学位論文名	Study on Limiting Behavior of Smoldering Using Low Pressure (低圧場を用いたくん焼の限界挙動に関する研究)			
論文審査の期間	令和 2 年 1 月 16 日 ～ 令和 2 年 2 月 17 日			
公開審査会の日	令和 2 年 2 月 10 日	最終試験の実施日	令和 2 年 2 月 17 日	
論文審査の結果※	合格		最終試験の結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条) 学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。 委員長 柳田 秀記 印 委 員 桑名 一徳 印 中村 祐二 印 小口 達夫 印 印 印				

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

本論文は、炎を伴わない燃焼（くん焼）における限界挙動である消炎および有炎燃焼への遷移について低圧場を活用することでその限界条件を整理し、温度計測などを併用することでその限界を決定する物理過程の特定を行うものである。本論文は全6章から構成されている。

第1章では、住宅火災の初期過程および世界的な地球温暖化や大気汚染をもたらす森林や泥炭等の広域火災の開始段階におけるくん焼の役割を明確化し、その対策としてくん焼を制御すること、そのために限界を決定する因子を特定することの重要性を述べている。

第2章では、くん焼に関するこれまでの研究例を精査し、木質系燃料におけるくん焼の消炎および有炎燃焼への遷移限界が明確にされていない事実とその課題を整理し、その不安定な非線形挙動を安定に実現させる手法導入の必要性を述べている。

第3章では、低圧場を適用することによりくん焼現象における熱および物質の輸送過程に与える影響について調査している。試料の向きを変えた際の燃焼挙動ならびに試料内部の温度の測定結果から、低圧場の利用により相対的に自然対流に起因する酸化剤輸送のかく乱を抑制し、くん焼の限界挙動を再現性高く安定して調査することが可能であることを明らかにしている。

第4章では、様々な酸素濃度環境における低圧場でのくん焼の消炎限界条件を整理し、くん焼臨界曲線を実験的に得ている。計測結果ならびに解析的検討により、くん焼の消炎限界は熱輸送と化学反応が支配する2つの限界因子で決まることを明らかにしている。

第5章では、様々な酸素濃度環境における低圧場でのくん焼から有炎燃焼への遷移条件を整理し、遷移臨界条件を実験的に得ている。臨界曲線を説明するためのモデル化を検討した結果、セミョノフの着火理論を応用することで遷移条件を説明できることを見出している。

第6章で全体の総括を行っている。

審査結果の要旨

炎を伴わずに燃焼が持続する燃焼形態として知られる“くん焼（スモルダリング）”は、有毒ガスを放出しつつ緩慢に進行し、その上、突如有炎燃焼形態に遷移するといった特徴を有する。くん焼は火災における初期過程の殆どの状態で観察されるため、その制御は火災の発生そのものを制御することにつながる。くん焼は多孔質可燃性固体の表面反応と気相反応および多相にわたる熱と物質の輸送現象に関わる複雑な現象であり、特にその限界挙動は著しく非線形である。従来の研究により、くん焼の燃焼状態の決定には輸送過程が重要になることが指摘されているものの、限界挙動についてはその限界を決定できるほどの精密な検討例が少なく、十分な理解に至っていない。また、くん焼は突如として有炎燃焼状態へと遷移する事実は知られているものの、再現性が著しく悪く、その遷移条件を正確に理解することはほぼ不可能とまでされていた。

本論文は、この未知の課題に対して圧力モデリングの概念を導入し、様々な低圧下・酸素濃度下における消炎や有炎燃焼への遷移が起こる臨界条件を明確にし、それを決める因子に対する新しい知見を提供したものである。低圧場を導入することにより、相対的に自然対流を抑制してその擾乱に起因するデータのばらつきを低減させ得ることを実験的に確認し、低圧場利用が限界挙動の把握に効果的であることを示した。極細熱電対を試料内部に挿入し、限界条件付近での試料内部温度分布の取得に成功した。くん焼の消炎限界を実験的に導き、その限界は熱輸送と化学反応が支配する2つの限界因子で決まることを明らかにしている。さらに、くん焼から有炎燃焼への遷移条件を実験的に導き、セミョノフの理論に基づきその限界条件がよく整理できることを示した。

これらの研究成果は、くん焼がもたらす火災被害の抑制を検討する際の技術指針を与えるのみならず、表面反応により発熱する多孔質固体の非線形挙動に関する支配要因を与えるものであり、可燃性固体を燃料とする燃焼工学の進展にも大きく貢献する。

以上により、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

（各要旨は1ページ以上可）