

環境・資源循環プロジェクトにおける バイオガスの微生物脱硫効果について

<p>和田洋之 WADA Hiroyuki</p> <p>株式会社ドーコン/ 農業部/技師</p>	<p>大原孝彦 OOHARA Takahiko</p> <p>大成建設株式会社/ 札幌支店営業部/ 次長</p>	<p>石田哲也 ISHIDA Tetsuya</p> <p>独立行政法人 北海道 開発土木研究所/ 農業開発部 土壌保全 研究室/主任研究員</p>
--	---	---

1—はじめに

近年、乳牛ふん尿の処理・利用に関してバイオガスプラントが広まりつつある。その特徴は処理によってふん尿の利用が容易になるだけでなく、その過程で発生するバイオガスを利用して再生可能なエネルギーを得られることである。

しかしバイオガスは、腐食性を有する硫化水素ガスを数千ppmの濃度で含有するため、発電機やガスボイラーで利用する場合には硫化水素をあらかじめ除去（脱硫）する必要がある。

脱硫の方法には乾式脱硫（酸化鉄脱硫）と微生物脱硫が現在広く採用されている。乾式脱硫では、脱硫剤の酸化鉄を定期的に交換しなければならず、交換費用が必要となる。また、飼料中の含硫アミノ酸に由来する硫化水素の硫黄分は、酸化鉄交換の際に廃棄処分されると、硫黄資源の循環利用が成立しない。

一方、微生物脱硫はバイオガスに少量の空気を混入し、空気中の酸素、ふん尿に含まれる有機物と硫黄酸化細菌を利用し、硫化水素を硫黄あるいは硫酸に変換する方法で

ある。変換後の硫黄分は消化液に混ざり、液肥として草地や畑地に施用されるので、硫黄資源は農地に還元され、再び作物に吸収される。したがって、硫黄資源の循環が成立し、環境保全的にも望ましい処理法と言える。しかし、その方法や効果が確立されていない面があり、微生物脱硫施設の全てが順調に稼働しているわけではない。

独立行政法人北海道開発土木研究所が主体となって実施した「積雪寒冷地における環境・資源循環プロジェクト」によって建設されたバイオ



写真1—別海資源循環試験施設の全体写真

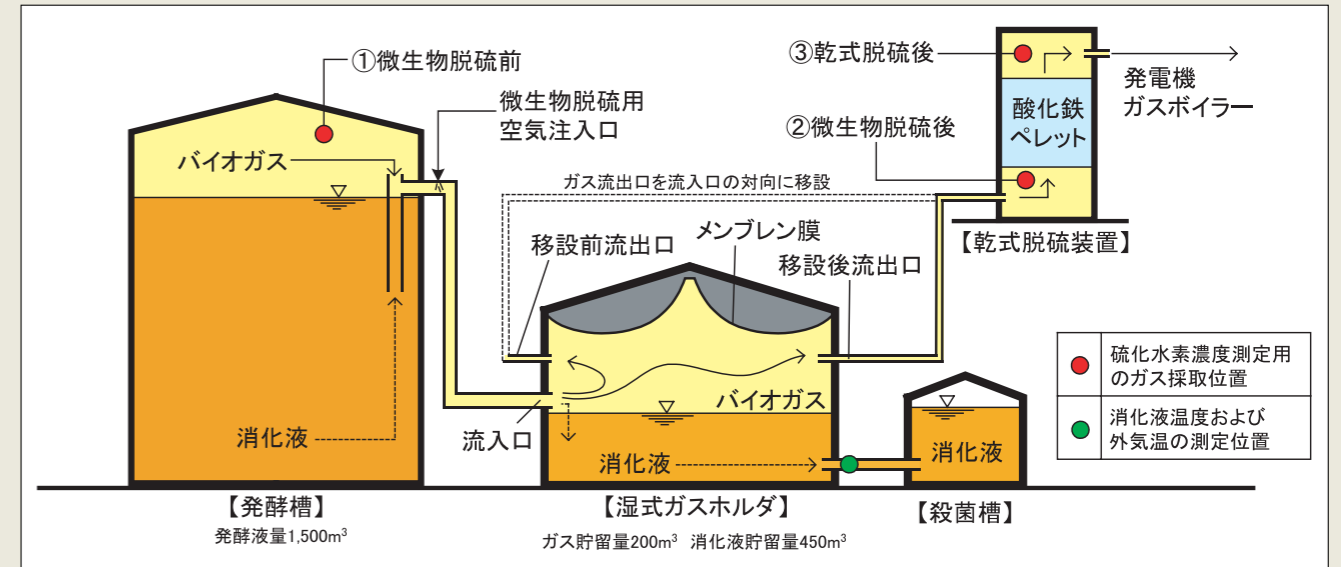


図1—別海施設の微生物脱硫設備の概要

表1—湿式ガスホルダ試験の設定空気量

試験月日	空気注入量 (m³/時)	空気注入率 (%)
H15 12/25~H16 1/20	1.2	2.2 %
1.20~2.10	2.0	3.7 %
2.10~3.27	3.5	6.5 %
3.27~5.25	4.0	7.4 %
5.25~6.21	-	-
6.21~	3.0	5.5 %

※空気注入率=空気注入量/バイオガス量
バイオガス量を設計値1,300m³/日として算出

表2—担体式微生物脱硫試験装置の規格

部位・規格	内容
型式	垂直円筒型・鋼鉄製
構造	上部:担体充填部(約1.5m³) 下部:消化液貯留部(約0.41m³)
外径寸法	φ1,355mm×H3,100mm(保温材含)
担体充填部	クレーボール充填:表面積100m²
付属機器	消化液循環のポンプ 脱硫塔の温度保持(38℃)ヒーター
消化液循環量	750L/時 (150L/分、5分稼働/時)

表3—担体式微生物脱硫装置試験の設定空気量

試験月日	バイオガス量 (m³/時間)	空気注入量 (m³/時間)	空気注入率 (%)
H15.11.29	2.00	0.05	2.5
H15.12.21	2.00	0.05	2.5
H16.3.12	2.00	0.10	5.0
H16.3.24	2.00	0.12	6.0
H16.3.31	2.00	0.16	8.0

ガスプラント(別海資源循環試験施設、以下別海施設)では、微生物脱硫と乾式脱硫を直列に配置し、脱硫を実施している(写真1)。しかし本施設での微生物脱硫効果には不十分な時があったので、いくつかの微生物脱硫に関する試験を実施している。

本試験は、株式会社ドーコン、大成建設株式会社、独立行政法人北海道開発土木研究所の3社の共同

研究として行ったものである。本稿ではその概要を報告する。

なお、本誌215(H14年4月)号の同コーナーにおいても、バイオガスプラントについての基本的な施設概要などを紹介している。

2—試験施設の微生物脱硫設備

別海施設の微生物脱硫は、二次発酵槽を兼ねた湿式ガスホルダ内において進行させる方式を採用している(図1)。メタン発酵槽で発生したバイオガスはガス圧によって管路を通じて流下し、湿式ガスホルダの上部に貯留される。

微生物脱硫のための空気注入は流下経路である管路の起点部で行い、微生物脱硫は湿式ガスホルダ内に生息する硫黄酸化細菌によって行われる。具体的な生息場所は、湿式ガスホルダ内の側壁(約90m²)、メンブレン膜の表面(約260m²)、消

化液表面に発生するスカム(約110m²)であり、生息面積は約460m²である。日平均ガス発生量を設計値の1300m³とすると、硫黄酸化細菌の生息場所面積当たりのガス処理量は2.8m³/(m²・日)となる。

図1の①~③の箇所でバイオガスを採取し、硫化水素濃度をガス検知管によって測定した。

3—調査・試験方法

微生物脱硫に関する試験として2種類の試験を実施した。

1) 湿式ガスホルダでの試験

試験当初、微生物脱硫の効果はほとんど得られなかった。その原因を検討した結果、湿式ガスホルダでのバイオガスの流入口と流出口の位置が近接しており、流入したバイオガスが微生物脱硫反応を十分に受けずに排出されることが考えられた。そこで、H15年12月25日にバイ

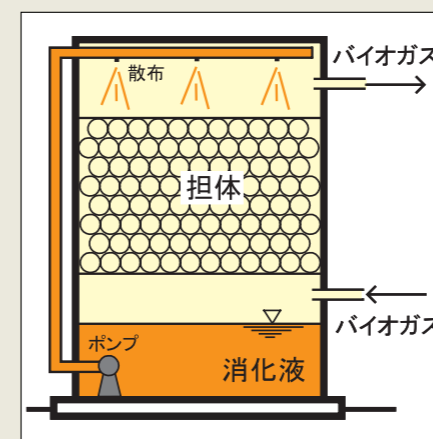


図2—担体式微生物脱硫装置の模式図

オガスの流出口を流入口に対向する位置へ移設した(図1)。そして流出口移設後における最適な空気注入量を決定するために空気注入量を段階的に変更する試験を行った(表1)。また同時に厳寒期(2月上旬)から湿式ガスホルダ内の消化液及び外気の温度測定を行った。測定位置を図1に示す。

2) 担体式微生物脱硫装置での試験
微生物脱硫効果が現れない原因の1つとして、湿式ガスホルダでの硫酸化細菌の生息場所面積当たりのガス処理量 $2.8\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ が過

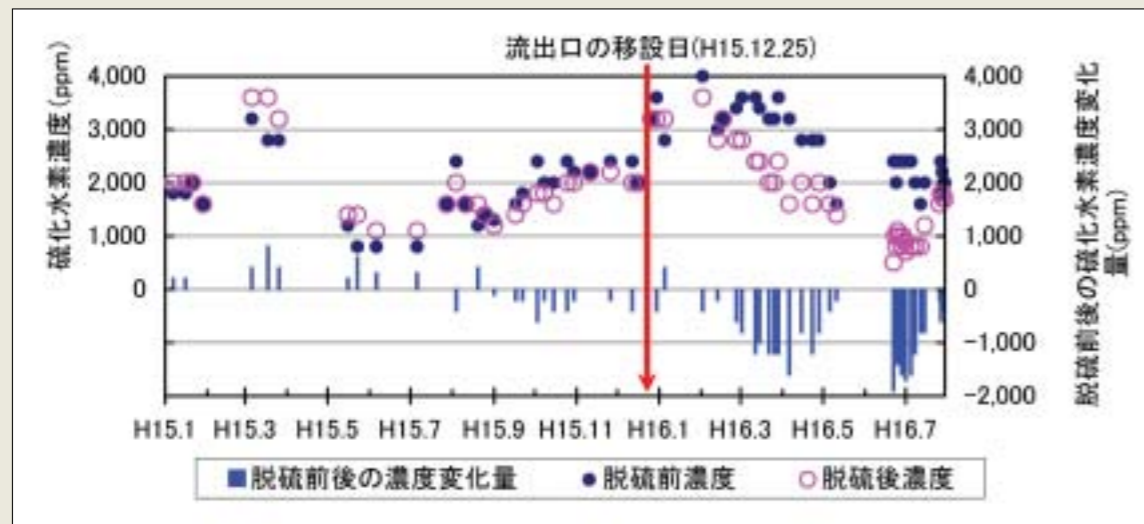
大である事が考えられた。そこで、担体を用いたミニ試験装置を製作した。バイオガス処理量は約 $50\text{m}^3/\text{日}$ 、微生物の生息場所面積当たりのガス処理量は $0.5\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ で湿式ガスホルダの18%のものである(図2,表2)。別海施設の配管途中から試験装置にバイオガスを引き込み、注入空気量を段階的に変更して、微生物脱硫効果の検証を行った(表3)。

4—調査結果及び考察

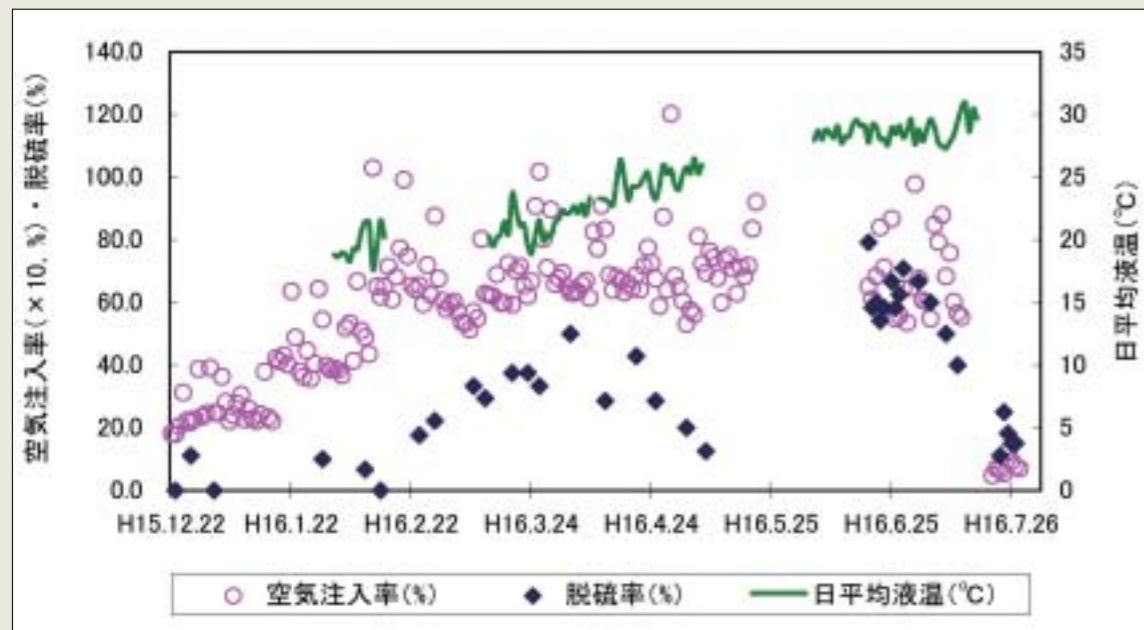
1) 湿式ガスホルダによる試験
微生物脱硫前後での硫化水素濃

度とその間の濃度変化量の推移を図3に示す。流出口の移設以前であるH15年では、脱硫後の濃度が脱硫前を上回る事もあり、脱硫効果がほとんど発現していなかった。そこで前述したように流出口の移設を行い、空気注入量を変更しながら、微生物脱硫の効果を観測した。流出口移設後の観測結果について、図4に脱硫率(脱硫による濃度低下量/脱硫前濃度)、空気注入率及び消化液の日平均温度の推移を示す。

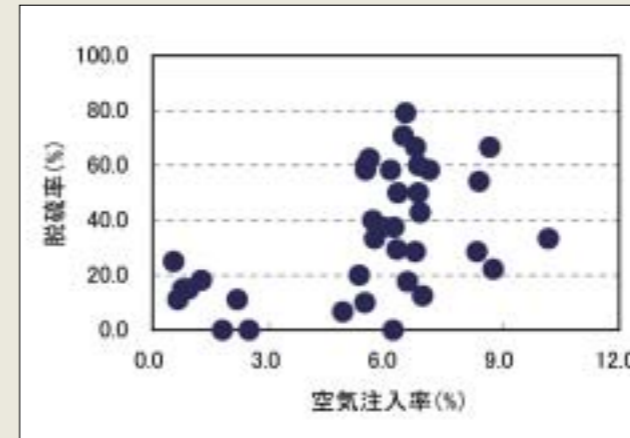
流出口の位置を変更してから約1ヶ月後、空気注入量を約 $1.0\text{m}^3/\text{時}$ か



■図3—微生物脱硫前後の硫化水素濃度とその変化量の推移



■図4—空気注入率、微生物脱硫率及び消化液温度の推移



■図5—空気注入率と微生物脱硫率の関係

■表4—担体式微生物脱硫の試験結果

試験月日	空気注入率 (%)	硫化水素濃度 (ppm)		脱硫率 (%)
		脱硫前	脱硫後	
H15.11.29	2.5	2400	2400	0.0
H15.12.21	2.5	2300	550	76.0
H16.3.12	5.0	2400	400	83.0
H16.3.24	6.0	2000	300	85.0
H16.3.31	8.0	2000	400	80.0

■表5—脱硫経費の比較 (千円/年)

項目	乾式脱硫のみ	微生物脱硫併用
乾式脱硫剤交換	6590	1320
微生物脱硫電気代	—	170
合計	6590	1490

ら $2.0\text{m}^3/\text{時}$ に増加すると、微生物脱硫効果が認められるようになり、空気注入量を約 $3.5\text{m}^3/\text{時}$ あるいは約 $4.0\text{m}^3/\text{時}$ に増加した2月中旬から4月中旬迄の間に脱硫率はさらに上昇して約50%に達し、その後低下した。この間の消化液の温度は上昇傾向にあり、脱硫率の上昇が空気注入量の増加によるものか、あるいは湿式ガスホルダでの温度の上昇によるものか明らかではない。他の試験の都合上、5月25日～6月21日までは空気注入を停止した。6月22日から $3.0\text{m}^3/\text{時}$ の空気注入を再開したところ、脱硫率はその後約3週間、50～80%の高率となり、その後やはり低下した。7月17日～23日にも空気注入を停止し、その後、 $0.3\sim 0.6\text{m}^3/\text{時}$ の空気注入を実施した時の脱硫率は11～25%と低率であった。

このように空気注入率は微生物脱硫に大きく影響することを改めて確認するとともに、安定的な微生物脱硫の確立が重要であると考えられた。図5に空気注入率と微生物脱硫率の関係を示す。本施設での空気注入率は、約6%が微生物脱硫に適した割合と考えられた。

また外気温が約 -10°C 以下にもおよび厳寒期においても、消化液の温度は 20°C 弱であった。湿式ガスホルダは断熱材で被覆されていないが、ほ

ぼ毎日、発酵槽から約 37°C の消化液が流入するため、外気温よりかなり高温に維持されていると考えられる。

2) 担体式微生物脱硫装置での試験
表4に担体式微生物脱硫装置による試験結果を示す。稼働開始直後である1回目の測定を除き、76%～85%の高く安定した脱硫率が得られた。これは担体により、硫酸化細菌の生息場所面積当たりの日ガス処理量 $0.5\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ が湿式ガスホルダ $2.8\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{日})$ よりはるかに少ない事や常時 38°C に維持されている事が大きな要因であろう。80%以上の微生物脱硫率が得られた5～8%の空気注入率が適正な割合であると考えられる。

3) 経済性の試算

別海施設の乾式脱硫塔は直列に配置した2塔(脱硫塔A及びB)で構成されるが、1塔当りの脱硫剤交換費用は約70万円である。これに対し微生物脱硫のための運転経費は、空気注入のための電気代として最大で約465円/日(定格出力 2.2kW で24時間稼働、 8.8円/kW)と試算される。バイオガスの発生量を設計値の $1300\text{m}^3/\text{日}$ 、発生直後の硫化水素濃度を 2400ppm 、微生物脱硫率を80%、脱硫剤の飽和吸収量係数($\text{kg-硫化水素}/\text{kg-脱硫剤}$)を0.15とし、微生物脱硫装置を設置しない場合

と、微生物脱硫を併用した場合について、脱硫費用の試算を行った(表5)。

この試算には施設費を含まないが、別海施設の湿式ガスホルダは微生物脱硫の有無にかかわらず必要な施設であり、微生物脱硫のために必要とされるのは、空気注入装置であり、これは高額な物ではない。したがって、微生物脱硫を十分に機能させることが経済的にも重要と考えられる。

5—おわりに

微生物脱硫法は、経済面、環境保全面から非常に有効な脱硫法である。別海施設で微生物脱硫に関するいくつかの試験を行い、脱硫機能を担う硫酸化細菌の生息活動条件を整備することが重要であることを改めて確認した。

今後もバイオガスプラントにおける微生物脱硫の技術確立に向け、微力ながら貢献していきたいと考えている。