

バイオガスの生物脱硫システムの開発

北口 敏弘, 三津橋浩行, 浅野 孝幸
 蓑嶋 裕典, 鎌田 樹志, 佐々木雄真
 山越 幸康, 岡本 英竜*, 平川 恵司**

Development of Biological Desulfurization System for Biogas

Toshihiro KITAGUCHI, Hiroyuki MITSUHASHI, Takayuki ASANO
 Hironori MINOSHIMA, Tatsuyuki KAMADA, Takema SASAKI
 Yukiyasu YAMAKOSHI, Eiryu OKAMOTO *, Keiji HIRAKAWA **

抄 録

実際の酪農家のバイオガスプラントにおいて、空気を発酵槽に供給して発酵槽とその後段に設置した二つの充填塔を用い微生物の作用によりバイオガス中に高濃度で含まれる硫化水素の生物脱硫方法について検討した。

その結果、発酵槽、充填塔 1、充填塔 2 の脱硫率は概ね 90%以上、脱硫速度はそれぞれ 3.6g-S/m²・day, 30.3g-S/m³・day, 15.1g-S/m³・day であり、脱硫装置をシリーズにつなげることで利用段階でのバイオガス中硫化水素濃度を数 ppm まで低減できた。また、発酵槽と一段の充填塔で長期間にわたって安定した脱硫性能を得ることを確認し、実用設備における生物脱硫システムを確立した。

キーワード：バイオガス, 硫化水素, 微生物, 脱硫, 空気投入

Abstract

The biogas biological desulfurization is promising as the easy hydrogen sulfide removal method, and was tried in the actual biogas plant. Air was supplied to the fermentation tub through several places with air pumps. Desulfurizer 1 is installed on a fermentation tub and desulfurizer 2 is installed behind the desulfurizer 1.

The coefficients of desulfurization at the fermentation tub, desulfurizer 1, and desulfurizer 2 were 93.2%, 89.8%, and 95.3%, respectively. Similarly, the rates of desulfurization were 3.6 g-S/(m²・day), 30.3 g-S/(m³・day), and 15.1 g-S/(m³・day). The last hydrogen sulfide concentration by connecting desulfurizers in series was able to be reduced to several ppm. The biological desulfurization system for biogas was established by this research.

KEY-WORDS : Biogas, Hydrogen sulfide, Microbe, Desulfurization, Air injection

* 酪農学園大学

* Rakuno Gakuen University

**アド・エンジニアリング株式会社

** Advanced-Technical Engineering Co., Ltd.

事業名：重点領域特別研究

課題名：バイオガスエネルギー利用における硫化水素対策技術の開発

1. はじめに

近年、酪農業をとりまく環境は内外ともに厳しさを増しており、北海道においても飼養頭数の増加、集団経営など規模の拡大により低コスト化して国際競争力の増強を図ってい

る。北海道における乳牛の一戸当たりの飼養頭数は1970年に13頭/戸であったものが2000年には87頭/戸と増加し1970年の6.7倍となっており¹⁾、今後も一戸あたりの飼養頭数の増加傾向は続くと思われる。このような規模の拡大は排出される糞尿の増加をもたらす、地下水、河川、湖沼などの環境汚染を招くケースも見られる。H11年には「家畜排泄物の管理の適正化および利用の促進に関する法律」が施行され、環境に与える負荷を極力抑えた家畜糞尿の農地還元技術の確立は急務となっている。

このような状況の中、北海道の酪農家の中には乳牛糞尿を農地還元する前に悪臭を軽減し、易分解性有機物の分解を行うために糞尿の嫌気発酵処理を行うとともに発生したバイオガスを利用して発電や温水の供給を行う施設を導入するケースが増えてきた²⁾。しかし、バイオガス中には腐食など機器に悪影響を及ぼす硫化水素が数千ppmと高濃度で含まれており³⁾、バイオガスを利用するためにはそれを予め除去しなければならない。下水処理場やし尿処理場などでは従来、悪臭を除去するために酸化鉄などを充填した塔に対象ガスを通し硫化鉄として脱臭する方法や炭酸ソーダや苛性ソーダなどを使用して脱臭する方法が用いられていた⁴⁾が、それをそのままバイオガスの脱硫に適用した場合、維持費が高価であるとともに後者は薬物の管理など酪農家には不向きな面がある。また、最近微生物を利用した脱臭装置が見られるようになった^{5,6)}が、硫化水素濃度が数十ppm程度の比較的低濃度の空気を対象にしたものであり、バイオガスの硫化水素除去にそのまま適用できない。これらのことから、維持費が安価でメンテナンス作業の負担が極力かからないバイオガスの硫化水素除去システムの確立が望まれている。

上記問題を解決するために硫酸酸化細菌の硫化水素酸化作用を利用した高濃度硫化水素除去方法について実際の嫌気発酵処理施設において発酵槽内に直接空気を送り発酵槽内で脱硫する方法、微生物担体を充填した充填塔に糞尿や循環水を滴下する方法についての検討を行った。

2. 対象施設

施設の設計諸元を表1にフローを図1に示す。

本施設は通年安定処理ができるように発生したバイオガスを利用してボイラによって貯留槽、搾液槽、発酵槽のスラリーの加温を行い、発酵温度35℃を維持できようとしている。

フリーストール牛舎通路から排出される糞尿は、一時的に貯留槽に蓄えられ、汲み上げポンプにより固液分離機へと移送され、分離したスラリーは搾液槽へ流入する。搾液槽の糞尿は自然流下によって発酵槽第1槽に投入される。その後、越流により第2槽、第3槽へと移送され、その間にメタン発酵が行われる。各槽はそれぞれ独立した経路でポンプにより攪拌され、スラリーの混合均一化が行われる。発酵槽での糞

表1 設計諸元

糞尿排泄量 : 60kg/頭/日(TS10%)	洗浄水 : 10kg/頭/日
除塵機分離率: 液分70%, 固形分30%	固形率 : 100%
発光滞留日数: 40日	調整日数: 150日(冬期散布不能日数)
飼養頭数 : 360頭(成牛換算)	原液量 : 49kg/頭/日(分離後)
処理量 : 17.6m ³ /日	

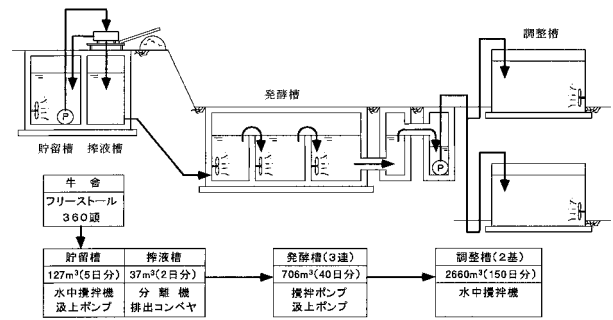


図1 システムフロー

尿の滞留日数は40日で、処理された消化液は冬期間の散布不能時に備え、150日分の容量を持つ貯留調整槽に蓄えられる。なお、現在の飼育頭数は約320頭である。

3. 脱硫試験装置

脱硫試験装置の概要を図2に示す。脱硫試験は以下の3種類の試験装置で行った。

3.1 発酵槽への空気供給による硫化水素除去装置

最大流量60l/minの空気ポンプを2台用意し、発酵槽第2槽および第3槽へそれぞれ5, 4カ所から空気を供給できるようにした。空気の投入はH14年9月までは第2, 3槽両槽へ、H14年10月以降は第2槽と第3槽の越流部に空気投入孔を

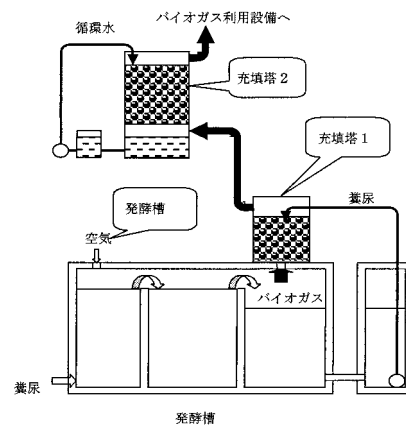


図2 脱硫装置の概要

一ヶ所増やし、第3槽の計5点のみから空気を投入した。空気供給点は図3に示すとおりである。

3.2 充填塔による硫化水素除去装置1(充填塔1)

充填塔は発酵槽第3槽の上部で図3に示すガス回収点の位置に設置した。その概略図を図4に示す。

充填塔1は内径φ1500mm、高さ2200mmの円柱形状で、その内部に農村集落廃水処理や産業廃水の嫌気性処理に用いられる大日本プラスチック製のクレオボールを2.6m³充填した。クレオボールの写真を図5に、仕様を表2に示す。

ガスは塔下部から流入し、塔内に充填した微生物担体と接触しながら上部の穴から流出する。また、糞尿は発酵槽出口のピットからポンプによって汲み上げられ、塔上部から散布される。その頻度は1日1回、5分間とした。なお、ポンプは流量150l/min、揚程7m、出力0.4kWのものを用いた。

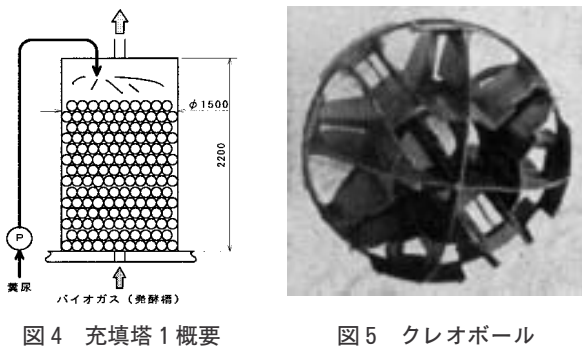
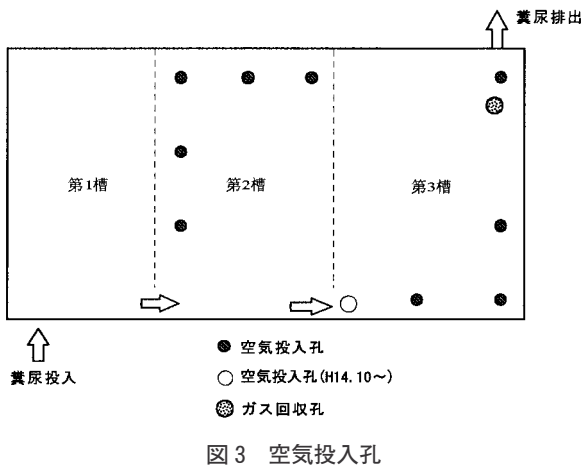


表2 クレオボールの仕様

品種	寸法 (mm)	充填個数 (個/m ³)	重量 (g/個)	比表面積 (m ² /m ³)	空隙率 (%)	材質
150J	154 ± 2	330	110 ± 5	63	96	PP

3.3 充填塔による硫化水素除去装置2(充填塔2)

硫化水素除去装置2の概要を図6に示す。装置は径φ600mm、高さ3500mmの塩ビ製で底から1000mmの位置に

ガスおよび水が通過する穴をあけた塩ビ製分散板をはさみ、その上部に日鉄化工機製のテラレットを0.5m³充填した。循環水はポンプによって上部より散水され、充填層を降下する際に向流するガスと接触する。循環水量は60l/minとした。下部に滞留した水はばっ気槽に移動し、空気ポンプにより空気を供給された後再び本体上部へ送られる。図には描かれていないが、ばっ気槽には補給水を供給できるようになっており、一定の水を補給している。また、水が多すぎる場合は溢流水を排水できる構造としている。保有水量は約150lである。本体に充填したテラレットの写真と仕様を図7および表3に示す。

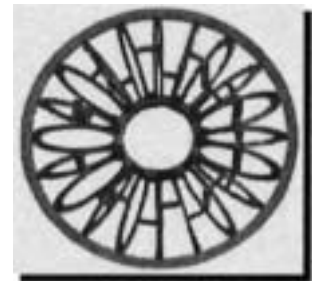
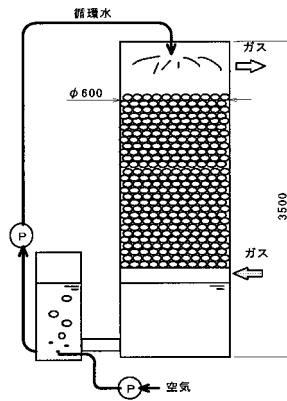


表3 テラレットの仕様

品種	寸法 (mm)	比表面積 (m ² /m ³)	充填個数 (個/m ³)	空隙率 (%)
S-II	φ59 × 19	150	17,500	92

4. 試験方法

試験は発生ガス量の数%~20数%の空気を発酵槽第2,3槽の複数の孔から供給し、発酵槽壁面、上面および液面に生息していると思われる硫黄酸化細菌の作用による脱硫(脱硫方法1)、発酵槽の後段に設置され、微生物担体を充填し、ポンプによって糞尿を循環させる充填塔による脱硫(充填塔1, 脱硫方法2)、さらにその後段に設置され、水を循環させる充填塔による脱硫(充填塔2, 脱硫方法3)の3種類の方法について行った。

硫化水素濃度は第1槽、充填塔1入口、充填塔2入口、充填塔2出口において北川式検知管によって約2週間おきに測定した。また、それぞれの計測箇所について連続式硫化水素濃度計で計測を行った。