一次元圧縮応力下の有機物分解時における人工炭層の変形特性

香川高等専門学校　学生会員　○濱野　照真
香川高等専門学校　正会員　荒牧　憲隆
香川高等専門学校　学生会員　神崎　大雅
北海道科学技術総合振興センター　非会員　村上　拓馬

１．目的

世界のエネルギー資源開発の現状は、将来的なエネルギー需給のひっ迫が懸念される中で、石油・天然ガスの開発ニーズも容易に開発できる在来型資源にとどまらず、開発が困難な非在来型資源まで拡大している。そこで、地下圏でのメタンガスに目を向けると、微生物起源のメタンガス(以下、バイオメタンと呼称)は、地層中において、メタン生成微生物が代謝の過程でメタンを生成する。その微生物が活動する地層中の根源岩には、その基質となる根源物質である難分解性の有機物を含有している。地下環境圏では、これが化学的な作用や微生物によりメタン生成微生物に必要な基質となる低分子の有機酸に分解され、この有機酸をもとにメタンが生成されていると考えられる。このナチュラルアナログをベースとしてバイオメタン生産技術であるバイオメタン鉱床造成/生産法(Subsurface Cultivation and Gasification、以後、SCG 法と呼称する)が、幌延地圏環境研究所により提案されている [1)]。この SCG 法において、メタン生成微生物の基質生成には過酸化水素を用いることが特徴的である。本研究では、この SCG 法による pH と濃度を調整した過酸化水素水溶液(H_2O_2)aq.を鉱床層に注入する場合の、地下圏の安定性を考えるため、バイオメタン生成において有機物の分解時における人工炭層の一次元圧縮特性を検討することを目的としている。

２．実験方法

2～0.85mm に粒度調整した褐炭を用意し、事前に飽和のために真空脱気を行う。そして、圧密リング内へ水中落下締固め法を用いて供試体(φ50mm×H25mm)を作製し、これを人工炭層とする。その供試体に、0.05MPa の載荷をかけて 30 分間通水を行い、飽和化を図る。その後、0.1, 0.25, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0MPa となるように一次元での段階載荷を行う。5MPa の載荷により、深度-300～-350m の地盤を再現することになる。次に、人工炭層の有機物分解のために、①pH10, H_2O_2濃度 1%②pH10, H_2O_2濃度 0.5%③pH11, H_2O_2濃度 1%④pH11, H_2O_2濃度 0.5%に調整した過酸化水素水溶液を 0.1mL/min の速度で、それぞれ連続的に 21 日間注入していく。同時に、沈下量、荷重の測定を行う。

３．試験結果及び考察

図 1 に過酸化水素注入時の体積ひずみと時間の関係を示す。図 1 より、すべての条件において時間の経過とともに体積ひずみが増加していることがわかる。

表 1 に 456 時間経過時の各条件での体積ひずみを示す。表 1 より、H_2O_2濃度が同一である場合の pH による変化の傾向は無いようにも見えるが、図 1 より、pH11、H_2O_2濃度 1%の挙動が他の挙動と比べて特異であることがわかる。これは、試験時に上手載荷されていなかったと考えられる。圧密が進めば pH10、H_2O_2濃度 1%時の体積ひずみと同程度か、上回ると考えられる。このように考えると、

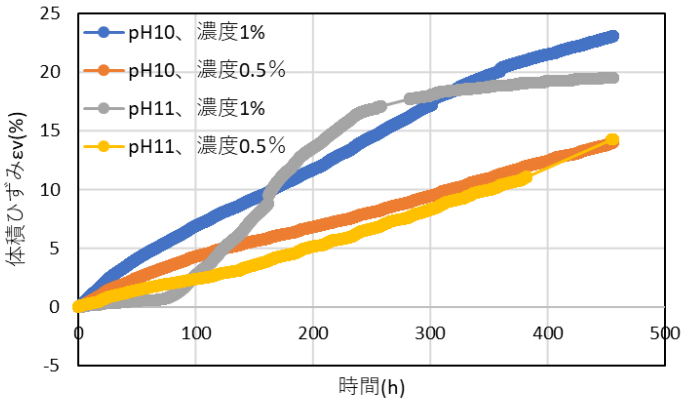

図 1　過酸化水素注入時の体積ひずみと時間の関係

一次元圧縮、褐炭、過酸化水素、人工炭層、間隙比
連絡先　〒761-8058　香川県高松市勅使町 355　香川高等専門学校　ＴＥＬ087-869-3927

© Japan Society of Civil Engineers

表 1 より同一濃度の場合、pH が高いケースが体積ひずみも大きいということが示唆される。また、同一 pH では H_2O_2濃度が高いほうが体積ひずみも大きく、また、pH に比べてH_2O_2濃度による影響が明らかに大きい。このことから、体積ひずみはH_2O_2濃度が支配的であるといえる。

図 2 に試験後の試料の損失質量を示す。図 2 より、同一濃度では pH が高いほうが損失質量も多く、体積ひずみの関係と調和していることがわかる。また、同一 pH での損失質量は濃度が高いほうが損失質量も多く、こちらも図 1 と調和している。また、こちらも体積ひずみと同じく、pH よりH_2O_2濃度によるひずみの差が大きい。このことから、質量損失においてもH_2O_2濃度が支配的であるといえる。

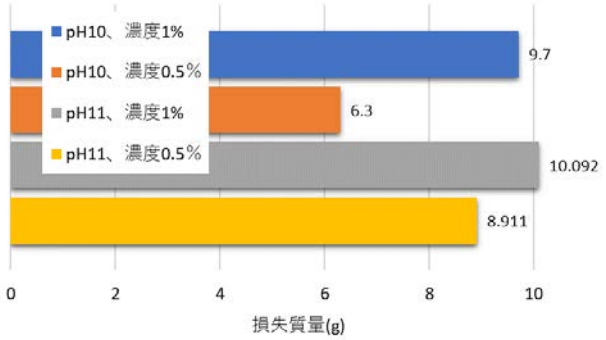

図 2　試験後の試料の損失質量

表 1　456 時間経過時の各条件での体積ひずみ

体積ひずみ ε_v(%)			
		pH10	pH11
H_2O_2	1%	23.1%	19.5%
H_2O_2	0.5%	14.0%	14.3%

図 3 に試験前と試験後の粒径加積曲線を示す。図 3 より、試験前に比べ、すべての条件において粒径が小さくなっていることがわかるが、pH およびH_2O_2濃度による変化はあまり見られないことから、H_2O_2濃度や pH は粒径の割合にあまり影響を及ぼさないと考えることが出来る。

図 4 に pH11、H_2O_2濃度 0.5%時の$e-logp$曲線を示す。一般的には褐炭の体積を一定とし、間隙比の評価を行うと、体積ひずみの増加に伴い、間隙比は低下する。しかし、質量損失による褐炭体積の減少を加味し、間隙比を評価すると、間隙比が増加することが認められた。

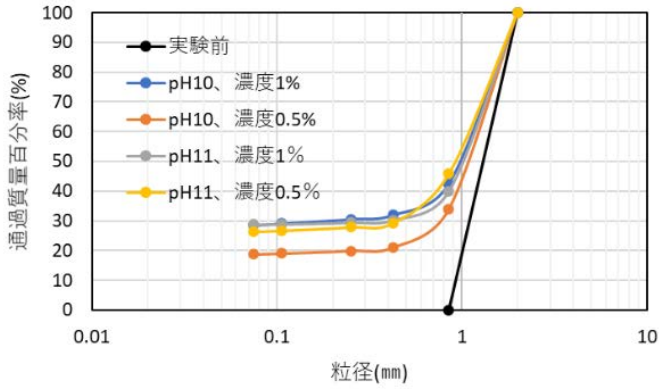

図 3　試験前後の試料の粒径加積曲線

4．まとめ

本研究では、種々の条件での人工炭層の有機物分解時における一次元圧縮特性について検討を行った。以下に得られた知見を記す。

1)体積変化、質量変化ともに pH よりH_2O_2濃度が支配的であった。

2)粒径加積曲線は、pH、H_2O_2濃度にかかわらずほぼ一定の特性を示した。体積、質量は pH、H_2O_2濃度によって大小あれど変化していることから、粒径の変化はあくまで圧密圧力による破砕が支配的であり、過酸化水素の分解によって褐炭粒子強度を脆弱化させると考えられる。

3)質量損失による褐炭体積の減少を加味した間隙比の評価では、間隙比の増加が認められた。

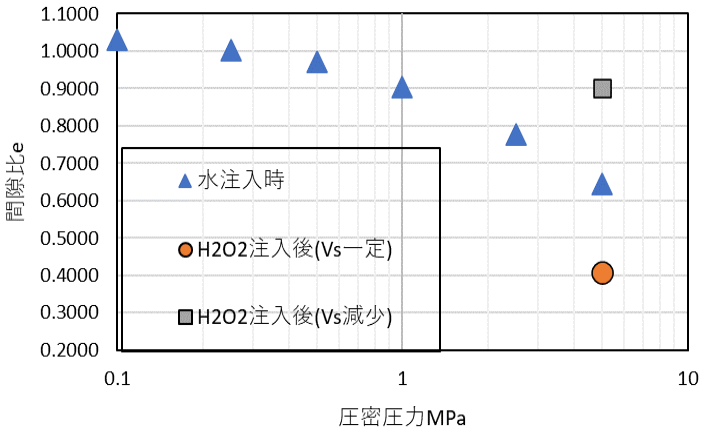

図 4　pH11、H_2O_2濃度 0.5%時の間隙比

参考文献

1)Aramaki, N., Tamamura, S., Ueno, A., Alam, B., Murakami, T., Tamazawa, S., Yamaguchi, S., Aoyama, H., Kaneko, K., Experimental investigation on the feasibility of industrial methane production in the subsurface environment via microbial activities in northern Hokkaido, Japan-a process involving subsurface cultivation and gasification , Energy Conversion and Management Vol. 153,pp. 566-575, 2017.

© Japan Society of Civil Engineers