

論文審査の結果の要旨

氏名 清水 芳 忠

本論文は、「廃棄物の発熱・発火性に関する研究」と題し、廃棄物堆積時の発熱・発火危険性に着目し、廃棄物や廃棄物利用燃料など固形可燃物の蓄熱発火事故の本質的事故防止をめざし、個々の廃棄物に関して事故に至るメカニズムの解明を行うと共に、廃棄物の発熱・発火機構に対応した危険性評価手法を提案することを目的として行なった研究の成果をまとめたもので、8章からなる。

第1章は序論であり、廃棄物処理に関わる事故の傾向を調査するとともに、その中でも特に重要と考えられる、堆積廃棄物の発熱・発火に起因する火災事故、その原因として考えられる、物質の自然発火および有機物の自動酸化反応に関する既往の研究について解説し、その中で本論文の目的と研究方針について述べている。

第2章では、代表的な数種の廃棄物を対象に、化学物質のための発熱・発火危険性評価手法を用いた評価を行い、これらの評価手法の廃棄物への適用性について検討すると共に、廃棄物に特有な問題点の抽出を試みた。その結果、類似の廃棄物や類似の火災事例でも発熱の要因が異なる例が確認された他、廃棄物に対応した何らかの工夫をする必要がある評価手法の存在も確認された。また、廃棄物の場合、組成が不均一であること、および、構成成分それぞれも、廃棄されるまでの履歴が異なるものが混在していることにより、廃棄物を構成する物質の個々の危険性から想定されるよりも総じて高い危険性を示す傾向について述べており、これらを含めた上での危険性把握の必要性を示している。

第3章および第4章では、第2章で抽出された問題点を踏まえた上で廃棄物の発熱・発火危険性を把握する評価手法を構築し、シュレッダダスト等の混合廃棄物やRDFのような廃棄物利用燃料についてのケーススタディを行った結果について述べている。

シュレッダダストを用いた検討では、シュレッダダスト中のアルミと水分との反応熱が初期発熱および蓄熱領域での発熱速度上昇に寄与していること、および、銅の影響による発火温度の低下効果などを示した。また、断熱下での検討により95°C付近から酸化分解反応による蓄熱が開始されることを示すとともに、C80測定では把握できなかった初期発熱に関する水分の影響を、高湿度条件のワイヤバスケット試験により示している。

RDFを用いた検討では、RDFと水との接触による混合熱、および、その後の継続的な微少発熱により酸化反応が顕著となる温度まで徐々に内部温度が上昇すること、さらに80°C前後から促進される酸化分解発熱により発火にまで至る可能性を見出している。また、化学発光強度測定から、RDFは少量の過酸化物を含有しており、これを開始剤として室温程度から自動酸化反応が進行することを示し、化学発光測定が初期自動酸化の評価に有効であることを明らかにした。

以上二つのケーススタディから、水分等の影響による初期発熱と廃棄物中のポリマー等の劣化による酸化分解開始温度の低下効果が廃棄物の発熱・発火危険性に大きく寄与

していることを見出した。また、不均一な混合物であるが故に単一の評価のみでは把握できない廃棄物の危険性を、大容量試料を用いるワイヤバスケット試験、および、複数の評価方法を組み合わせた検討により評価することの重要性について述べている。

第5章では、RDFを想定したモデル物質を利用して、発熱・発火危険性に対する試料劣化の影響を化学発光強度測定により検討した結果について述べている。ここではまず、試料劣化により蓄積した過酸化物質が化学発光法により把握可能であること、および、過酸化物質の蓄積により酸化蓄熱の開始温度が低下する傾向があることを見出した。また、化学発光測定により得られる試料の酸化劣化速度が、試料の初期の劣化度合いに影響されることを示している。これらの検討結果より、廃棄物の発熱・発火危険性と構成成分の劣化との関係を明らかとし、また化学発光により廃棄物の発熱・発火危険性の把握が可能であるとしている。

第6章では、熱発火理論および伝熱計算を利用した簡易計算モデルを構築し、前章までの危険性評価の妥当性を検討した結果について述べている。計算に用いた物性値は各種測定から得たものを、Semenovモデルにより妥当性を検証した後に使用した。また、酸化蓄熱による試料温度予測と実験結果の比較により、構築したモデルの妥当性を確認した結果、発熱速度の温度依存性を正確に計算モデルに代入することの重要性を指摘している。また、初期発熱がその後の蓄熱に大きな影響を与えることを、計算から予測しており、熱分析による危険性評価によって得られた初期発熱の重要性が計算モデルからも示唆されることを示した。簡易計算モデルの問題点についても考察しているが、廃棄物の伝熱と発火限界に関しては、本簡易モデルで十分に予測可能であることを示している。

第7章では、これまでの検討結果を基に、廃棄物の発熱・発火危険性評価手法の構築を行っている。廃棄物堆積時の発熱・発火危険性については、初期発熱の効果が重要となるため、評価対象の初期発熱の有無や水分を中心とした影響因子の評価を行う「初期発熱危険性評価」、劣化による過酸化物質の蓄積に着目し、発火に至る酸化発熱の評価を行う「酸化発熱危険性評価」、廃棄物の自然発火温度や自然発火温度を低下させる要因を検討する「自然発火危険性評価」の三つの領域に分けて検討を行うことを提案した。なお、本研究における評価方法は熱分析機器を利用して微少発熱や酸化蓄熱を評価するため、評価対象は構成成分の大部分が有機物である廃棄物に限られ、粉碎試料を代表値として扱うことが困難なサイズの廃棄物は評価の対象外としている。しかし、初期発熱過程および酸化分解蓄熱過程では酸素や水分との接触面積が危険性を左右するため、ある程度小さな粒子径をもつ成分のみが発熱発火危険性に関与すると仮定すれば、本研究における危険性評価手法の適用範囲を拡大することも可能であるとしている。

第8章は総括であり、本論文の成果をまとめている。

以上、要するに本論文は、廃棄物堆積時の発熱・発火危険性に着目し、数種の廃棄物を用いて発熱・発火危険性評価を行い、その発熱・発火機構を解明すると共に、その際の留意点を抽出し、堆積廃棄物の発熱・発火危険性評価手法の提案を行ったものであり、化学システム工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。