

5. 試験結果と考察

5.1 硫化水素濃度の推移

図8に検知管によって計測した発酵槽第1槽、充填塔1入口(DeS1in)、充填塔2入口(DeS2in)、充填塔2出口(DeS2out)硫化水素濃度の結果を示す。また、各部の平均硫化水素濃度をH13年(前期)とH14年10月以降(後期)とにわけて表4に示す。図8で230日目からH14年1月1日、505日目がH14年10月1日にあたる。H14年1月末から同9月末まではガスボイラやバックアップの灯油ボイラの不調が続き、発酵槽温度が低くなっていたり、充填塔を通過するガス量が大幅に少なくなっていた期間であるため、表4の平均値の計算ではこの期間のデータを除いている。

第1槽の硫化水素濃度は大きくばらついているが、全期間平均で約5,500ppmであった。第1槽計測開始当初はH13年6月であり、その時期から12月中旬にあたる220日目付近まではややばらつきはあるものの平均硫化水素濃度は4000ppm前後であったものが220日目以降急上昇している。また、H14年も11月後半にあたる550日目以降上昇傾向にあり、この変動は季節的なものであることが確認できる。

前期の第1槽硫化水素濃度は5170ppmであったのに対して後期の第1槽の硫化水素濃度は6450ppmであり、後期のほうがやや高くなっている。後期は夏期間の比較的硫化水素濃度が低いときのデータを含んでいないためと思われる。第1槽の硫化水素濃度が後期の方が高かったにもかかわらず、充填塔1および2の入口硫化水素濃度は前期よりもともに低くなった。発酵槽への空気の投入方法について、前期は第2,3槽へ計9点から投入しているのに対し、後期は第2,3槽越流

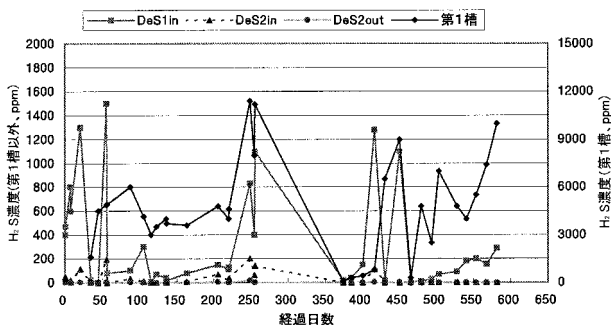


図8 硫化水素濃度の推移

表4 平均硫化水素濃度 (ppm)

	全期間	H13年 (前期)	H14.10以降 (後期)
第1層	5500	5170	6450
DeS1in	260	430	160
DeS2in	33	48	0.3
DeS2out	1.6	2.4	0.1

部に新たに空気投入孔を設置し、第3槽の計5ヶ所のみから空気を投入した。また、発生ガス量に対する空気投入率も平均で22.5%から11.6%に減少させている。これは、第2,3槽越流部に空気を投入することで、バイオガスと空気の混合が改善されたことが一つの要因と考えられる。

なお、空間速度SVは全期間平均値で充填塔1,2それぞれ2.8, 13.0 1/hであった。

5.2 脱硫率と脱硫速度

表5に発酵槽、充填塔1(DeS1)、充填塔2(DeS2)の脱硫率、脱硫速度の結果を全期間、H13年(前期)、H14年10月以降(後期)にわけて、それぞれ示す。全期間の発酵槽、充填塔1、充填塔2の脱硫率はそれぞれ93.2, 89.8, 95.3%で概ね90%以上の脱硫率であることを確認した。全期間の容積当たりの脱硫速度は同様に8.9g-S/m³・day, 30.3g-S/m³・day, 15.1g-S/m³・day, 表面積当たりの脱硫速度は同様に3.6g-S/m²・day, 7.6g-S/m²・day, 2.3g-S/m²・dayであった。ただし、発酵槽内で硫酸化細菌が活動できる領域は発酵槽天板と糞尿液面間の空間部の表面上であることから、発酵槽の容積当たりの脱硫速度は参考値とする。

他の生物脱臭試験では2000g-S/m³・day台の報告例⁷⁾があり、それと比較して脱硫速度が遅いのは各充填塔の空間速度あるいは入口硫化水素濃度が低く、負荷が小さかったためと思われる。また、それにもかかわらず脱硫率がやや低かったのは、実プラントのため通過ガス流量や入口硫化水素濃度の変動が大きいと考えられる。後期の充填塔2の脱硫率が56.3%と低くなっているが、考えられる要因として、この期間において発酵槽および充填塔1ではほとんど脱硫されているので充填塔2では無負荷の状態が長く続き、硫酸化細菌の増殖が抑制されたために糞尿の投入などで時折、硫化水素の負荷がかかっても対応できなかったことが上げられる。

表5 脱硫率、脱硫速度

		脱硫率			空間速度 1/h
		%	g-S/m ³ ・d	g-S/m ² ・d	
全期間	発酵槽	93.2	8.9	3.6	—
	DeS1	89.8	30.3	7.6	2.8
	DeS2	95.3	15.1	2.3	13.0
H13 (前期)	発酵槽	91.8	8.8	3.5	—
	DeS1	88.8	36.7	9.2	2.8
	DeS2	95.4	20.3	3.0	13.0
H14.10.~ (後期)	発酵槽	97.5	11.6	4.7	—
	DeS1	99.8	15.8	4.0	2.8
	DeS2	56.3	0.1	0.0	13.0

5.3 空気投入率と硫化水素濃度

図9に空気投入率と第1充填塔出入り口の硫化水素濃度の関係をH13年の結果とともに示す。H13年では空気投入率が

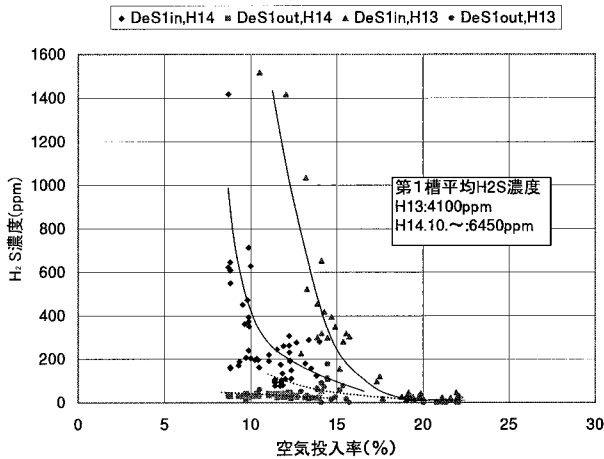


図9 空気投入率～硫化水素濃度

17～18%より減少すると充填塔入口(=発酵槽出口)硫化水素濃度が上昇し始め、空気投入率15%以下でその上昇率が急激に大きくなっている。充填塔1出口の硫化水素濃度は空気投入率15%以下で200ppmより低い値となっているが、ややばらつきが多い。一方、平成14年10月以降では第1発酵槽硫化水素濃度が平成13年の4100ppmに比べて6450ppmと高かったにもかかわらず、空気投入率15%以下の領域で充填塔1入口硫化水素濃度の急激な上昇はみられず、徐々に上昇した。空気投入率10%以下で充填塔1入口硫化水素濃度は急に上昇した。充填塔1出口硫化水素濃度は安定して100ppm以下であった。このように、充填塔1入口硫化水素濃度の急上昇する空気投入率が低い方に移行したのは、空気の投入する位置を発酵槽第2,3槽の越流部に設置したことによって、ガスと空気の混合が良くなったためと考えられる。

これより、発酵槽の上部空間と発酵槽直上に設置した充填塔の二段の生物脱硫によって十分な脱硫効果が得られることが確認された。また、発生ガスと空気の混合状態を改善することでより少ない空気量で安定した脱硫性能が得られることがわかった。

5.4 充填塔1の圧力損失

充填塔1の入口付近の発酵槽と充填塔1の出口に圧力の取り出し孔を設け、マンメータを設置することによって長期間における充填塔1の圧力損失を計測した。その結果を表6に示す。H14年2月下旬から充填塔1の上部から散布する糞尿

表6 充填塔1圧力損失

経過日数	圧力損失	SV
日	Pa	1/h
328	100	3.1
340	540	2.2
395	50	2.7

の頻度を1日1回5分間に設定した。

計測開始から340日目にやや圧力損失が上昇したものの395日目には再び圧力損失が低くなっていた。これは、微生物担体上に付着した硫黄などの代謝副産物が糞尿の散布により洗い流されたことを示しており、糞尿の散布は上記の頻度で十分であることがわかった。

6. まとめ

- 発酵槽、充填塔1、充填塔2の脱硫率は全期間中で概ね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、脱硫方法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。
- 発酵槽と充填塔1の二段の生物脱硫行程で長期間、安定的に実用に耐えうる濃度まで硫化水素濃度を低減できることを確認した。
- 発酵槽で発生するガスと投入する空気の混合状態を改善することで、低い空気投入率でも十分な脱硫性能を得られることがわかった。
- 充填塔1における糞尿の散布は1日1回5分程度で代謝副産物を洗い流すことができ、長期間にわたって圧力損失の上昇を抑えることができた。

引用文献

- 1) 北海道総合企画部経済企画室統計課編：北海道統計書，北海道，324PP，(2002)
- 2) 北海道バイオガス研究会監修：酪農ジャーナル臨時増刊号バイオガスによる家畜ふん尿の有効活用，酪農学園大学エクステンションセンター，218PP，(2002)
- 3) 北口敏弘ら：乳牛糞尿の嫌気発酵生成メタンガスの利活用技術(第1報)，北海道立工業試験場報告，N0.296，pp.77-81，(1997)
- 4) 矢込堅太郎：新版し尿処理施設維持管理の知識，財団法人日本環境衛生センター，358PP，(1983)
- 5) 下水道新技術推進機構技術委員会編：担体利用生物脱臭システム(充てん塔式生物脱臭法+活性炭吸着法)技術マニュアル[改訂版]，財団法人下水道新技術推進機構，44PP，(2000)
- 6) 石黒辰吉監修：最新防脱臭技術集成，エヌ・ティー・エス，530PP，(1997)
- 7) 金川貴博：微生物を利用した高効率脱臭技術，微生物工業技術研究所報告，Vol.75，pp.165-176，(1992)