

メタン発酵プラントのトラブル対策からの教訓 Lessons from troubles at the Methane Fermentation plant

○中村真人*・阿部邦夫**・相原秀基**・柚山義人*
・山岡賢*・清水夏樹*・折立文子*・藤川智紀***

NAKAMURA Masato, ABE Kunio AIHARA Hideki YUYAMA Yoshito,
YAMAOKA Masaru, SHIMIZU Natsuki, ORITATE Fumiko and FUJIKAWA Tomonori

1. はじめに

バイオマス利活用施設で起こりうるトラブルを予見し、未然に防ぐことができれば、施設を安定して運転することができる。本研究では、メタン発酵を中核技術とするバイオマス利活用施設である山田バイオマスプラント（以降、「山田 BP」とする）の運転開始から4年7カ月の間に発生したトラブルの時期的な傾向を分析し、安定運転を実現するための情報として整理する。なお、本報で扱うトラブルとは、メタン発酵プラント内で起こる、プラントの安定的な運転に支障を与える出来事と定義する。

2. トラブルの整理方法

山田 BP は 2005 年 7 月から運転を開始し、現在も運転を継続している¹⁾。山田 BP の施設・設備は、メタン発酵、メタン精製（PSA、吸着分離型のメタン濃縮装置）等から構成されている。メタン発酵の主原料は乳牛ふん尿で、投入量は約 5t/d である。本報では、山田 BP で発生したトラブルそれぞれについて、「事象・原因」、「対策とその結果」、「教訓」等について整理したトラブルリストを作成した。全トラブルを原因別に、「オガクズ（原料の乳牛ふん尿に含有する敷料由来のオガクズに起因するトラブル）」、「凍結」、「硫化水素」、「部品消耗・長期運転の影響」等に分類した。

3. トラブルの記録と対策

山田 BP の運転を開始した 2005 年 7 月から 2009 年 12 月までのトラブルを時系列に整理した一覧表を表-1 に、原料受入ピットに異物（手袋、釘等）が混入したトラブルのトラブルリストを表-2 に示す。

1. 運転開始から1年以内に起こったトラブル

山田 BP の運転開始当初のトラブルは、乳牛ふん尿に混入しているオガクズに起因としたものが多かった。これは、原料提供元の農家の飼養形態がオガクズを敷料として用いるフリーストールであったため、想定していた乳牛ふん尿の性状よりもオガクズ混入割合が高かったことによる。オガクズは脱水機や管路の詰まりを引き起こした。このように、同じ乳牛ふん尿でも飼養形態によって排出される性状が異なることを認識して、プラントの設計をする必要がある。また、メタン発酵に適する原料に近づけるように、畜産農家に協力を要請することも重要であるといえる。

2005 年 12 月から 2006 年 2 月にかけては、凍結により管路が破裂、流量計が破損するなどのトラブルが見られ、管路に保温チューブをまく等の凍結防止対策を行った。設計にあたり周辺の過去の気象データを参考にしたが、プラントが窪地に立地しているため、想定以上に低温になり、上記のようなトラブルが起きた。周辺の気象観測データだけではなく、微地形等を考慮に入れた検討が必要であることが示唆された。以上より、運転開始1年目には、設計時に想定した原料の性状や気象等の条件が、現実と合致していなかったことに起因する各種トラブルが発生する危険性に注意する必要がある。

2. 運転開始から2年目以降に起こったトラブル

メタン発酵プラントでは、発酵槽以降の流路や機器に硫化水素が流入しないように脱硫塔を設置する。山田 BP では、運転開始から1年を経過した後、脱硫剤の交換が遅れたため、脱硫塔の機能が低下した。バイオガスに含まれる硫化水素の除去が不完全な状態が約2カ月間続き、その間、硫化水素を含むバイオガスが下流側の設備に流れ、PSA等の機器に悪影響を与えた。このように、硫化水素は機器に対して重大なダメージを与えるので、脱硫剤の消耗度を予測して脱硫塔の機能低下前に交換を行う必要がある。運転開始から2年経過した2007年後半からは、真空ポンプのダイヤフラム、夾雑物脱水機のスクリー一等の部品の消耗・長期間運転の影響が原因のトラブルが増加してきた。部品の消耗・長期間運転の影響

*農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering **農事組合法人と郷園 Wagoen, Agricultural Producer's Co-operative Corporation ***東京農業大学 Tokyo University of Agriculture キーワード：メタン発酵、乳牛ふん尿、硫化水素、オガクズ

響の中で、プラント運転への影響が大きかったものの一つに、原料を投入する原料受入ピットの沈殿物による夾雑物脱水機の不調がある。プラントの運転開始後約3年半の間、受入ピットの清掃を行っていなかったため、受入ピットの底に原料の一部が蓄積したことが原因である。また、受入ピットの底部には、異物(石、工具等)が混入していた。家畜ふん尿に異物が混入することは不可避であると考えられ、そのことを見越した設計、受入ピットの定期的な清掃が必要であるといえる。2年経過後に部品の消耗が始まることを認識し、調達に時間を要する部品の準備を行うことにより、運転中断期間を短縮することができる。部品によって納入やメンテナンスに要する期間が異なることに留意する必要がある。

表-1 山田バイオマスプラント(メタン発酵プラント)で起きたトラブル一覧表

年	原因*(分類)	事象・原因
1	オガ	牛ふん中のオガ割割合が想定より大きかったため、設計値と比べてバイオガス発生量が少ない。
2	オガ	牛ふん中のオガ割割合が想定より大きかったため、夾雑物の排出作業労力が大きかった。
3	オガ	牛ふん中のオガ割割合が想定より大きかったため、夾雑物脱水機内でオガが詰まった。
4	オガ	牛ふん中のオガ割割合が想定より大きかったため、メタン発酵槽の配管が詰まった。
5	他	貯留槽の容量が約20日分の容量と小さいため、消化液貯留槽がほぼ満杯となった。
6	凍結	低温によりラインが凍結し、配管が破損した。
7	凍結	バイオガス中の水蒸気が結露、凍結し、流量計が破損した。
8	凍結	バイオガス配管の発酵槽から脱硫塔までの部分が凍結し、閉塞したため、水封水が吸引されPSA装置内に入り、PSA装置のガス精製能力を低下させた。
9	他	メタン濃度の指示値が50~65%の範囲で日変動(昼間高く、夜間低い)した。原因は不明。
10	他	原料受入ピットにハナアブの幼虫(うじ虫)が発生した。
11	他	消化液脱水機に無機凝集剤を添加する配管で結晶が析出し配管が閉塞した。
12	硫水	脱硫塔の機能低下を見過ごしたことから、脱硫塔の下流側にある機器に悪影響を与えた。
13	他	製品メタンガスが使い切れず、メタンガスの貯蔵量がタンクいっぱいとなった。
14	部品	発酵槽加温用水槽の加温ヒーター4本にピンホールが発生、ショートして部分停電発生した。
15	部品	雨水が入りスパーク装置が腐食したため、フレアスタックが点火しなかった。
16	部品	PSA装置の真空ポンプのダイヤフラムが破損した(1回目)。
17	部品	夾雑物脱水機、消化液脱水機の固分を排出するコンベアーのコンベアーローラーが摩耗した。
18	部品	脱水機のスクローの磨耗により、夾雑物がうまく絞れず、含水率が高い状態のものが排出された。
19	部品	受入ピットの転落防止用の安全スノコ(鉄)が腐食した。
20	部品	PSA装置の空気作動弁のシール材が消耗した。
21	部品	脱硫塔の底部に設置されているパンチングメタルが腐食した。
22	部品	PSA装置の真空ポンプのダイヤフラムが破損した(2回目)。
23	部品	長期使用による磨耗により、充填設備の充填圧力が所定の圧力まで上がらなくなった。
24	部品	受入ピット底部に蓄積した沈殿物により、夾雑物脱水機が不調となった。
25	部品	原料受入ピットの清掃を行った結果、原料以外の異物(手袋、石、釘、工具等)が混入していた。
26	硫水	硫化水素を含むバイオガスがPSAに供給されたため、PSAのメタン収率が65%程度と低迷した。
27	硫水	硫化水素により基盤が損傷し、流量計が正確な指示値を示さない。
28	部品	脱硫塔の上部のマンホールのパッキンの劣化により、バイオガスが漏れた。
29	部品	消化液貯留槽の底部への沈殿物が蓄積し、水深の深いところからの消化液の採取が困難となった。
30	部品	PSA装置の真空ポンプのダイヤフラムに亀裂が入ったため、吸着塔の真空度が低下した。
32	他	昼間と夜間で脱硫塔通過速度が異なることが原因で、脱硫後の硫化水素濃度の日変化が見られた。
33	凍結	最低気温が-5℃以下に低下し、保温テープ等の凍結対策が十分効果を発揮せず、ポンプが凍結した。
34	硫水	脱硫塔が腐食し、脱硫剤の取り出し口の周辺部分に穴が空いた。
35	他	フレアスタックが雨の日に着火しなかった。
36	凍結	最低気温が-5℃以下に低下し、発酵槽屋根のガス抜きバルブとフレキシブルホースが凍結した。

*オガ:オガズ、凍結:凍結、硫水:硫化水素、部品:部品の消耗・長期運転の影響、他:その他

表-2 トラブルリスト(例)

事例番号	25	日時	2009.3	分類	部品の消耗・長期運転の影響
件名	受入ピットへの原料以外のものの混入				
事象・原因	原料受入ピットの清掃を行った結果、原料以外の異物(手袋、石、釘、工具等)が見つかった。				
対策とその結果	<ul style="list-style-type: none"> 原料供給者に原料の管理の徹底を依頼する。 定期的な清掃が必要。 				
教訓	<ul style="list-style-type: none"> 原料供給者に原料の管理の徹底を依頼する。 一方、ある程度の異物混入はやむをえないので、ピットの構造で異物を分離できるようにし、機器への致命的なダメージを避ける。 				
備考	受入ピットは原料に混入する異物を分離する役割を果たしている。				
写真	左:原料受入ピット、 中:受入ピット清掃の様子、 右:受入ピットの底から出てきた異物(石、釘等) 				

1)中村真人, 柚山義人, 山岡賢, 折立文字, 清水夏樹, 阿部邦夫, 相原秀基, 藤川智紀:メタン発酵プラントのトラブル記録と長期運転データの解析—山田バイオマスプラントを事例として—, 農工研技報, 210, pp.11-36(2010)