

DME脱水プロセスの試作機（矢印と番号はDMEの循環ルート）

液化ジメチルエーテル(DME)を用いた脱水技術を開発 下水汚泥や石炭から効率的に水分を分離

加熱不要の新しい脱水技術
下水汚泥を効率的に処理
ふくらむ応用拡大への期待

ひとつこと エネルギー技術研究所 燃料改質工学領域 主任研究員 神田 英輝

加熱不要の新しい脱水技術

「下水汚泥」は、各自治体などにおいて恒常的に発生している廃棄物ですが、近年は地球温暖化問題を背景に、「バイオマス燃料」として活用していくことが望まれています。

また、わが国では総発電量のうち約4分の1を、石炭火力によってまかっています。この「石炭」は石油や天然ガスに比べると埋蔵量が多い資源であり、わが国のエネルギーセキュリティ強化の観点からも、今後もうまく使い続けていく必要があります。しかしその際には、従来我々が使ってきた質のいいもの以外の、「褐炭」や「亜瀝青炭」といった水分が多く質の劣る石炭を発電用に使えるようにしていくことが重要になります。

電力中央研究所では、こうした「高含水物質」から効率的に水を分離（脱水）し、重量あたりの発熱量を向上させ使いやすくする新しい方法として、「液化ジメチルエーテル」（以下DME：化学式 CH_3OCH_3 ）を利用し、常温で脱水する画期的な技術を考案しました。

神田、白井「液化物質を用いた固体含有水分の除去方法」特願2002-161575（2002）

DMEとは

DMEは、天然ガスや石炭層ガス、石炭、バイオマス等を原料として人工的に合成される物質です。DMEそれ自体は、「無害で自然分解性がある」「金属・窒素・硫黄・ハロゲンといった環境負荷物質などは含まない」「可燃性」などの性質から、近年LPGに代わる次世代燃料として注目され、現在中国などでは石炭からDMEを製造するための大規模なプラントが急増しています。このため、今後は市場にも安価で大量に供給されるものと見込まれています。

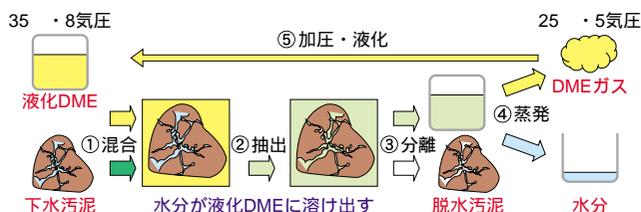
このDMEは、常温常圧では気体ですが、常温でも5～7気圧程度で圧力をかけると液体になり、この液体になったDMEは「水を吸収する」という大きな特徴を持っています。さらには、「水と混ざりやすい」「圧縮が容易」などの性質も持っています。

DME脱水の原理

液化したDMEの中に水を多く含んだ（高含水）物質を入れると、固体中の水は内部の微細な穴からDMEに引っ張り出され吸収されます。次に、固体と水を吸収したDMEを分離することで、脱水済みの固体を回収でき、後には水を含んだDMEが残ります。この含水DMEは、圧力を若干下げれば常温でもDMEを蒸発させることができるため、DMEを蒸発させれば、あとは水のみが分離された状態で残ります。蒸発したDMEは、再び圧力を加え液体に戻せば、また脱水に再利用することができます（図1）。

しかも、この方法によれば、各プロセスのいずれにおいても常温での動作が可能であることから、従来のように外部から大量の熱エネルギーを投入して水分を蒸発・乾燥させる方法に比べ、脱水に必要なエネルギーを大幅に低減することが可能になります。

これまでの試算では、この方法での水1kgの脱水に要するエネルギーは約1,100kJとなり、従来の加熱法での所要エネルギー約2,100kJに比べ、約半分のエネルギー量で脱水できることが示されました。



- ① 液化ジメチルエーテル（DME）と下水汚泥を混合
- ② 液化DMEで下水汚泥中の水分を抽出
- ③ 脱水汚泥と、水分を含んだ液化DMEを分離
- ④ 減圧してDMEを選択的に蒸発（水分は蒸発しない）
- ⑤ 蒸発したDMEガスを再び液化して再利用

図1 DME脱水プロセスの原理

下水汚泥を効率的に処理

下水汚泥に適用

当研究所では、本技術を広く社会で活用することを目的に、これから活用が期待されている「下水汚泥」に着目し、下水道関係のプラントメーカーと共同で、当研究所・横須賀地区の小規模試作機（10ℓ/バッチ・表紙写真）により、DME脱水法の下水汚泥への適用を検討しました。実験では3.2kgの下水汚泥（含水率78%）に150ℓの液化DMEを90分かけて供給した結果、含水率30%にまで脱水できることを明らかにしました。またこの際、汚泥中の油脂も除去されるため、乾燥後の汚泥は灰色に脱色される（写真1）ことが明らかになりました。一方で、回収された含水DMEは濁り（写真2）、悪臭がひどく、当初の下水汚泥と含水DMEの性状を分析した結果、汚泥中の油脂が含水DMEに移行したことが原因であることが明らかになりました。このことから、下水汚泥を本方法で処理すれば、臭い成分を汚泥から分離可能であることがわかりました。

写真1（下）脱水後の下水汚泥
（臭い成分の除去により、灰色に脱色）



処理時の諸課題を解決

脱水汚泥を燃料として活用する場合には、従来はその「臭い」が問題となり、下水処理場から外部へ搬出することが困難でした。しかし、下水汚泥の中の臭い成分の殆どを汚泥（固形分）から分離し、汚泥を臭わなく出来れば、処理後の汚泥の外部搬出が容易になります。

また実験では、臭い成分の移行した含水DME（写真2）の処理においても、より効果的な工夫を加えられることを確認しました。含水DMEからDMEを蒸発させていくと、DME中に溶けきれなくなった水が分離してきます。しかし、臭いの元など脂質は水よりDMEに溶けやすい性質があるため、このままDMEと水を分離してしまえば、臭い成分はDME中に留まり、その後の水処理は非常に簡単になります。

なお、DMEは可燃性の燃料でもあることから、最終的には臭い成分を含んだDMEを燃料として燃焼させてしまえば、その際に臭い成分もそのまま加熱分解し、特別な処理が不要になると見込まれます。

さらに本方法では、「常温でのDMEの液化・蒸発」を原理的な特徴としていることから、将来的なシステム構成を考えた場合、例えば季節に関わらず年間を通じてほぼ一定の温度で存在する「下水」を積極的に利用し、この「下水」と「大気」との温度差をうまくシステムに活用すれば、特に真夏や真冬の期間においては、DMEの液化・蒸発に要するエネルギーの外部からの投入が不要と考えられます。

つまり、圧縮機などに必要な最低限のエネルギーだけで稼動する、極めて効率の高い省エネルギーシステムを構築できる可能性があります。



写真2（上）分離された含水DME

ふくらむ応用拡大への期待

PCB類の除去にも効果が

このように多くの副次的効果が期待できるDMEですが、さらに至近では、「都市河川の底質（川底に堆積した泥）」に対する実験でも、新しい知見が得られています。

当研究所も協力し、京都大学大学院工学研究科 環境都市工学専攻 高岡昌輝准教授の研究グループにより始められた「都市河川の底質」でのDME脱水実験では、スケールのにはまだ実験室レベルであるものの、これまでにポリ塩化ビフェニル類（PCBs）などの有害物質で汚染された都市河川の底質を用いた場合、元の含水率が約60%、PCBs濃度は8.69mg/kgのサンプル底質について、水分は最大96.6%、PCBsは最大99.1%と、極めて高い割合で除去できることが明らかになりました。

この結果は、今後本技術の更なる応用可能性を広げるものとして、非常に注目できるものと考えます。

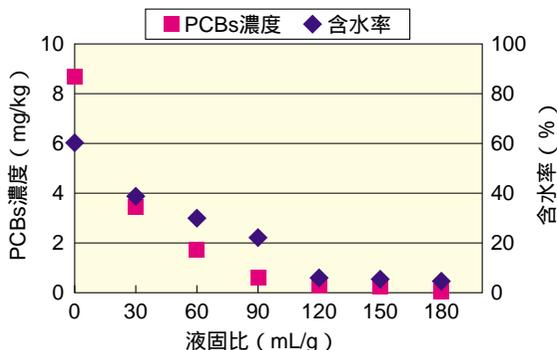


図2 含水率、PCBs濃度の変化
(データ提供：京都大学 高岡准教授、大下助教)

さまざまな物質への応用をめざして

当研究所では元々この技術を、従来発電用にはあまり使用されてこなかった高含水率の石炭（褐炭や亜瀝青炭）を脱水する方法として開発してきました。しかし、発電所で使用される石炭は大量であることから、石炭においてDME脱水を実用化するためには、最終的には年間数百万トン規模までスケールを大きくしなければならず、これには時間をかけて幾つかの段階を経ていく必要があります。

今後は、まずは下水汚泥を中心に早期の実用化を目指すとともに、プロセスの更なる改善、装置のスケールアップを行い、石炭をはじめとするさまざまな高含水物質に応用できるようにしていく予定です。

ひとこと



エネルギー技術研究所
燃料改質工学領域
主任研究員

神田 英輝

DME脱水法は、常温・数気圧で、既存技術の半分のエネルギーで動くという、従来の常識とは全く異なる画期的な方法であり、開発初期には様々な苦労がありました。世界初の試作機を開発して実証できました。また、低レベル廃熱を吸収すれば、エネルギーゼロの究極の超高効率運転すら可能です。更に、石炭や下水汚泥以外の、様々な高含水物質にも適用可能な汎用技術であるとともに、汚泥の脱臭、PCBや重油も除去できるなど、単なる脱水の枠を超えた技術です。さまざまな場面へ応用することで、一日でも早く成果を社会に還元したいと思います。

既刊「電中研ニュース」ご案内

- No.444 カドミウム簡易検出キットを商品化
- No.443 排出権取引制度は温暖化防止につながるか？

- No.442 環境税は温暖化防止につながるか？
- No.441 DNA鑑定を利用した野生動物調査法を開発