

大規模酪農地帯における効率的なふん尿スラリー調整技術の開発に関する研究

—肥培かんがい施設におけるふん尿スラリーの温度変化—

寒地土木研究所 資源保全チーム
道東支所
道東支所

○中山 博敬
吉澤 淳
太田日出春

北海道東部の大規模酪農地帯では、かんがい用水を用いた家畜ふん尿の有効活用と、地域環境保全を目的とした国営環境保全型かんがい排水事業が進められている。家畜ふん尿に水を加えて曝気する肥培かんがい施設では、腐熟の目安としてふん尿スラリーの温度が指標の一つとして示されている。本報告では、実際に稼働中の肥培かんがい施設の流入口および調整槽で測定した液温の推移を報告する。

キーワード：肥培かんがい、曝気、液温

1. はじめに

北海道東部の大規模酪農地帯では、家畜ふん尿の有効活用と地域環境保全を目的とした国営環境保全型かんがい排水事業が実施されている。事業で整備される施設の一つに、家畜ふん尿に水を加え、空気を送り込んで混合し（以下、曝気と表記）、圃場へ散布する肥培かんがい施設がある。肥培かんがい施設の構成要素の一つである調整槽では、ふん尿スラリーを曝気することで腐熟を促進し、流動性の向上や臭気の低減を図っている。肥培かんがい施設では曝気ポンプや攪拌ポンプなどの稼働時に電力を消費する。酪農業ではふん尿処理以外にも、牛乳冷却、畜舎換気などで多くの電力を消費しており、エネルギー消費の削減が課題である。寒地土木研究所では2016年度より、良好な腐熟を維持しながら効率的にふん尿スラリーを処理する運転方法を解明し、施設の消費エネルギーを削減するための研究を開始した。曝気による好気発酵では液温が上昇するため、ふん尿スラリー温度が腐熟の指標の一つとして示されている¹⁾。そこで本報告では、稼働中の肥培かんがい施設の運転状況を把握する目的で測定したふん尿スラリー温度（以下、液温と表記）について報告する。

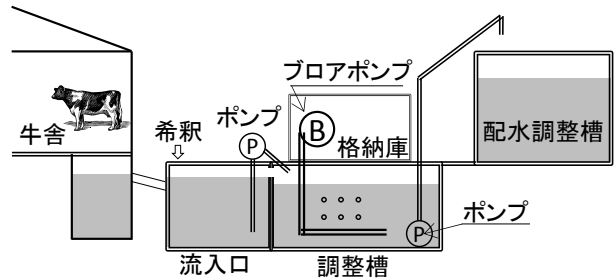


図-1 肥培かんがい施設の概要

表-1 調査対象施設の概要

施設記号	調整槽形状	調整槽容量(m ³)
A	単槽	346
B	八角形	243
C		422
D	単槽 四角形	221
E		542
F		756
G	多槽	1次 88, 2次 85, 3次 82, 4次 79, ポンプピット 72 (合計 406)

2. 方法

(1) 調査対象施設の概要

図-1に調整槽が単槽の肥培かんがい施設の概要を示す。牛舎で発生したふん尿は流入口へ流れ込み、かんがい用水により希釈される。希釈されたふん尿は調整槽へ移送され、調整槽ではフロアポンプで空気を送り込んで曝気

を行う。曝気時間は、曝気時の発泡状況などを考慮して調整されるため、施設によって異なる。曝気により腐熟したふん尿スラリーは配水調整槽へ送られ、早春および牧草刈取後に圃場へ散布される。

表-1に調査対象施設の概要を示す。稼働中の肥培かんがい施設は、酪農家の経営形態により仕様が異なる。そこで本調査では、調整槽の形状と容量を考慮した7施設

を選定した。A～Cの3施設は、近年の施工実績が多い調整槽の形状が八角形で単槽の施設である。D～Fの3施設は、調整槽の形状が四角形で単槽の施設、Gは調整槽が複数に区切られている多槽の施設である。なお、本報では計測機器の不具合等のため、施設C, E, Fを除く4施設について報告する。

(2) 調査方法

調整槽の曝気時間は、制御盤内のタイマー設定値を読み取った。いずれの施設も、ブローポンプの稼働と停止を繰り返す間断運転を行っていた。表-2に各施設の調整槽曝気時間の日合計およびブローポンプの稼働、停止間隔を示す。施設によって設定値が異なり、この違いは施設運転中の発泡状況などにより調整された結果である。

液温の測定開始日は、表-3に示したとおりである。冬期の運転状況を把握するため、施設Aのみ先行して測定を開始した。その他の施設では、2016年8月～9月に測定を開始した。図-2に液温の測定位置を示す。流入口および調整槽それぞれにおいて、底面から上方へ1mと2mの位置に温度センサーを設置した。多槽である施設Gでは、流入口、1次～4次調整槽およびポンプピットそれぞれに温度センサーを設置した。図-3に温度センサーの設置状況を示す。ふん尿施設ではセンサーやケーブルの劣化が著しいため、今回は園芸用支柱を結束バンドで継ぎ合わせ、その表面にテフロン被覆された水中センサーを取り付け、定期的にセンサーを交換する方法を採用した。液温の測定と同時に、曝気時に稼働するブローポンプが設置されている格納庫室温と、外気温を測定した。温度測定間隔は5分である。

表-2 調整槽曝気時間

施設記号	調整槽曝気時間 日合計(h)	曝気および停止時間
A	2.00	曝気0.25h、停止0.25hを8回繰り返す
B	4.00	曝気1.00h、停止0.75hを4回繰り返す
D	3.25	曝気0.25～0.5h、停止0.25～0.5hを不規則に実施
G	3.50	曝気0.5h、停止0.5～4.5hを不規則に実施

表-3 液温測定開始日

施設記号	液温測定開始日
A	2015/12/16
B	2016/8/3
D	2016/9/8
G	2016/9/7

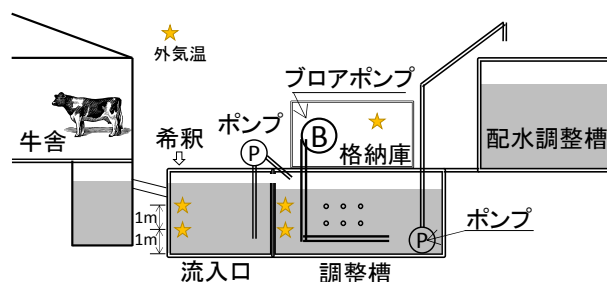


図-2 液温の測定位置 (☆印)



図-3 温度センサー設置状況

3. 結果および考察

図4～7に、各施設で測定した液温および気温の推移を示す。

流入口および調整槽の液温は、下層部または上層部で測定した温度変化に大差がない場合には、上層部の温度を示した。ただし、一部の施設では上層部の温度変化が下層部と比較して大きく異なる場合があり、その場合は下層部の温度を示した。上層部の温度変化が下層部と比較して大きく異なる要因としては、一時的に液面が大きく低下したことが考えられる。

図-4は施設Aにおける冬期から秋期の温度推移である。流入口および調整槽の液温が最も低下したのは、3月下旬から4月上旬で、調整槽の最低温度は約+14℃であった。外気温の最低気温は2月に-20℃近くまで低下しており、液温の低下は1～2ヶ月遅れて生じていることが明らかとなった。6月の測定では、調整槽温度が欠測しているが、流入口の温度推移と同様に徐々に上昇していると推察される。調整槽の最高温度は9月中旬に+28℃程度を示した。ふん尿スラリーの好氣的分解調整の適応温度は+10～+40℃と言われている²⁾。施設Aの調整槽温度はこの範囲内であり、ふん尿スラリーは好気発酵していると考えられる。ふん尿スラリーの腐熟の進行状況を考えると、調整槽の温度を30℃にすることが腐熟の目安として示されている¹⁾。しかしながら、施設Aでは調整槽の温度が30℃に達していなかった。その要因の一つとして、曝気

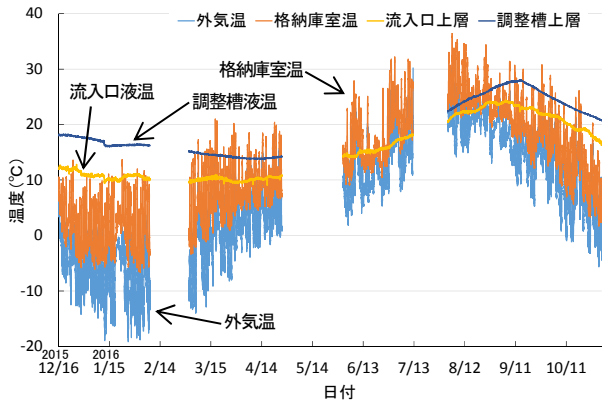


図-4 施設Aにおける温度推移



図-8 施設A調整槽内の発泡状況

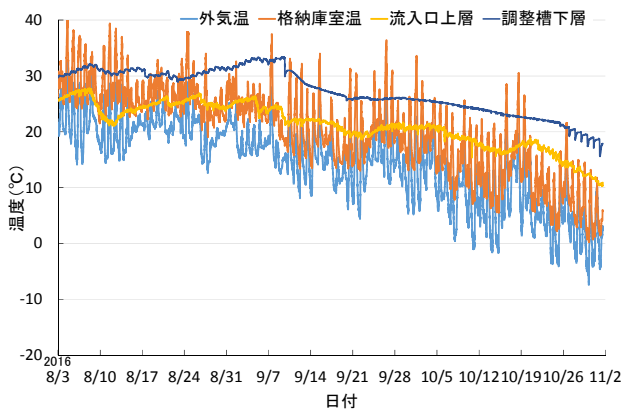


図-5 施設Bの温度推移

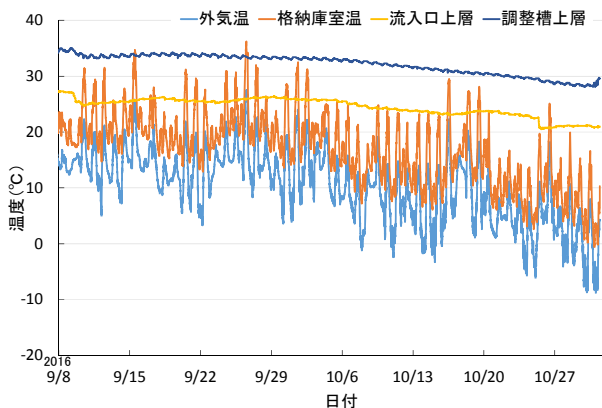


図-6 施設Dの温度推移

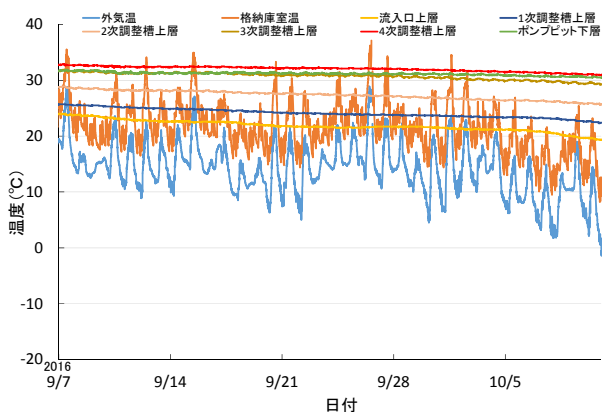


図-7 施設Gの温度変化

時間が2時間であり、他の施設より短いことが考えられる。施設Aの当初の曝気時間は4時間であったが、2015年秋に調整槽からの発泡が顕著となったため、曝気時間を4時間から2時間に変更している。現在は調整槽から泡があふれ出すことはないが、内部を観察すると調整槽上端まで発泡している場合もある(図-8)。施設を管理していく上で、著しい発泡が起こらないような運転方法を明らかにすることも重要である。施設Aでの今後の調査では、発泡時の運転状況およびふん尿性状を調査し、突発的な発泡の要因を明らかにし、曝気時間を長くしても発泡を抑制することができる運転方法を明らかにする必要がある。

図-5は施設Bにおける夏期から秋期の温度推移である。施設Bでは、9月中旬から発泡が顕著となったが曝気時間は変更されなかった。9月9日に調整槽の温度が約3°C低下しており、その後、調整槽の液温が低下傾向を示した。今回の調査結果からは9月9日の事象を明らかにすることができなかったが、調査を開始した8月上旬から9月8日までは、調整槽の液温が概ね30°Cを超えており、8月下旬から9月上旬にかけては上昇傾向を示している。施設Bの曝気時間は4時間であり施設Aの2倍である。曝気時間を長くすることで調整槽の液温を上昇させることが可能であることが施設Bの結果からわかるが、施設Bでも一時的に発泡が顕著となっていることから、施設Aの課題と同様に、発泡を抑制しながら調整槽の液温を30°C以上で維持する運転方法を明らかにする必要がある。

図-6は施設Dにおける秋期の温度推移である。10月下旬までは調整槽の液温が30°C以上で推移している。しかしながら、それ以降の液温は低下傾向を示している。施設Dは曝気時間が3.25時間であり、施設AとBのほぼ中間の曝気時間であった。この施設では調整槽の液面が他の施設と比較してやや低めに設定されているため、単位ふん尿スラリー当たりの曝気量が多くなっている可能性があり、今後の調査で明らかにしていきたい。また、調整槽の形状が四角形であることが液温上昇と関連するののかも注視していきたい。

図-7は施設Gにおける秋期の温度推移である。施設Gは調整槽が複数に分かれており、畜舎から流入口に移送

されたふん尿スラリーは、1次～4次の調整槽を経由した後、ポンプピットに貯留され、スラリーポンプで配水調整槽へ移送される。液温は、流入口<1次<2次<3次<4次調整槽の順を維持しながら推移しており、曝気時間が長くなるにつれて、液温が高くなっていることがわかる。今後、単槽の施設の温度推移と比較しながら、多槽施設でのふん尿スラリー腐熟の特徴を整理していきたい。

4. おわりに

今回の報告は調査初年度のため、現地施設の温度データと曝気時間のみの考察となった。ふん尿スラリーの腐熟には、TS（蒸発残留物）と曝気・攪拌時間が影響する¹⁾ため、次年度以降は、ふん尿スラリーの性状と曝気・攪拌時間との関係を明らかにしていきたい。

謝辞：本調査を実施するに当たり、釧路開発建設部根室農業事務所のご協力をいただきました。また、調査対象施設の酪農経営者には、計測機器の設置を快諾いただきました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 村上功, 西脇康善 (2016) : 環境保全型かんがい排水事業における肥培施設整備前後の効果検証—第九報一, 第 59 回 (平成 27 年度) 北海道開発技術研究発表会.
- 2) 小菅定雄, 山本義弘編著 (1997) : スラリーかんがい (スラリーリゲーション) その理論と実際, 331, (社) 北海道土地改良設計技術協会, 札幌.