

建設発生土リサイクルにおける泥炭の有効利用に関する検討

北海道科学技術総合振興センター・幌延地圏環境研究所 正会員○荒牧 憲隆
北海道科学技術総合振興センター・幌延地圏環境研究所 金子 勝比古

1. 目的

北海道北部には広範囲に渡って泥炭が堆積している。この周辺地域は人口が少なく、地方での小規模な施工において、リサイクルのタイミングや良質な購入土との材料特性、コスト比較などから、泥炭は有効利用が困難な建設発生土となっている。「建設リサイクル推進計画 2014」¹⁾によれば、このようなローカルな問題に対し、他の環境政策との統合的展開への理解促進（建設発生木材のバイオマス発電への利用）等が新たに取り組むべき重点施策として挙げられている。泥炭は主に有機物から構成され、過去から燃料用等広範囲に渡り利用用途があることから、その材料特性を考慮し、地盤材料以外の有効利用を考えることも必要であると考えられる。現在、幌延地圏環境研究所では、ローカルエネルギーの資源開発において、地盤工学に関わる知見、技術を有機的に結びつけた地下圏でのバイオメタン鉱床造成/生産法（Subsurface Cultivation and Gasification）の技術開発²⁾を進めている。地下圏ではメタン生成微生物が地層中の有機物を利用し、その代謝の過程でメタンを発生させている。前述の技術はこのプロセスを参考としている。このメタンをエネルギー資源として生産、活用することを念頭に置き、本研究では、有機物を含む泥炭の材料特性を考慮したバイオメタン生成時の資源としての有効利用法について基礎的な検討を行うことを目的としている。

2. 本研究で用いた試料

本研究で用いた泥炭は、道北・下サロベツ原野、牧草畑より採取した。採取地での泥炭の堆積状況は GL-0.2~0.5m, GL-0.5~1.0m, 粘土層を挟んで GL-3.0~3.5m で確認され、それぞれ Pt.1, Pt.2 および Pt.3 と表記し、3種類の泥炭を利用している。採取した泥炭の強熱減量、その間隙水の全有機炭素（TOC）、低分子量有機酸（酢酸、ギ酸、マロン酸、コハク酸、シュウ酸）の分析を行った。有機炭素は燃焼触媒酸化方式、低分子量有機物はイオンク

表1 泥炭間隙水中の TOC および低分子量有機酸濃度

	Pt.1	Pt.2	Pt.3
強熱減量(%)	88.8	71.3	48.6
TOC(mg/L)	202.4	179.9	27.3
酢酸(mg/L)	10.2	13.1	8.0
ギ酸(mg/L)	34.2	45.1	23.6
マロン酸(mg/L)	2	1.9	0
コハク酸(mg/L)	1.1	1.1	0
シュウ酸(mg/L)	6.5	7.8	0

ロマトによって分析された。これらの結果を表1にまとめた。Pt.1やPt.2の強熱減量は70%以上と高いが、Pt.3では、48.6%であった。試料の観察から、Pt.3の砂分や細礫の無機分も確認されたことから低かったと考えられる。次に、泥炭の間隙水について、全TOC、各低分子量有機酸は、上位泥炭層で高くなっていることが認められる。また、いずれの泥炭も酢酸やギ酸を含み、基質特異性の強いメタン生成微生物によりこれらはメタンに分解される。このことは地山において、メタンを生成できる環境下にあることが示唆される。

3. 泥炭の有機物分解促進実験

メタン生成微生物の基質となる低分子量有機酸の生成に関して、自然界では緩やかに進行する。そこで、過酸化水素を酸化剤として用い、泥炭の有機物分解促進実験を行った。試験は、1%過酸化水素水を液相としたバッチ試験を行っている。比較実験として、液相に純水を用いた場合も行っている。バッチ試験は、室温25°C一定に空調管理された実験室において、1%過酸化水素水溶液と泥炭乾燥質量との固液比 L/S100 で行われた。また、液相に溶存する TOC および低分子量有機酸濃度の計測を行った。

各泥炭における全有機炭素 TOC および低分子量有機酸濃度の経時変化を図1に描いた。TOCに関して、何れの試料においても、浸漬日数の増加に伴い TOC は増加傾向を示し、ピーク濃度を示す。TOC のピーク値

は、Pt.1, Pt.3, Pt.2の順に高くなっていく。各低分子量有機酸に関しても同様に増加している。Pt.1に関して、ギ酸ピーク濃度が他の低分子量有機酸と比較して、高くなっていることが認められる。Pt.2に関して、同様な傾向を示す。しかし、Pt.2の各有機酸濃度は、Pt.1と比べ、約2~5倍程度の値を示している。Pt.3の場合、他の泥炭の分解傾向とは異なり、シュウ酸濃度が、他の有機酸濃度に比べ高くなっている。これは、Pt.3中に、過酸化水素が選択的に優先した反応物が存在したと考えられる。黄鉄鉱が存在すると、過酸化水素はこれと選択的に反応し、シュウ酸濃度は高くなる。このことは、褐炭と過酸化水素の反応試験からも確認されている³⁾。

これらの実験結果を踏まえ、有機物を含む泥炭のバイオメタン生成時の資源としての活用法について検討する。ここでは、酢酸やギ酸に着目し、これらはメタン生成微生物の基質となることから、理論上のメタン生成量を推定が可能となる ($\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$, $4\text{HCOOH} \rightarrow \text{CH}_4 + 3\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$)。これらの有機酸をメタン生成微生物が全て基質として利用すると仮定しメタン生成微生物の代謝によるメタン生成量を、メタンを理想気体として、その状態方程式より計算している。過酸化水素1%を混合したときの泥炭1m³当たりのメタン推定生成量を図2に示した。比較のため、北海道での乳牛糞尿から生成されるバイオガス発生量の平均値(20~30m³)⁴⁾についても描いている。Pt.2において、泥炭1m³当たりのメタン換算値で見ると、約27m³/m³であることが分かる。すなわち、Pt.2の泥炭は、バイオガス生成量に匹敵する十分なメタン生成ポテンシャルを有している。Pt.1のガス推定量は低いものの、Pt.3も、ほぼ同程度のポテンシャルを有していることが分かる。これらの結果から、低濃度の過酸化水素との反応により、泥炭からバイオメタン生成に十分な低分子量有機酸を生成することが可能であることを示唆するものである。すなわち、泥炭がバイオメタンの原材料としての有効利用可能な資源といえる。また、幌延地圏環境研究所では、エネルギー資源開発の問題に対して、大深度地下圏でのバイオメタン鉱床造成/生産法(Subsurface Cultivation and Gasification)の開発を進めている。この技術は、有機物が豊富な地層での微生物によるメタン生産を行うものである。反応溶液は基質となる低分子量有機酸を含むことから、この反応溶液を地層へと注入することによって地下圏での微生物によるメタンの増産の可能性を秘めている。

【参考文献】 1) 国土交通省：建設リサイクル推進計画2014, 31p, 2014, 2) 荒牧ら：北海道北部における地層内バイオメタン生産技術に関する研究の現状と展望—バイオメタン鉱床造成/生産法の提案—, Journal of MMIJ, Vol.131, No.6, pp.285-292, 2015, 3) 荒牧ら：バイオメタン鉱床造成における北海道天北炭田褐炭からの低分子量有機酸生成に関する検討, 資源・素材講演集 Vol.2 (2015) No.2 (秋・松山), 4) 土木研究所寒地土木研究所：積雪寒冷地における乳牛ふん尿を対象とした共同利用型バイオガスシステム導入の参考資料, pp.38-39, 2006.

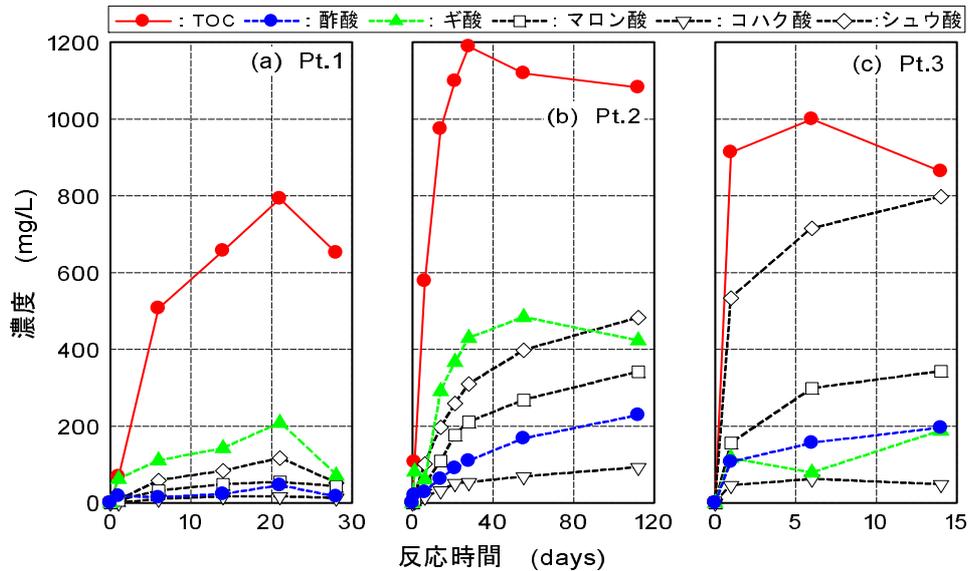


図1 低分子量有機酸濃度の経時変化

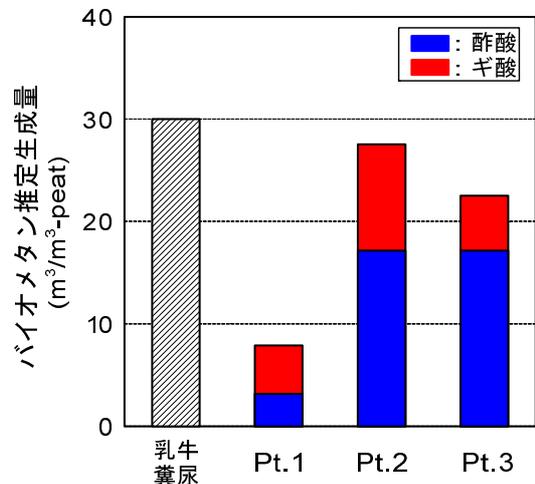


図2 泥炭1m³当たりのバイオメタン生成推定生成量