

IoT を用いた汲み取り作業時のデータ収集装置の開発

Development of an IoT device to collect data during night soil pumping

電子・機械技術部 ロボット・制御科 根本大輝 安藤久人

応募企業はバキュームカーを用いて、し尿の汲み取りを行っており、汲み取り作業時の臭いを消すために車載燃焼式消臭器を開発している。開発に際し、燃焼炉内の温度が実測できていない、燃料となるLP ガスの消費量が不明である、といった課題を抱えていた。本研究では、燃焼炉の温度変化、及びLP ガスの消費量を小型のマイコンで収集する装置を開発した。

Key words: IoT、燃焼式消臭器、温度、LP ガス消費量

1. 緒言

応募企業では、バキュームカーを用いた、し尿の汲み取りを行っており、汲み取り作業時の臭いを消すために車載燃焼式消臭器を開発している。消臭方法としてバキュームカータンク内の空気排気口に燃焼炉を設置し、有機化合物を燃焼することで消臭している。

開発に際し、燃焼炉内の温度が実測できていない、また、燃料としてLP ガスを用いるが、その消費量が不明であり、燃料の交換時期の予測がつかない、といった課題を抱えていた。

そこで、燃焼炉内の温度、及びLP ガスの重さ、燃焼時間といった3つのデータを小型のマイコンで収集する装置を開発し、課題である燃焼炉内の温度、及びLP ガスの残量を推定することを本研究の目的とした。

なお、燃焼炉内の温度は一般的に、燃焼時の温度が650[°C]から800[°C]で揮発性有機化合物が酸化分解され¹⁾、消臭されることから、この温度を指標とした。

2. 燃焼式消臭器

図1にバキュームカータンクと燃焼式消臭器の概略図を示す。燃焼式消臭器はバキュームカータンクの上に設置している。汲み取り作業は、バキュームポンプを使用してバキュームカータンク内を負圧にすることで、大気圧との差を利用して汲み取りホースにより、し尿を吸引する。このとき、タンク内の空気が臭気と共にバキュームカータンクの空気排気口から排出され、LP ガスと混合され燃焼し消臭される。空気排気口から排出される空気は、燃焼炉内中央に集中し、燃焼炉内のバーナーに直接吹き出される構造となっている。タンク内の空気量は、タンク容量の大きさやタンク内のし尿の量によって変動する。その影響によりバキュームカータンクから燃焼式消臭器への送風量が変化する。このときの燃焼炉内部の温度が不明である。

また、燃焼に使用するLP ガスノズル口径により、ガスの供給量も変動する。そのときのLP ガス消費量も不明であるため、作業中に燃焼炉が停止する懸念もある。

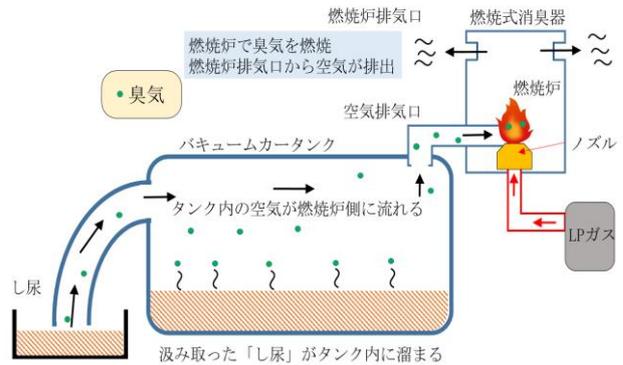


図1 バキュームカータンクと燃焼式消臭器の概略図

3. 実験

3. 1. 実験方法

3. 1. 1. 温度測定

燃焼炉の温度を測定するために、温度測定器を開発した。温度測定器の仕様を表1に示す。測定する燃焼炉の温度は800[°C]以上あると想定し、最大計測が1350[°C]の熱電対モジュールを使用した。また、同時に複数箇所の温度を測定するため、図2のとおり最大4chとした。測定する際は、K型熱電対を使用し、熱電対を保護するためにセラミックス素材の保護管を装着した。

表1 温度測定器の仕様

熱電対モジュール	MCP9600
マイコンとの通信方式	I2C
計測範囲	-200[°C]~1350[°C]
測定精度	±1.5[°C]
最大分解能	0.0625[°C]
使用した熱電対	K型熱電対
測定チャンネル数	最大4ch

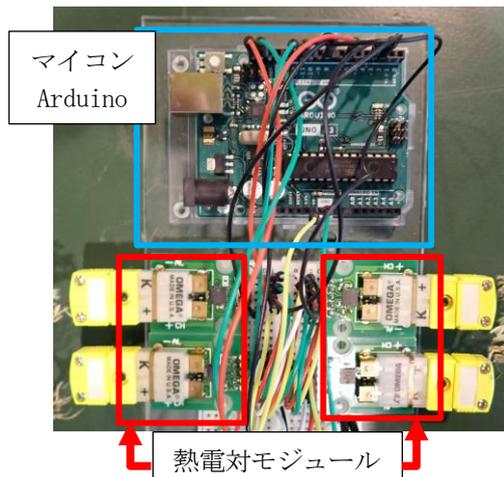


図2 温度測定器

3. 1. 2. 重量測定

LP ガス消費量を測定するために重量測定器を開発した。重量測定器の仕様を表2に示す。使用するガスボンベには 5[kg]のガスが充填でき、最大充填時の総重量は約 12.5[kg]である。よって最大 20[kg]のビーム型ロードセルを使用した。また、ロードセルのアナログ信号をデジタル信号に変換するためのモジュール基板を使用した。図3に、ボンベを設置した時の重量測定器を示す。ボンベを設置する土台として、アルミの板（上板：長さ 200[mm]×幅 200[mm]×厚さ 10[mm]、下板：長さ 230[mm]×幅 230[mm]×厚さ 10[mm]）をロードセルに取り付けネジで固定をした。

表2 重量測定器の仕様

モデル	ロードセル（ビーム型）SC133
定格容量	20[kg]（フルスケール）
定格出力	1.0±0.1[mV/V]
測定精度	0.05[%]（フルスケールに対して）
ロードセル用 AD コンバータ	HX711

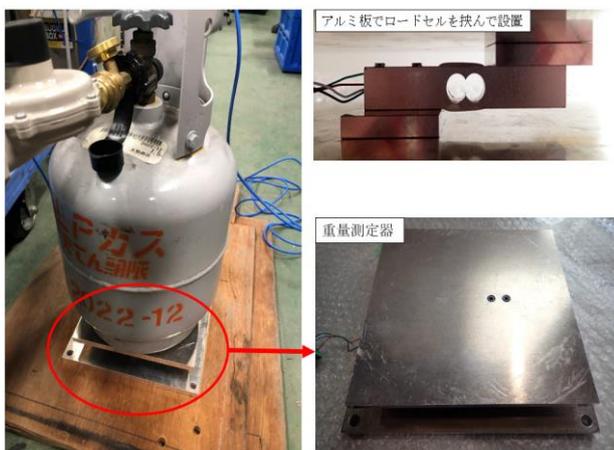


図3 重量測定器

3. 1. 3. 時間測定

時間はタクトスイッチを用いて燃焼時間を積算して測定した。図4に配線図を示す。燃焼開始時にスイッチを押すことでLEDランプを光らせ、時間測定を開始する。燃焼終了後は再度スイッチを押すことで時間測定を終了する。この時LEDランプは消灯する。

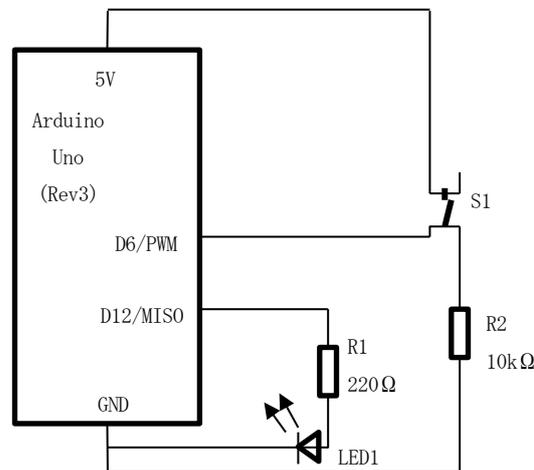


図4 時間測定器の配線図

3. 1. 4. システム全体の構成

構築したシステムの全体概略図を図5に示す。本システムでは、温度及び重量の時間変化をマイコンを用いて収集する。得られた温度、及び重量の時間変化をファイル（CSV形式）に書き込み、グラフを作成することで可視化する。測定器からの情報は1秒毎に収集し、ファイルに書き込む。各機器の接続方法はすべて有線とした。

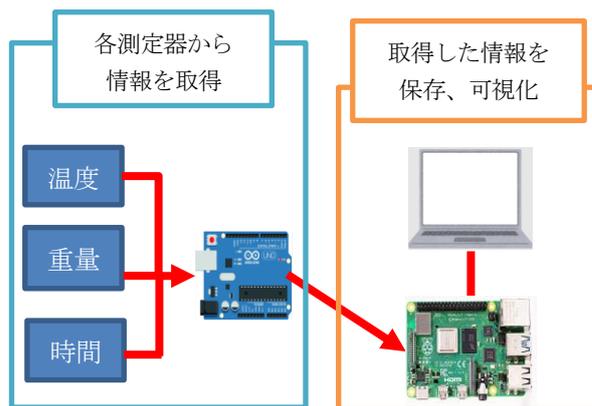


図5 システムの全体概略図

3. 2. 実験項目

測定器を試作し、以下の項目を計測した。

- ①燃焼式消臭器の燃焼炉温度測定（送風無）
- ②燃焼式消臭器の燃焼炉温度測定（送風有）
- ③LP ガスノズル口径の違いによる消費量測定
送風無は、バキュームカータンク内にし尿が溜まっ

ており、バキュームカータンクから燃烧式消臭器への送風量が小さいことを想定した実験である。

送風有は、バキュームカータンク内のし尿が少なく、バキュームカータンクから燃烧式消臭器への送風量が大きいことを想定した実験である。

燃烧は屋内で行い、バキュームカータンク上に燃烧式消臭器は載せずに測定を行った。

3. 3. 燃烧式消臭器の燃烧炉温度測定（送風無）

送風無しの場合で燃烧時の温度を測定した。図6に熱電対の設置状況を示す。温度測定をする箇所は①燃烧炉上部、②燃烧炉内中央、③排気口上部、の合計3箇所とした。LPガスノズル口径は1.2[mm]とし、測定時間は2分間（120秒）とした。

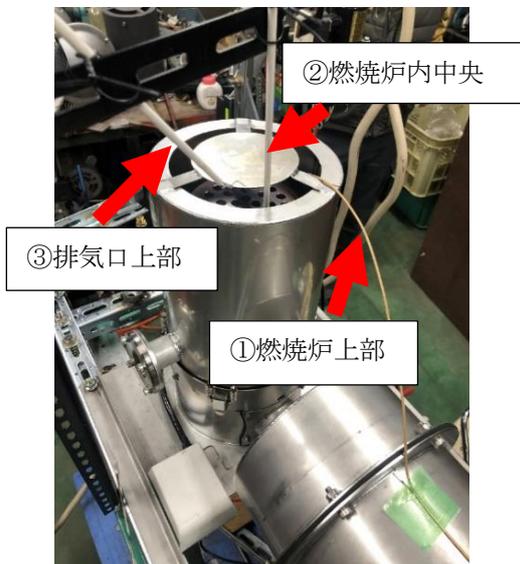


図6 熱電対の設置状況

3. 4. 燃烧式消臭器の燃烧炉温度測定（送風有）

送風有りの場合で燃烧時の温度を測定した。汲み取り作業時、燃烧炉にはバキュームカータンクからの空気が送られる。よって今回の実験では、送風機を用いて空気を燃烧炉に送りながら温度を測定した。温度測定をする箇所は送風無の場合と同じとした。LPガスのノズル口径は1.2[mm]とし、測定時間は9分（540秒）とした。

3. 5. LPガスノズル口径の違いによる消費量測定

LPガスノズル口径の違いによるLPガス消費量を測定し比較した。使用したノズル口径は①0.5[mm]、②1.1[mm]、③1.2[mm]の3種類である。燃烧式消臭器を15分間（900秒）燃烧させ、測定開始時と測定終了時の重量差から消費量を求めた。

4. 結果

4. 1. 燃烧式消臭器の燃烧炉温度測定（送風無）

図7に燃烧時の各測定点の時間変化を示す。燃烧炉内中央は時間経過とともに温度が約1000[°C]まで上昇した。燃烧炉上部及び、排気口上部は時間経過とともに温度が約600[°C]まで上昇した。

燃烧炉内中央と燃烧炉上部は、測定開始から120秒間燃烧したことによって約150[°C]温度が上昇した。排気口上部は120秒間で約200[°C]温度が上昇した。

燃烧中は燃烧炉内中央から燃烧炉上部の間で約400[°C]の差があった。

燃烧炉上部から排気口上部の間は測定開始時に約100[°C]の差があったが、測定終了後は差が縮まっていた。

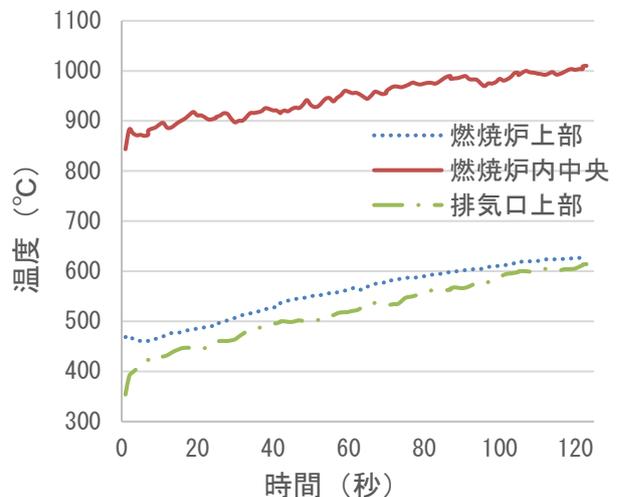


図7 送風無時の燃烧炉の温度測定

4. 2. 燃烧式消臭器の燃烧炉温度測定（送風有）

図8に送風有の燃烧炉温度の時間変化を示す。測定開始後、燃烧炉の着火と同時に送風機を使用した。着火直後は燃烧炉内中央の温度は50[°C]付近から約650[°C]まで上昇した。燃烧炉上部は約420[°C]、排気口上部は約250[°C]に上昇した。その後、時間経過とともに各測定箇所の温度は上昇するものの、ほぼ一定の温度を保った。送風有りの時は火源から遠くなるにつれて温度は低くなった。

測定から300秒経過後、燃烧炉の停止と共に送風を止めると温度が急低下し、その後、緩やかに温度が低下した。

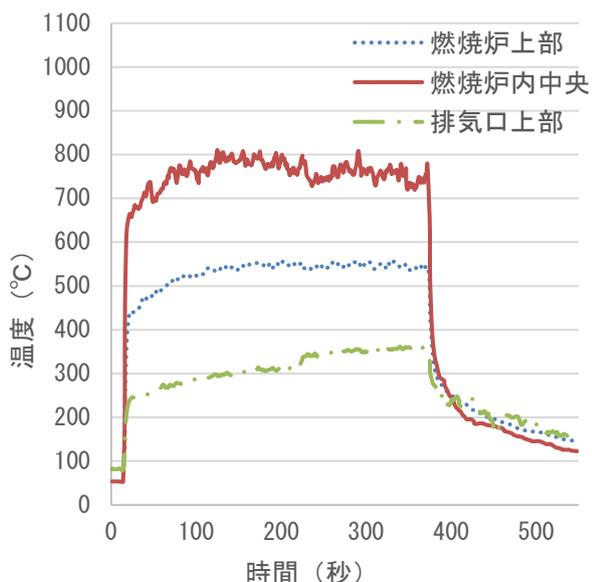


図8 送風有時の燃烧炉の温度測定

4. 3. LP ガスノズル口径の違いによる消費量測定

図9に900秒間燃焼した時のLPガス消費量(平均値)を示す。ノズル口径0.5[mm]のとき、消費量は53[g]、ノズル口径1.1[mm]のとき、消費量は74[g]、ノズル口径1.2[mm]のとき、消費量は76[g]であった。ノズル口径が大きくなるとガス供給量が増えることで、消費量が増えた。

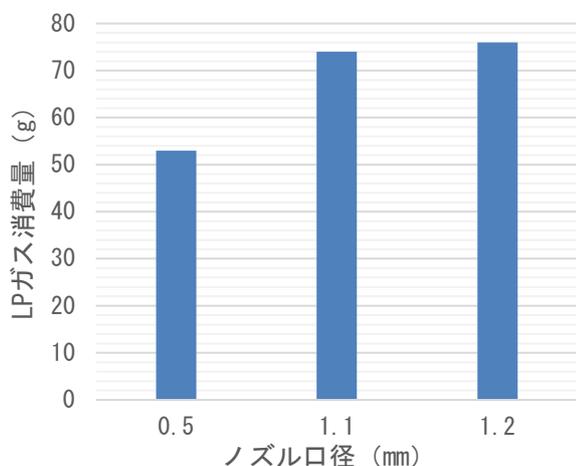


図9 LPガスの消費量

5. 考察

図7から燃焼式消臭器は、自然対流によって時間経過とともに温度が上昇したと考えられる。燃焼炉の温度と燃焼炉排気口の温度差から自然対流が発生し、燃焼炉排気口から熱が放出される。この時の燃焼炉内中央の温度は650[°C]から800[°C]の範囲を超えており、揮発性有機化合物が酸化分解されるための十分な火力を有していると考えられる。

図8から燃焼式消臭器は、送風機を用いたことで燃

焼炉内全体に熱が伝わり、送風無時よりも安定した温度を保っていた。この時の燃焼炉内中央の温度は650[°C]から800[°C]の範囲であり、揮発性有機化合物が酸化分解されるための適正な火力を有していると考えられる。

図9よりLPガスノズル口径が大きいほどLPガスの供給量が増加し、LPガスの消費量も増加すると考える。以上から、汲み取り作業時に使用するLPガスはノズル口径の大きさによって消費量を調整できると考えられる。例えば、現在使用しているバキュームカータンクの容量に対して、目的の燃焼温度に達するLPガスノズル口径を調べることで、運用コストを最適化することが可能であると考えられる。測定するためには、天候による影響、及びバキュームカーのエンジンによる振動等の条件を詰める必要があるが、これについては今後の課題としたい。また、本実験で使用したロードセルは測定精度が0.05[%]であるため、消費量に対する誤差が大きい。よって高精度のセンサーを使用した測定器に改良する必要がある。

6. 結言

本研究で、温度、重量を測定し収集するデータ収集装置を開発した。装置を用いて燃焼炉内、及び周辺の温度を測定し可視化するとともに、LPガスの消費量も可視化した。また、ノズル口径の違いによりLPガスの消費量が変わることを確認した。

参考文献

- 1) ”揮発性有機化合物(VOC)の排出抑制制度について” . 環境省. https://www.env.go.jp/air/osen/voc/17semi_mat/p08.pdf, (参照 2023-2-20)