

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | シガレットの自然燃焼に関する研究  |
| Author(s)    | 三浦, 圭吾  |
| Citation     |   |
| Issue Date   |   |
| Text Version | none  |
| URL          | <a href="http://hdl.handle.net/11094/45050">http://hdl.handle.net/11094/45050</a> |
| DOI          |   |
| rights       |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

|            |   |
|------------|---|
| 氏名         | 三浦圭吾  |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学)  |
| 学位記番号      | 第18005号   |
| 学位授与年月日    | 平成15年4月16日  |
| 学位授与の要件    | 学位規則第4条第1項該当<br>基礎工学研究科化学系専攻                            |
| 学位論文名      | シガレットの自然燃焼に関する研究  |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 上山 惟一<br>(副査)<br>教授 新田 友茂 教授 平田 雄志 助教授 江頭 靖幸 |

#### 論文内容の要旨

シガレットの開発において、シガレットの燃焼はシガレット煙を生成するプロセスであるため、その制御技術の確立は重要な課題である。しかしながら、既往の研究では理論的な燃焼現象の解明は十分ではなく、合理的な燃焼制御技術は未確立である。シガレットの自然燃焼は吸煙燃焼の基礎となるばかりでなく、副流煙の生成やシガレットの他物体への着火性をコントロールする上でも重要な現象である。本研究は、シガレットの自然燃焼制御技術開発のための合理的な制御手法の確立を目的とし、自然燃焼の支配因子を具体的に特定することを念頭に置いて行った。

まず、従来の研究で得られた知見に従って、巻紙を通しての酸素拡散がシガレットの自然燃焼速度に与える影響について検討した。巻紙内での酸素拡散係数を測定し、巻紙の特性値との関係を明らかにした。また、熱分解した巻紙について酸素拡散係数を測定し、熱分解の進行に伴う酸素拡散係数の変化を明らかにした。さらに燃焼シガレットの巻紙近傍の酸素濃度を実測し、巻紙を通しての酸素流入速度を燃焼領域の各位置で求めた。これにより、燃焼速度は巻紙の酸素拡散係数に依存しないことを明らかにした。

次に、シガレット自然燃焼のモデル化を試みた。巻紙炭化線近傍の燃え広がり温度の時間変化を測定し、シガレット自然燃焼の特異的な燃え広がりをモデル化した。すなわち、巻紙炭化線近傍での間欠的な巻紙燃焼と、刻一巻紙一刻の逐次的な燃焼の伝播を見だし、新たなシガレット自然燃焼モデルとして提案した。

提案した自然燃焼モデルに基づき、シガレットの自然燃焼の燃え広がりを決定する因子を特定し、自然燃焼の制御手法を提示した。自然燃焼速度に最も影響を与えている現象を、単純化した計算モデルにより解析し、巻紙および刻の物性が自然燃焼速度に与える影響を評価した。また、刻層の構造を摸したネットワークモデルを作成し、巻紙近傍の燃焼速度がシガレット全体の燃焼速度を決定することを示した。さらに、数値計算により自然燃焼速度の制御因子であると予測された巻紙および巻紙灰の熱伝導度を実測し、モデルの妥当性を示した。これにより、シガレット自然燃焼速度の具体的な制御方を提示した。

以上の成果により、巻紙によるシガレット自然燃焼の制御指針が明らかになり、今後のシガレット開発への適用が期待できる。また、シガレット自然燃焼を支配する現象が明らかになったことで、自然燃焼シガレットで生じる他の現象、燃焼シガレットからの熱放出あるいは副流煙の生成現象などの解明の基礎的知見となることが期待される。さらに巻紙と刻層との特異な配置が燃焼に関与することを示したことで、吸煙時の燃焼も含め、シガレット燃焼機構解明の手がかりを示した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、シガレットの自然燃焼機構に関する研究であり、実験事実および観察に基づく簡明な燃焼モデルの提唱、さらに実験によるモデルの検証を経て、シガレット自然燃焼における巻紙の寄与を明らかにしたものである。

第1章では既往の研究をまとめ、シガレットの自然燃焼は酸素供給過程が支配的とされているが、そこでは巻紙の存在は無視されており、刻みの種類の影響も考慮されていないことを示している。

第2章では、主として巻紙の酸素透過を実験的に検討した。巻紙内の酸素拡散係数が窒素-酸素相互拡散係数の約1%であること、および巻紙内外の酸素濃度差から算出される酸素透過量が雰囲気からシガレット燃焼面に供給される酸素量に比べて非常に小さいことを示し、薄い巻紙ほど酸素が透過し易く、自然燃焼速度も速くなるとされていた従来定説を覆した。一方、巻紙の種類によってシガレット燃焼速度が異なることも実験的に確認し、自然燃焼に対する巻紙の関与機構解明の重要性を示唆している。

第3章では、シガレット自然燃焼の観察からシガレットの燃焼境界が間欠的に進行していることを見出し、巻紙の燃焼がシガレットと刻みとが接触した所で停止し、その刻みが再び発火する過程を経て巻紙の燃焼が進行するとするシガレット燃焼機構の簡明なモデルを提唱した。モデルに基づいて、巻紙及び巻紙の燃焼灰の熱伝導度がシガレット燃焼速度に大きく影響することを示している。また、モデルが、自然燃焼速度が大きいシガレットほど燃焼先端のコーンが突出し、燃焼速度が極端に遅く消えてしまう場合は巻紙に接した周辺部から内側に落ち込んだ逆コーン形状になると言う事実を良く説明することも示している。

第4章では、提唱したシガレット自然燃焼モデルに基づいたシミュレーションにより、巻紙の熱伝導度が小さいほど、また巻紙灰の熱伝導度が大きいほど、燃焼速度が大きくなることを示している。さらに種々添加物を加えた巻紙も含めてシガレットの自然燃焼速度および用いた巻紙とその燃焼灰の熱伝導を測定し、用いたシガレットサンプルの自然燃焼速度の増減は巻紙の熱伝導度の増減と良く一致していることを確認している、巻紙灰の熱伝導度はいずれの巻紙においてもほぼ同程度であり、燃焼速度の変化に対する巻紙灰の効果の確認には至っていない。

本論文は、シガレット自然燃焼における紙の寄与について明らかにし、その熱伝導度の制御により自然燃焼が制御出来ることを示したものである。博士（工学）の学位論文として価値の有るものと認める。