

N-1 抽出用液化DMEを再生利用する 省エネルギー常温油除去プロセスの開発

○神田 英輝*・牧野 尚夫

(財)電力中央研究所 エネルギー技術研究所 (〒240-0196 神奈川県横須賀市長坂2-6-1)

* E-mail: kanda@criepi.denken.or.jp

1. 背景

廃棄物由来の有毒物質としてPCBなどが挙げられる。環境中に漏洩したPCBは廃棄物と共に、または単独で土壤中に存在する場合がある。この無害化処理において、PCBが付着した物質から、その種類を問わずに、省エネルギーかつ完全に、PCBを分離することが望まれる。

一方、当所では、液化DME（ジメチルエーテル）を水分抽出剤として用いて、石炭や汚泥などの高含水物質から水分を常温・省エネルギーで脱水するプロセスを開発中である。[1]

DMEは近年、液体燃料の不足が深刻になっている中華人民共和国において、数百万ton/年級の製造プラントが急増し、パイプラインで内陸部から北京や上海への直接輸送が計画されるなど、LPGより安価な代替燃料として急激に普及中の合成燃料である。地球温暖化、オゾン層破壊、毒性などの環境負荷はなく、自然分解し、燃焼しても煤が発生しない等、環境に優しい燃料としての長所がある。気体としての性質は、プロパンやブタンに近く、標準沸点は -25°C 、5～6気圧での沸点は $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ であり、液化状態ではディーゼル代替燃料としても期待されている。可燃性ガスではあるものの、一般家庭では、着火源となるドライヤーと併用されるヘアスプレーの噴射ガスとして普及しており、極めて安全な液化ガスである。このDMEは、液化状態では水分を8重量%程度溶解する、有機系の液化ガスとしては稀な性質があるのに加えて、気体状態では炭酸ガス程度にしか水に溶解しないという特徴がある。

DMEを用いた脱水プロセスでは、常温で5～8気圧程度に加圧して液化状態となった液化DMEに、石炭や汚泥などの水分を溶解させた後、僅かに減圧して常温でDMEをだけを選択的に蒸発させることで、液体状の水分とガス状のDMEに気液分離して、DMEガスを循環利用する。液化DMEへの水分の飽和溶解度が約8重

量%であるので、この脱水プロセスでは、脱水する水重量の約1.2倍の液化DMEが必要である。しかし、DMEガスは比熱比が1.1～1.2と小さく、圧力上昇のための圧縮動力が少なく済むので、一次エネルギー換算で水分の蒸発潜熱の約半分の所要エネルギーだけで脱水可能である。

DMEは油も溶解するので、DME脱水プロセスは、親油性物質を除去する「脱油プロセス」に転用できる。更に、脱油の場合、脱水とは異なり、油は液化DMEと完全混合するので、必要なDMEは少量で済み、脱水より一層の省エネルギー状態での脱油が可能である[2]。

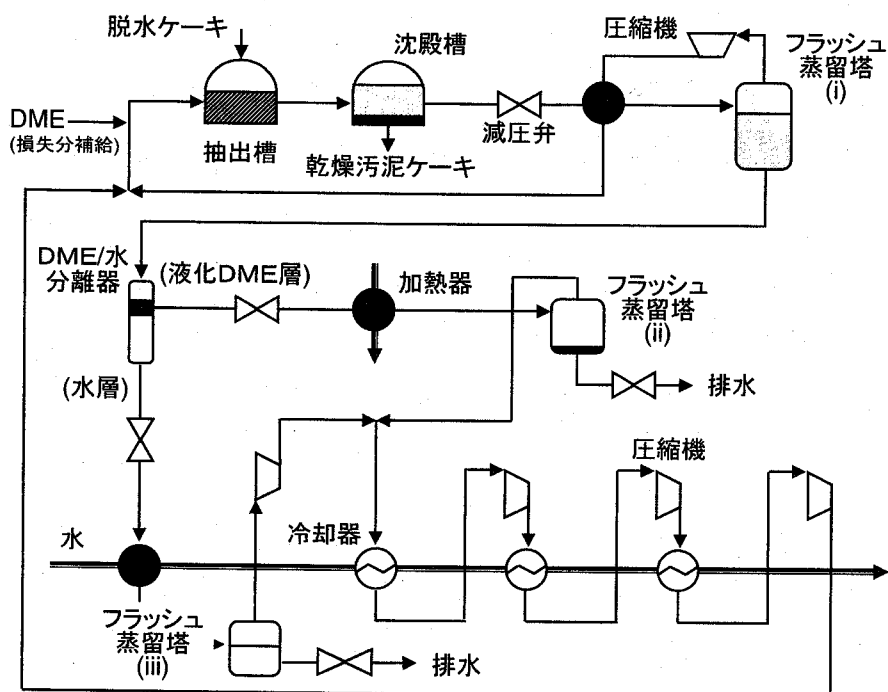
2. DME脱油プロセスの概要

例えば、汚泥のような高含水物質から、PCB等の親油性有毒物質を除去する場合、水分も同時に除去するので、図-1のようなプロセス構成になる。

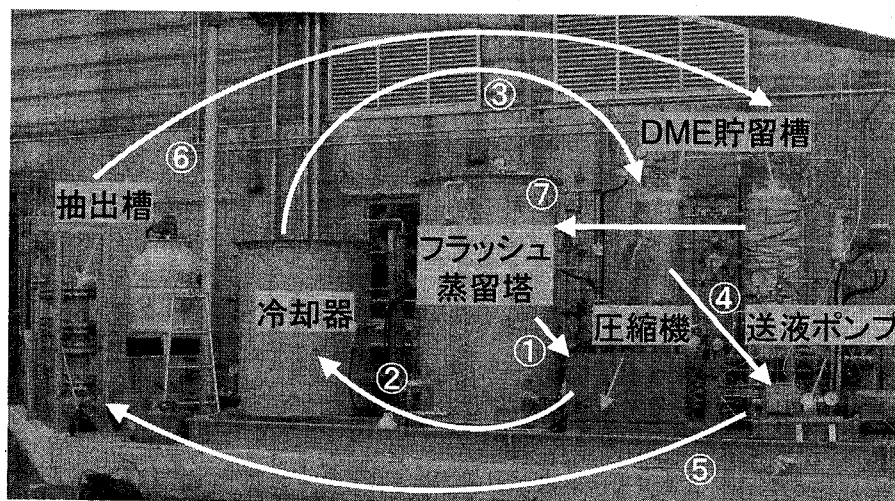
まず、抽出槽において汚泥と液化DMEを混合し、続いて沈降や遠心分離等の方法で汚泥と液化DMEを固液分離する。汚泥と接触した液化DMEには、多量の水分と微量の親油性物質が溶解している。

水と親油性物質が溶解したDMEを、水と分離させるために蒸発させていくと、液化DME内の水の濃度が過飽和となり、液化DME中に水が完全に溶けきれない状態になる。この状態では、同じ液体であっても、水の相と、液体DMEの相とに分相する（図-1のDME/水分離器）。親油性物質は水よりDMEに溶けやすいため、水相とDME相を分離する事により、親油性有毒物質と水分とを効率的に分離可能である。

本プロセスは、DMEの液化と蒸発を繰り返すので、この液化と蒸発に要する省エネルギー化が重要である。また、このシステムは常温で作動する特徴があるので、常温付近での熱交換が必要となる。



図ー１ 汚泥等高含水物質を対象としたDME脱油（脱水）プロセスの構成 [3]



写真ー１ DME脱油（脱水）プロセスの試作機

ここで、50℃程度の低レベル廃熱があれば、大気との温度差を利用して、DMEの液化と蒸発が可能になる。つまり、DMEの液化・蒸発に要する圧縮機エネルギーを外部から投入しなくて良い、究極の省エネルギー状態での運転が可能になる。

3. DME脱油プロセスの試作機による脱油試験

写真ー１のような圧縮機１機、フラッシュ蒸留塔１機

の構成の、DME脱油プロセスを開発し、様々な物質に付着した油の除去試験を行った。

まず、オイルソーベント（スリーエムヘルスケア社製、主成分ポリプロピレン・ポリエステル、１枚あたり乾燥重量85g）4枚、計340gを使用して、真空ポンプオイル（マコトフックス社製、品名レノリンDTA100）を１枚あたり650g、計2600g染み込ませ、これを１パッチとして試験に供した（写真ー２、３）。

脱油処理終了後、オイルソーベントの脱油前重量およ

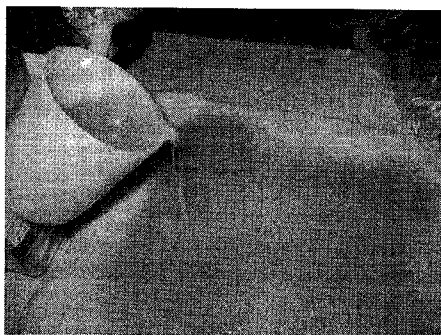


写真-2 油をオイルソーベントに染み込ませた試料

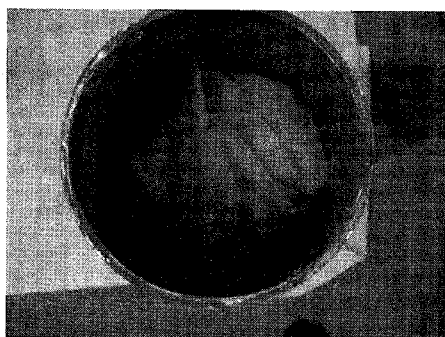


写真-3 試作機の抽出槽バケットに投入された試料

び脱油後重量、脱油処理前後で減少した分の重量（減少量重量）、並びに排油の重量を測定した。表-1に、試験条件と結果を示す。

表-1 脱油試験条件と結果

1) DMEの総量を変えず、速度と時間を変化

流通速度 (L/時)	100	200	300	400
脱油時間 (分)	60	30	20	15
脱油前重量 (g)	2930	2930	2930	2930
脱油後重量 (g)	360	375	350	475
減量 (g)	2570	2555	2580	2455
排油重量 (g)	2775	2725	2740	2120

2) DMEの速度を変えず、時間でDMEの総量を変化

流通速度 (L/時)	(200)	200	200	200
脱油時間 (分)	(30)	15	10	5
脱油前重量 (g)	(2930)	2930	2930	2930
脱油後重量 (g)	(375)	555	400	600
減量 (g)	(2555)	2375	2530	2330
排油重量 (g)	(2725)	2355	2490	2295

表1から明らかなように、いずれの試験条件においても、処理後のオイルソーベントの重量は処理前に比べて著しく減少し、また、排油重量から、吸油させた真空ポンプオイルの大部分が排出されたことが分かる。なお、

減少量の重量を排油量が上回る場合があるが、これは、処理後のオイルソーベントや排油の中に、一部のDMEが含まれるためと推測する。また、脱油後のオイルソーベントに、再び真空ポンプオイルを1枚あたり650g染み込ませたところ、油を含む能力を保持していることが確認できた。このことから、油を含んだオイルソーベントから、常温で脱油するとともに、再生できることが確認できた。同様の試験を、以下の5種類の物質に対して行い、様々な物質に適用可能であることを確認した。

●ステンレス片：17.3259gのステンレス片1ヶに、絶縁油を0.0239g付着させて試験に供した。試験条件は、流通速度100L/時、脱油時間60分間である。その結果、ステンレス片の重量を0.0224g減少させ、付着重量とほぼ同量の絶縁油を脱油できた。

●ピーカー：107.8837gの200cc硝子製ピーカー1ヶに、絶縁油を0.1538g付着させて試験に供した。試験条件は試験2と同じである。その結果、ピーカーの重量を0.1566g減少させ、付着重量とほぼ同量の絶縁油を脱油できた。

●再生紙：総重量21.7010gのA6サイズ再生紙20枚に、絶縁油を計6.2222g染み込ませて試験に供した。試験条件は試験2と同じである。その結果、再生紙の重量を、6.6936g減少させ、付着重量とほぼ同量の絶縁油を脱油できた。

●木片：8.2142gの木片に、絶縁油を6.5310g染み込ませて試験に供した。試験条件は試験2と同じである。その結果、木片の重量を6.0370g減少させることができ、付着重量とほぼ同量の絶縁油を脱油できた。更に、脱油処理を1回繰り返すと、木片の重量を通算6.5186g減少させることができ、付着重量とほぼ同量の絶縁油を脱油できた。

●土壌：3.630kgに、A重油を1.150kg染み込ませて試験に供した。試験条件は試験2と同じである。その結果、土の重量を1.900kg減少させることができた。染み込ませたA重油の重量よりも、土の減量が大きいの、A重油だけではなく、土の水分も除去されたためであることが、油水分離により確認できた。

4. まとめ

液化DMEを用いることで、土壌を含む様々な物質から様々な油を、常温で除去できることが明らかになった。本技術は汚泥等からのPCBの除去などにも応用可能と考えられるので、この応用試験を期待する。

参考文献

- [1] 神田ら、特願2002-161575 (2002)
- [2] 神田、特願2006-066521 (2006)